METODOLOGIE DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR, INDICATIV Mc 001-2022

Decembrie 2022

CUPRINS

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE
1.1. Obiect și domeniu de aplicare
1.2. Terminologie și notații
1.2.1. Clădire (ca atare)
1.2.2. Condiții interioare și exterioare
1.2.3. Procese și sisteme tehnice (instalații aferente clădirii)
1.2.4. Energie
1.2.5. Performanţă energetică
1.2.6. Calcul energetic
1.2.7. Simboluri și indici
1.3. Cerințe ale parametrilor interiori pentru asigurarea confortului și calității aerului interior în clădiri
1.4. Standarde europene referitoare la performanța energetică a clădirilor (PEC)

CAPITOLUL 2. ANVELOPA TERMICĂ A CLĂDIRII
2.1. Elemente de clădire și parametrii termoenergetici asociați
2.1.1. Prevederi generale
2.1.2. Elemente componente ale anvelopei termice a clădirii
2.1.3. Convenții de stabilire a caracteristicilor dimensionale ale elementelor de anvelopă (parametri geometrici) necesare pentru calculul valorilor parametrilor de performanță termică
2.1.4. Parametri definitorii pentru caracterizarea higrotermică a materialelor. Parametri de performanță caracteristici elementelor de anvelopă necesari la evaluarea performanței energetice a clădirilor
2.2 Cerințe minime de performanță termică și energetică
2.2.1. Cerinţe minime de performanță energetică pentru clădiri noi (NZEB)
2.2.1.1. Clădiri rezidenţiale NZEB
2.2.1.2. Clădiri nerezidenţiale NZEB
2.2.2.Cerinţe minime de performanță energetică pentru clădiri existente renovate
2.2.2.1. Clădiri rezidenţiale renovate
2.2.2.2. Clădiri nerezidenţiale renovate
2.2.3. Cerinţe minime de confort higrotermic în clădirile noi NZEB și existente renovate
2.2.3.1. Cerinţele minime de confort higrotermic pentru elementele de clădire
2.2.3.2. Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor rezidenţiale și asimilate acestora
2.2.3.3. Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor nerezidenţiale
2.3. Considerente suplimentare privind cerinţe minime de performanță termică și energetică pentru clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB)
2.4. Rezistențe termice
2.4.1. Calculul rezistenţei termice și al transmitanţei termice ale elementelor de clădire opace
2.4.2. Transmitanţa termică a elementelor vitrate (ferestre și uşi)

2.4.3. Stabilirea prin calcul a parametrilor de performanţă termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul

2.4.4. Rezistenţa termică /transmitanţa termică medie a anvelopei clădirii

2.5. Permeabilitatea la aer a unei clădiri

2.5.1. Determinarea permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin metoda presurizării

2.5.2. Estimarea calitativă a permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin parametri caracteristici-cazul clădirilor rezidențiale

2.6. Etape pregătitoare calculului de necesar de energie pentru încălzirea și/sau răcirea clădirilor

2.6.1. Descriere a procedurii de calcul

2.6.2. Zonarea termică

2.6.2.1. Temperatură calculată într-o zonă neîncalzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă

2.6.2.2. Factori de corecţie și de distribuţie

2.6.2.3. Clădiri sau unități de clădiri rezidenţiale, corecţii pentru temperatura medie interioară a spaţiului

2.7. Calculul necesarului de energie pentru climatizare (încălzire și răcire) folosind metoda de calcul lunar - relaţii generale

2.7.1. Transferul termic total

2.7.1.1. Transferul termic prin transmisie

2.7.1.2. Transferul termic prin ventilare

2.7.2. Aporturi de căldură totale și aporturi interne

2.7.3. Aporturi solare

2.7.3.1. Energia transferată prin elemente transparente

2.7.3.2. Energia transferată prin elemente opace

2.7.4. Radiaţia termică către cer

2.7.5. Capacitatea termică eficace interioară a zonei

2.7.6. Factori de utilizare

2.8. Particularităţi ale calculul necesarului de energie propriu sistemului

2.8.1. Încălzire sau răcire cu temperatură setată constantă

2.8.2. Corecţie pentru încălzire intermitentă

2.8.3. Corecţii pentru răcire intermitentă

2.8.4. Corecţii pentru perioada de neocupare

2.8.5. Temperatură calculată într- o zonă climatizată, ca variabilă de ieşire

2.8.6. Indicator de supraîncălzire

2.9. Necesar de energie pentru umidificare și dezumidificare

2.9.1. Umidificare

2.9.2. Dezumidificare

2.10. Necesarul anual de energie pentru încălzire, răcire și latent

2.11. Calcul simplificat al duratei perioadelor de încălzire/răcire

2.12. Calculul temperaturii interioare în regim liber

2.12.1. Prezentarea metodei

2.12.2. Modelul de calcul

CAPITOLUL 3. EVALUAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE PENTRU SISTEME DE INSTALAȚII FĂRĂ SURSE REGENERABILE

Informații generale privind aplicarea procedurilor de calcul

3.1. Instalații de încălzire

3.1.1. Determinarea pierderilor energetice pentru emisie, $Q_{H,em,ls}$

3.1.2. Determinarea consumului de energie auxiliară, $W_{em,ls,aux}$

3.1.3. Determinarea consumului de energie și eficiența energetică a sistemelor de distribuție a apei, ca agent termic pentru încălzire/răcire, $Q_{HC,dis,ls}$

3.1.4. Energii auxiliare recuperabile și recuperate

3.1.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de generare a agentului termic pentru încălzire, prin arderea combustibilului fosil și a biomasei

3.1.5.1. Eficiența energetică a generatorului la sarcină integrală și la sarcină parțială în funcție de puterea nominală furnizată

3.1.5.2. Pierderile termice în stand-by, $P_{gen,ls,P0}$, în funcție de puterea nominală furnizată

3.1.5.3. Energia auxiliară consumată

3.1.5.4. Factorul de utilizare a energiei la nivelul cazanelor

3.1.5.5. Energia auxiliară consumată de subsistemul de generare

3.1.5.6. Pierderi termice ale subsistemului de generare

3.1.5.7. Pierderi termice recuperabile și recuperate

3.1.5.8. Energia auxiliară

3.1.5.9. Timpul de funcționare și factorul de sarcină specifică, β

3.2. Instalații de ventilare hibridă, mecanică și climatizare; cuplarea cu celelalte instalații

3.2.1. Domeniu de aplicare

3.2.2. Calculul energetic al generării (al CTA)

3.2.3. Calcul energetic al distribuţiei

3.2.3.1. Pierderi de aer în conducte și în centrala de tratare a aerului

3.2.3.2. Pierderi termice ale conductelor de aer

3.2.3.3. Exemplu de calcul

3.2.4. Consumuri energetice pentru stocarea căldurii/frigului

3.2.4.1. Generalităţi, metode de calcul

3.2.4.2. Date de intrare

3.2.4.3. Metoda de calcul orar; procedură de calcul, mărimi de ieșire

3.2.4.4. Metoda de calcul lunar

3.2.4.5. Exemplu de calcul (la paragrafele 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3)

3.2.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de climatizare de tip aer – apă sau aer- refrigerent

3.2.5.1. Tipuri de sisteme

3.2.5.2. Date de intrare

3.2.5.3. Calculul mărimilor de ieșire

3.2.6. Generarea frigului

3.2.6.1 Introducere

3.2.6.2. Date de intrare

3.2.6.3. Calculul mărimilor de ieşire ale metodei

3.2.6.4. Exemple de calcul

3.2.7. Sinteză a calculului energetic al sistemelor de încălzire, răcire, ventilare şi răcire

3.3. Instalații pentru apa caldă de consum

3.3.1. Obiect şi domeniu de aplicare

3.3.2 Clasificarea instalaţiilor (sistemelor) de apă caldă de consum

3.3.2.1. Definirea subsistemelor aferente instalației (sistemului) de apă caldă de consum

3.3.2.2. Schemele de preparare a apei calde de consum adoptate

3.3.2.3. Zonarea instalațiilor/sistemelor de apă caldă de consum

3.3.3. Consumul de energie pentru instalațiile de apă caldă de consum (denumit sistem)

3.3.4. Perioadele de calcul

3.3.5. Temperaturi specifice sistemului de apă caldă de consum

3.3.6. Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum furnizată utilizatorului, Qw,nd

3.3.6.1. Volumul necesar de apă caldă de consum $V_{W;day}$ calculat cu debite specifice [de exemplu, l/om, zi, l/unitate consum, zi] şi număr de consumatori

3.3.6.2. Necesarul de apă caldă de consum aferente persoanelor în clădiri de locuit, $V_{W,day}$ determinat în funcţie de aria utilă A_h

3.3.7 Metoda de calcul a consumurilor de energie pentru conductele de distribuţie a apei calde de consum

3.3.7.1. Calculul pierderilor termice şi a energiei auxiliare aferente subsistemului de distribuție a apei calde de consum

3.3.7.2. Determinarea pierderilor termice ale subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{W,dis,ls,total}$

3.3.7.3. Determinarea pierderilor termice recuperabile ale subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{W,dis,rbl}$

3.3.7.4. Calculul consumului de energie auxiliară al subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum

3.3.8. Pierderi termice aferente rezervoarelor de acumulare din sistemul de apă caldă de consum

3.3.9. Pierderi termice aferente subsistemului de generare din sistemul de apă caldă de consum

ANEXA 3.3.A Exemplu de calcul - Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum livrată la consumator, $Q_{W,nd}$

ANEXA 3.3.B Determinarea pierderilor termice aferente conductelor de distribuție

3.4. Instalații pentru iluminat; cuplarea cu lumina naturală

3.4.1. Informații generale; alte referințe tehnice aplicabile

3.4.2. Metode de calcul al indicatorului LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) totale a unei clădiri/zone dintr-o clădire

3.4.2.1. Metoda complexă de calcul

3.4.2.2. Metoda simplificată de calcul

CAPITOLUL 4. EVALUAREA ENERGIEI PRODUSE CU SISTEME DE INSTALAȚII UTILIZÂND SURSE REGENERABILE

4.1. Pompe de căldură

4.1.1. Generalități

4.1.2. Mod de calcul (metoda lunară/anuală)

4.1.3. Metoda orară de calcul

4.2.Sisteme solare termice

4.2.1. Domeniu de aplicare

4.2.2. Descrierea metodei
4.2.3. Metoda lunară
4.2.4. Exemple de calcul pentru metoda lunară
4.3. Sisteme de cogenerare
4.3.1. Obiective și domenii de aplicare
4.3.2. Principiul metodelor de calcul
4.3.2.1. Date de ieșire relevante pentru evidențierea performanței energetice
4.3.2.2. Date de intrare
4.3.2.3. Pasul de timp
4.3.2.4. Procedura de calcul
4.3.3. Calculul energiei primare in cazul unităților de cogenerare
4.4. Sisteme urbane pentru încălzire/răcire
4.4.1. Obiective și domeniu de aplicare
4.4.2. Principiul metodei de calcul
4.4.2.1. Date de ieșire relevante pentru evidențierea performanței energetice
4.4.2.2. Date de intrare
4.4.2.3. Pasul de timp
4.4.2.4. Procedura de calcul
4.4.3. Calculul indicatorilor sursei de energie
4.5. Panouri fotovoltaice
4.5.1. Descrierea metodei de calcul
4.5.2. Metoda lunară
4.5.3. Exemplu de calcul
4.6. Centrale eoliene
4.6.1. Descrierea metodei de calcul
4.6.2. Exemplu de calcul

CAPITOLUL 5. CERTIFICATUL DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ

5.1. Tipuri de certificate energetice și conținutul acestora, inclusiv anexele tehnice
5.1.1. Detalierea conținutului CPE (pagina 1); date privind evaluarea performanţei energetice a clădirii
5.1.2. Recomandări de reducere a consumurilor de energie ale clădirii/unității de clădire/apartamentului (Anexa 1 la CPE)
5.1.3. Date tehnice privind evaluarea performanţei energetice a clădirii/obiectivului evaluat (Anexa 2-anexa tehnică a CPE) – cazul clădirilor/unităților de clădire
5.1.4. Date tehnice privind evaluarea performanţei energetice a clădirii/obiectivului evaluat (Anexa 2: anexa tehnică a CPE) – cazul apartamentelor
5.2. Clădirea de referință
5.3. Clase energetice aferente diverselor categorii de clădiri/unități de clădire
5.4. Evaluarea consumului de energie primară și a emisiilor de CO_2 echivalent
5.4.1. Performanța energetică a clădirilor
5.4.1.1. Date de ieșire
5.4.1.2. Intervalul de calcul
5.4.1.3. Perioada de calcul
5.4.1.4. Date de intrare

5.4.2. Evaluarea globală a performanței energetice a clădirilor
5.4.2.1. Combinație de utilități ale clădirii incluse în PEC în fiecare spațiu
5.4.2.2. Aria de referință a pardoselii și volumul de aer al clădirii
5.4.2.3. Normalizare la mărimea de referință a clădirii
5.4.2.4. Contur de evaluare. Perimetre
5.4.2.5. Bilanț energetic global ponderat
5.4.2.6. Factori de conversie pentru calculul energie primare
5.4.2.7. Factorii de conversie în emisii de gaze cu efect de seră (CO_2 echivalent)
5.4.2.8. Factori de ponderare pentru energia furnizată în exterior (exportată)
5.4.2.9. Contribuția energiei din surse regenerabile
5.4.2.10. Indicatori de performanță energetică pentru sistemele tehnice ale clădirii
5.4.2.11. Metode de calcul pentru indicatori de performanță energetică pentru o parte a unei clădiri și/sau utilitate
5.4.3. Calculul performanței energetice și a bilanțului energetic
5.4.3.1. Generalități
5.4.3.2. Procedura de calcul globală
5.4.3.3. Principii de calcul al aporturilor și al pierderilor recuperate
5.4.3.4. Efectul automatizării și reglării instalațiilor aferente clădirii (BAC) și al managementului tehnic al clădirii (TBM)
5.4.3.5. Performanță energetică globală

CAPITOLUL 6. AUDITUL ENERGETIC

6.1. Obiective și domeniu de aplicare
6.2. Evaluarea performanţei energetice a clădirii în condiţii normale de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului construcţie-instalaţii
6.2.1. Investigarea preliminară a clădirilor
6.2.1.1. Analiza elementelor caracteristice privind amplasarea clădirii în mediul construit
6.2.1.2. Analiza cărţii tehnice a clădirii, respectiv a documentaţiei care a stat la baza execuţiei clădirii şi instalaţiilor aferente
6.2.2. Evaluarea stării actuale a clădirii prin comparaţie cu soluţia de proiect (conform cartii tehnice a clădirii)
6.2.2.1. Evaluarea stării actuale a construcţiei prin comparaţie cu soluţia de proiect:
6.2.2.2. Evalarea stării actuale a instalaţiilor prin comparaţie cu soluţia de proiect
6.2.2.3. Prelevarea de probe fizice
6.3. Determinarea performanţelor energetice și a consumului anual de energie al clădirii pentru încălzirea spaţiilor, apă caldă de consum, ventilare/climatizare și iluminat
6.4. Identificarea măsurilor de renovare energetică, propunerea unor pachete de soluții de renovare și analiza eficienței economice a acestora
6.4.1. Soluţii tehnice cadru recomandate pentru renovarea energetică a clădirilor existente
6.4.1.1. Intervenţii asupra anvelopei clădirii
6.4.1.2. Intervenţii asupra instalațiilor de încălzire și apă caldă de consum aferente clădirii
6.4.1.3. Intervenţii asupra instalațiilor de ventilare/ climatizare
6.4.1.4. Intervenţii asupra instalațiilor de iluminat

6.4.2. Particularităţi ale măsurilor de renovare energetică pentru clădiri din sectorul terţiar
6.4.3. Lucrări conexe recomandate în vederea aplicării soluţiilor de renovare energetică a clădirilor de locuit racordate la sistem centralizat de alimentare cu căldură
6.4.4. Lucrări conexe recomandate în vederea utilizării eficiente a energiei la clădirile de locuit individuale sau înșiruite dotate cu sursă proprie de căldură
6.4.5. Solutii tehnice de principiu pentru reducerea consumurilor energetice în clădiri în perioada sezonului cald care pot fi aplicate atât la clădirile noi cât și la cele existente

6.5. Indicatori de eficiență economică utilizați în auditul energetic și analiza eficienței economice a soluțiilor propuse

6.5.1. Descrierea generală a metodei
6.5.2. Pasul de timp de calcul
6.5.3. Datele de intrare
6.5.4. Procedura de aplicare

6.6. Influenţa renovării asupra consumului energetic al clădirii. Analiza eficienței economice a soluțiilor tehnice de creștere a performanței energetice

6.7. Raportul și întocmirea dosarului de audit energetic

ANEXA 6.1. Fișa de analiză termică și energetică (model orientativ)
ANEXA 6.2. Lista soluțiilor tehnice pentru renovarea energetică a clădirilor de locuit alimentate centralizat (de la termoficare)- informativ
ANEXA 6.3. Lista soluțiilor tehnice propuse pentru renovarea energetică a clădirilor de locuit individuale sau înșiruite dotate cu sursă proprie de căldură - informativ

ANEXE

A. Breviar de calcul pentru certificare energetică (exemplu)
B. Breviar de calcul pentru auditare energetică (exemplu)
C. Anexă recapitulativă
D. Parametri climatici pentru România
E. Bibliografie

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

NOTĂ GENERALĂ

Reproducerile din standardele române, cuprinse și menționate în „Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ Mc001”, au fost făcute cu acordul Asociației de Standardizare din România – ASRO nr. LUC/30188 din 26.03.2019 și LUC/19/353 din 25.04.2019, în calitate de titular al drepturilor de autor asupra standardelor, conform legislației în vigoare. Orice încălcare a drepturilor de autor asupra standardelor constituie infracțiune și se pedepsește conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

Obiectul reglementării Mc 001- Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor este multiplu și constă în special în:

- evaluarea și certificarea performanței energetice a clădirilor pentru diverse categorii de clădiri noi și existente - clădiri rezidențiale unifamiliale/colective, clădiri de birouri, clădiri de învățământ, spitale, creșe, policlinici, hoteluri și restaurante, clădiri pentru activități sportive și clădiri pentru servicii de comerț en-gros și cu amănuntul, clădiri cu alte destinații și ocupare umană la care sunt asigurate cel puțin încălzirea, apa caldă de consum și iluminatul, precum şi pentru unități de clădire din toate acestea, inclusiv apartamente;
- auditarea energetică a clădirilor care urmează a fi modernizate din punct de vedere energetic;
- stabilirea de cerințe minime de performanță pentru clădirile existente și clădirile noi, cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB);
- definirea măsurilor și pachetelor de măsuri uzuale care pot fi aplicate pentru creșterea performanței energetice a clădirilor/unităţilor de clădire existente și stabilirea modului de cuantificare a costurilor asociate acestor măsuri;
- prezentarea cerințelor minime de performanță energetică pentru clădiri rezidențiale și nerezidențiale, existente renovate sau pentru clădirile al căror consum de energie este aproape egal cu zero.

Domeniul de aplicare al Metodologiei Mc 001:

- evaluarea şi certificarea performanței energetice a clădirilor/unităților de clădire existente și noi, al căror consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB);
- evaluarea şi certificarea performanței energetice a apartamentelor;
- analiza termică și energetică, respectiv întocmirea auditului energetic al clădirilor existente care urmează a fi modernizate din punct de vedere energetic.

Nota 1: Parametrii de calcul utilizați în Metodologie, pentru care se indică faptul că au valori stabilite ”prin lipsă” preluate din anexele B ale standardelor europene, vor fi actualizați la valorile care se vor indica în Anexele Naţionale ale standardelor, pe măsură ce acestea vor fi elaborate și aprobate.

Nota 2: Pentru clădirile existente declarate ”ruină” în cartea funciară, indiferent de categorie, nu este obligatorie certificarea sau auditarea energetică. De asemenea, pentru clădirile aflate în proces de demolare, nu este oportună elaborarea certificatului de performantă energetică sau a auditului energetic.

Nota 3: În cazul construcțiilor aflate în diferite stadii de execuție (stadiu precizat conform procesului verbal de recepție parțială sau în procesul-verbal de constatare privind stadiul realizării construcției, emise în scopul înscrierii dreptului de proprietate asupra acesteia în cartea funciară, în sensul Legii cadastrului și a publicității imobiliare nr. 7/1996, republicată, cu modificările și completările ulterioare) care se tranzacționează sau închiriază, investitorul/proprietarul/ administratorul va pune la dispoziția cumpărătorului/chiriașului informații (cuprinse în documentația tehnică) în vederea evaluării performanței energetice a clădirii/unității de clădire. Ulterior, după finalizarea lucrărilor de execuție, pentru recepție este obligatorie emiterea, pe baza datelor tehnice reale ale clădirii și instalațiilor aferente, a certificatului de performanță energetică și prezentarea acestuia conform prevederilor Legii nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, republicată.
Nota 4: În cazul unei clădiri neocupate (inclusiv ruine), aceasta se consideră cu noua ei destinație - identică cu destinația inițială sau diferită de aceasta - ocupată conform reglementărilor în vigoare. Consumurile de energie ale clădirii neocupate se vor determina: (1) pentru sistemele reale de utilități, existente în clădirea neocupată, (2) pentru sisteme virtuale de utilități, în situația în care clădirea nu mai dispune de sisteme tehnice, conform prevederilor actualei reglementări (Mc001 revizuită - care detaliază pentru fiecare caz de utilitate, sistemul virtual corespunzător), sau (3) o combinație a primelor 2 cazuri (sisteme tehnice reale combinate cu sisteme tehnice virtuale).

Terminologie și notații

Terminologia utilizată în această reglementare este comună în cea mai mare parte cu cea utilizată în standardele europene privind performanța energetică a clădirilor (standardele EPB/PEC - energy performance of buildings/performanța energetică a clădirilor).

1.1.1. Clădire (ca atare)

- Anvelopa termică a clădirii - totalitatea elementelor de clădire perimetrale care delimitează spațiul interior al unei clădiri de mediul exterior și, dacă e cazul, de spațiile neîncălzite/neclimatizate sau mai puțin încălzite/climatizate.

- **Arie de referință a pardoselii** - arie utilizată ca parametru pentru a cuantifica condițiile specifice de exploatare, exprimate pe unitate de arie a pardoselii ca și pentru aplicarea unor simplificări și a regulilor de zonare și (re)alocare. Pentru exprimarea performanței energetice a clădirii sau a unității de clădire, aria de referință a pardoselii este aria utilă a tuturor spațiilor încălzite/răcite (incluse în anvelopa termică) ale clădirii, unității de clădire sau apartamentului (Notă: aria de referință a pardoselii nu include aria proiecției în plan orizontal a pereților interiori).

- **Arie locuibilă** – suma ariilor destinate pentru locuit (suma ariilor utile ale camerei de zi și dormitoarelor, exclusiv ariile holurilor, bucătăriilor, băilor etc.).

- **Volumul (interior) de referință al clădirii** – volumul de aer conținut în interiorul anvelopei termice a clădirii.

- **Categorie de clădire –** noțiune utilizată la clasificarea clădirilor și a unităților de clădire în funcție de destinația lor principală sau a statutului lor special, în scopul de a se permite aplicarea corectă a procedurilor de evaluare a performanței energetice și diferențierea cerințelor de performanță energetică; *de exemplu*: clădiri protejate oficial datorită arhitecturii lor speciale sau a importanței istorice, clădiri folosite ca lăcașuri de cult, clădiri rezidențiale etc.

Clădirile sau unitățile de clădire dintr-o anumită categorie pot conține spații de altă categorie (destinație); *de exemplu*: un hotel poate conține un restaurant, o piscină etc.

- **Clădire** - ansamblu de spații cu funcțiuni precizate, delimitate de elementele de clădire care alcătuiesc anvelopa clădirii, inclusiv instalațiile aferente, în care energia este utilizată pentru reglarea climatului interior, respectiv asigurarea confortului interior. Definiția se referă la clădirea privită ca un întreg, sau la unități ale acesteia utilizate separat, inclusiv la sistemele tehnice (instalațiile) ale clădirii/unității de clădire considerate la evaluarea performanței energetice.

- Clădire existentă - clădire la care s-a efectuat recepția la terminarea lucrărilor, inclusiv clădirea aflată în exploatare înainte de data intrării în vigoare a Hotărârii Guvernului nr. 273/1994 privind aprobarea Regulamentului de recepție a lucrărilor de construcții și instalații aferente acestora, cu modificările și completările ulterioare.

- **Element de clădire -** componentă a anvelopei termice a clădirii sau un sistem tehnic al clădirii (instalație), respectiv doar o parte a acestuia, cu care aceasta este dotată.

- **În situ / la fața locului -** parte de teren pe care este amplasată clădirea, împrejurimile și clădirea propriu-zisă. Noțiunea definește relația dintre sursa de energie (amplasare și interacțiune) și clădire.

- **Mărime de referință** – o cerință și/sau o restricție de utilizare a unei clădiri/spațiu dintr-o clădire relativ la utilitățile evaluate energetic și/sau la condițiile la limită (ex. temperatura setată pentru încălzire/răcire, debitul minim de aer necesar ventilării, necesarul de apă caldă de consum, nivelul de iluminare etc.)

- Obiectiv evaluat - clădire sau unitate (zonă, parte) a unei clădiri (inclusiv un apartament), sau grup de clădiri care fac obiectivul evaluării performanței energetice. Obiectivul evaluat cuprinde toate spațiile și instalațiile aferente care contribuie la realizarea performanței energetice sau care influențează evaluarea acesteia.

- Spațiu climatizat - spațiu încălzit, răcit, umidificat sau dezumidificat după caz, până la valori prestabilite ale parametrilor interiori de confort, cu scopul asigurării condițiilor de confort termic

- Spațiu elementar - o parte a unei încăperi, o încăpere sau un grup de încăperi adiacente care aparțin simultan unei zone termice și unei zone deservite de instalații pentru fiecare utilitate.

- Unitate de clădire - o zonă/o parte a unei clădiri (un etaj sau un apartament dintr-o clădire) care este concepută sau modificată pentru a fi utilizată separat, dispunând separat de utilități (există dotare cu sisteme tehnice); *de exemplu*: un magazin dintr-un complex comercial, un apartament dintr-un bloc de locuințe sau o zonă de birouri de închiriat dintr-o clădire de birouri; unitatea de clădire poate fi un obiectiv evaluat.

- **Zonă termică a clădirii** – parte a clădirii cu condiții suficient de uniforme ale mediului interior (temperatură, radiație solară, aporturi interne) pentru a permite calculul unui bilanț termic conform procedurilor din standardele PEC.

- **Zonă deservită de un sistem tehnic** - parte a clădirii care constă dintr-un ansamblu de spații elementare care prezintă calcul uniform al necesarului de energie și care sunt deservite de o anumită parte a unui sistem tehnic (de încălzire, climatizare, apă caldă de consum, ventilare, iluminat).

Observație: pentru specificarea zonelor termice și a zonelor deservite de un sistem tehnic se utilizează spațiul elementar; acesta nu poate aparține parțial unei zone termice și parțial unei alte zone termice, sau parțial unei zone deservite de o instalație și parțial altei zone deservite de o altă instalație.

1.1.2. Condiții interioare și exterioare

- **Condiții nominale de exploatare (de calcul energetic)** – cerințe/restricții **constante sau variabile în timp** legate de utilitățile pentru utilizarea unei categorii clădire/spațiu, pentru evaluarea performanței energetice și/sau a condițiilor interioare de confort; *de exemplu:* temperatura interioară convențională de încălzire/răcire, debitul minim de aer de ventilare, necesarul minim de apă caldă de consum, nivelul minim de iluminare, aporturile interne de căldură etc.

- **Intensitate a radiației solare -** raport dintre fluxul solar radiant incident pe o suprafață și aria suprafeței respective [W/m^2].

- **Iradiație solară -** energie incidentă pe unitatea de arie a unei suprafețe, rezultată din integrarea intensității radiației solare într-un interval de timp (o oră sau o zi) [J/m^2].

- **Temperatură exterioară** - temperatură a aerului exterior clădirii/zonei de calcul [^{0}C]

- **Temperatură interioară** - medie aritmetică a temperaturii aerului și a temperaturii medii de radiație în centrul unei zone sau al unui spațiu (expresie simplificată pentru temperatura operativă); nu trebuie identificată cu temperatura aerului interior [^{0}C].

1.1.3. Procese și sisteme tehnice (instalații aferente clădirii)

- **Automatizare și reglare (reglare) al instalațiilor clădirii -** echipamente, programe informatice și servicii tehnice pentru reglare automată, monitorizare, optimizare și gestionare eficientă și în condiții de siguranță a funcționării instalațiilor

- **Climatizare -** proces de tratare a aerului, simplu sau complex, prin care se reglează temperatura (creștere sau scădere a acesteia) și, după caz, umiditatea, puritatea (prin filtrare) și calitatea acestuia (prin reglarea debitului de aer proaspăt)**.**

- **Cogenerare/producere combinată de electricitate și căldură** – proces de generare simultană a energiei termice și a energiei electrice sau mecanice**.**

- **Dezumidificare** - proces de eliminare a vaporilor de apă din aer.

- **Durata sezonului de încălzire**, de răcire şi de umidificare (dezumidificare) - durată de funcţionare al sistemelor tehnice respective.

- **Iluminat** - proces de furnizare a luminii pentru asigurarea nivelului de confort vizual necesar.

- **Încălzire a spațiilor** - proces de furnizare a căldurii în spațiul unei clădiri în scopul obținerii și menținerii unei temperaturi minime date a spațiului.

- **Sistem tehnic al clădirii/instalație** - ansamblul echipamentelor tehnice ale unei clădiri/unități de clădire destinate pentru încălzirea spațiului, răcirea spațiului, ventilare, apă caldă de consum (a.c.c.), iluminat integrat, automatizare și reglare, generare de energie electrică in situ sau pentru o combinație a acestora, inclusiv acele sisteme care folosesc energie din surse regenerabile și care pot fi prevăzute cu soluții de stocare.

1.1.4. Energie

- **Agent (vector) energetic** - substanţă sau fenomen utilizată/utilizat pentru a produce lucru mecanic sau căldură, sau pentru a realiza procese chimice sau fizice generatoare de energie.

- **Contur pentru evaluare energetică** - contur în funcție de care sunt calculate sau măsurate energia primită și energia furnizată în exterior.

- Energie primită din exterior - energie furnizată de un agent energetic instalațiilor aferente clădirii, prin conturul de evaluare, pentru a se asigura utilitățile considerate (necesarul de energie) sau pentru a se produce energia furnizată în exterior (exportată).

- Energie din surse neregenerabile - energia dintr-o sursă care se epuizează prin exploatare; *de exemplu:* energia obținută din combustibili fosili.

- Energie din surse regenerabile - energie provenită din surse nefosile, ca de exemplu energia vântului, energia solară, energia aerotermală, geotermală și hidrotermală, energia oceanică, hidroenergia, biomasa certificată, gazul din deșeuri, gazele obținute prin tratarea apelor uzate, biocombustibilii etc.

- **Energie recuperată -** energia care contribuie la diminuarea necesarului energetic al unei clădiri/unități de clădire, care provine dintr-un proces fizic natural de transfer energetic (de la un potențial termic mai mare către unul mai mic) și care nu implică o sursă regenerabilă de energie; acest tip de energie nu este contorizat ca o sursă regenerabilă de energie și nu influențează în mod direct valoarea indicatorului RER (*exemple:* recuperator de căldura aer-aer, recuperator de căldură aer-apă sau apă-aer).

- Necesar de energie pentru apă caldă de consum - căldură care trebuie furnizată cantităţii necesare de apă caldă de consum pentru a fi încălzită de la temperatura din reţeaua de apă rece până la temperatura prestabilită de furnizare la consumator, fără pierderile termice ale sistemului de preparare a apei calde de consum.

- Necesar de energie pentru încălzire sau răcire - căldură care trebuie furnizată sau extrasă dintr-un spațiu climatizat pentru a se menţine condiţiile de temperatură dorite pe durata unei anumite perioade de timp.

- Perimetru - lungimea curbei închise obținută prin proiecția în plan orizontal a conturului pentru evaluare.

- Sursă de energie - sursă din care poate fi extrasă sau recuperată energia utilizabilă, fie direct, fie prin intermediul unui proces de conversie sau transformare. Sursa poate fi regenerabilă sau neregenerabilă; *de exemplu*: rezervele naturale de petrol, gaze, cărbuni, soarele, vântul, pământul (energia geotermală), oceanul (energia valurilor), pădurile etc.

- Energie primară - energia care nu a fost supusă nici unui proces de conversie sau de transformare. Energia primară poate include energie primară din sursele neregenerabile și/sau din sursele regenerabile.

- Energie totală - energia provenită atât din surse regenerabile cât și neregenerabile.

1.1.5. Performanță energetică

- **Audit energetic al clădirii/unității de clădire/grupului de clădiri** - totalitate a activităţilor specifice, inclusiv elaborarea raportului de audit energetic, prin care se obţin date despre consumul energetic al unei clădiri/unități de clădire/grup de clădiri existente, se identifică soluţiile rentabile de economisire a energiei prin creșterea performanței energetice, se cuantifică economiile de energie și se evaluează eficienţa economică a soluţiilor propuse, estimând costurile și durata de recuperare a investiţiei.

- **Certificat de performanță energetică** - document tehnic legal care indică performanţa energetică calculată în condiții prestabilite de confort a obiectivului evaluat (clădire, unitate de clădire, apartament). Documentul trebuie elaborat conform prezentei metodologii de calcul al performanței energetice a clădirilor și cuprinde date cu privire la consumurile de energie primară și finală, inclusiv din surse regenerabile de energie, precum și cantitatea de emisii echivalente de CO_2. Pentru clădirile existente certificatul include în anexă și măsurile recomandate atât pentru reducerea consumurilor energetice cât și pentru creşterea ponderii utilizării surselor regenerabile de energie în consumul total.

- **Renovare majoră** - lucrările proiectate și efectuate la anvelopa unei clădiri existente și/sau la sistemele tehnice ale acesteia, ale căror costuri depășesc 25% din valoarea de impozitare a clădirii, exclusiv valoarea terenului* pe care este situată clădirea; o clădire renovată major trebuie să îndeplinească cerințele minime de performanță energetică definite prin valorile din tabelul 2.10b.

* Valoarea de impozitare a clădirii se determină potrivit Legii nr. 227/2015 privind Codul fiscal, cu modificările și completările ulterioare.

- Clădire al cărei consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB-nearly zero energy building) - clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care consumul de energie este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut și este acoperit, în proporție de minimum 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, începând cu anul 2021 (după 2031 proporția minimă de energie din surse regenerabile se va stabili prin Hotărâre a Guvernului, conform prevederilor din Legea nr. 372/2005, republicată).

- Factor echivalent de emisii de CO_2 - cantitatea echivalentă de CO_2 emisă în timpul desfășurării unui proces (cum ar fi arderea unui combustibil) prin care o resursă primară devine utilizabilă sub formă de energie la un consumator final; poate include emisiile echivalente în CO_2 ale altor gaze cu efect de seră [$kgCO_2/kWh$].

- Rata de energie primară din sursă regenerabilă (RER) – proporția de energie primară furnizată din surse regenerabile (pentru toți agenții/vectorii energetici) aflate la fața locului, în apropiere sau la distanță, din valoarea energiei primare totale furnizată clădirii (pentru toți agenții/vectorii energetici); acest indicator nu ține cont de energia exportată produsă din surse regenerabile aflate la fața locului sau în apropiere.

- Indicator de performanță energetică a clădirii/unității de clădire/apartamentului (indicator PEC) - mărime calculată (sau măsurată), care definește o caracteristică energetică a unui obiectiv evaluat; indicatorii PEC sunt utilizați pentru încadrarea în clasele de performanță energetică, pentru verificarea respectării cerințelor de performanță energetică și/sau pentru completarea certificatului de performanță energetică. Un indicator PEC se poate referi atât la performanța energetică globală (pentru toate utilitățile) cât și la performanța energetică parțială (pentru o anumită utilitate).

- Performanţa energetică a clădirii/unității de clădire/apartamentului - energia estimată prin calcul (sau efectiv consumată) în condițiile utilizării **în condiții de confort și siguranță** de către ocupanții clădirii/unității de clădire/apartamentului, cu respectarea tuturor cerințelor minime de confort privind încălzirea, utilizarea apei calde de consum, răcirea, ventilarea și iluminatul. Performanţa energetică a clădirii se determină în România conform prezentei metodologii de calcul și se exprimă prin mai mulţi indicatori numerici (consumuri specifice) care se calculează luându-se în considerare caracteristicile tehnice ale clădirii și ale instalațiilor (sistemele tehnice), factorii climatici exteriori de calcul energetic, condițiile interioare minime de confort, sursele de producere a energiei consumate, alţi factori care influenţează necesarul și, în final, consumul de energie.

- **Performanţă energetică a clădirii de referință -** este performanța energetică a unei clădiri virtuale având aceleași caracteristici geometrice ca și clădirea reală, cerințele termotehnice recomandate conform tabelelor 2.4 pentru clădiri NZEB și 2.7 pentru clădiri renovate major, și respectiv, cerințe de performanță energetică și niveluri de poluare definite în capitolul 5.2**.** Performanţa energetică a clădirii de referință este utilizată pentru completarea certificatului de performanță energetică și pentru verificarea conformităţii cu cerințele reglementate ale clădirilor noi și existente.

- Performanţă energetică după execuţie - performanță energetică calculată cu datele tehnice ale clădirii după finalizarea procesului de construire/renovare energetică (înainte sau după începerea exploatării), respectiv la recepția la terminarea lucrărilor, luând în calcul și date reglementare privind modul de utilizare. Aceasta reprezintă consumul anual de energie al unei clădiri construite, **calculat în condiţii standardizate de utilizare**.

În prezenta metodologie, s-a adoptat varianta determinării performanței energetice calculate a unei clădiri/unități de clădire/apartament, în condiții standardizate de utilizare.

- **Raport de audit energetic** - document elaborat în urma desfăşurării activităţii de auditare energetică a clădirii, care conține descrierea modului în care a fost efectuat auditul energetic, a

principalelor caracteristici termice și energetice ale clădirii/unităţii de clădire și, acolo unde este cazul, a măsurilor propuse pentru creşterea performanței energetice a clădirii/unităţii de clădire și instalațiilor interioare aferente acesteia, precum și a principalelor concluzii referitoare la eficienţa economică a aplicării măsurilor propuse și durata de recuperare a investiţiei.

- Valoare de referință - valoarea reglementată sau calculată cu care se compară un indicator energetic; aceasta poate să fie fixă pentru anumite tipuri de clădiri sau pentru anumite caracteristici energetice, sau poate fi variabilă.

1.1.6. Calcul energetic

- **Aport de căldură** - căldură generată în interiorul spaţiului climatizat sau care intră în spațiul climatizat din surse de căldură altele decât cele utilizate în mod intenţionat pentru încălzirea, răcirea sau prepararea apei calde de consum.

- **Aporturi interne de căldură** - căldura furnizată de diverse surse interioare cum ar fi oamenii, iluminatul, aparatele electrocasnice consumatoare de energie electrică sau alte echipamente care generează energie termică în interiorul clădirii.

- **Aporturi solare de căldură** - căldura furnizată de radiația solară care pătrunde în clădire, direct sau indirect (după absorbția în elementele de clădire), prin elemente de clădire transparente sau opace sau sisteme solare pasive.

- **Aporturi utile de căldură** - partea din aporturile termice interne și solare de căldură care contribuie la reducerea necesarului de căldură pentru încălzire

- Bin - clasă de temperatură statistică (sau interval de clasă) pentru temperatura aerului exterior, cu limitele exprimate într-o unitate de măsură a temperaturii; binul include de obicei intervale de timp neconsecutive cu aceleași valori de temperatură.

- COP (coeficient de performanță) - eficiența energetică a unui echipament pentru producerea căldurii, definit ca raport între puterea termică livrată și puterea electrică absorbită efectiv de echipament.

- **Domeniu de funcționare** - domeniu cuprins între limitele superioară și inferioară ale utilizării (*de exemplu:* temperaturile, umiditatea aerului, tensiunea) în care un echipament funcționează; caracteristicile care definesc domeniul de funcționare sunt publicate de producător.

- **EER** - eficiența energetică a unui echipament care produce frig, definit ca raport între puterea termică absorbită de vaporizator și energia consumată de compresor; reprezintă performanţa energetică a pompei de căldură reversibile care funcţionează în regim de răcire.

- **Perioadă de evaluare a performanței energetice** - perioadă de timp în care este evaluată performanța energetică; este de obicei un an - nu trebuie să aibă aceeași valoare ca perioada de calcul sau intervalul de calcul.

- **Perioadă/sezon de încălzire sau răcire** - perioadă a anului pentru care este necesară o cantitate semnificativă de energie pentru încălzire sau răcire; sunt utilizate pentru a se determina perioadele de funcționare a instalațiilor respective.

- **Pompă de căldură combinată** – echipament care furnizează energie pentru două sisteme tehnice diferite ale unei/unor clădiri sau unitate/unităţi de clădire ca de exemplu sistemul de încălzire și sistemul de apă caldă de consum, în funcționare alternativă sau simultană.

- **Pompă de căldură -** echipament care preia căldura dintr-un mediu la o anumită temperatură mai scăzută și o transferă unui mediu la o temperatură mai ridicată; poate funcționa în regim de încălzire (când furnizează căldură) sau în regim de răcire (în cazul pompelor reversibile).

- **Pierderi termice ale instalației** – disipări de căldură ale unei instalații a clădirii, care nu contribuie la energia utilă/netă furnizată de instalație; acestea pot să fie nerecuperabile, recuperabile sau recuperate.

- **Putere absorbită efectiv** - puterea electrică medie absorbită de unitatea de pompă de căldură într-un interval de timp dat, care include: puterea de intrare pentru funcționarea compresorului (sau a arzătorului și orice altă sursă de energie pentru dezghețare), puterea de intrare pentru dispozitivele de reglare și siguranță și puterea dispozitivelor care asigură vehicularea agentului termic.

1.1.7. Simboluri și indici

În tabelul 1.1 sunt prezentate simbolurile iar în tabelul 1.2 sunt explicați indicii folosiți în metodologia de faţă. Datorită folosirii unor notații specifice pentru capitolul 4, acestea sunt explicate la începutul acelui capitol.

Tabel 1.1. Simboluri

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
A	arie		m^2	2,3,4,5,6
a,b,c	parametri de calcul		-	3
A_{panou}	suprafață echivalentă de captare a panoului		m^2	4
asol	coeficient de absorbţie solară		—	2
A_{tot}	aria totală a captatoarelor solare utilizate în sistem		m^2	4
b	factor de corecţie pentru coeficientul de transfer termic/factor de reducere a temperaturii		—	2,5,6
B	dimensiune caracteristică a planşeului, lăţime		m	2
b	lățime, perpendicular pe direcția fluxului termic		m	2
B´	parametru geometric al plăcii planşeului		m	3
C	capacitate termică		J/K	2,5,6
c	capacitate termică masică		J/(kg·K)	2,3,5,6
C	capacitate de acumulare termică		Wh/K	3
c	capacitate volumică de acumulare termică		$Wh/(m^3 \cdot K)$	3
C	cost		€ b	4
c	concentraţie		$mg \times m^{-3}$	4
CG	cost global		€	5,6
CHR	pondere a căldurii cogenerate		-	4
CO	costuri		€	5,6
cp	căldură specifică masică a aerului la presiune constantă		Wh/(kg·K), J×kg-1×K-1	2,3,4
D	adâncime, diametru		m	2, 5,6

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
d	distanță, grosime, grosime totală echivalentă, adâncime, paralel cu direcția fluxului termic		m	2,3,5,6
D	zi		zile/lună	3
d	diametru		m	4
D_f	factor de reducere		-	5,6
Dp	diferenţă de presiune		Pa	4
Dq a	diferenţă de temperatură		K	4
E	emisivitate între suprafețe		—	2
e	coeficient de performanță		%	4
E	consum de energie		J, (kW·h)	4,5,6
ε	factor de cheltuieli		–	5,6
EATR	raport de transfer de aer evacuat		%	4
EER	randament energetic pentru producerea frigului		%	2,4
$E_{inc,i}$	energie totala incidenta in luna de calcul i		kWh	4
$E_{l,i}$	energie obtinuță în luna de calcul i		kWh	4
Ep	utilizare a energiei primare specifică ventilării		W h m^{-3} h a^{-1}	4
EP	indicator de performanță energetică, indicator energetic		kW·h/(m^2·a), d	5,6
ES	flux al radiației solare incidente, iradiație solară		W/m²	2
Et; Es	eficienţă a filtrului (totală, pe treaptă)		%	4
ev	eficienţă a ventilării		%	4
f	factor de temperatură al suprafeţei interioare, factor de amortizare		—	2
F	sarcină de încălzire sau de răcire		W	4
f	scurgere specifică		$m^3 \times s^{-1} \times m^{-2}$	4
f	factor (de exemplu factor de energie primară, …)		– d	5,6
F sau f	factor, fracție		—, %	2,3,4
f_{cap}	factor de corecție al intensității globale a radiației solare datorat unghiului de înclinare al captatorilor solari și unghiului de deviație de la orientarea sud al captatorilor solari		-	4
fP	factor de energie primară		—	4
fpv	factor de actualizare		—	4
Ft	raport de temperatură		—	4
G	debit de umiditate		kg/s	2
g	factor de transmisie a energiei solare totale (factor solar)		—	2
G	gradient vertical de temperatură		K/m	3
Gw	factor de corecţie pentru apa subterană		-	3
H	coeficient de transfer termic		W/K	2,3,5,6
h	căldură latentă		kJ/kg	2,3
h	coeficient de transfer termic superficial		W/(m^2·K)	2,5,6
h	eficienţă		%	4
H,h	înălţime		m	2,3,4
Hsol	radiație solară (cumulată, lunară)		kWh/m^2	2
I	investiţie iniţială		€ b	4
I	intensitate a radiației solare		W/m^2	5,6
Icl	izolaţie termică a îmbrăcăminţii		clo	4
INT	rată a dobânzii		%	5,6
k	parametru de calcul (factor)		-	3
k	treaptă de sarcină parțială		-; %	4
k	coeficient		–; %	5,6

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
K	coeficient de emisii de CO2		kg/(kW·h)	5,6
k_{pk}	factor de putere de vârf		-	4
L	coeficient de cuplaj termic		W/(m·K)	2
l	Lungime (a unei punţi termice liniare)		m	3
l	Lungime a conductelor		m	3
L, l	lungime		m	2,4,5,6
L2D	coeficient de cuplaj termic în calculul bidimensional		W/(m·K)	2
L3D	coeficient de cuplaj termic în calculul tridimensional		W/K	2
Lmn	conductanţă termică periodică		W/K	2
LR	raport de sarcină parţială		-	3
LS	durată de viaţă, ciclu de viaţă sau durată de proiectare		An - a	5,6
m	numărul lunii (m = 1 pentru ianuarie la m = 12 pentru decembrie)		—	2
M	nivel metabolic (activitate)		met	4
m	masă (de exemplu cantitatea de emisii de CO2)		kg	5,6
N	număr de elemente (număr întreg)		—	2,3,5,6
n	număr de schimburi de aer		h^{-1}	2,3,5,6
n	durată de viaţă		ani	4
n	număr de rotaţii		min^{-1}	4
n1…3	parametri de calcul (exponent)		-	3
nTap	profil de consum		1/h	3
O	ocupare		persoane	5,6
OACF	factor de corecţie a aerului exterior		—	4
P	perimetru		m	2,3
P	putere		W	4,5,6
p	presiune		Pa	4,5,6
p	putere specifică		kW/kW	4
PB	perioadă de recuperare a investiţiei		An - a	5,6
PEC	performanţă energetică a cladirilor		-	
PSFP	putere specifică a ventilatorului		$W \times m^{-3} \times s$	4
PV	valoare actualizată		€ b	4
PVAL	valoare actuală		€	5,6
PVAL_f	factor de actualizare		-	5,6
Q	cantitate de căldură, energie		kWha	2,3,4,5,6
q	densitate de flux termic		W/m^2	2,5,6
q	permeabilitate specifică la aer a anvelopei clădirii		$m^3/(m^2 \cdot h)$	3
q(v)	debit de aer volumic		m^3/h	3
q, qv	debit volumic de aer		m^3/h	2,5,6
q´	pierdere termice pe unitatea de lungime a conductei		W/m	3
qm	debit masic		$kg \times s^{-1}$	4
qv	debit volumic		$m^3 \times s^{-1}$	4
R	rezistenţă termică		$m^2 \cdot K/W$	2,3,5,6
r	distanţă		m	2
r	rată a dobânzii		%	4
r	căldură latentă de evaporare a apei		kWh/kg	4
RAT	rată, rată a dobânzii, rată de actualizare, rată de evoluţie a preţurilor		%	5,6
RER	contribuţia energiei din surse regenerabile		–	5,6
RF	factor de radiaţie		—	3
S	spaţiu, spaţiu elementar		-	2

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
s	lățime a unui spațiu		m	2
S	dimensiune		–	5,6
SA	zonă deservită (de sistem)		–	5,6
S_c	suprafața totală a captatoarelor solare utilizate de sistem		m^2	4
T	temperatură termodinamică		K	2,3,5,6
T	supra temperatură cumulată sau sub temperatură cumulată		K·h	2
t	timp		s sau h	2,5,6
T	perioadă de variație		s	2
t	o perioadă sau un pas de timp		min, h, an	3,5.6
t_{eq}	Diferență de timp între timpul solar aparent și timpul solar mediu (formula de timp)		h	3
t_r	temperatura apei reci		°C	4
tTC	perioadă de calcul		An	5,6
U	transmitanţa termică		$W/(m^2 \cdot K)$	2,3,5,6
U	transmitanţă termică (liniară) a conductelor		W/mK	3
V	volum		m^3	2,3,4,5,6
v	exponent de presiune pentru pierderile de aer		-	3
v	viteză		m/s	3,4
VAL	valoare		€	5,6
vSUP	volum specific al aerului de introducere		m^3/kg de aer uscat	4
w	factor de pondere		-	2
w	grosime a peretelui		m	2
w	energie auxiliară		kWh	4
W,w	lăţime,lăţime (parţială)		m	2
WHR	pondere a căldurii reziduale		-	4
x	conţinut de umiditate		kg/kg aer uscat	2,4
x	distanţă în interiorul elementului		m	2
x	cantitate relativă de apă extrasă într-o anumită perioadă de timp		-	3
X	fracţie din volum		%	5,6
X, Y	orice proprietate, sistem, ...		–	5,6
Ymm	admitanţă termică		$W/(m^2 \cdot K)$	2
Ymn	transmitanţă termică periodică		$W/(m^2 \cdot K)$	2
Z	parametru de transmisie termică pentru pereţi captatori solari		$W/(m^2 \cdot K)$	2
Z	zonă		—	2,5,6
z	adâncime, adâncimea plăcii planşeului sub nivelul solului		m	2,3
Z	factor de pierdere de sarcină		—	2
z	coordonată verticală		m	2
Z	matrice de transfer de la un mediu la altul		—	2
α	factor de absorbție		—	2
α	coeficient de transfer termic		$W/(m^2\ K)$	3
α	factor de repartizare		-	4
αe	factor de absorbție solară directă		—	2
αsol	unghi de înălţime solară		°	2
β	unghi de înclinare		°	2
β	Sarcină parţială medie raportată la un pas de timp		-	3
β	factor de sarcină		-	3
γ	unghi de azimut		°	2

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
γ	raport de bilanț termic		—	2
δ	declinaţie (solară)		°	2
δ	adâncime de penetrare periodică		m	2
Δ	delta (diferenţă), prefix care se combină cu simboluri		diverse	3, 5,6
ε	emisivitate		—	2
ε	Factor de consum energetic		-	3
ε	randament		-	3
ε	Eficienţă a recuperării de căldură		—	4
ε_{PV}	eficiența captatorului fotovoltaic		-	4
ζ	raport de căldură		—	4
η	randament, factor de utilizare		—	2,3,5,6
η_{inv}	randamentul invertorului		-	4
η_t	randamentul captatorului în funcție de temperatura din anexa națională, valori informative în anexa A2		-	4
θ	temperatură		°C	2,3,5,6
κ	capacitate termică a suprafeței		$J/(m^2 \cdot K)$	2
λ	conductivitate termică		$W/(m \cdot K)$	2,3
λ	lungime de undă		µm	2
ν	umiditate volumică		kg/m^3	2
ξ	raport între grosimea stratului și adâncimea de penetrare		—	2
ρ	densitate (masa volumică)		kg/m^3,kg/l	2,3,5,6
ρ	factor de reflexie a feței orientate către radiația incidentă		—	2
ρ'	factor de reflexie a feței opuse radiației incidente		—	2
σ	raport între putere electrică și căldură		-	4
τ	constantă de timp		s,h	2,3,5,6
φ	umiditate relativă		%	2,5,6
φ	latitudine		°	2
Φ	flux termic, sarcină termică, putere termică		W	2,3,5,6
φ	Putere termică specifică		W/m^2	3
φ	diferenţa de fază		rad	2
ψ	transmitanța termică liniară a punții termice		W/mK	2
χ	transmitanța termică punctuală a punții termice		W	2
φsol	unghi de azimut solar		°	2

Tabel 1.2.Indici

Indice	Termen	Capitol
a	aer	2,3,4,5,6
A	aparate[a]	2
a	adiacent	2
a	absorbit	2
a	ambiant	3
A	debit extras	3
A	alte aparate [a]	5,6
abs	răcitor cu absorbţie	4
ac	răcire ambiantă	4
add	suplimentar	3
adj	potrivit/corectat	2

Indice	Termen	Capitol
ahu, AHU	unitate de tratare a aerului	2,4
air	aer	2,3
al	strat de aer	2
alt	altitudine	2
an	anual	2,5,6
ann	anual	3
Apl	aparate	5,6
ATD	dispozitiv de transfer de aer	3
aux	auxiliar	5,6
avg	medie temporală	5,6
b	subsol, sub nivelul solului; lăţime	2
B	jaluzea, stor, dispozitiv de protecție solară	2
b	necesar al clădirii	3
B	clădire	5,6
BAC	reglare și automatizare clădiri	5,6
BE	indice de numerotare pentru unități de clădire[a]	3
bg	subsol, inclusiv efectul solului	2
BG	clădire	5,6
bin	bin	5,6
biv	bivalent(ă)	3
bm	biomasă	5,6
boost	relansare a încălzirii	3
brm	spațiul în care este instalat cazanul	3
bu	rezervă	3
build	clădire	3
C	răcire	2,5,6
c	structură, element de clădire	2
c	convecţie, convectiv, conductiv	2
c	element opac	2
c	componentă	2
c	referitor la apa rece	3
calc	calcul	2,5,6
cch	răcitor cu compresie	4
ce	convectiv exterior (~c;e)	2
cgn	cogenerare	4
CGN_FUEL	tipul de combustibil	4
CGN_NR	numărul generatorului preferențial	4
CGN_TYPE	tipul de aparat	4
CGN_USE	serviciul	4
ch	coș	3
ch	acumulare	3
chp	producere combinată de căldură și energie electrică	4
ci	convectiv interior (~c;i)	2
ci	interval de calcul	3
cm	regim de cogenerare	4

Indice	Termen	Capitol
Cnd	condiţionat	4
CO_2	emisii de CO_2	5,6
coal	cărbune	4
Coil	baterie	4
comb	combustibil	3
Comp	compresor	3
con	convectiv	3
cond	condensare, condensator	3
cont	continuu	2,3
corr	corectat(ă)/corecție	3
cr	agent energetic	5,6
ctr	reglare	5,6
Ctrl	reglare	4
cu	de la o zonă climatizată la o zonă neclimatizată	2
cvd	acoperit	4
cw	faţadă uşoară	2
cw	perete cortină	2
CW	răcire și preparare a apei calde de consum [a]	5,6
d	direct; ușă	2
D	ușă	2
d	desfășurat	2
d	difuzat	2
D	direct	2
D	(coeficient de) descărcare	3
D	proiectare	3
d, day	pe zi, zilnic	3
day	zilnic	2,5,6
dc	răcire centralizată	5,6
del	furnizat	5,6
des	rețea de distribuție a energiei	4
Des	proiectare	4
design	se referă la o condiţie de calcul (de proiectare) sau proprietăţi tehnice	3
dgn	proiectare	3
dh	scădere a încălzirii	3
dh	încălzire centralizată	5,6
DHU	dezumidificare	2,5,6
dhum	(instalație de) dezumidificare	5,6
dif	difuz	2,4
dir	direct	2
dir	direcţie, orientare	3
dis	distribuţie	3,5,6
Disc	reducere	5,6
Disp	eliminare	5,6
distant	la distanţă	5,6

Indice	Termen	Capitol
draw	extras, referitor la proprietăţile apei furnizate la punctul de consum (armătură)	3
dry	gaze uscate	3
du	învechit	3
Du	conductă	4
e	extern,exterior,mediul exterior	2,3,5,6
E	fotovoltaic, vânt	5,6
e,m	exterior mediu (anual)	3
ed	margine	2
eff	efectiv	2,3
EHA	aer evacuat	4
el	element	2
el	electric	4
el	electricitate	5,6
em	emisie/emiţător	5,6
emb	integrat	3
emt	emiţător	3
EN, En	energie	5,6
eng	motor	3
env	anvelopă	3,5,6
EPus	utilităţile clădirii incluse în evaluarea performanței energetice, servicii PEC	5,6
eq	echivalent	2
est	estimat	5,6
ETA	aer extras	4
evap	vaporizator, evaporare	3
exer	exergie	3
exh	extras	3
exp	exportat	5,6
f	planşeu, ramă, cadru (al unei ferestre),	2, 5,6
f	referitor la factorul de amortizare	2
fac	faţadă; perete exterior vertical	3
fan	ventilator	3
fg	placa pe sol a parterului, inclusiv efectul solului	2
fg	produse de ardere	3
Fin	final, rezidual	5,6
fin, finl, finr, fins	ecran (lateral) (stânga, dreapta, amândouă)	2
fl, floor	pardoseală	2,3
fr	cadru	2
g	sol	2, 3
g	strat de aer	2
g	gaz	2, 5,6
gn, gain	aporturi de căldură	2,3,5,6
gb	bară-distanțier	2
gen	generare	5,6

Indice	Termen	Capitol
gf	combustibil gazos	4
g, gl	vitraj, element vitrat	2
gr	sol	2
grid	de la reţeaua publică (reţea)	5,6
GW	apă subterană	3
H	încălzire	2,5,6
h	orar	2,3,5,6
Hc	circuit de încălzire	3
HC	încălzire și răcire	5,6
HCW	încălzire, răcire și preparare a apei calde	5,6
HE	schimbător de căldură	3
hem	emisferic	2
HG	generator de căldură	3
HL	sarcină termică	3
hn	rețeaua de încălzire	4
hr	recuperare de căldură	4
hr	sistem de evacuare a căldurii	4
hru	unitate de recuperare de căldură	2
Hs/Hi	raport putere calorifică superioară/putere calorifică inferioară	3
ht	transfer termic	2,5,6
HU	umidificare	2,5,6
hu	Preîncălzire	3
Hu	Uman	5,6
hum	(instalație de) umidificare	5,6
HVAC	încălzire, ventilare, climatizare	2
HW	încălzire și preparare a apei calde [a]	5,6
hydr	echilibrare hidraulică	3
i	interior, mediul interior	2
i	inferior (inferioară)	3
i	indice general de numerotare	3
i	ciclu / pas de calcul (un ciclu pentru fiecare minut al perioadei luate în considerare); referitor la elemente cumulate	3
i, j	indici de numerotare pentru spatii încălzite; unde (i) este în mod normal utilizat pentru spațiile încălzite analizate și (j) pentru alte spatii încălzite în relaţie cu (i), cum ar fi o încăpere alăturată etc.	3
i,j,k,z	indici	2,5,6
IDA	aer interior	4
ie	de la interior la exterior	2,3
ig	de la spațiul interior considerat (i) spre sol (g)	3
im	intermitent	3
in	aport, intrare	5,6
inc	creștere	3
inf	infiltraţie	3
inf-add	infiltraţie suplimentară	3
infra	încorporată în infrastructură	4
ini	iniţial	3

Indice	Termen	Capitol
INIT	iniţial	5,6
innr	intern/interior, se referă la dimensiuni interioare	3
ins	izolaţie	2
int	intern sau interior	2,3,5,6
interm	intermitent	2
Inv	investiţie	5,6
iu	între un spațiu climatizat/interior și un spațiu neclimatizat/neîncălzit	2
ix	de la un spațiu (i) spre un alt spațiu; x fiind substituent pentru e, a, g etc.	3
j	indice de însumare	2
j, *k*	integral, număr al stratului sau spațiului	2
ju	de la un spațiu (j) spre un spațiu (u) care este considerat ca nefiind încălzit, deşi, prin proiectare, (u) poate fi încălzit sau poate conține spatii încălzite	3
k	indice de numerotare pentru elemente ale clădirii (pereţi, ferestre, tavane etc.)	3
l	scurgere	2
L	iluminat	2
l	indice de numerotare pentru punţi termice liniare	3
l	încărcare	3
L	iluminat	5,6
lag	decalaj (temporal)	3
lat	latent	5,6
LC	ciclu de viaţă	5,6
ld	sarcină	2
lea	scurgere	4
leak	Scurgeri	3
lf	combustibil lichid	4
lim	limitat,limită	2,3
lr	radiație de lungime mare de undă	2
LRxx	raport de sarcină xx%	3
ls	pierdere	2,5,6
lw	inferior	3
m	număr al lunii,lunar	2,5,6
m	conductanţă sau capacitata raportată la masă	2
m	mijloc (de clădire)	2
m	mediu	2, 3
m	element	2
m	indice de numerotare pentru punţi termice punctiforme	3
m, *n*	indice pentru zonele termice	2
Ma	întreţinere	5,6
max	maxim, limită superioară	3, 5,6
meas	măsurat	5,6
mech	mecanic (sistem de ventilare)	3
mig	dispozitiv de generare cu mai multe intrări	4
min	minim, limită inferoară	2
mm, mn	efect pe faţa m, determinat de o cauză ce acţionează pe faţa m respectiv n	2

Indice	Termen	Capitol
mn	medie (temporală sau spaţială)	2,5,6
mos	sistem cu mai multe ieșiri	4
n	perpendicular pe suprafaţă	2
n	indice al radiatorului, nominal	3
N	Aria de referință a pardoselii	3
N,n	Nominal	3,4
nc	Necondiţionat	4
ncm	regim de non-cogenerare	4
ncv	putere calorifică inferioară	4
nd	necesar	2, 5,6
nEPus	servicii care nu aparțin de PEC/ care nu au legătură cu sistemele clădirii analizate	5,6
ngen	fără generare	5,6
nlim	nelimitat	2
noc	perioadă de neocupare	2
nom	Nominal	4
nrbl	nerecuperabil	5,6
nrby	în apropiere	5,6
nren	neregenerabil	5,6
nrvd	nerecuperat	5,6
ntdel	net furnizat	5,6
nused	neutilizat (în acelaşi interval de calcul)	5,6
nut	neutilizat	5,6
O_2	oxigen	3
obst	obstacole	2
oc	ocupanţi	2
occ	perioadă de ocupare	2
ODA	aer exterior	4
OFF, off	punct de oprire; setare la care senzorul de temperatură opreşte generatorul de căldură, oprit	3,5,6
OH	supraîncălzire	2
oil	petrol, păcură	5,6
OL	limită de funcţionare	3
ON,on	punct de pornire; setare la care senzorul de temperatură porneşte generatorul de căldură (reîncălzirea)	3,5,6
op	opac	2
op	operativă	2
op, Op	operațional (operațională), în funcționare	3,4,5,6
open	deschideri	3
out	producţie, ieşire	5,6
ovh	consolă	2
p	proiectat	2
p	presiune constantă	2,3
p	panou (opac)	2
P	energie primară	5,6
P0	la sarcină nulă	3
pa	suprafață elementară/parțială	3

Indice	Termen	Capitol
Pdn	la putere de calcul	3
pe	periodic exterior	2
Per,per	periodic, pentru o perioadă de timp	5,6
pi	periodic intern	2
pilot	lumină de veghe	4
Pint	la sarcină intermediară	3
Pint	la sarcină intermediară	3
pk	vârf	5,6
pl	plan, strat	2
PL	sarcină parțială	4
pmp	pompă	3
Pn	la sarcină nominală	3
Pnren	energie primară din surse neregenerabile	5,6
pol	referitor la politici	5,6
pr	produs	5,6
prio	prioritate	3
proc	procedeu	2
Ptot	energie primară totală	5,6
pv	energie solară (fotovoltaică)	5,6
Px	sarcină reală	3
$Q_{w,dis,nom}$	pierderea termică aferentă recirculării, între utilizări ale apei calde de consum	3
$Q_{W,dis,stub}$	pierderea termică aferentă sistemului de distribuție, în timpul utilizării apei calde de consum	3
r	radiație, radiant	2
rad	radiant	3
rbl	recuperabil	5,6
RCA	aer recirculat	4
Re	real	5,6
re, ri	radiativ exterior, interior	2
rec	recuperare de căldură	3
red	redus	2,5,6
ref	reflectat	2
ref	referință	3,4
Ref	poziţie de referință	3
rej	evacuat	4
ren	energie din surse regenerabile	5,6
Rep	reparaţie	5,6
req	cerut/necesar	4
return	retur	4
roomaut	reglare automată în încăpere	3
rot	rotaţie	4
Rpl	înlocuire	5,6
RT	retur	3
Run	funcţionare	5,6
rvd	recuperat	5,6

Indice	Termen	Capitol
s	spațiu (spațiu de aer sau gaz)	2
s	suprafaţă	2
s	superior (superioară)	3
S	stocare	3
sat	saturație	3
saX	zonă deservită (X este înlocuitor pentru C, H etc.)	5,6
sb	cutia oblonului	2
sb	scădere	3
sb	rezervă, standby	3
sb	în aşteptare/regim stabilizat	4
se	suprafaţă exterioară	2
seas	sezonier	5,6
sens	sensibil	5,6
sensor	senzor de temperatură al rezervorului de acumulare	3
Ser	serviciu	5,6
set	setat	2
set	fixat	5,6
setb	redus	3
sewage	nămol de epurare	4
sf	combustibil solid	5,6
sh	reducere a radiatiei solare, protecţie solară	2
shield	protecţie	3
sht	umbră, oblon	2
si	suprafaţă interioară	2
si,se	transmisie termică exterioară sau interioară (de exemplu: aerul interior spre un element de clădire, element de clădire spre aerul exterior)	3
sim	simultan (simultană)	3
sol	solar	2,5,6
sos	sistem cu o singură ieșire	4
sp	spațiu	5,6
spec	specifică	2
ss	subsistem	2
st	stoichiometric	3
st1..stn	de la etapa 1 la etapa n	4
stb	în aşteptare	3
stc	spațiu climatizat	2
sto	acumulare	3
sto	stocare	5,6
str	stratificare	3
stub	racorduri deschise	3
sup	alimentare, furnizare	2,3
SUP	aer de introducere	4
sur	mediu înconjurător	4
surf	suprafaţă	3
sus	suspendat	2

Indice	Termen	Capitol
sys	sistem	2
t	punte termică inclusă (total)	2
t	element transparent	2
T	termic	2,5,6
t	timp	2
t	pas de timp, un minut; referitor la elementele necumulate	3
TB, tb	punte termică	2,3
techn	tehnic, tehnic necesar sau datorat unor cauze tehnice	3
test	încercare	3
th	termic	2,3,4
tmp	temporar	5,6
tot	total	2,5,6
total	total(e), global(e)	3
tr	transmisie (transfer termic)	2,3,5,6
Tr	transport	5,6
transfer	se referă la debite volumice între încăperi	3
u	necondiţionat/neclimatizat	2
U	se referă la o calitate sau o condiţie relativă la transmitanţa termică (valoare U)	3
ub	subsolul neîncălzit, inclusiv efectul solului	2
UC	subdimensionarea unui sistem de răcire	2
ue	între un spațiu neclimatizat/neîncălzit și mediul exterior	2,3
UH	subdimensionarea unui sistem de încălzire	2
up	superior	3
upstr	partea de amonte a lanţului	4
us	utilizare	5,6
use	util	2
use	utilă (aria pardoselii)	5,6
used	utilizat în acelaşi interval de calcul	5,6
ut	utilizat	5,6
v	ventilat	2
v	volum sau debit volumic	3
V	ventilare	3,5,6
ve	ventilare	2,3,5,6
vi	virtual	2
w	perete	2
W	apă caldă de consum (ca utilitate energetică)	2,5,6
w	generat(ă) de vânt	3
W	apă	3,5,6
DHW	preparare a apei calde de consum	5,6
W,w	fereastră	2
wb	bulb umed	4
wd	lemn	5,6
we	evaporare de apă	2
we	ponderare	5,6
wf	îmbinare perete / planşeu	2

Indice	Termen	Capitol
wfg	apă în produsele de ardere	3
wg	perete, inclusiv efectul solului	2
wk	săptămânal	5,6
WS	deşeuri	5,6
WS, ws	fereastră cu oblon închis	2
wte	producere a energiei din deşeuri	4
$W_{X,dis}$	regim de funcţionare	3
x	combinate (prin pereţii spaţiului tehnic de sub planşeu și prin ventilarea spaţiului tehnic de sub planşeu)	2
X	oricare utilitate a clădirii considerată	5,6
Xc	circuit al întregului sistem tehnic al clădirii considerate	3
xr	recuperare de umiditate	4
XY	combinație de H, C, W	5,6
Y	orice subsistem	5,6
z	indice de numerotare pentru zone ale clădirii	3
zt	zonă termică	2,4,5,6
ztc	zonă climatizată	2
ztu	zonă neclimatizată	2
zv	zonă ventilată	4

1.2. Cerințe ale parametrilor interiori pentru asigurarea confortului și calității aerului interior în clădiri

Parametrii interiori de confort și de calitate a aerului interior, consideraţi în calculele energetice ale clădirilor, sunt aceiaşi cu cei utilizaţi pentru dimensionarea sistemelor de încălzire, ventilare și climatizare.

Calitatea aerului interior se asigură prin ventilare, în funcţie de destinaţia încăperii, în conformitate cu reglementarea tehnică indicativ I5 - Normativ pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, astfel:

- Pentru zona ocupată din încăperile civile, se stabilesc patru categorii de calitate a aerului interior (IDA1 – IDA4 conform Normativului I5, respectiv IEQ1 – IEQ4 conform SR EN 16798-1); pentru încăperi civile în care criteriile de ambianţă sunt determinate de prezenţa umană, calitatea aerului interior se va asigura folosind debitul de aer proaspăt, care se stabileşte în funcţie de destinaţia încăperilor, de numărul și de activitatea ocupanţilor precum și de emisiile poluante ale clădirii (de la elementele de construcţie, finisaje, mobilier și sistemele de instalații);
- Pentru încăperi fără o destinaţie precisă (*de exemplu* spaţii de depozitare), clasificarea calităţii aerului și respectiv debitul de aer de ventilare introdus, care poate fi exterior sau transferat din alte încăperi, se stabileşte în funcţie de aria utilă a pardoselii;
- Pentru încăperile civile și industriale în care există emisii de poluanţi altele decât bioefluenţii și emisiile clădirii, calitatea aerului interior trebuie asigurată prin respectarea valorilor de concentraţie admisă în zona ocupată.

Se va considera că echipamentele de birou (computere, imprimante, copiatoare, monitoare) se caracterizează printr-un grad de emisie neglijabil (pentru substanţe ca de exemplu TCOV, HCHO, NH_3 și alte produse cancerigene).

Debitele minime de aer exterior pentru ventilarea locuinţelor, preluate din reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare (Normativ I5) şi din Anexa Naţională standardului SR EN 16798-1/NA, sunt cele din tabelul următor:

	Număr de încăperi principale						
	1	2	3	4	5	6	7
debit total minim [m^3/h] din care	35	60	75	90	105	120	135
debit minim în bucătărie [m^3/h]	20	30	45	45	45	45	45

Confortul termic este determinat de următorii parametri principali:
- temperatura aerului interior,
- temperatura medie de radiație a suprafeţelor cu care corpul uman schimbă căldură prin radiație,
- umiditatea relativă a aerului,
- viteza curenţilor de aer din interior,
- gradul de izolare termică a îmbrăcăminţii,
- activitatea ocupanţilor care determină căldura degajată de corp (metabolismul).

Parametrii secundari sunt diferența de temperatură pe verticală, pardoseală/tavan/pereți rece/caldă sau reci/calzi, asimetria temperaturii de radiație etc.

Confortul termic dintr-o încăpere se exprimă prin valoarea Votului Mediu Previzibil, PMV, care pentru fiecare categorie de ambianţă trebuie să fie cuprins în plaja de valori indicată în reglementările tehnice pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, respectiv ale instalaţiilor de încălzire centrală.

În anumite condiții de activitate și îmbrăcăminte, tipice unor destinaţii de încăperi, considerând umiditatea relativă a aerului de 50% și viteze scăzute ale aerului din încăperi, calculul valorilor PMV poate fi înlocuit prin calculul temperaturii operative. Valorile de temperatură a aerului interior și valorile de temperatură operativă pentru diferite destinaţii și categorii de ambianţă sunt date de asemenea în reglementările tehnice menţionate şi în Anexa Naţională a standardului SR EN 16798-1.

În conformitate cu reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, sunt stabilite patru categorii de ambianţă interioară pentru care se indică valorile PMV acceptate.

În privința confortului vizual, atât clădirile existente cât și cele noi sau renovate trebuie să fie echipate, sau se consideră că sunt echipate, cu sisteme de iluminat care respectă bunele practici și cerințele de proiectare prezentate în:

- SR EN 12464-1 pentru spațiile din clădirile nerezidențiale noi sau renovate destinate activităților lucrative
- SR EN 12193 pentru clădirile nerezidențiale noi sau renovate, destinate activităților sportive
- SR EN 1838 pentru iluminatul de siguranță din clădirile nerezidențiale noi sau renovate
- SR EN 15193-1 pentru sistemul de iluminat din clădirile rezidențiale
- SR EN 12665 Lumină și iluminat.Termeni de bază și criterii pentru specificarea cerințelor de iluminat.

1.3. Standarde europene referitoare la performanța energetică a clădirilor (PEC)

Standardul SR EN ISO 52000-1 stabilește structura sistematică, completă și modulară pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor, prin calcul sau prin măsurare, precum și calculul performanței energetice în funcție de energia primară. Lista standardelor europene aplicabile domeniului PEC este prezentată schematic în tabelul 1.3.

Tabel 1.3. Standarde PEC

STANDARDE GENERALE			CLADIREA			INSTALATII										
	DESC	ST	DESCRIERE		ST	DESCRIERE		INCALZIRE	CLIMA/RACIRE	VENTILARE	UMIDIFICARE	DEZUMIDIFICARE	ACC	ILUMINAT	BACS	SURSE REGEN
sub 1	M1		sub 1	M2		sub 1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1	GENERAL	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	1	General	-	1	General	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 16798-9 SR CEN/TR 16798-10	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.) SR CEN/TR 16798-4	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.) SR CEN/TR 16798-4	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.) SR CEN/TR 16798-4	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 15193-1	SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
2	Termeni comuni si definitii; simboluri, UM si indici	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	2	Necesar de energie	SR EN ISO 52016-1 SR EN ISO 52017-1 SR CEN ISO/TR 52016-2	2	Necesar						SR EN 12831-3	SR EN 15193-1		
3	Situatii de aplicare	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	3	Conditii interioare fara prezenta instalatii	SR EN ISO 52016-1 SR EN ISO 52017-1 SR CEN ISO/TR 52016-2	3	Incarcari si puteri maxime	SR EN 12831-1					SR EN 12831-3			
4	Variante de exprimare a performantei energetice	SR EN ISO 52003-1 SR CEN ISO/TR 52003-2	4	Variante de exprimare a performantei energetice	SR EN ISO 52018-1 SR CEN ISO/TR 52018-2	4	Variante de exprimare a performantei energetice	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 16798-9 SR CEN/TR 16798-10	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.) SR CEN/TR 16798-4	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.) SR CEN/TR 16798-4	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.) SR CEN/TR 16798-4	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 15193-1 SR CEN/TR 15193-2	SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
5	Functiile si contururile cladirilor	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	5	Transfer termic prin transmisie	SR EN ISO 13789 SR EN ISO 13370 SR EN ISO 6946 SR EN ISO 10211 SR EN ISO 14683 SR CEN ISO/TR 52019-2 SR EN ISO 10077-1 SR EN ISO 10077-2 SR EN ISO 12631	5	Emisia de energie si sistemul de control	SR EN 15316-2 & SR CEN/TR 15316-6-2 SR EN 15500-1 SR CEN/TR 15500-2 SR EN 12098-1 SR CEN/TR 12098-6 SR EN 12098-3 SR CEN/TR 12098-7 SR EN 12098-5 & SR CEN/TR 12098-8	SR EN 15316-2 SR EN 15500-1 SR CEN/TR 15500-2	SR EN 16798-7 SR CEN/TR 16798-8 SR EN 15500-1 SR CEN/TR 15500-2	SR EN 16798-5-1 SR EN 16798-5-2 	SR EN 16798-5-1 SR EN 16798-5-2 			SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
6	Ocuparea si conditiile de utilizare a cladirilor	SR EN 16798-1 SR CEN/TR 16798-2 (ISO 17772-1, ISO/TR 17772-2)	6	Transfer termic prin infiltratii si ventilare	SR EN ISO 13789	6	Distributia de energie si sistemul de control	SR EN 15316-3 & SR CEN/TR 15316-6-3 SR EN 12098-1 SR CEN/TR 12098-6 SR EN 12098-3 SR CEN/TR 12098-7 SR EN 12098-5 SR CEN/TR 12098-8	SR EN 15316-3 & SR CEN/TR 15316-6-3	SR EN 16798-5-1 SR EN 16798-5-2 SR CEN/TR 16798-6 SR CEN/TR 16798-6			SR EN 15316-3 & SR CEN/TR 15316-6-3		SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
7	Agregarea serviciilor energetice si agentilor termici	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	7	Aporturi interioare de caldura	SR EN 16798-1 SR CEN/TR 16798-2 (ISO 17772-1, ISO/TR 17772-2)	7	Stocarea de energie si sistemul de control	SR EN 15316-5 SR EN 12098-1 SR CEN/TR 12098-6 SR EN 12098-3 SR CEN/TR 12098-7 SR EN 12098-5 SR CEN/TR 12098-8	SR EN 16798-15 SR CEN/TR 16798-16				SR EN 15316-5 SR EN 15316-4-3		SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
8	Zonarea cladirlor	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	8	Aporturi solare	SR EN ISO 52022-3 SR EN ISO 52022-1 SR CEN ISO/TR 52022-2	8	Generarea de energie si sistemul de control	SR EN 12098-1 SR CEN/TR 12098-6 SR EN 12098-3 SR CEN/TR 12098-7 SR EN 12098-5 SR CEN/TR 12098-8 SR EN 15316-4-1 & SR CEN/TR 15316-6-4 SR EN 15316-4-2 & SR CEN/TR 15316-6-5 SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-6 SR EN 15316-4-4 & SR CEN/TR 15316-6-7 SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8 SR EN 15316-4-8 & SR CEN/TR 15316-6-9 SR EN 15316-4-10	SR EN 16798-13 SR CEN/TR 16798-14 SR EN 15316-4-2 & SR CEN/TR 15316-6-5 SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8	SR EN 16798-5-1 SR EN 16798-5-2 SR CEN/TR 16798-6 SR CEN/TR 16798-6	SR EN 16798-5-1 SR EN 16798-5-2 SR CEN/TR 16798-6 SR CEN/TR 16798-6	SR EN 16798-5-1 SR EN 16798-5-2 SR CEN/TR 16798-6 SR CEN/TR 16798-6	SR EN 15316-4-1 & SR CEN/TR 15316-6-4 SR EN 15316-4-2 & SR CEN/TR 15316-6-5 SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-6 SR EN 15316-4-4 & SR CEN/TR 15316-6-7 SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8		SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-6 SR EN 15316-4-4 & SR CEN/TR 15316-6-7 SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8 SR EN 15316-4-5 SR EN 15316-4-8 & SR CEN/TR 15316-6-9 SR EN 15316-4-2 & SR CEN/TR 15316-6-5 SR EN 15316-4-10
9	Performanta energetica calculata	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	9	Dinamica cladirii (masa termica)	SR EN ISO 13786	9	Dispecerizarea energetica si conditii de functionare								SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
10	Performanta energetica masurata	SR EN ISO 52000-1 SR CEN ISO/TR 52000-2	10	Performanta energetica masurata	-	10	Performanta energetica masurata	SR EN 15378-3					SR EN 15378-3	SR EN 15193-1 SR CEN/TR 15193-2	SR EN ISO 52120-1 SR SR CEN ISO/TR 52120-2	
11	Inspectia instalatiilor	-	11	Inspectia instalatiilor	Standarde existente pentru inspectia IR, permeabilitate ...	11	Inspectia instalatiilor	SR EN 15378-1	SR EN 16798-17 SR CEN/TR 16798-18	SR EN 16798-17 SR CEN/TR 16798-18	SR EN 16798-17 SR CEN/TR 16798-18	SR EN 16798-17 SR CEN/TR 16798-18	SR EN 15378-1	SR EN 15193-1 SR CEN/TR 15193-2		
12	Modalitati de exprimare a confortului interior	SR EN 16798-1 SR CEN/TR 16798-2 (ISO 17772-1, ISO/TR 17772-2)	12	-		12	BMS								SR EN ISO 52127-1 SR CEN ISO/TR 52127-2	
13	Conditii climatice exterioare	SR EN ISO 52010-1 SR CEN ISO/TR 52010-2														
14	Calcul economic	SR EN 15459-1														

Tabel 1.3 (continuare)

Nr.crt.	Număr	Titlul standardului
1.	SR EN ISO 52000-1	Performanţa energetică a clădirilor. Evaluarea de ansamblu a PEC. Partea 1: Cadru general și metode
2.	SR EN ISO 52003-1	Performanţa energetică a clădirilor. Indicatori, cerințe, evaluare și certificate. Partea 1: Aspecte generale și aplicarea la performanța energetică globală
3.	SR EN 15316-4-10	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-10: Sisteme de generare a energiei eoliene. Modul M11–8-3
4.	SR EN 16798–1	Performanţa energetică a clădirilor – Ventilarea clădirilor. Partea 1: Parametrii ambientali pentru proiectare și evaluarea performanței energetice a clădirilor, privind calitatea aerului interior, confortul termic, iluminatul și acustica (Modulul M1–6)
5.	SR EN ISO 52010-1	Performanţa energetică a clădirilor. Condiţii climatice exterioare. Partea 1: Prelucrarea datelor climatice pentru calculele energetice
6.	SR EN 15459-1	Performanţa energetică a clădirilor. Procedură de evaluare economică a sistemelor energetice din clădiri Partea 1: proceduri de calcul, Modul M1-14
7.	SR EN ISO 52016-1	Performanţa energetică a clădirilor. Necesarul de energie pentru încălzire și răcire, temperaturi interioare și sarcini termice sensibile și latente. Partea 1: Metode de calcul
8.	SR EN ISO 52017-1	Performanţa energetică a clădirilor. Sarcini termice sensibile și latente și temperaturi interioare. Partea 1: Metode de calcul generale
9.	SR EN ISO 52018-1	Performanţa energetică a clădirilor. Indicatori pentru cerințe PEC parţiale referitoare la bilanţul termic energetic și la caracteristicile elementelor de clădire. Partea 1: Prezentare generală a opţiunilor
10.	SR EN ISO 13789	Performanţa termică a clădirilor. Coeficienţi de transfer termic prin transmisie și prin ventilare. Metodă de calcul
11.	SR EN ISO 13370	Performanţa termică a clădirilor. Transfer termic prin sol. Metode de calcul
12.	SR EN ISO 10211	Punţi termice în alcătuirea clădirilor. Fluxuri termice și temperaturi superficiale. Calcule detaliate
13.	SR EN ISO 14683	Punţi termice în alcătuirea clădirilor. Transmitanţa termică liniară. Metode simplificate și valori implicite
14.	SR EN ISO 10077-1	Performanţa termică a ferestrelor, uşilor și obloanelor. Calculul transmitanţei termice. Partea 1: Generalităţi
15.	SR EN ISO 10077-2	Performanţa termică a ferestrelor, uşilor și obloanelor. Calculul transmitanţei termice. Partea 2: Metoda numerică pentru profilurile de tâmplărie
16.	SR EN ISO 12631	Performanţa termică a faţadelor cortină. Calculul transmitanţei termice
17.	SR EN ISO 13786	Performanţa termică a elementelor de clădire. Caracteristici termice dinamice. Metode de calcul
18.	SR EN ISO 52022-3	Performanţa energetică a clădirilor. Proprietăţile termice, solare și de lumină naturală ale componentelor și elementelor clădirii. Partea 3: Metodă de calcul detaliată a caracteristicilor solare și de lumină naturală pentru dispozitive de protecţie solară asociate vitrajelor

Nr.crt.	Număr	Titlul standardului
19.	SR EN ISO 52022-1	Performanţa energetică a clădirilor. Proprietăţile termice, solare și de lumină naturală ale componentelor și elementelor clădirii. Partea 1: Metodă de calcul simplificată a caracteristicilor solare și de lumină naturală pentru dispozitive de protecţie solară asociate vitrajelor
20.	SR EN 15316–1	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 1: Generalităţi şi exprimarea performanţei energetice, Modulele M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4
21.	SR EN 12831–1	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al sarcinii termice de dimensionare. Partea 1: Necesarul de căldură pentru încălzire, Modul M3-3
22.	SR EN 15316–2	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 2: Sisteme de emisie (încălzire și răcire), Modulele M3-5, M4-5
23.	SR EN 15316–3	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 3: Sisteme de distribuţie (apă caldă de consum, încălzire şi răcire), Modulele M3-6, M4-6, M8-6
24.	SR EN 15316–5	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 5: Sisteme de stocare aferente instalaţiilor de încălzire şi de apă caldă de consum (nu de răcire), Modulele M3-7, M8-7
25.	SR EN 15316–4-1	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-1: Sisteme de producere a căldurii pentru încălzire şi prepararea apei calde de consum: instalaţii de ardere (cazane, biomasă), Modulele M3-8-1, M8-8-1
26.	SR EN 15316–4-2	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-2: Sisteme de producere a căldurii pentru încălzire: pompe de căldură, Modulele M3-8-2, M8-8-2
27.	SR EN 15316–4-3	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-3: Sisteme de producere a căldurii: instalaţii termice solare şi fotovoltaice, Modulele M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3
28.	SR EN 15316-4-4	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-4: Sisteme de producere a căldurii: instalaţii de cogenerare integrate în clădiri, Modulele M8-3-4, M8-8-4, M8-11-4
29.	SR EN 15316-4-5	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-5: Încălzire şi răcire centralizată. Modulele M3-8-5, M4-8-5, M8-8-5, M11-8-5
30.	SR EN 15316-4-8	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie şi al eficienţei instalaţiilor. Partea 4-8: Sisteme de producere a căldurii pentru încălzire: panouri radiante suspendate şi instalaţii de încălzire cu aer cald, inclusiv sobe (local) Modul M3-8-8
31.	SR EN 15378–3	Performanţa energetică a clădirilor. Instalaţii de încălzire şi de apă caldă de consum în clădiri. Partea 3: Performanţa energetică măsurată, Modulele M3-10, M8-10
32.	SR EN 15378–1	Performanţa energetică a clădirilor. Instalaţii de încălzire şi de apă caldă de consum în clădiri. Partea 1: Inspecţia cazanelor, a instalaţiilor de încălzire şi de apă caldă de consum, Modulele M3-11, M8-11

Nr.crt.	Număr	Titlul standardului
33.	SR EN 16798–9	Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 9: Metode de calcul pentru necesarul de energie al sistemelor de răcire (Modulele M4-1, M4-4, M4-9). Generalităţi
34.	SR EN 16798–15	Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 15: Calculul sistemelor de răcire. (Modul M4-7). Stocare
35.	SR EN 16798–13	Performanţa energetică a clădirilor. Partea 13: Modul M4-8. Calculul sistemelor de răcire. Producere
36.	SR EN 16798–17	Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 3: Pentru clădiri nerezidenţiale. Cerinţe de performanţă pentru sistemele de ventilare şi de climatizare a încăperilor (Modulele M5-1, M5-4)
37.	SR EN 16798–3	Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 17: Ghid pentru inspecţia instalaţiilor de ventilare şi de climatizare (Modulele M4-11, M5-11, M6-11, M7-11)
38.	SR EN 16798–7	Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 7: Metode de calcul pentru determinarea debitelor de aer în clădiri, inclusiv prin infiltraţie (Modulul M5-5).
39.	SR EN 16798–5–1 și SR EN 16798–5–2	Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor - Partea 5-1:Metode de calcul pentru necesarul de energie al sistemelor de ventilare şi de climatizare. Modulele M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8. Metoda 1: Distribuţie şi producere Performanţa energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 5 2: Metode de calcul pentru necesarul de energie al sistemelor de ventilare (Modulele M5-6, M5 8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8). Metoda 2 - Distribuţie şi producere
40.	SR EN 12831–3	Performanţa energetică a clădirilor. Metodă de calcul al sarcinii termice de dimensionare. Partea 3: Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum şi caracterizarea necesarului, Modulele M8-2, M8-3
41.	SR EN 15193–1	Performanța energetică a clădirilor. Cerințe energetice pentru iluminat. Partea 1: Specificații, Modul M9
42.	SR EN 15232–1	Performanţa energetică a clădirilor. Partea 1: Impact al automatizării, reglării şi managementului tehnic al clădirii. Module M10-4,5,6,7,8,9,10
43.	SR EN ISO 52127-1	Performanţa energetică a clădirilor. Sistem de management tehnic al clădirilor. Partea 1: Modul M10-12
44.	SR EN 16946-1	Performanţa energetică a clădirilor. Inspecţia sistemelor de automatizare, reglare şi management tehnic al clădirilor. Partea 1: Modul M10-11
45.	SR EN ISO 10456	Materiale şi produse pentru construcţii. Proprietăţi higrotermice. Valori tabelare de proiectare şi proceduri pentru determinarea valorilor termice declarate şi de proiectare

CAPITOLUL 2. ANVELOPA TERMICĂ A CLĂDIRII

Elemente de clădire și parametrii termoenergetici asociați

2.1.1. Prevederi generale

Evaluarea performanței energetice a clădirilor cu ocupare umană (clădirea propriu-zisă și sistemele de instalații aferente) precum și stabilirea cerinţelor minime de performanță energetică a clădirilor (clădire, unitate de clădire, parte de clădire, grup de clădiri, apartament) ţin seama de condiţiile generale de climat exterior și interior (asigurând realizarea condițiilor de confort interior pentru utilizatori), de condiţiile locale, de destinaţia dată în proiect precum și de vechimea clădirii, și se aplică diferenţiat pentru diferite categorii de clădiri, atât pentru clădirile noi, cât și pentru clădirile existente.

Capitolul 2.1 din Metodologie se referă la evaluarea nivelului de protecție termică pentru anvelopa termică a clădirilor noi (NZEB) precum și a celor care fac obiectivul unor lucrări de modernizare termică și energetică (renovare majoră, renovare aprofundată) din următoarele categorii: sectorul rezidențial - blocuri de apartamente sau locuințe unifamiliale - și din sectorul nerezidențial – clădiri pentru instituții publice/birouri, clădiri de învățământ, clădiri spitalicești, clădiri pentru comerț, clădiri social-culturale etc.

Cerinţele stabilite în metodologie nu sunt obligatorii pentru următoarele categorii de clădiri:

a) clădiri şi monumente protejate care fie fac parte din zone construite protejate, conform legii, fie au valoare arhitecturală sau istorică deosebită, cărora, dacă li s-ar aplica cerinţele, li s-ar modifica în mod inacceptabil caracterul ori aspectul exterior;
b) clădiri utilizate ca lăcaşuri de cult sau pentru alte activităţi cu caracter religios;
c) clădiri provizorii prevăzute a fi utilizate pe perioade de până la 2 ani, din zone industriale, ateliere şi clădiri nerezidenţiale din domeniul agricol care necesită un consum redus de energie;
d) clădiri rezidenţiale care sunt destinate a fi utilizate mai puţin de 4 luni pe an;
e) clădiri independente, cu o arie utilă a spațiului încălzit mai mică de 50 m².

Pentru procedura de calcul higrotermic al elementelor componente ale anvelopei termice se vor aplica formulele de calcul din reglementarea tehnică Normativ pentru proiectarea şi execuţia lucrărilor de izolaţii termice de clădiri, indicativ C107-2002, aprobată prin Ordinul ministrului lucrărilor publice, transporturilor și locuinței nr. 1.572/15.10.2002, denumită în continuare normativ C107, care a fost elaborată pe baza prevederilor din standardele europene.

Pentru caracteristicile termotehnice ale materialelor de construcție recente, până la revizuirea normativului *C107*, vor fi utilizate tabele actualizate de valori de proiectare însușite de autoritatea de reglementare, la propunerea companiilor specializate și asociațiilor profesionale, respectând atât toate procedurile tehnice prevăzute în standardele și reglementările naționale și internaționale, precum și în standardele europene SR EN ISO 10456, SR EN 1745, dar și reglementarea tehnică Metodologie pentru evaluarea performanţelor termotehnice ale materialelor şi produselor pentru construcţii, indicativ MP 022-02, aprobată prin Ordinul ministrului lucrărilor publice,

transporturilor și locuinței nr. 1.571/2002, denumită în continuare în prezentul document metodologíe MP 022-02.

Se remarcă câteva aspecte noi față de cele avute în vedere la elaborarea normativului *C107*, cuprinse în noile standarde SR CEN ISO:
- este prezentat calculul transmitanței termice a elementelor vitrate, cu aspectele noi față de cele cuprinse în reglementările în vigoare (documente de referință *SR EN ISO 10077-1, SR EN ISO 10077-2*);
- au fost făcute completări referitoare la influența dispozitivelor de umbrire și protecție solară (parasolare cu diverse poziționări), conform prevederilor din *SR EN ISO 52016-1, SR EN ISO 52022-1.*
- au fost introduse prevederi referitoare la calculul specific pereților cortină (conform *SR EN ISO 12631*).
- este prezentat un calcul simplificat pentru elementele în contact cu solul, elaborat pe baza prevederilor din *SR EN 12831 – 1*; au fost revizuite prevederile din SR EN ISO 13370.

Au fost evidențiate cerințele minime de performanță termică și energetică la nivelul anvelopei clădirilor, pentru fiecare categorie de clădire/unitate/element al acesteia, inclusiv pentru clădirile al căror consum de energie este aproape egal cu zero – NZEB.

Sunt prezentate: harta României cu zonele climatice pentru perioada de iarnă pentru calculele termotehnice pe durata sezonului rece și parametrii de performanță pentru clădirile al căror consum de energie este aproape zero – NZEB.

Conform Directivei *2010/31/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 19 mai 2010 privind performanța energetică a clădirilor (reformată), denumită în continuare în prezentul document EPBD*, *clădirea al cărei consum de energie este aproape egal cu zero* reprezintă o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, stabilită în conformitate cu anexa I a Directivei. Necesarul de energie aproape egal cu zero sau foarte scăzut ar trebui să fie acoperit, într-o foarte mare măsură, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere.

În cazul clădirilor din România, ”NZEB” se definește ca o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care consumul de energie pentru asigurarea performanței energetice este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut (conform tabelului 2.11) și este acoperit în proporție de minim 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, începând cu anul 2021. Pentru perioadele 2031-2040, 2041-2050 și după 2051, proporțiile minime de energie asigurată din surse regenerabile, inclusiv energia din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, se stabilesc ulterior prin hotărâre a Guvernului.

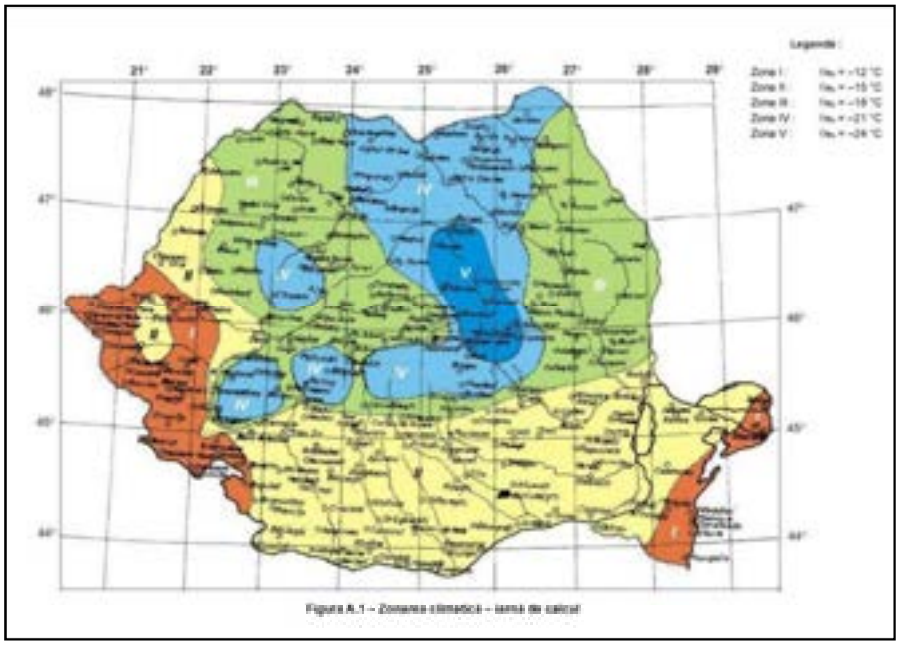


Figura 2.1. Harta de zonare climatică în România pentru perioada de iarnă

În cadrul structurii modulare a setului de standarde europene privind performanța energetică a clădirilor (PEC/EPB), clădirea (ca atare) este poziționată în modulul M2, fiind recomandate prevederile cuprinse în standardele menționate în tabelul 2.1.

Informațiile cuprinse în acest capitol, privind caracteristicile geometrice ale clădirii (aria elementelor de anvelopă, lungimea punților termice, volumul de aer etc.), condițiile la limita clădirii (temperaturi), caracteristicile termice ale elementelor de clădire care alcătuiesc anvelopa termică (conductivități termice, masa volumică, căldura specifică masică, rezistențe termice, transmitanțe termice, coeficienți de transfer termic etc.), respectiv datele de ieșire, sunt utilizate pentru calculele din capitolele următoare, pentru determinarea necesarului de energie pentru încălzire /răcire, conform standardelor menționate în tabelul următor.

Tabel 2.1. Tabel sintetic privind aspectele și calculele pentru care se utilizează prevederile din capitolul 2 și standardele europene recomandate

Cladirea (ca atare)		
Submodul 1	**Descriere**	**Standarde**
	M2	
1	Generalitați	-
2	Necesar de energie al clădirii	SR EN ISO 52016-1 SR EN ISO 52017-1 SR CEN ISO/TR 52016-2
3	Condiții interioare fără sisteme (liber)	SR EN ISO 52016-1 SR EN ISO 52017-1 SR CEN ISO/TR 52016-2
4	Modalități de exprimare a performanței energetice	SR EN ISO 52018-1 SR CEN ISO/TR 52018-2
5	Transfer termic prin transmisie	SR EN ISO 13789 SR EN ISO 13370 SR EN ISO 6946 SR EN ISO 10211

Cladirea (ca atare)		
Submodul 1	**Descriere**	**Standarde**
	M2	
		SR EN ISO 14683 SR CEN ISO/TR 52019-2 SR EN ISO 10077-1 SR EN ISO 10077-2 SR EN ISO 12631
6	Transfer termic prin infiltrații și ventilare	SR EN ISO 13789
7	Aporturi interne de căldură	A se vedea M1-6
8	Aporturi solare de căldură	SR EN ISO 52022-3 SR EN ISO 52022-1 SR CEN ISO/TR 52022-2
9	Dinamica clădirii (masa termică)	SR EN ISO 13786
10	Permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii	SR EN ISO 9972
11	Proprietăți higrotermice ale materialelor de construcție	SR EN ISO 10456

2.1.2. Elemente componente ale anvelopei clădirii

Clasificare în raport cu poziția în cadrul sistemului clădire:

- elemente exterioare în contact direct cu aerul exterior (ex: pereți exteriori, inclusiv suprafața adiacentă rosturilor deschise);
- elemente interioare care delimitează spațiile încălzite față de spatiile adiacente neîncălzite sau mai puțin încălzite (ex: pereții și planșeele care separă volumul clădirii de spații precum garaje, casa scării etc.), sau de spațiul rosturilor închise;
- elemente în contact cu solul.

Clasificare în funcție de tipul elementelor de clădire:

- elemente opace;
- elemente vitrate – elemente care permit transmisia luminii, al căror factor de transmisie luminoasă TL este mai mare de 0,05 (componentele transparente sau translucide ale pereților exteriori și acoperișurilor - tâmplăria exterioară, pereții vitrați și luminatoarele)

Clasificare în funcție de poziția elementelor de clădire în cadrul anvelopei :

- verticale - elemente de clădire care fac un unghi cu planul orizontal mai mare de 60 grade (ex: pereților exteriori);
- orizontale – elemente de clădire care fac un unghi cu planul orizontal mai mic de 60 grade.

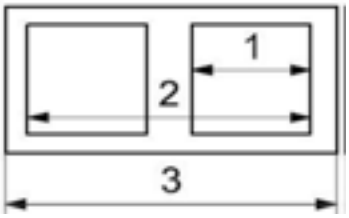
2.1.3. Convenții de stabilire a caracteristicilor dimensionale ale elementelor de anvelopă (parametri geometrici) necesare pentru calculul valorilor parametrilor de performanță termică

Anvelopa termică a unei clădiri este alcătuită dintr-o serie de suprafețe prin care are loc fenomenul de transfer termic.

Aria anvelopei termice a clădirii - A - reprezentând suma ariilor tuturor elementelor perimetrale ale clădirii, prin care are loc transfer termic, se calculează în funcție de A_j, ariile elementelor de clădire care intră în alcătuirea anvelopei clădirii, A_j, cu relația:

$$A = \Sigma A_j \qquad [m^2] \qquad (2.1)$$

Aria anvelopei se determină, conform convenției stabilite în reglementările românești, având în vedere exclusiv suprafețele interioare ale elementelor perimetrale ale clădirii, ignorând existența elementelor interioare (pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare) - dimensiune interioară totală (figura 2.2).



Legenda
1 Dimensiune interioară
2 Dimensiune interioară totală
3 Dimensiune exterioară

Figura 2.2. Sistem de dimensiuni

Volumul interior total al clădirii – V – reprezintă volumul delimitat de suprafețele perimetrale care alcătuiesc anvelopa termică a clădirii, având în vedere exclusiv suprafețele interioare ale elementelor perimetrale ale clădirii, ignorând existența elementelor interioare (pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare).

Volumul interior total al clădirii cuprinde atât încăperile încălzite direct (cu elemente de încălzire), cât și unele încăperi adiacente, încălzite indirect (fără elemente de încălzire), dacă pereții/planșeele nu au o termoizolație semnificativă. Sunt incluse în volumul clădirii: cămări, debarale, vestibuluri, holuri de intrare, casa scării încălzită, mai puțin încălzită sau interioară, incinte cu destinație tehnologică (uscătorii, spălătorii etc.), precum și mansarde și încăperile de la subsol, încălzite la temperaturi apropiate de temperatura predominantă a clădirii (diferență de temperatură mai mică de 4°C).

Nu se includ în volumul interior total al clădirii:

- încăperile cu temperaturi mult mai mici decât temperatura predominantă a clădirii, de exemplu la clădirile de locuit - camerele de pubele, casele de scară neîncălzite;
- verandele, balcoanele și logiile închise cu tâmplărie exterioară; dar dacă, de exemplu, anvelopa termică se închide la peretele exterior (cu fereastră) al unei logii cuprinse în volumul de aer climatizat, atunci logia va trebui inclusă în acesta; este și cazul unei case de scară neîncălzită, inclusă în volumul interior total al unei clădiri la care anvelopa termică se închide la pereții exteriori ai casei scării.

La clădirile cu acoperiș terasă, în cazul în care casa scării se ridică peste cota generală a planșeului terasei, pereții exteriori ai acesteia se consideră ca elemente ale anvelopei clădirii.

Volumul interior total al clădirii se utilizează la determinarea raportului de compactitate al clădirii, A/V.

Volumul util al clădirii – V_u – reprezintă volumul de aer interior al clădirii corespunzător ariei utile A_u a pardoselii spațiului climatizat direct sau indirect al clădirii (aria utilă, A_u, conform *STAS 4908*, reprezintă aria desfășurată A_d, mai puțin aria pereților; nu cuprinde aria logiilor și balcoanelor).

$$V_u = \Sigma V_j \qquad [m^3] \qquad (2.1)$$

Aria de referință a pardoselii este aria utilă a pardoselii tuturor spațiilor încălzite/răcite ale clădirii sau unității de clădire/apartamentului (incluse în anvelopa termică), exclusiv aria proiecției pereților interiori în plan orizontal.

Aria construită A_c, aria desfășurată A_d și aria desfășurată construită la locuințe A_{dc} a clădirii, se consideră cu definițiile date în *STAS 4908*, coroborat cu documentul recomandat *ISO 9836*.

Ca principiu general, suprafețele elementelor de construcție perimetrale care alcătuiesc împreună anvelopa clădirii, se delimitează față de mediile exterioare prin fețele interioare ale elementelor de construcție (conform prevederilor din normativul *C107* și *SR EN ISO 13789* – convenția de măsurare a suprafețelor – total interior).

Lungimile punților termice liniare (l) se măsoară în funcție de lungimile lor reale, existente în cadrul ariilor A determinate mai sus; în consecință ele sunt delimitate la extremități de conturul suprafețelor respective.

Punțile termice liniare care trebuie în mod obligatoriu să fie luate în considerare la determinarea parametrilor "l" și "ψ" sunt, în principal, următoarele:

- îmbinarea dintre pereţii exteriori și planşeul de terasă (în zona aticului sau a cornişei);
- îmbinarea dintre pereţii exteriori și planşeul de pod (în zona streşinii);
- îmbinarea dintre pereţii exteriori și planşeul peste subsolul neîncălzit (în zona soclului);
- îmbinarea dintre pereţii exteriori și placa pe sol (în zona soclului);
- colţurile verticale (ieşinde și intrânde) formate la îmbinarea dintre doi pereţi exteriori ortogonali;
- punţile termice verticale de la îmbinarea pereţilor exteriori cu pereţii interiori structurali (de ex. stâlpişori din beton armat monolit protejaţi sau neprotejaţi, pereţii din beton armat adiacenţi logiilor, ş.a);
- îmbinarea pereţilor exteriori cu planşeele intermediare (în zona centurilor și a consolelor din beton armat monolit, ş.a.);
- plăcile continue din beton armat care traversează pereţii exteriori la balcoane și logii;
- conturul tâmplăriei exterioare (la buiandrugi, solbancuri și glafuri verticale).

2.1.4. Parametri definitorii pentru caracterizarea higrotermică a materialelor. Parametrii de performanță caracteristici elementelor de anvelopă necesari la evaluarea performanței energetice a clădirilor

Caracteristicile higrotermice ale materialelor de construcţie utilizate la evaluarea performanţelor energetice ale clădirilor sunt:

- conductivitatea termică, λ, în W/(m·K);

- căldura specifică masică, c, în J/(kg·K);
- densitatea, ρ, în kg/m³;
- factorul de permeabilitate la vapori de apă/rezistenţă la vapori de apă, μ.

Conductivitatea termică de calcul este valoarea conductivităţii termice a unui material sau produs de construcţie, în condiții specifice, care poate fi considerată ca fiind caracteristică pentru performanţa acelui material, atunci când este încorporat într-un element de clădire.

Conductivitatea termică de calcul se stabileşte pe baza conductivităţii termice declarate, avându-se în vedere condiţiile reale de exploatare referitoare la temperatura și umiditatea materialului (documente recomandate standardele europene *SR EN ISO 10456*, *SR EN 1745* precum și metodologia *MP 022-02*).

Pentru condiţiile climatice din Romania, conductivitatea termică de calcul este definită pentru o temperatură medie de 10^0C și o umiditate de exploatare stabilită conform următoarelor convenţii:

- pentru materialele nehigroscopice (care nu conţin sau nu păstrează apa de fabricaţie și nu absorb umiditatea din aer), conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică a materialului aflat în stare uscată;
- pentru materialele higroscopice, conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică corespunzătoare umidităţii de echilibru a materialului aflat într-un mediu ambiant cu temperatura de 23^0C și umiditatea relativă de 50%;
- pentru materialele termoizolante care conţin în pori alte gaze decât aerul, conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică a materialului aflat în stare uscată, după un interval de timp de îmbătrânire, specific pentru fiecare tip de material.

Factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori, μ, al unui material este o mărime adimensională care arată de câte ori stratul de material este mai puţin permeabil decât un strat de aer de aceeaşi grosime. Factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori este utilizat la verificarea elementelor de clădire componente ale anvelopei clădirii la riscul de condens interstiţial.

La evaluarea performanţelor termice ale clădirilor existente, caracteristicile higrotermice de calcul ale materialelor de construcţie se vor considera astfel:

- pentru materialele tradiţionale aflate în regim normal de exploatare și la care, în urma expertizei termice, nu s-au constatat degradări, conform tabelelor actualizate de valori de proiectare însușite de autoritatea de reglementare, la propunerea companiilor specializate și asociațiilor profesionale, respectând toate procedurile tehnice prevăzute în standardele și reglementările naționale și internaționale, cu aplicarea coeficienților de majorare din tabelul 2.2.

Conductivitatea termică de calcul a materialului termoizolant se stabileşte în funcţie de:

- tipul şi caracteristicile termotehnice ale materialului termoizolant prevăzut în proiectul iniţial;
- deteriorarea caracteristicilor termoizolante ale materialului, produsă în timp, ca urmare a diferiţilor factori, dar în principal ca urmare a umezirii materialului prin infiltraţii şi/sau condens interior.

Conductivitatea termică se stabileşte concret prin:

- examinarea proiectului iniţial;
- identificarea materialului prin sondaje şi/sau decopertări locale;
- determinări de laborator ale unor probe extrase "în situ";
- examinarea stării în care se află materialul (în stare uscată, afectat de condens, igrasie sau infiltraţii de apă etc.)

Pentru a ţine seama de efectul negativ al umezirii, îmbătrânirii şi deteriorării în timp a materialelor care intră în alcătuirea elementelor de construcţie şi, în special, a materialelor termoizolante, asupra conductivităţii termice, valorile normate ale acestora vor fi corectate prin multiplicarea cu coeficienţii de majorare "a", care se dau în tabelul 2.2.

$$\lambda = a \,.\, \lambda_{normat} \quad [W/(m \,.\, K)] \qquad (2.3)$$

Coeficientul de majorare aferent unui material de construcţii se obţine prin multiplicarea coeficientului care depinde de vechimea materialului cu cel mai mare din coeficienţii care depind de starea materialului (condens, igrasie, infiltraţii).

Tabel 2.2. Coeficienţi de majorare a conductivităţii termice a materialelor de construcţie în funcţie de starea şi vechimea lor

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare "a"
1	2	3
Zidărie din cărămidă sau blocuri ceramice	vechime ≥ 30 ani în stare uscată	1,03
	afectată de condens	1,15
	afectată de igrasie	1,30
Zidărie din blocuri de b.c.a sau betoane uşoare; plăci termoizolatoare din b.c.a.	vechime ≥ 20 ani în stare uscată	1,05
	afectată de condens	1,15
	afectată de igrasie	1,30
Zidărie din piatră	vechime ≥ 20 ani în stare uscată	1,03
	afectată de condens	1,10
	afectată de igrasie	1,20
Beton armat	afectat de condens/igrasie	1,10
Beton cu agregate uşoare	vechime ≥ 30 ani în stare uscată	1,03
	afectat de condens	1,10
	afectat de igrasie	1,20
Tencuială	vechime ≥ 20 ani în stare uscată	1,03
	afectată de condens	1,10
	afectată de igrasie	1,30

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare ”a”
Pereţi din paiantă sau chirpici	vechime ≥ 10 ani în stare uscată, fără degradări vizibile	1,10
	în stare uscată, cu degradări vizibile (fisuri, exfolieri)	1,15
	afectaţi de igrasie, condens	1,30
Vată minerală în vrac, saltele, pâsle	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,15
	afectată de condens	1,30
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,60
Plăci rigide din vată minerală	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,10
	afectată de condens	1,20
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,30
Polistiren expandat	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,05
	afectat de condens	1,10
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,15
Polistiren extrudat	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,02
	afectat de condens	1,05
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,10
Poliuretan rigid	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,10
	afectat de condens	1,15
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,25
Spumă de poliuretan aplicată în situ	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,15
	cu degradări vizibile datorită expunerii la radiaţiile UV	1,20
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,25
Elemente din lemn	vechime ≥ 10 ani în stare uscată, fără degradări vizibile	1,10
	în stare uscată, cu degradări vizibile (fisuri, microorganisme)	1,20
	în stare umedă	1,30

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare ”a”
Plăci din aşchii de lemn liate cu ciment	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,10
	afectate de condens	1,20
	în stare umedă datorită infiltraţiilor de apă (în special la acoperişuri)	1,30

- pentru materialele la care, în urma expertizei termice, s-a constatat creşterea umidităţii peste umiditatea de echilibru, conductivitatea termică de calcul se va stabili astfel:
  - prin conversia conductivităţii de calcul corespunzătoare regimului normal de exploatare la condiţiile reale constatate conform *SR EN ISO 10456, metodologia MP 022-02*, atunci când se dispune de date privind umiditatea reală a materialului;
  - prin utilizarea coeficienţilor de majorare a conductivităţii termice prezentaţi în tabelul de mai sus atunci când nu se dispune de date privind umiditatea reală a materialului;
- pentru alte materiale, care nu sunt cuprinse în tabelele actualizate de valori de proiectare însușite de autoritatea de reglementare, la propunerea companiilor specializate și asociațiilor profesionale, conductivitatea termică de calcul se va stabili pe baza conductivităţii termice declarate de producător (documente recomandate standardele europene *SR EN ISO 10456, SR EN 1745* precum și metodologia *MP 022-02*), luându-se în considerare condiţiile reale de exploatare.

Nota 1: În mod particular, standardul precizează că, dacă setul de condiții utilizat pentru valorile declarate, măsurate sau tabelare, poate fi considerat adecvat pentru aplicația respectivă, aceste valori pot fi utilizate direct ca valori de proiectare. De exemplu: pentru o zidărie din blocuri ceramice optimizată din punct de vedere energetic, se pune la dispoziție de către producător o măsurare directă a conductivității termice a materialului (conform SR EN ISO 8990), măsurare făcută cu cutia calda gardată și calibrată, de către un laborator de încercări autorizat, în condiții similare cu cele de calcul energetic al clădirii, atunci, practic, acea valoare măsurată ar putea fi utilizată direct ca valoare de proiectare.
Nota 2: Pentru zidăriile din blocuri de BCA, la clădirile noi, se va opera în calculele termotehnice cu valorile corectate ale conductivității termice, conform prevederilor din metodologia MP022-2/2002.

Parametrii de performanță caracteristici elementelor de anvelopă, necesari pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor sunt:

- rezistenţe termice totale unidirecţionale (R), respectiv transmitanţe termice unidirecţionale (U);
- rezistenţe termice (R'), respectiv transmitanţe termice (U') totale corectate cu efectul punţilor termice; raportul dintre rezistenţa termică totală corectată și rezistenţa termică totală unidirecţională este coeficientul de reducere a rezistenţei termice totale, unidirecţionale (r);
- rezistenţe termice corectate, medii, pentru fiecare tip de element de clădire perimetral, pe ansamblul clădirii (R'_m);
- rezistenţă termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M); respectiv transmitanţă termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (U'_M);

- transmitanța termică liniară a punților termice liniare, medie, a anvelopei clădirii ψ_m [W/(m·K)];
- transmitanța termică punctuală a punților termice punctuale, medie, a anvelopei clădirii χ_m [W/K].

Alţi parametri utilizați sunt:

- indicele de inerţie termică D;
- rezistența la difuzia vaporilor de apă;
- coeficienţii de stabilitate termică pentru elemente de clădire (coeficientul de amortizare υ_T, coeficientul de defazaj ε, coeficientul de stabilitate Φ_i); pentru determinarea stabilității termice a încăperilor se calculează amplitudinea de oscilație a aerului interior A_{Ti};
- coeficientul de absorbtivitate a suprafeţei corelat cu culoarea și starea suprafeţei;
- factorul solar pentru vitraje, g;
- raportul de vitrare $v = A_{tamplarie\ exterioara}/(A_{opacă\ pereti\ exteriori} + A_{tamplarie\ exterioara})$.

Se determină următorii parametri:

- Rezistenţele termice unidirecționale (R) și rezistențele termice corectate ale elementelor anvelopei clădirii (R'), respectiv transmitanţele termice corectate (U') - cu luarea în considerare a influenţei punţilor termice, permiţând:
  - compararea valorilor calculate pentru fiecare încăpere în parte, cu valoarile normate: rezistenţele termice, minime necesare din considerente igienico-sanitare şi de confort (R'_{nec});
  - compararea valorilor calculate pe ansamblul clădirii (R'_m), cu valorile normate/de referinţă: rezistenţele termice minime, normate, stabilite în mod convenţional, în scopul economisirii energiei în exploatare (R'_{min}), respectiv compararea valorilor calculate pe ansamblul clădirii (U'_m), cu transmitanţele termice maxime, normate/de referinţă, stabilite în mod convenţional, în scopul economisirii energiei în exploatare (U'_{max});
- Rezistenţa termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M), respectiv transmitanţa termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (U'_M); aceşti parametri se utilizează pentru determinarea consumului anual de energie total şi specific (prin raportare la aria de referință a pardoselii) pentru încălzirea spaţiilor la nivelul sursei de energie a clădirii - conform prevederilor din Metodologie referitoare la Auditul şi certificatul de performanţă energetică ale clădirii;
- Temperaturile pe suprafeţele interioare ale elementelor de clădire, permiţând:
  - verificarea riscului de condens superficial, prin compararea temperaturilor minime θ_{si} cu temperatura punctului de rouă θ_r și calculul factorului de temperatură superficială f_{Rsi} conform *SR EN ISO 13788* și compararea acestuia cu valoarea critică, funcţie de umiditatea relativă a aerului interior și temperatura aerului exterior;
  - verificarea condiţiilor de confort interior, prin asigurarea indicilor globali de confort termic PMV şi PPD.

Pentru a se evita pierderile termice excesive și problemele locale de formare a condensului pe suprafețele reci, trebuie să se acorde atenție asigurării continuității izolației și limitării punților termice locale, de exemplu în jurul ferestrelor, ușilor și altor deschideri în anvelopa clădirii, la intersecțiile dintre elemente de construcție și în alte locuri (de exemplu punți termice străpunse). În general, punțile termice nu trebuie să prezinte riscul de condensare la suprafață sau interstițială

și nici să favorizeze dezvoltarea mucegaiurilor, în acest sens fiind obligatorie verificarea cerinței în condiții de referință/de proiectare.

Pentru evitarea riscului de apariţie a unor fenomene legate de confortul interior şi condiţiile minime igienico-sanitare, se atrage atenţia asupra importanţei efectuării următoarelor verificări:

- evaluarea comportării elementelor de construcţie perimetrale la fenomenul de condens superficial;
- evaluarea comportării elementelor de construcţie perimetrale la difuzia vaporilor de apă;
- evaluarea stabilităţii termice a elementelor de construcţie perimetrale şi a încăperilor.

Influenţa punţilor termice asupra necesarului de energie se ia în considerare prin corectarea rezistenţelor termice unidirecționale *R*, respectiv a transmitanțelor termice unidirecționale *U* cu valorile transmitanțelor termice liniare ψ și punctuale χ și astfel obținând valorile corectate *R'* și *U'*.

Fizic, condiţia de evitare a riscului de condens superficial este ca valoarea temperaturii superficiale minime să nu coboare sub temperatura punctului de rouă, $\theta_{si} > \theta_r$.

Cei doi parametri nu reflectă doar caracteristicile constructive al punţii termice, ci depind și de o serie de parametri variabili: temperatura interioară, temperatura aerului exterior, umiditatea relativă a aerului interior. Acest lucru face dificilă utilizarea acestui parametru într-un material de tip catalog.

A apărut propunerea de utilizare a factorului de temperatură pentru aprecierea riscului de condens superficial în zona punţilor termice, introducând un criteriu care poate fi exprimat prin valori ale parametrilor caracteristici punţilor termice, rezistenţa termică în câmp, *R*, și în dreptul punţii R_{min}. Acest parametru, care poate fi definit și ca un indicator al nivelului de izolare termică, poate fi calculat în orice punct al anvelopei, inclusiv în zona de rezistenţă termică minimă din dreptul punţii termice. În aceste condiţii, fiecare tip de punte poate fi caracterizată prin valoarea coeficientului ψ şi a factorului de temperatură, f_{Rsi}.

Factorul de temperatură superficială, f_{Rsi} , este definit cu relația:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta si - \theta e}{\theta i - \theta e} = \frac{R - Rsi}{R} \qquad (2.4)$$

Astfel, cu ajutorul acestui factor, se apreciază că nu există risc de condens superficial dacă:

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,critic}$$

Acest factor a fost introdus în reglementarea românească prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 1590/24.08.2012 pentru modificarea și completarea Părții a 3-a - Normativ privind calculul performanțelor termoenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ *C 107/3*, din cadrul Reglementării tehnice "Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor" indicativ *C107,* aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.055/2005, – Anexa K: Catalog cu punți termice specifice clădirilor.

Apare problema valorii critice a factorilor de temperatură, respectiv a valorilor sub care este posibilă apariţia condensului; aceste valori depind de parametrii caracteristici mediului interior, dar și de condiţiile de climat exterior, ca urmare, sunt diferite de la o ţară la alta.

Pentru condiții specifice României, valorile critice ale factorului temperaturii superficiale sunt prezentate în fig. 2.3. Umiditatea relativă maximă la care apare riscul de condens este în funcţie de valoarea factorului de temperatură superficială și temperatura aerului exterior. Temperatura interioară a fost considerată θ_i=20˚C.

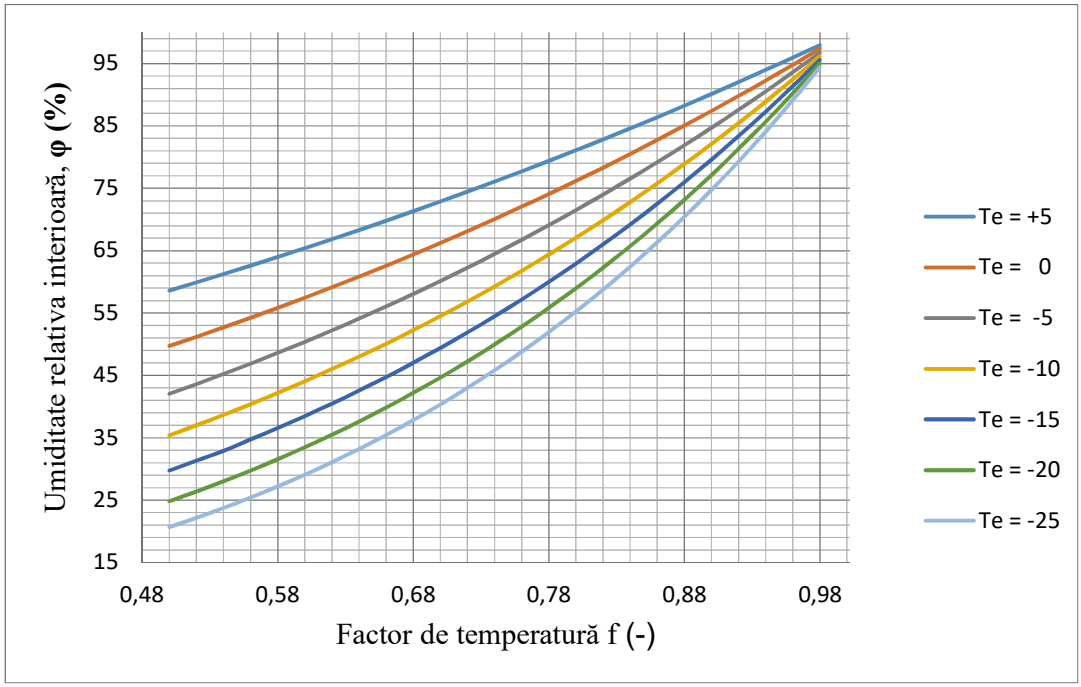


Figura 2.3. Valorile critice ale factorului de temperatură funcţie de umiditatea relativă a aerului interior și temperatura aerului exterior.

Tabel 2.3. Valori ale umidităţii relative limită de evitare a condensului superficial pentru diferite valori ale factorului de temperatură superficială și ale temperaturii aerului exterior (θ_i =20°C)

	θ_e°C							
f_{Rsi}	+5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C
0.50	58.57	49.71	42.03	35.41	29.73	24.85	20.70	17.16
0.52	59.89	51.18	43.59	37.02	31.32	26.41	22.18	18.56
0.54	61.23	52.69	45.21	38.68	32.89	28.05	23.76	20.06
0.56	62.59	54.23	46.88	40.41	34.73	29.77	25.44	21.67
0.58	63.97	55.82	48.60	42.20	36.56	31.59	27.22	23.38
0.60	65.38	57.45	50.37	44.07	38.47	33.50	29.10	25.22
0.62	66.82	59.12	52.20	46.01	40.46	35.51	31.10	27.18
0.64	68.29	60.83	54.09	48.02	42.55	37.63	33.22	29.27
0.66	69.79	62.58	56.04	50.10	44.73	39.86	35.46	31.50
0.68	71.31	64.38	58.05	52.27	47.01	42.21	37.84	33.87
0.70	72.87	66.23	60.13	54.52	49.38	44.67	40.35	36.41
0.72	74.45	68.12	62.26	56.85	51.86	47.25	43.01	39.11
0.74	76.06	70.06	64.47	59.27	54.45	49.97	45.82	41.98
0.76	77.71	72.04	66.74	61.78	57.15	52.83	48.79	45.03

f_{Rsi}	θ_e°C							
	+5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C
0.78	79.38	74.08	69.08	64.38	59.97	55.82	51.93	48.27
0.80	81.09	76.16	71.49	67.08	62.91	58.96	55.24	51.93
0.82	82.82	78.29	73.98	69.88	65.97	62.26	58.74	55.39
0.84	84.60	80.48	76.54	72.78	69.17	65.72	62.43	59.27
0.86	86.40	82.72	79.18	75.78	72.50	69.35	66.32	63.40
0.88	88.24	85.02	81.90	78.89	75.97	73.14	70.41	67.77
0.90	90.11	87.37	84.70	82.11	79.58	77.12	74.73	72.41
0.92	92.02	89.78	87.59	85.44	83.34	81.29	79.28	77.32
0.94	93.96	92.24	90.55	88.89	87.26	85.65	84.07	82.52
0.96	95.93	94.77	93.61	92.47	91.34	90.22	89.12	88.02
0.98	97.95	97.35	96.76	96.17	95.58	95.00	94.42	93.84

Pentru o valoare φ_i impusă şi pentru diferite valori ale temperaturii aerului exterior θ_e, se poate afla care este valoarea $f_{Rsi\ min}$, astfel încât să nu existe risc de condens superficial. De exemplu, pentru $\theta_e = -15$ °C şi $\varphi_i = 60\%$, din tabel rezultă că trebuie ca $f_{Rsi} > 0{,}78$ pentru evitarea riscului de condens superficial.

Utilizarea factorului de temperatură superficială pentru verificarea riscului de condens a fost introdusă în SR EN ISO 13788. În România criteriul de evaluare a riscului de condens superficial şi al mucegaiului este factorul temperaturii superficiale care reflectă nivelul de izolare în diferite zone ale anvelopei.

- pentru a evita apariţia mucegaiului: $f_{Rsi} > 0{,}77$ (0,80)
- pentru evitarea riscului de condens: $f_{Rsi} > 0{,}70$

Pentru proiectarea corectă a clădirilor noi şi a soluţiilor de renovare energetică pentru clădirile existente, este necesar din acest punct de vedere ca valoarea factorului de temperatură superficială să nu prezinte valori mai mici de 0,80 în nici un punct al anvelopei.

2.2. Cerințe minime de performanță termică și energetică

Aplicarea cerințelor minime de performanță energetică la clădirile noi (NZEB) și la unitățile acestora, precum și la clădirile existente, unitățile de clădire și elementele care alcătuiesc anvelopa clădirii supusă unor lucrări de renovare majoră/aprofundată, precum și în cazul instalării/ înlocuirii/modernizării sistemelor tehnice ale clădirilor, se face conform legislației în vigoare.

Cerinţele minime de performanță energetică pentru elementele de clădire care fac parte din anvelopa clădirii, precum și pentru ansamblul clădirii, denumite în continuare *cerințe minime*, sunt stabilite diferenţiat pentru clădirile noi (NZEB) și existente, precum și pe tipuri de clădiri (rezidențiale și nerezidențiale).

Aceste cerințe se grupează după schema următoare:

Figura 2.4. Schema cerinţelor minime

Cerințele minime (obligatorii) precizate în continuare în metodologie, țin seama de asigurarea condițiilor de climat interior confortabil și sănătos, inclusiv de calitatea corespunzătoare a aerului interior (pentru a preveni eventualele efecte negative cum sunt ventilarea necorespunzătoare), condițiile locale, destinația dată în proiect și vechimea clădirii.

2.2.1. Cerinţe minime de performanţă energetică pentru clădiri noi (NZEB)

Toate clădirile noi, pentru care recepția la terminarea lucrărilor se efectuează în baza autorizației de construire emise începând cu 31 decembrie 2020, vor fi clădiri al căror consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB).

Clădirea cu consum de energie aproape egal cu zero, NZEB, este definită (conform EPBD și Legii nr. 372/2005, republicată) ca o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, caracterizată de un consum de energie pentru asigurarea performanței energetice foarte scăzut, aproape egal cu zero, acoperit inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, în proporție de minimum 30% (proporție stabilită în România prin procedura de definire a cerințelor minime, în conformitate cu prevederile art. 4 și art. 5 ale Directivei 2010/31/UE).

Cerințele specifice clădirilor NZEB sunt stabilite în funcție de categoria clădirii și de zona climatică. Sunt precizate valorile maxim admise pentru consumul de energie primară exprimat în kWh/m^2,an și pentru emisiile de CO_2 exprimate în kg/m^2,an. Contribuția din surse regenerabile în consumul de energie primară livrată clădirii este exprimată în % din energia primară totală.

Pentru clădirile noi (NZEB)/ansamblurile de clădiri noi (NZEB), se va întocmi un raport privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero, parte a proiectului de autorizare a construcției și prin care se evaluează încadrarea performanțelor clădirii în cerințele minime de performanță energetică. Raportul de conformare NZEB se poate baza pe concluziile studiului privind fezabilitatea tehnică, economică și din punct de vedere al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență, stabilind cea mai bună soluție tehnico-economică de furnizare din surse regenerabile a minim 30% din consumul de energie primară. Studiul cu privire la fezabilitatea utilizării sistemelor alternative, parte a studiului de fezabilitate (SF) sau a documentației de avizare a lucrărilor de intervențiic (DALI), se poate integra în raportul de conformare NZEB (rezultând un studiu unic privind fezabilitatea utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență și cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero).

În tabelul următor este detaliat modul de aplicare a prevederilor legale privind întocmirea:

- Studiului privind fezabilitatea din punct de vedere tehnic, economic și al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență (denumit pe scurt Studiul SRE; SRE-Surse Regenerabile de Energie)

• Raportului privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero (denumit pe scurt Raport de conformare NZEB sau Raport NZEB)
• Raportului de audit energetic (denumit pe scurt RAE)

TIP CLĂDIRI		SE ÎNTOCMEȘTE ...	CONFORM ...	LA FAZA:
CLĂDIRI NOI & EXTINDERI de clădiri existente	cu SF (fonduri publice, private, mixte)	STUDIU SRE conform Legii nr. 372/2005 & Hotărârii Guvernului nr. 907/2016	RAPORT NZEB conform Mc001 REVIZUITĂ	SF[1)]
	fără SF (fonduri private)	**X**	RAPORT NZEB conform Mc001 REVIZUITĂ	DTAC[2)]
CLĂDIRI EXISTENTE, ÎN RENOVARE	cu DALI (fonduri publice, private, mixte)	STUDIU SRE conform Legii nr. 372/2005 & Hotărârii Guvernului nr. 907/2016	RAE conform Mc001 REVIZUITĂ	DALI[3)]
	fără DALI (fonduri private)	**X**	RAE conform Mc001 REVIZUITĂ	DTAC

1) SF= studiu de fezabilitate
2) DTAC=documentația tehnică pentru autorizarea executării lucrărilor de construire
3) DALI=documentația de avizare a lucrărilor de intervenții

Studiul privind fezabilitatea tehnică, economică și din punct de vedere al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență are conținutul cadru minimal precizat mai jos. Acest studiu se prezintă separat de SF, anexat acestuia conform articol 3.4 din anexa 4 la Hotărârea Guvernului nr. 907/2016 privind etapele de elaborare și conținutul-cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice, cu modificările și completările ulterioare.

CONȚINUTUL CADRU AL STUDIULUI PRIVIND FEZABILITATEA DIN PUNCT DE VEDERE TEHNIC, ECONOMIC ȘI AL MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR A UTILIZĂRII SISTEMELOR ALTERNATIVE DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ

1-COPERTA (cu datele prestatorului și ale beneficiarului, număr contract, data etc.)
2-FOAIE DE SEMNĂTURI CU PARTICIPANȚII LA ÎNTOCMIREA STUDIULUI (echipa de lucru va include obligatoriu un auditor energetic gradul I C&I și un proiectant de instalații pentru construcții)
A. PIESE SCRISE
3-GENERALITĂȚI / INTRODUCERE
(scopul lucrării și justificarea legală, lista de acte normative aplicabile …)
4-DESCRIEREA OBIECTIVULUI
(anvelopa, structura & instalații; asigurarea din punct de vedere tehnic și funcțional a cerințelor fundamentale aplicabile, astfel cum sunt prevăzute în Legea nr. 10/1995, republicată, cu modificările și completările ulterioare)
5-ANALIZA POTENȚIALULUI LOCAL PRIVIND UTILIZAREA SURSELOR ALTERNATIVE ȘI ADAPTAREA SCHEMELOR DE PRINCIPIU PENTRU FURNIZAREA UTILITĂȚILOR; ALEGEREA SOLUȚIILOR FEZABILE DIN PUNCT DE VEDERE TEHNIC

(descrierea soluțiilor care implementează surse alternative de eficiență ridicată, scheme de principiu; se analizează surse descentralizate de alimentare cu energie bazate pe surse regenerabile de energie, de cogenerare/trigenerare, surse centralizate de încălzire sau de răcire ori de bloc, pompe de căldură, schimbătoare de căldură sol-aer, recuperatoare de căldură ș.a.)

6-DETERMINAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE ÎN SITUAȚIA UTILIZĂRII SURSELOR ALTERNATIVE (INDIVIDUAL SAU CUPLATE) ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

(calcul consumuri cu și fără surse alternative utilizând metodologia de calcul Mc001, calcul emisii CO_2 cu și fără surse alternative, alte influențe negative posibile asupra mediului etc.)

7-ANALIZA ECONOMICĂ A VARIANTELOR FEZABILE TEHNIC ȘI ÎNCADRAREA ÎN NIVELUL OPTIM, DIN PUNCTUL DE VEDERE AL COSTURILOR, A CERINȚELOR MINIME DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ (se va utiliza metoda costului global optim)

8-CONCLUZIILE PROIECTANTULUI PRIVIND FEZABILITATEA UTILIZĂRII SISTEMELOR ALTERNATIVE DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ (rezultate prezentate sintetic/tabelar cu consumuri de energie, emisii echivalente CO_2, costuri, ierarhizare variante și recomandările elaboratorilor)

9-ANEXE (exemple de fișe tehnice ale echipamentelor SRE etc.)

B. PIESE DESENATE

Raportul privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero include verificarea cerințelor NZEB definite conform acestei reglementări și are conținutul cadru minimal de mai jos. Acest raport se întocmește pentru orice tip de clădire nouă din categoriile pentru care este definit conceptul NZEB conform prezentei metodologii de calcul și se va utiliza la AUTORIZAREA CONSTRUCȚIEI; raportul se poate prezenta independent dacă nu se întocmește SF, sau anexat SF conform articol 3.4 din anexa 4 la Hotărârea Guvernului nr. 907/2016 privind etapele de elaborare și conținutul-cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/ proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice, cu modificările și completările ulterioare.

CONȚINUTUL CADRU AL RAPORTULUI PRIVIND CERINȚELE MINIME DE CONFORMARE A UNEI CLĂDIRI CU CONSUM DE ENERGIE APROAPE EGAL CU ZERO (NZEB)

1-COPERTA (cu datele prestatorului și ale beneficiarului, număr contract, data etc.)

2-FOAIE DE SEMNATURI CU PARTICIPANȚII LA ÎNTOCMIREA RAPORTULUI (echipa de lucru va include obligatoriu un auditor energetic gradul I C&I)

A. PIESE SCRISE

3-GENERALITĂȚI / INTRODUCERE

(scopul lucrării și justificarea legală, lista de acte normative aplicabile etc.)

4-DESCRIEREA OBIECTIVULUI

(anvelopa, structura & instalații; asigurarea din punct de vedere tehnic și funcțional a cerințelor fundamentale aplicabile, astfel cum sunt prevăzute de Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare)

5-CERINȚE MINIME DE PERFORMANȚĂ PENTRU ELEMENTELE ANVELOPEI CLĂDIRII
(breviar de calcul termotehnic prin care se verifică condițiile privind valorile rezistențelor termice ale elementelor de construcții care formează anvelopa clădirii, influența punților termice)
6-CERINȚE MINIME DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR
(breviar de calcul pentru determinarea consumurilor de energie primară totală, considerând cazul utilizării surselor alternative, inclusiv determinarea emisiilor de CO_2 și compararea cu valorile limită indicate în metodologia de calcul Mc001)
7-CERINȚE MINIME PRIVIND UTILIZAREA SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE
(breviar de calcul pentru a determina consumul de energie primară asigurat din surse regenerabile-indicatorul RER)
8-ALTE CERINȚE MINIME DE CONFORMARE "NZEB"
(nivel de permeabilitate, nivel de ventilare etc.)
9-CONCLUZIILE AUDITORULUI ENERGETIC
(se prezintă sintetic, tabelar și grafic, urmărind eventual exact formatul CPE, valorile calculate ale cerințelor minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero - NZEB)
10-ANEXE (fișe tehnice ale echipamentelor selectate etc.)
B. PIESE DESENATE

Notă:
Concluzia unui raport privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero poate fi și aceea că realizarea unei anumite clădiri NZEB nu este fezabilă din punct de vedere economic (exemplu: la extinderea unei clădiri existente, noua clădire poate să nu îndeplinească cerințele minime NZEB dacă nu este fezabil din punct de vedere economic).

Monitorizarea respectării tuturor cerințelor minime de performanță energetică specifice clădirilor noi/NZEB, respectiv clădirilor renovate se face de către instituțiile abilitate ale statului, cu respectarea prevederilor legale. Documentele obligatorii în etapele de verificare a conformării clădirilor din punct de vedere energetic sunt:

- pentru clădirile noi (NZEB) la nivelul autorizării construcției, raportul privind cerințele minime de conformare a unei clădiri NZEB;
- pentru clădirile noi (NZEB) în etapa recepției la finalizarea lucrărilor de execuție, certificatul de performanță energetică;
- pentru clădirile renovate, în etapa autorizării lucrărilor de renovare, raportul de audit energetic;
- pentru clădirile renovate, la recepția la finalizarea lucrărilor de renovare, certificatul de performanță energetică.

Se va acorda atenție următoarelor aspecte:
- prevederea straturilor termoizolante continuu pe conturul anvelopei clădirilor;
- asigurarea unor detalii de îmbinare a elementelor care alcătuiesc anvelopa termică astfel încât influența punților termice, cuantificată prin transmitanțele termice liniare și punctuale, să fie

atenuate (valoarea a transmitanței termice liniare medii la nivelul anvelopei clădirii $\psi_{med} < 0,15$ W/mK);
- montarea corespunzătoare în peretele opac a tâmplăriei exterioare performante, în scopul minimizării efectului de punte termică;
- minimizarea infiltraţiilor (scurgerilor) de aer prin zonele de neetanşeitate ale clădirii, respectiv prevederea unui strat continuu de etanșare la aer.

La clădirile rezidențiale noi (NZEB) se recomandă prevederea sistemelor de ventilare cu recuperarea căldurii cu eficiența nominală ≥ 75% și consumul specific electric ≤ 0,15...0,30 Wh/m³ iar la clădirile nerezidențiale noi (NZEB) se impune introducerea sistemelor de ventilare mecanică cu recuperarea căldurii cu eficiența nominală ≥ 75% și consumul specific electric ≤ 0,15...0,30 Wh/m³.

Pentru sistemele de încălzire, răcire, preparare și consum a.c.c., și iluminat ale clădirilor rezidențiale sau nerezidențiale, noi sau renovate, se vor utiliza doar echipamente de instalații ale căror caracterisitici tehnice și energetice respectă reglementările naționale și/sau regulamentele europene de proiectare ecologică, acolo unde există; dacă pentru anumite echipamente de instalații nu există reglementări naționale sau regulamente europene de proiectare ecologică care să conțină cerințe minime de performanță, atunci cerințele minime de performanță energetică ale acestora se vor stabili ca medie aritmetică a minim 3 produse similare tehnic, existente pe piață.

Notă:
Performanța energetică a unei clădiri reprezintă o fațetă a sustenabilității acesteia, conferind calitățile și capacitățile clădirii de a atenua impactul mediului înconjurător. Și reciproca este valabilă, astfel, devine foarte important și impactul construcției asupra mediului înconjurător, inclusiv asupra mediului construit existent. Abordarea în contextul implementării conceptului NZEB devine complexă, având în vedere diversitatea parametrilor care intră în analiză, și:
- se răsfrânge asupra întregului ciclu de viață al clădirilor;
- se adresează tuturor etapelor care intervin în existența unei construcții, prin managementul întregului proces (concept, proiectare în toate fazele sale, execuție, exploatare, post-utilizare – reutilizare, reciclare);
- se referă la posibilitățile de intervenție operate de proiectantul-arhitect (încă) din faza de concept, astfel conformarea arhitecturală constituind un răspuns pasiv la solicitările mediului.

Conceptul arhitectural al unei clădiri noi se bazează obligatoriu, în contextul actual al încălzirii globale, al schimbărilor climatice caracterizate de fenomene meteorologice extreme, pe o abordare analitică și se referă la: conformarea geometrică, raportul arie anvelopă /volum închis, respectarea în cazul clădirilor rezidențiale a prevederilor Legii privind locuințele nr. 114/1996 republicată, cu modificările și completările ulterioare, privind ariile minime ale încăperilor și poziția acestora în raport cu orienarea cardinală, asigurarea unui nivel de asigurare a luminii naturale corespunzător utilizării încăperilor prin aria vitrată prevăzută, dimensiunile și proporțiile încăperilor, orientarea cardinală, evaluarea impactului exercitat de construcție prin poziționarea în sit, în relație cu mediul construit existent (distanțe impuse față de vecinătăți, înălțimea clădirilor etc.), din punct de vedere al asigurării însoririi, din punct de vedere al securității la incendiu, evaluarea necesității prevederii dispozitivelor de protecție solară.

2.2.1.1. Clădiri rezidenţiale NZEB

Pentru clădirile rezidenţiale noi (NZEB) cerințele minime de performanță pentru proiectarea clădirilor din punct de vedere energetic se referă la:

a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10a;

b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO_2 – conform tabel 2.10a;

c) consumul de energie primară totală care să provină în proporție de minim 30% din surse regenerabile, inclusiv din surse regenerabile instalate la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii.

Pentru îndeplinirea cerințelor minime de performanță energetică definite mai sus se recomandă ca toate elementele de construcție care formează anvelopa clădirii să respecte relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, unde R' / R'_{min} [m^{2}K/W] este rezistenţa termică corectată calculată / corectată minimă (de referință) pentru fiecare element de anvelopă termică iar U' / U'_{max} [W/(m^{2}K)] este transmitanţa termică corectată calculată/corectată maximă (inversul lui R' respectiv lui R'_{min}), având valorile conform tabelului 2.4.

Tabel 2.4 Rezistenţe/transmitanţe termice corectate recomandate (valori normate/de referinţă) pentru clădiri rezidenţiale NZEB

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m^{2}K/W]	U'_{max} [W/m^{2}K]
Pereţi exteriori (exclusiv suprafeţele vitrate, inclusiv pereţii adiacenţi rosturilor deschise)	4,00 1)	0,25
Tâmplărie exterioară (ferestre și ferestre de mansardă)	0,90 2,3)	1,11
Tâmplărie exterioară (uși cu acționare manuală)	0,77 2,3)	1,30
Tâmplărie exterioară (luminatoare verticale)	0,83 2,3)	1,20
Planşee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	6,67 1)	0,15
Planşee peste subsoluri neîncălzite şi pivniţe	3,40 1)	0,29
Pereţi adiacenţi rosturilor închise	1,50 1)	0,67
Planşee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere ş.a.)	5,00 1)	0,20
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	5,00 1)	0,20
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	5,30 1)	0,19
Pereţi exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	3,40 1)	0,29

Note:

1) Pentru elementele de construcție opace ale anvelopei, rezistența termică poate fi redusă (respectiv transmitanța termică poate fi mai mare) în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în raportul de conformare NZEB (de exemplu la calcanele învecinate ale clădirilor, separate sau nu cu rost, în cazul fațadelor cu valoare arhitecturală etc.).

2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării corecte a clădirii (exemplu: aplicarea unui concept de ventilare care poate include grile higroreglabile pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt). Este obligatorie și reducerea

punților termice generate de tâmplărie prin montarea acesteia cât mai aproape de fața exterioară a pereților exteriori sau chiar în exteriorul acestora.
3) Valorile R'_{min} respectiv U'_{max} indicate ca recomandare în tabelul 2.4. se determină conform prevederilor standardelor de produs aferente, elementele de anvelopă fiind considerate așezate în poziție verticală și nu sunt valabile pentru uși culisante automate, uși culisante telescopice, uși culisante cu funcție break-out, uși circulare, uși semicirculare precum și pentru ușile rotative. Aceste valori sunt valabile pentru tâmplăria montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară și reprezintă o valoare medie a tuturor elementelor de anvelopă de același tip.

Îndeplinirea condițiilor din tabelul 2.10a (cerințe minime de performanță energetică) și a celor privind confortul higrotermic rămâne obligatorie și în cazul clădirilor rezidenţiale NZEB pentru care nu se poate respecta relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, pentru unul sau mai multe elemente ale anvelopei clădirii.

Pentru elementele vitrate care fac parte din anvelopa unei clădiri rezidențiale, este necesară și alegerea unui factor solar optim, g_n (factorul solar normal g reprezintă fracția din energia solară incidentă perpendicular pe suprafața, care trece prin elementul vitrat). Se recomandă:

a) în cazul în care există sisteme de umbrire exterioare, cu ajutorul cărora se poate regla cantitatea de energie solară incidentă pe vitraj, factorul solar normal g_n se recomandă să fie mai mare de 0,50;
b) în cazul în care se folosesc vitraje cu factor solar g_n scăzut (tabel 2.5. - factorul solar g_n al vitrajului în funcție de expunerea vitrajului la radiația solară și de zona climatică) nu mai sunt necesare elemente exterioare de umbrire.

Sunt considerate expuse la radiația solară vitrajele care au orientarea cuprinsă în unghiul AOB indicat cu albastru, din figura 2.5 :

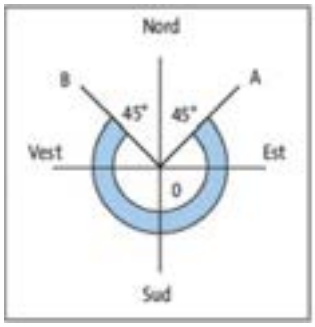


Figura 2.5. Orientarea vitrajelor expuse la radiația solară

Factorul solar g_n optim se alege în funcție de mai mulți factori, cum ar fi:
- minimizarea energiei necesare pe perioada unui an pentru încălzire + răcire;
- ponderea ariei vitrate în cadrul anvelopei.

Prin alegerea unui factor solar optim, dimensionarea instalațiilor de încălzire, ventilare și condiționare va fi de asemenea optimă.

Tabel 2.5. Factorul solar g_n al elementelor vitrate din anvelopa clădirilor rezidențiale (valori recomandate)

Factor solar, g_n - elemente vitrate					
Orientare elemente vitrate	Zona climatică				
	I	II	III	IV	V
Expuse la radiația solară	0,30 ÷ 0,37	0,33 ÷ 0,43	0,37 ÷ 0,47	0,43 ÷ 0,50	> 0,50

Pentru vitrajele care nu sunt expuse la radiația solară directă, factorul solar g_n poate fi > 0,50 indiferent de zona climatică.

Dacă se dorește același aspect al vitrajelor pe toate orientările, vitrajul ales pentru orientarea expusă la radiația solară directă se poate pune și pe orientarea neexpusă la radiația solară directă.

Valorile normate pentru aprecierea stabilității termice la clădirile de locuit sunt indicate în tabelele următoare.

Tabel 2.6a. Stabilitatea termică a elementelor de construcție

ELEMENTUL DE CONSTRUCȚIE		VALORI MINIME		
		υ_T	ε	Φ_i
		-	ore	-
Zona opacă a pereților exteriori		15	8	5
Planșeul peste ultimul nivel (parte opacă)	Sub terase	25	10	6
	Sub poduri	10	8	3

Tabel 2.6b. Stabilitatea termică a încăperilor

Amplitudinea de oscilație a temperaturii interioare	iarna	$A_{Ti} \leq$	1°C

2.2.1.2. Clădiri nerezidenţiale NZEB

Pentru clădirile nerezidenţiale noi (NZEB) cerințele minime de performanță pentru proiectarea clădirilor din punct de vedere energetic se referă la:

a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10a;

b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO_2 – conform tabel 2.10a;

c) consumul de energie primară totală care să provină în proporție de minim 30% din surse regenerabile, inclusiv din surse regenerabile instalate la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii.

Pentru îndeplinirea cerințelor minime de performanță energetică definite mai sus se recomandă ca toate elementele de construcție care formează anvelopa clădirii să respecte relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, unde R' / R'_{min} [m^{2}K/W] este rezistenţa termică corectată calculată/corectată minimă (de referință) pentru fiecare element de construcție al anvelopei clădirii iar U' / U'_{max} [W/(m^{2}K)] este transmitanţa termică corectată calculată / corectată maximă (inversul lui R' respectiv lui R'_{min}), având valorile conform tabelului 2.7.

Tabel 2.7. Rezistenţe/transmitanţe termice corectate recomandate (valori normate/de referinţă) pentru clădiri nerezidenţiale NZEB

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m^{2}K/W]	U'_{max} [W/m^{2}K]
Pereţi exteriori (exclusiv suprafeţele vitrate, inclusiv pereţii adiacenţi rosturilor deschise)	3,00 1)	0,33

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m²K/W]	U'_{max} [W/m²K]
Tâmplărie exterioară (ferestre și ferestre de mansardă)	0,83 [2,3)]	1,20
Tâmplărie exterioară (uși cu acționare manuală)	0,77 [2,3)]	1,30
Fațade vitrate tip perete cortină și luminatoare	0,77 [2,3)]	1,30
Planşee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	6,00 [1)]	0,17
Planşee peste subsoluri neîncălzite şi pivniţe	3,40 [1)]	0,29
Pereţi adiacenţi rosturilor închise	1,50 [1)]	0,67
Planşee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere, ş.a.)	5,00 [1)]	0,20
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	5,00 [1)]	0,20
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	5,30 [1)]	0,19
Pereţi exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	3,40 [1)]	0,29

Note:
1) Pentru elementele de construcție opace ale anvelopei, rezistența termică poate fi redusă (respectiv transmitanța termică poate fi mai mare) în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în raportul de conformare NZEB (de exemplu la calcanele învecinate ale clădirilor, separate sau nu cu rost, în cazul fațadelor cu valoare arhitecturală etc.).
2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării mecanice corecte a clădirii; valoarea este dată pentru tâmplăria montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară). Este obligatorie și reducerea punților termice generate de tâmplărie prin montarea acesteia cât mai aproape de fața exterioară a pereților exteriori sau chiar în exteriorul acestora.
3) Valorile R'_{min} respectiv U'_{max} indicate ca recomandare în tabelul 2.7. se determină conform prevederilor standardelor de produs aferente, elementele de anvelopă fiind considerate așezate în poziție verticală și nu sunt valabile pentru uși culisante automate, uși culisante telescopice, uși culisante cu funcție break-out, uși circulare, uși semicirculare precum și pentru ușile rotative. Aceste valori sunt valabile pentru tâmplăria montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară și reprezintă o valoare medie a tuturor elementelor de anvelopă de același tip.

Îndeplinirea condiţiilor din tabelul 2.10a (cerințe minime de performanță energetică) și a celor privind confortul higrotermic rămâne obligatorie și în cazul clădirilor nerezidenţiale NZEB pentru care nu se poate respecta relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, pentru unul sau mai multe elemente ale anvelopei clădirii.

Pentru elementele vitrate care fac parte din anvelopa unei clădiri nerezidențiale, este necesară și alegerea unui factor solar optim, g (factorul solar *g* reprezintă fracția din energia solară incidentă care trece prin elementul vitrat). Se recomandă:

a) în cazul în care există sisteme de umbrire exterioare, cu ajutorul cărora se poate regla cantitatea de energie solară incidentă pe vitraj, factorul solar g_n se recomandă să fie mai mare de 0,50;
b) în cazul în care se folosesc vitraje cu factor solar g_n scăzut (Tabel 2.8. - factorul solar g_n al vitrajului în funcție de expunerea vitrajului la radiația solară și de zona climatică) nu mai sunt necesare elemente exterioare de umbrire.

Tabel 2.8. Factorul solar g_n al elementelor vitrate care fac parte din anvelopa clădirilor nerezidențiale (valori recomandate)

Factor solar, g_n - elemente vitrate

Orientare elemente vitrate	Zona climatică				
	I	II	III	IV	V
Expuse la radiația solară	0,18 ÷ 0,35	0,21 ÷ 0,38	0,24 ÷ 0,40	0,27 ÷ 0,43	> 0,40

Pentru vitrajele care nu sunt expuse la radiația solară directă, factorul solar g_n se recomandă a fi > 0,50 indiferent de zona climatică. Dacă se dorește același aspect al vitrajelor pe toate orientarile, se poate pune și pe orientarea neexpusă la radiația solară directă vitrajul ales pentru orientarea expusă la radiația solară directă.

Factorul solar g_n optim se alege în funcție de mai mulți factori, cum ar fi:
- minimizarea energiei necesare pe perioada unui an pentru încălzire + răcire;
- ponderea ariei vitrate în cadrul anvelopei;
- modul de ocupare / funcționare al clădirii (exemplu, unitățile de învățământ nu funcționează sau au funcționare foarte scăzută în perioada vacanței de vară, deci se poate alege un factor solar mai ridicat).

Prin alegerea unui factor solar optim, dimensionarea instalațiilor de încălzire/climatizare/ventilare va fi afectată pozitiv.

2.2.2. Cerințe minime de performanță energetică pentru clădiri existente renovate

Conform prevederilor legii privind performanța energetică a clădirilor, la clădirile existente la care se execută lucrări de renovare majoră/aprofundată, performanța energetică a acestora sau a unităților de clădire care fac obiectul renovării trebuie îmbunătățită, pentru a satisface cerințele stabilite în metodologie, în măsura în care acest lucru este posibil din punct de vedere tehnic, funcțional și economic, conform raportului de audit energetic.

În cazul renovării majore/aprofundate a clădirilor, pot fi montate și sisteme alternative de înaltă eficiență de producere a energiei, în măsura în care prin auditul energetic al clădirii se stabilește că acest lucru este fezabil din punct de vedere tehnic, funcțional și economic.

Aplicarea cerințelor minime de performanță energetică la clădirile existente, unitățile de clădire și elementele care alcătuiesc anvelopa clădirii supuse unor lucrări de renovare majoră, precum și în cazul instalării/înlocuirii/modernizării sistemelor tehnice ale clădirilor se face în condițiile realizării unor renovări majore (lucrările proiectate și efectuate la anvelopa clădirii și/sau la sistemele tehnice ale acesteia, ale căror costuri depășesc 25% din valoarea de impozitare a clădirii, exclusiv valoarea terenului pe care este situată clădirea) sau aprofundate (renovare care conduce la îmbunătățirea cu peste 60% a performanței energetice a unei clădiri, estimată prin calcul potrivit metodologiei, în raport cu starea actuală și utilizarea normală a clădirii).

Renovarea energetică a clădirii se realizează prin foaia de parcurs care reprezintă un plan personalizat de renovare stabilit în baza auditului energetic, luându-se în considerare nevoile beneficiarilor, un obiectiv de economii de emisii de carbon stabilit împreună cu proprietarul clădirii, precum și o planificare de aplicare în etape a unor măsuri rezonabile și coordonate pentru îmbunătățirea performanței energetice a clădirii pe termen lung. Foaia de parcurs reprezintă un instrument de diagnostic pentru performanța energetică a clădirii și un plan de renovare în etape pentru proprietarii de clădiri, pentru finanțarea renovării clădirii din surse proprii ale proprietarilor

sau pentru oferirea de asigurări instituțiilor de finanțare în vederea disponibilizării fondurilor necesare pentru renovarea energetică aprofundată a clădirii.

Pașaportul pentru renovarea energetică a clădirilor este un document sau set de documente, structurat în format electronic și fizic, care conține informații relevante pentru renovarea energetică a clădirii și care permite menținerea imaginii de ansamblu asupra istoricului acesteia, precum și planificarea etapelor de renovare în vederea obținerii unor niveluri de renovare majoră cu un orizont de timp lung. Pașaportul pentru renovarea energetică a clădirii include foaia de parcurs elaborată pentru clădire și un registru în care pot fi stocate toate informațiile disponibile referitoare la clădire din punctul de vedere al eficienței energetice. Pașaportul pentru renovare energetică se anexează la cartea tehnică a construcției astfel cum este prevăzut în Legea nr. 10/1995, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

Prin renovarea aprofundată se urmărește realizarea unui fond decarbonat de clădiri, adică a unui fond de clădiri ale căror emisii de carbon au fost aproape reduse la zero, prin reducerea necesarului de energie și asigurarea acestuia, în măsura posibilităților, din surse cu emisii de carbon aproape egale cu zero.

În cazul renovării majore/aprofundate a clădirilor, trebuie abordate (inclusiv în strategia de renovare pe termen lung) și aspectele legate de condițiile care caracterizează un climat interior sănătos, protecția împotriva incendiilor și riscurile legate de activitatea seismică, precum și cele privind eliminarea barierelor existente în materie de accesibilitate; aceste aspecte pot afecta renovarea energetică și durata de viață a unei clădiri.

2.2.2.1 Clădiri rezidenţiale renovate

La renovarea majoră din punct de vedere energetic a clădirilor rezidenţiale existente, este obligatorie îndeplinirea cumulativă a următoarelor condiții (cerințe minime de performanță energetică valabile pe ansamblul clădirii renovate):

a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10b;
b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO_2 – conform tabel 2.10b;
c) energia primară totală consumată de clădirea renovată să fie produsă în proporție de minimum 10%, din surse regenerabile, la fața locului sau în apropiere, **dacă este fezabil din punct de vedere tehnic, economic și al mediului înconjurător**.

Pentru îndeplinirea cerințelor minime de performanță energetică definite mai sus se recomandă ca fiecare element de construcție care formează anvelopa clădirii să respecte relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, unde R' / R'_{min} [m^{2}K/W] este rezistenţa termică corectată calculată / corectată minimă (de referință) pentru fiecare element de construcție al anvelopei clădirii iar U' / U'_{max} [W/(m^{2}K)] este transmitanţa termică corectată calculată/corectată maximă (inversul lui R' respectiv lui R'_{min}), având valorile conform tabelului 2.9a.

Tabel 2.9a. Rezistenţe termice corectate recomandate (valori normate/de referință) pentru renovarea clădirilor rezidenţiale existente

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m²K/W]	U'_{max} [W/m²K]
Pereţi exteriori (exclusiv suprafeţele vitrate, inclusiv pereţii adiacenţi rosturilor deschise)	3,00 [1,4,5)]	0,33
Tâmplărie exterioară (ferestre și ferestre de mansardă)	0,83 [2,3)]	1,20
Tâmplărie exterioară (uși cu acționare manuală, luminatoare)	0,77 [2,3)]	1,30
Planşee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	5,00 [4,5)]	0,20
Planşee peste subsoluri neîncălzite şi pivniţe	2,50 [1,4,5)]	0,40
Pereţi adiacenţi rosturilor închise	1,10 [1,4,5)]	0,90
Planşee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere, ş.a.)	4,50 [1,4,5)]	0,22
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	4,50 [1,4,5)]	0,22
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80 [1,4,5)]	0,21
Pereţi exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	2,90 [1,4,5)]	0,35

Note:
1) Pentru elementele de construcție opace ale anvelopei, rezistența termică poate fi redusă (respectiv transmitanța termică poate fi mai mare) în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în raportul de audit energetic (de exemplu la calcanele învecinate ale clădirilor, separate sau nu cu rost, în cazul fațadelor cu valoare arhitecturală etc.).
2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării corecte a clădirii (exemplu: aplicarea unui concept de ventilare care poate include grile higroreglabile pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt). Este obligatorie și reducerea punților termice generate de tâmplărie prin montarea acesteia cât mai aproape de fața exterioară a pereților exteriori sau chiar în exteriorul acestora.
3) Valorile R'_{min} respectiv U'_{max} indicate ca recomandare în tabelul 2.9a se determină conform prevederilor standardelor de produs aferente, elementele de anvelopă fiind considerate așezate în poziție verticală și nu sunt valabile pentru uși culisante automate, uși culisante telescopice, uși culisante cu funcție break-out, uși circulare, uși semicirculare precum și pentru ușile rotative. Aceste valori sunt valabile pentru tâmplăria montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară și reprezintă o valoare medie a tuturor elementelor de anvelopă de același tip.
4) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite înălțimile minime de evacuare a apelor pluviale sau grosimea și tipul termoizolației depășește capacitatea portantă a structurii de rezistență.
5) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite respectarea gabaritelor minime cerute din alte considerente tehnice.

Îndeplinirea condiţiilor din tabelul 2.10b (cerințe minime de performanță energetică) și a celor privind confortul higrotermic <u>rămâne obligatorie</u> și în cazul clădirilor rezidenţiale renovate pentru care nu se poate respecta relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, pentru unul sau mai multe elemente ale anvelopei clădirii.

Pentru elementele vitrate noi care fac parte din anvelopa unei clădiri rezidențiale renovate, este necesară și alegerea unui factor solar optim, g (a se vedea cap. 2.2.1.1.).

Se recomandă să nu se intervină cu termoizolație suplimentară pe exteriorul fațadelor cu valoare arhitecturală care se doresc a fi păstrate.

2.2.2.2 Clădiri nerezidenţiale renovate

La renovarea majoră din punct de vedere energetic a clădirilor nerezidenţiale existente, este obligatorie îndeplinirea cumulativă a următoarelor condiții (cerințe minime de performanță energetică valabile pe ansamblul clădirii renovate):

a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10b;
b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO_2 – conform tabel 2.10b;
c) energia primară totală consumată de clădirea renovată să fie produsă în proporție de minimum 10%, din surse regenerabile, la fața locului sau în apropiere, **dacă este fezabil din punct de vedere tehnic, economic și al mediului înconjurător**.

Pentru îndeplinirea cerințelor minime de performanță energetică definite mai sus se recomandă ca fiecare element de construcție care formează anvelopa clădirii să respecte relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, unde R' / R'_{min} [m^{2}K/W] este rezistenţa termică corectată calculată / corectată minimă (de referință) pentru fiecare element de construcție al anvelopei clădirii iar U' / U'_{max} [W/(m^{2}K)] este transmitanţa termică corectată calculată / corectată maximă (inversul lui R' respectiv lui R'_{min}), având valorile conform tabelului 2.9b.

Tabel 2.9b. Rezistenţe termice corectate recomandate (valori normate/de referinţă) pentru renovarea clădirilor nerezidențiale existente

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m^{2}K/W]	U'_{max} [W/m^{2}K]
Pereţi exteriori (exclusiv suprafeţele vitrate, inclusiv pereţii adiacenţi rosturilor deschise)	3,00 [1)]	0,33
Tâmplărie exterioară (ferestre și ferestre de mansardă)	0,83 [2,3)]	1,20
Tâmplărie exterioară (uși cu acționare manuală)	0,77 [2,3)]	1,30
Fațade vitrate tip perete cortină și luminataore	0,77 [2,3)]	1,30
Planşee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	5,00 [4,5)]	0,20
Planşee peste subsoluri neîncălzite şi pivniţe	2,50 [1,4,5)]	0,40
Pereţi adiacenţi rosturilor închise	1,10 [1,4,5)]	0,90
Planşee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere, ş.a.)	4,50 [1,4,5)]	0,22
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	4,50 [1,4,5)]	0,22
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80 [1,4,5)]	0,21
Pereţi exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	2,90 [1,4,5)]	0,35

Note:

1) Pentru elementele de construcție opace ale anvelopei, rezistența termică poate fi redusă (respectiv transmitanța termică poate fi mai mare) în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în raportul de audit energetic (de exemplu la calcanele învecinate ale clădirilor, separate sau nu cu rost, în cazul fațadelor cu valoare arhitecturală etc.).

2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării mecanice corecte a clădirii (asigurarea necesarului de aer proaspăt). Este obligatorie și reducerea punților termice generate de tâmplărie prin montarea acesteia cât mai aproape de fața exterioară a pereților exteriori sau chiar în exteriorul acestora.

3) Valorile R'_{min} respectiv U'_{max} indicate ca recomandare în tabelul 2.9b se determină conform prevederilor standardelor de produs aferente, elementele de anvelopă fiind considerate așezate în poziție verticală și nu sunt valabile

pentru uși culisante automate, uși culisante telescopice, uși culisante cu funcție break-out, uși circulare, uși semicirculare precum și pentru ușile rotative. Aceste valori sunt valabile pentru tâmplăria montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară și reprezintă o valoare medie a tuturor elementelor de anvelopă de același tip.
4) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite înălțimile minime de evacuare a apelor pluviale sau grosimea și tipul termoizolației depășește capacitatea portantă a structurii de rezistență.
5) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite respectarea gabaritelor minime cerute din alte considerente tehnice.

Îndeplinirea condiţiilor din tabelul 2.10b (cerințe minime de performanță energetică) și a celor privind confortul higrotermic rămâne obligatorie și în cazul clădirilor nerezidenţiale renovate pentru care nu se poate respecta relația $R' \geq R'_{min}$, respectiv $U' \leq U'_{max}$, pentru unul sau mai multe elemente ale anvelopei clădirii.

Pentru elementele vitrate noi care fac parte din anvelopa unei clădiri nerezidențiale renovate, este necesară și alegerea unui factor solar optim, g (a se vedea cap. 2.2.1.2.).

Se recomandă să nu se intervină cu termoizolație suplimentară pe exteriorul fațadelor cu valoare arhitecturală care se doresc a fi păstrate.

2.2.3. Cerinţe minime de confort higrotermic în clădirile noi NZEB și existente renovate

Cerinţele minime de confort higrotermic pentru elementele de clădire care fac parte din anvelopa clădirii, precum şi pentru ansamblul clădirilor noi şi existente, sunt stabilite diferenţiat pentru diverse categorii de clădiri:

a) pe elementele de clădire care fac parte din anvelopa clădirii;
b) pe ansamblul clădirii.

2.2.3.1. Cerințele minime de confort higrotermic pentru elementele de clădire

Pentru clădirile rezidenţiale și nerezidenţiale, acestea se referă la:

a. diferenţa maximă de temperatură admisă între temperatura interioară și temperatura medie a suprafeţei interioare - $\Delta\theta_{i\ max}$ pentru considerente de confort higrotermic. Pentru partea opacă a clădirii, valorile normate $\Delta\theta_{i\ max}$ sunt prezentate în Tabelul VI din Partea 3 - Normativ privind calculul performanţelor termoenergetice ale elementelor de construcţie ale clădirilor, indicativ *C107/3* pentru diverse destinaţii și funcţiuni specifice. La elementele de clădire ale încăperilor în care staţionarea oamenilor este de scurtă durată (*de exemplu* casa scării, holurile de intrare în clădirile de locuit, ş.a.) valorile $\Delta\theta_{i\ max}$ se măresc cu 1 K.

b. rezistenţa termică corectată a elementului de clădire, calculată cu luarea în consideraţie a influenţei tuturor punţilor termice asupra acestuia, calculată pentru fiecare încăpere, să fie mai mare decât valoarea de reglare R'_{nec} – rezistenţa termică necesară din considerente igienico-sanitare, calculată conform art. 13.1 din Partea 3 - Normativ privind calculul performanţelor termoenergetice ale elementelor de construcţie ale clădirilor, indicativ *C107/3*;

c. temperatura superficială minimă $\theta_{si\ min}$ pentru evitarea riscului de condens superficial pe suprafaţa interioară a elementelor de construcţie care alcătuiesc anvelopa clădirilor, pentru care trebuie respectată condiţia $\theta_{si,min} > \theta_r$ [°C], unde valorile temperaturilor superficiale medii $\theta_{si,min}$ se limitează indirect prin normarea indicatorilor globali de confort termic, precum și a indicatorilor specifici disconfortului local.

Pentru cazurile și detaliile curente, temperaturile superficiale minime $\theta_{si,min}$ se dau în tabelele cuprinse în cataloagele de valori precalculate pentru punţi termice uzuale, prezentate în Anexa K din Partea 3 - Normativ privind calculul performanţelor termoenergetice ale elementelor de construcţie ale clădirilor, indicativ *C107/3*;
θ_r - temperatura punctului de rouă se poate determina din anexa B din Partea 3 - Normativ privind calculul performanţelor termoenergetice ale elementelor de construcţie ale clădirilor, indicativ *C 107/3*, în funcţie de temperatura interioară convențională de calcul și de umiditatea relativă a aerului interior, sau
$f_{Rsi} > f_{Rsi,critic}$ (0,80), conform 2.1.4 și Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 1590/24.08.2012 pentru modificarea și completarea Părții a 3-a - Normativ privind calculul performanțelor termoenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ *C 107/3*, din cadrul Reglementării tehnice "Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor" indicativ *C107,* aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.055/2005, – Anexa K: Catalog cu punți termice specifice clădirilor.

Notă: Pentru zidăriile din blocuri de BCA, la clădirile noi, se va opera în calculele termotehnice cu valorile corectate ale conductivității termice, conform prevederilor din metodologia MP022/2002.

2.2.3.2 Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor rezidenţiale și asimilate acestora

Din punct de vedere al confortului higrotermic, acestea se referă la debitul minim de aer proaspăt. Debitul minim de aer proaspăt pentru clădirile rezidențiale (sau asimilate acestora) neventilate mecanic, corespunde unui număr orar de schimburi de aer de 0,5 h^{-1} în sezonul de încălzire. Pentru clădirile rezidențiale ventilate mecanic se vor respecta prevederile Normativului pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, indicativ I5, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 1.659/22.06.2011.

Pentru clădirile rezidențiale prevăzute cu un nivel ridicat de protecție termică este recomandată încercarea de performanță conform *SR EN ISO 9972*. Performanțele minime de etanșeitate/ permeabilitate la aer a anvelopei clădirii trebuie să respecte următoarele cerințe:
- la clădiri cu ventilare naturală (exclusiv efectul deschiderilor de ventilare controlată/reglabile), n_{50} < 3,0 sch/h la 50 Pa <u>sau</u> q_{50} < 3,0 m³/(h.m²),
- la clădiri cu ventilare mecanică n_{50} < 1,5 sch/h la 50 Pa <u>sau</u> q_{50} < 1,5 m³/(h.m²),
- pentru NZEB, n_{50} < 1,0 sch/h la 50 Pa <u>sau</u> q_{50} < 1,0 m³/(h.m²).

Pentru clădirile rezidențiale la care n_{50} < 1,5 sch/h la 50 Pa <u>sau</u> q_{50} < 1,5 m³/(h.m²), se recomandă prevederea de sisteme de ventilare mecanică cu recuperarea căldurii.

2.2.3.3. Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor nerezidenţiale

Din punct de vedere al confortului higrotermic acestea se referă la:
a) debitul de aer proaspăt pentru clădirile nerezidențiale, pentru care sunt prezentate valori, în funcţie de clasa de ambianţă, în Tabelele 5.4.1 și 5.4.2 din Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, indicativ I5;
b) permeabilitatea la aer a elementelor de închidere ale unei clădiri trebuie să fie astfel încât rata de ventilare suplimentară în raport cu rata de ventilare specifică să nu fie mai mare, în medie, de

0,2 schimburi pe oră, în sezonul de încălzire. Cerinţele minime privind asigurarea calităţii aerului interior prin ventilare trebuie respectate în funcţie de destinaţia încăperii, tipul surselor de poluare și activitatea care se desfăşoară în încăpere. Nivelul de CO_2 pentru diferite categorii de calitate a aerului interior este prezentat în Tabelul 3.2 din Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, indicativ I5.

Pentru clădirile nerezidențiale prevăzute cu un nivel ridicat de protecție termică este recomandată încercarea de performanță conform *SR EN ISO 9972*. Performanțele minime de etanșeitate/ permeabilitate la aer a anvelopei clădirii trebuie să respecte următoarele cerințe:

- la clădiri cu ventilare naturală (exclusiv efectul deschiderilor de ventilare controlată/reglabile), n_{50} < 3,0 sch/h la 50 Pa sau q_{50} < 3,0 m³/(h.m²);
- la clădiri cu ventilare mecanică n_{50} < 1,5 sch/h la 50 Pa sau q_{50} < 1,5 m³/(h.m²);
- pentru NZEB, n_{50} < 1,0 sch/h la 50 Pa sau q_{50} < 1,0 m³/(h.m²).

Pentru clădirile nerezidențiale la care n_{50} < 1,5 sch/h la 50 Pa sau q_{50} < 1,5 m³/(h.m²), este obligatorie prevederea de sisteme de ventilare mecanică cu recuperarea căldurii.

2.3. Considerente suplimentare privind cerinţele minime de performanţă termică și energetică pentru clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB)

Documentele care conduc în România la realizarea unor clădiri cu un nivelul de performanță NZEB sunt:

- Legea nr. 372/2005, republicată, care asigură transpunerea în legislația națională a Directivei privind Performanța Energetică a Clădirilor (EPBD) 2010/31/EU consolidată ulterior prin Directiva UE 2018/844 aprobată pe 30.05.2018 și publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene din 19.06.2018;
- Strategia națională de renovare pe termen lung pentru sprijinirea renovării parcului național de clădiri rezidențiale și nerezidențiale, atât publice, cât și private, și transformarea sa treptată într-un fond de clădiri cu un nivel ridicat de eficiență energetică și decarbonat până în 2050, aprobată prin Hotărârea Guvernului nr. 1034/2020 publicată în Monitorul Oficial, Partea I nr. 1247 din 17 decembrie 2020;
- Standardul european *SR EN ISO 52000-1*, Anexa H - informativă, unde este schematizată o propunere de indicatori pentru evaluarea clădirilor cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB).

Clădirile reprezentative (existente/noi) se consideră a fi clasificate în următoarele categorii:

- clădiri de locuit de tip condominiu (blocuri de apartamente, cămine de studenți/nefamiliști etc.) ;
- clădiri de locuit unifamiliale;
- clădiri de birouri/administrative;
- clădiri din sistemul de educație și învățământ;
- clădiri din sistemul de sănătate;
- clădiri destinate turismului (hoteluri și restaurante);
- clădiri destinate activităților comerciale;
- clădiri destinate activităților sportive;

- clădiri cu alte funcțiuni (teatre, muzee și alte clădiri cu activitate/ocupare umană și în care sunt furnizate, sau ar trebui furnizate cel puțin încălzirea, apa caldă de consum și iluminatul).

Pentru clădirile noi (NZEB), se recomandă ca în faza de proiectare tehnică să fie simulate mai multe pachete de soluții care conduc la respectarea tuturor cerințelor minime de performanță energetică și confortului higrotermic. Investiția suplimentară într-o clădire NZEB față de o clădire nouă executată înainte de 31 decembrie 2020 (clădirea de referință) trebuie să conducă, în cazul clădirii rezidențiale/nerezidențiale NZEB, în maxim 30/20 de ani, la un cost global mai mic (adică în maxim 30/20 de ani, cost global clădire NZEB-cost global clădire de referință=valoarea negativă sau $\Delta VNA<0$ unde VNA reprezintă valoarea netă actualizată).

În cazul renovării unei clădiri existente, indiferent de categorie, pachetul optim de soluții de renovare se va stabili prin selectarea, pentru diferitele pachete de soluții care conduc la respectarea cerințelor minime de performanță energetică și confort higrotermic, a costului global minim, stabilit prin comparație cu situația clădirii nerenovate.

Parametrii energetici și de mediu adaptabili clădirilor NZEB se definesc în raport cu cerințele minime actuale impuse clădirilor noi și cu restricțiile climatice și tehnologice zonale. Definirea clădirii cu consum energetic aproape de zero reprezintă rezultanta respectării a două componente care condiționează performanța energetică a unei clădiri, după cum urmează:
- configurația arhitecturală a clădirii cu respectarea principiilor Dezvoltării Durabile și în special cu minimizarea impactului asupra mediului natural, inclusiv asupra microclimatului zonal;
- asigurarea necesarului de utilități energetice, prin dotarea clădirilor cu surse de energie regenerabile - amplasate fie pe clădire, fie pe un teren aflat în proprietatea clădirii; echiparea cu surse regenerabile trebuie însă atent analizată, în stadiul de proiect zonal urban, din punct de vedere al impactului asupra mediului natural, pe de o parte, și din punct de vedere propriu clădirii, pe de altă parte.

Pentru verificarea consumului de minim 30% din energia primară totală utilizată de sistemele tehnice ale clădirii, ca provenind din surse regenerabile de energie (SRE), se vor considera:

- cota de energie consumată de sistemele tehnice ale clădirii din energia totală produsă de sursele regenerabile individuale montate în/pe clădire, respectiv amplasate pe proprietatea (terenul) aferentă clădirii respective;
- cota de energie consumată de sistemele tehnice ale clădirii din energia totală produsă de sursele regenerabile amplasate în apropierea (vecinătatea) clădirii, la o distanță de cel mult 30 km față de coordonatele GPS ale clădirii, inclusiv surse regenerabile centralizate, neracordate la SEN (sistemul electroenergetic național), care pot fi utilizate în comun de mai multe clădiri ale căror terenuri sunt adiacente proprietății clădirii respective;
- cota din energia electrică consumată de sistemele tehnice ale clădirii racordate la SEN, egală cu cota medie națională de contribuție energetică a surselor regenerabile racordate la SEN
- cotele de energie termică și/sau electrică consumate de sistemele tehnice ale clădirii din energia produsă cu unități de cogenerare locale, neracordate la SEN, care folosesc biomasă, biocombustibili sau alte surse regenerabile de energie.

Se acceptă, deci, ca la procentajul de 30% aferent consumului din surse regenerabile să contribuie și sistemul electroenergetic național (SEN) sau local de alimentare cu energie electrică și/sau termică, sistem al cărui mix energetic include energie din SRE (exclusiv energie electrică provenită din unități hidroenergetice de mare capacitate); aceeași regulă se aplică și unui SACET (Sistemul de Alimentare Centralizată cu Energie Termică) la care este racordat obiectivul analizat, atunci când sunt utilizate surse regenerabile pentru producerea energiei furnizate prin SACET.

Nivelurile maxime de consum total de energie primară se referă la energia totală utilizată din surse neregenerabile și regenerabile, în condițiile respectării calității mediului interior, în conformitate cu prevederile reglementărilor tehnice în vigoare.

Cerinţele minime de performanţă energetică pentru clădirile cu consum de energie aproape egal cu zero, privind consumul de energie primară şi emisiile echivalente de CO_2, sunt prezentate distinct, în tabelul 2.10a, pe categorii de clădiri şi zone climatice.

Cerinţele minime de performanţă energetică pentru clădirile existente renovate, privind consumul de energie primară şi emisiile echivalente de CO_2, sunt prezentate distinct, în tabelul 2.10b, pe categorii de clădiri şi zone climatice.

Atât valorile maxime ale consumurilor de energie primară, respectiv ale emisiilor echivalente de CO_2, indicate pentru clădirile NZEB în tabelul 2.10a cât și cele pentru clădirile renovate indicate în tabelul 2.10b au fost determinate pentru cazurile asigurării clădirilor cu toate utilitățile (încălzire, răcire, ventilare, apă caldă de consum și iluminat). În cazul în care pentru clădirea nouă sau renovată vor lipsi una sau mai multe utilități care nu sunt obligatorii dar care rezultă din calcul ca necesare (ex. ventilare mecanică și/sau răcire conform tabel 5.6 cap. 5.3), se vor calcula totuși consumuri de energie primară, respectiv emisii echivalente CO_2, și pentru acestea, considerând principiul sistemului virtual (ales astfel încât consumurile/emisiile virtuale să fie cât mai mici). Încadrarea în consumurile maxime de energie primară totală, respectiv emisii echivalente de CO_2, indicate în tabelele 2.10a sau 2.10b va ține astfel cont și de consumurile și emisiile aferente acestor utilități virtuale care nu sunt obligatorii dar care rezultă din calcul ca fiind necesare.

Tabel 2.10a. Valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) şi ale emisiilor echivalente de CO_2 pentru clădirile NZEB

Zona climatică	Începând cu	Clădiri de birouri		Clădiri destinate învățământului		Clădiri de locuit colective		Clădiri de locuit individuale	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]
I	2022	94,7	10,1	61,6	7,3	99,1	12,0	120,1	14,7
II	2022	98,4	10,9	66,8	8,1	103,7	12,8	127,9	16,0
III	2022	98,9	11,5	71,0	8,8	105,9	13,5	133,3	17,1
IV	2022	100,6	12,2	76,5	9,7	109,5	14,3	140,6	18,5
V	2022	102,6	13,0	82,0	10,6	113,1	15,1	147,9	19,9

Zona climatică	Începând cu	Clădiri destinate sistemului sanitar		Clădiri destinate turismului		Spații comerciale		Clădiri destinate activităților sportive	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]
I	2022	162,5	19,0	96,5	11,7	95,5	11,0	93,4	10,4
II	2022	168,8	20,2	101,0	12,5	102,9	12,2	98,2	11,3
III	2022	170,9	21,1	103,7	13,1	107,7	13,3	100,3	12,0
IV	2022	174,8	22,3	107,4	13,9	114,5	14,6	103,8	12,9
V	2022	179,3	23,5	111,6	14,7	121,4	16,0	107,5	13,7

Nota 1 – În România este legal stabilit că energia primară totală consumată de clădirile NZEB să fie produsă în proporție de minimum 30%, din surse regenerabile, inclusiv din cele la fața locului sau în apropiere (maxim 30 km față de coordonatele GPS ale clădirii).

Nota 2 – Clădirile multizonale-multiserviciu cu mai multe destinații se vor încadra într-o categorie sau alta, după destinația principală / a zonei cu ponderea cea mai mare în consumul total de energie primară al clădirii.

Nota 3 – Pentru clădirile noi cu destinații principale diferite de cele din tabelul de mai sus, limitele maxime de consum total de energie primară, respectiv de emisii echivalente de CO_2 pentru încadrarea în categoria NZEB, se determină ca medie ponderată cu suprafața a limitelor aferente diferitelor zone care compun clădirea și care au destinații identice sau se pot asimila cu destinațiile din tabelul 2.10a. de exemplu, o clădire muzeu poate fi compusă dintr-o zonă de birouri, o zonă de săli de reuniune/prezentări (asimilate cu săli de școală), o zonă de catering (similară unui restaurant) și o zonă de expoziție (similară unei săli de sport); în acest caz se consideră ca limită de consum energetic, respectiv emisii de CO_2, media ponderată cu ariile de referință a valorilor limită de consum total de energie primară, respectiv emisii de CO_2 echivalent (pentru fiecare zonă climatică). Se păstează regula privind procentul minim de 30% aferent energiei consumate din surse regenerabile, din totalul energiei primare consumate.

Tabel 2.10b. Valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) şi ale emisiilor echivalente de CO_2 pentru renovarea majoră a clădirilor existente

Zona climatică	Orizont	Clădiri de birouri		Clădiri destinate învățământului		Clădiri de locuit colective		Clădiri de locuit individuale	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]
I	2022	113,5	15,4	72,5	10,9	116,4	17,9	143,2	22,1
II	2022	117,3	16,5	78,2	12,0	121,2	19,1	149,1	26,3
III	2022	116,9	17,2	82,7	13,1	123,1	19,9	156,8	25,5
IV	2022	117,7	18,2	88,6	14,4	126,4	21,1	164,1	27,5
V	2022	119,3	19,2	94,4	15,6	130,0	22,3	171,6	29,5

Zona climatică	Orizont	Clădiri destinate sistemului sanitar		Clădiri destinate turismului		Spații comerciale		Clădiri destinate activităților sportive	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m^2,an]	Emisii echiv CO_2 [kg/m^2,an]
I	2022	191,9	28,4	113,0	17,4	113,1	16,5	111,2	15,7
II	2022	198,4	30,1	117,8	18,5	121,1	18,3	116,2	16,9
III	2022	199,6	31,3	120,4	19,4	125,8	19,7	117,9	17,9
IV	2022	202,9	32,9	124,3	20,6	132,7	21,6	121,3	19,1
V	2022	206,8	34,5	128,4	21,7	139,8	23,5	124,6	20,3

Nota 1 – Conform actualei metodologii, din energia primară totală consumată de clădirile existente renovate major, minim 10% trebuie să fie produsă din surse regenerabile, inclusiv din cele la fața locului sau în apropiere (maxim 30 km față de coordonatele GPS ale clădirii), dacă este fezabil tehnic și economic

Nota 2 – Clădirile multizonale-multiserviciu existente, cu mai multe destinații, se vor încadra într-o categorie sau alta după destinația principală / a zonei cu ponderea cea mai mare în consumul total de energie primară al clădirii.

Nota 3 – În cazul clădirilor existente care se renovează și se extind, noua clădire rezultată trebuie să îndeplinească cerințele de conformare NZEB doar dacă extinderea majorează suprafața desfășurată a clădirii existente cu mai mult de 100%. În cazul extinderilor simple (fără renovarea clădirii existente), doar unitatea de clădire nou rezultată trebuie să respecte cerințele de conformare NZEB.

Nota 4 - Pentru clădirile existente renovate cu destinații principale diferite de cele din tabelul de mai sus, limitele maxime de consum total de energie primară, respectiv de emisii echivalente de CO_2, se stabilesc ca medie ponderată cu suprafața a limitelor aferente diferitelor zone care compun clădirea și care au destinații identice sau se pot asimila cu destinațiile din tabelul 2.10b. De exemplu, o clădire muzeu poate fi compusă dintr-o zonă de birouri, o zonă de săli de reuniune/prezentări (asimilate cu săli de școală), o zonă de catering (similar unui restaurant) și o zonă de expoziție (similar unei săli de sport); în acest caz se consideră ca limită de consum energetic, respectiv emisii de CO_2, media ponderată cu ariile de referință a valorilor limită de consum total de energie primară, respectiv emisii de CO_2 echivalent (pentru fiecare zonă climatică). Se păstrează recomandarea privind rocentul minim de 10% aferent energiei consumate din surse regenerabile, din totalul energiei primare consumate.

Obținerea unui nivel ridicat de performanță energetică al clădirilor se poate face având în vedere următoarele cerințe:

- *Geometria și orientarea clădirii* - geometria mai compactă poate să asigure un nivel de performanță energetică mai ridicat prin minimizarea suprafeței de transfer termic; aceasta este identificată prin raportul suprafaţă exterioară a anvelopei pe volum interior total al clădirii (A/V). Un nivel de compactitate avantajos este A/V≤0,7 m^2/m^3. În cazul unei geometrii mai puțin compacte performanța energetică poate fi compensată prin creșterea nivelului de izolare termică a elementelor opace/transparente;
- *Strategii de iluminat și soluţii de umbrire* - La proiectarea anvelopei clădirii se recomandă crearea unei strategii de iluminare pentru a se asigura un nivel adecvat al proporției de lumină naturală cât și a aportului solar de căldură mai ales pe faţada sudică și vestică. Funcţiunile clădirii care au nevoie de un nivel de iluminare mare se recomandă a fi dispuse pe faţada sudică iar spațiile cu un nivel de iluminare mai scăzut pe faţada opusă. Suprafaţa vitrată dispusă pe faţada sudică trebuie să asigure un raport optim suprafaţă vitrată-suprafaţa opacă, respectiv suprafaţa vitrată să fie în proporţie de 25-35%:
    - se recomandă ca suprafața vitrată să asigure o cantitate de lumină naturală necesară în vederea desfășurării activitaților specifice, folosind soluții care asigură autonomia luminoasă spaţială de minim 50% (pentru o valoare de 300 lux) calculată pe perioada unui an calendaristic;
    - se recomandă utilizarea de soluții vitrate cu o transmisie luminoasă (TL) cât mai mare care să ofere posibilitatea pătrunderii unei cantităţi mai mari de lumină naturală, fără a creşte dimensiunea ferestrelor;
    - se recomandă alegerea de soluții de vitrare cu index de redare a culorii, Ra cât mai ridicat (Ra>83%) pentru a răspunde cerințelor de confort vizual al utilizatorilor;
    - în ceea ce priveşte suprafaţa peretelui în contact cu fereastra, se poate realiza o teşire care să ofere posibilitatea pătrunderii unei cantităţi mult mai mari de lumină naturală, fără a creşte dimensiunea ferestrelor. Sistemele de umbrire se aleg din faza iniţială de proiectarea clădirii, acestea având rolul de a reduce excesul de radiație solară care pătrunde în spațiile clădirii în perioada caldă a anului, precum și pentru reglareul distribuţiei luminii naturale în încăpere;
    - o metodă eficientă de reglare a radiației solare care pătrunde în spațiile clădirii constă în utilizarea sticlelor „dinamice” cu un factor solar g variabil;
    - o metodă eficientă dar și usor accesibilă, constă în folosirea de vitraje cu un factor solar g optim în funcție de zona climatică (Tabel 2.5., Tabel 2.8.);
    - sistemele de umbrire exterioare sunt cele mai eficiente în blocarea accesului aportului solar în spațiile clădirii, în timp ce sistemele interioare de umbrire nu sunt atât de eficiente având în vedere că radiaţia solară traversează suprafaţa de sticlă ajungând în spațiul interior, astfel că acest sistem asigură doar un control al luminii naturale;
    - cerinţele funcţionale ale sistemelor de umbrire se modifică în funcţie de regiunea geografică și zona climatică unde este amplasată clădirea. Jaluzelele orizontale sunt indicate pentru orientarea Sud iar cele verticale pentru Est și Vest. Pentru a nu adăuga un alt consum de energie și alte costuri în funcţionarea clădirii, sunt de preferat sistemele de umbrire create cu ajutorul anvelopei clădirii și/sau cele acţionate manual.
- *Asigurarea unei ventilări adecvate a spațiului* – prin prevederea de sisteme de ventilare mecanică dublu flux cu recuperarea căldurii (cu eficiență termică / de recuperare ridicată și consum specific de energie electrică pentru vehicularea aerului foarte redus). În vederea utilizării acestor

sisteme în condiții de eficiență energetică, este necesară asigurarea unei permeabilități la aer a anvelopei clădirii cât mai reduse. Se recomandă folosirea de sisteme de ventilare mecanică cu un nivel de zgomot cât mai redus (se vor respecta prevederile reglementării tehnice Normativ privind acustica în construcții și zone urbane, indicativ C 125-2013, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice nr. 3.384/21.11.2013) precum și folosirea de canale de ventilare cu atenuarea zgomotului cât mai mare sau folosirea de atenuatoare de zgomot;

- *Strategii de ventilare naturală* - Eficienţa ventilării naturale depinde de o serie de factori: amplasamentul clădirii, împrejurimile clădirii, microclimat, geometria clădirii, dimensiunile ferestrelor, nivelul de zgomot exterior etc. Utilizarea răcirii nocturne prin ventilare naturală în timpul verii este indicată atunci când temperaturile aerului exterior sunt cu cel puțin 5K mai scăzute decât temperaturile interioare.
- *Materialele utilizate* - Pentru a cuantifica impactul materialelor utilizate se recomanda folosirea de materiale cu declaratii de mediu (environmental product declaration EPD)
- *Soluţii constructive pentru anvelopa clădirii* - o abordare corectă a proiectării soluţiilor constructive pentru anvelopa clădirii va prioritiza soluțiile ce permit minimizarea consumurilor energetice și în același timp creșterea sau menținerea confortului interior acustic, vizual si al calitatii aerului adecvat funcţiunii clădirii
- *Evitarea si/sau minimizarea efectelor punților termice* – o abordare atentă a punților termice trebuie să asigure continuitatea stratului de termoizolație a anvelopei și limitarea punților termice (la nivelul izolației termice a elementelor opace, la îmbinarea ferestrelor, ușilor și altor deschideri în anvelopa clădirii cu elementele de construcție opace, punți termice străpunse).

Notă: O problemă complementară performanței energetice a clădirilor o reprezintă acustica clădirii care include: izolarea acustică definită prin izolarea la zgomotul aerian și izolarea la zgomot de impact, tratarea fonică și stabilirea unui timp de reverberaţie adecvat funcţiunii clădirii. Acustica clădirii este influenţată semnificativ de materialele utilizate la realizarea elementelor de clădire.

Soluțiile optime se vor identifica din punctul de vedere al costurilor, relevante pentru tipul de clădire și zona climatică, ținând cont, după caz, de potențialele praguri de declanșare relevante din ciclul de viață al clădirii. Se va urmări stimularea renovărilor aprofundate și/sau a renovărilor majore, inclusiv a renovărilor aprofundate și/sau a renovărilor majore efectuate în etape, prin introducerea foilor de parcurs și a sistemului opțional de pașapoarte pentru renovarea clădirilor.

Proiectarea la nivel NZEB a unei clădirii trebuie realizată pe principiile conceptelor de clădiri performante energetic construite cât mai ecologic și monitorizate pe durata utilizării (de exemplu: Casa Pasivă, Casa Activă, Clădiri Verzi etc.). În acest sens, o deosebită atenție trebuie acordată următoarelor aspecte, cu condiția prioritară de asigurare a condițiilor interioare de confort și sănătate pentru utilizatori:

(1) Conformarea arhitecturală cu o geometrie cât mai compactă (raport A/V cât mai mic) și o amplasare avantajoasă pe sit precum și o poziționare a încăperilor în funcție de orientarea cardinală și de vecinătăți;
(2) Prevederea unui strat termoizolant continuu pe conturul anvelopei clădirii și realizarea unui nivel de izolare termică care să asigure valorile rezistenţelor termice cerute pentru nZEB, inclusiv un impact minim al punților termice prin tratarea adecvată a detaliilor de îmbinare care reprezintă punți termice;
(3) Tâmplărie exterioară cu performanță termică ridicată: rama termoizolantă și vitraj dublu sau triplu (două sau trei foi de geam), cu tratare low-e și/sau de protecție solară, cu aer sau cu gaze

rare între foile de geam și, cu baghetă caldă), permeabilitate la aer redusă; poziționarea corectă a acestora în raport cu alcătuirea constructivă a parții opace și etanșarea corectă pe contur, algerea unui factor de transmisie a energiei solare, g, adaptat la condițiile particulare ale fiecărei fațade în funcție de destinație, procent de vitrare, condiții de confort, orientare etc. precum și prevederea de dispozitive de protecție solară termică adecvate;

(4) Prevederea unui strat continuu de etanșare la aer a anvelopei;
(5) Evaluarea soluţiilor de anvelopă la transferul de masă;
(6) Utilizarea inerţiei termice a clădirii și întocmirea verificărilor privind stabilitatea termică pentru alcătuirile constructive ușoare;
(7) Prevederea de elemente de stocaj a energiei termice și/sau electrice produse local;
(8) Materiale ecologice sau cu impact minim asupra sănătății utilizatorilor clădirii;
(9) Surse de energie regenerabilă înglobate în elementele de construcție ale anvelopei (de exemplu: celule PV în învelitoarea clădirii sau în structura unor suprafețe vitrate);
(10) Utilizarea unor materiale și/sau soluții constructive care să permită economia circulară după terminarea duratei de viață a acestora;
(11) Utilizarea unor materiale și sisteme tehnice cu valori cât mai scăzute de energie înglobată (și cu amprentă de carbon cât mai redusă).
(12) Prevederea de sisteme tehnice adaptate corespunzător pentru încălzirea, răcirea, sau ventilarea aerului.

2.4. Rezistențe termice

2.4.1. Calculul rezistenţei termice şi al transmitanţei termice ale elementelor de clădire opace

Calculul rezistenţei termice şi a transmitanţei termice ale elementelor de clădire opace se face conform prevederilor din normativul *C107*, cu modificările, precizările și completările făcute, în continuare, în prezentul subcapitol.

Pentru calculul rezistenţei termice unidirecţionale, documentul recomandat este *SR EN ISO 6946*.

Rezistenţa termică totală unidirecţională a unui element de clădire alcătuit din unul sau mai multe straturi din materiale omogene, fără punţi termice, inclusiv din eventuale straturi de aer neventilat, dispuse perpendicular pe direcţia fluxului termic, se calculează cu relaţia :

$$R = R_{si} + \Sigma R_j + \Sigma R_a + R_{se} \qquad [m^2K/W] \qquad (2.6)$$

Rezistenţele la transfer termic superficial (R_{si} şi R_{se}) se consideră în calcule în funcţie de direcţia şi sensul fluxului termic; $R_{si} = 1/h_i$ şi $R_{se} = 1/h_e$.

Tabel 2.11. Coeficienţi de transfer termic superficial h_i şi h_e [W/(m²K)] şi rezistenţe termice superficiale R_{si} şi R_{se} [m²K/W]

DIRECŢIA ŞI SENSUL FLUXULUI TERMIC	Elemente de clădire în contact cu: • exteriorul • pasaje deschise (ganguri)	Elemente de clădire în contact cu spaţii ventilate neîncălzite: • subsoluri şi pivniţe • poduri

			• balcoane şi logii închise • rosturi închise • alte încăperi neîncălzite	
	h_i/R_{si}	h_e/R_{se}	h_i/R_{si}	h_e/R_{se}
i → e, u	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{24}{0,042}$ *)	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{12}{0,084}$
e, u ↑ i	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{24}{0,042}$ *)	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{12}{0,084}$
i ↓ e, u	$\frac{6}{0,167}$	$\frac{24}{0,042}$ *)	$\frac{6}{0,167}$	$\frac{12}{0,084}$

Valorile rezistenţelor termice superficiale interioare din tabelul anterior sunt valabile pentru suprafeţele interioare obişnuite și includ atât convecția termică cât și radiația termică, ambele aproximate pentru condiții uzuale la clădirile rezidențiale și nerezidențiale. Ele corespund următoarelor condiții:

- suprafaţa exterioară netratată, cu un coeficient de emisie $\varepsilon = 0,9$
- temperatură interioară evaluată la + 20 °C
- temperatura exterioară $\theta_e = 0$ °C
- viteza vântului adiacent suprafeţei exterioare $v = 4$ m/s

Pentru alte viteze ale vântului, rezistenţa termică superficială exterioară se poate considera orientativ astfel:

Tabel 2.12. Rezistenţa de transfer termic superficial R_{se}

v	R_{se}
[m/s]	[m²K/W]
1	0,08
2	0,06
3	0,05
5	0,04
7	0,03
10	0,02

Rezistenţele termice ale straturilor de aer neventilat *(R_a)* se consideră, în funcţie de direcţia şi sensul fluxului termic şi de grosimea stratului de aer (document recomandat *SR EN ISO 6946*), pentru toate elementele de clădire, cu excepţia elementelor de clădire vitrate.

Pentru modul în care se pot considera straturile de aer în calculele termotehnice în care există un oarecare grad de ventilare al spaţiului de aer, deci o comunicare cu mediul exterior, se poate consulta documentul recomandat *SR EN ISO 6946*.

Relaţia de calcul a rezistenţei termice totale unidirecționale se utilizează şi pentru determinarea rezistenţei termice în câmp curent, a elementelor de clădire neomogene (cu punţi termice).

Pentru calculul câmpului de temperaturi în vederea verificării temperaturilor superficiale, valoarea rezistenţei la transfer termic superficial interior R_{si}, în câmpul curent al elementului şi pentru îmbinări 2-D sau 3-D în anvelopă, se consideră diferenţiat (documente recomandate: SR EN ISO 10211).

În calculul unidirecţional, suprafeţele izoterme se consideră că sunt paralele cu suprafaţa elementului de construcţie.

La elementele de construcţie cu straturi de grosime variabilă (*de exemplu* la planşeele de la terase), rezistenţele termice se pot determina pe baza grosimilor medii ale acestor straturi, aferente suprafeţelor care se calculează.

<u>Transmitanţa termică prin suprafaţă</u> se determină cu relaţia :

$$U = \frac{1}{R} \qquad [\mathrm{W/(m^2K)}] \qquad (2.7)$$

Dacă valorile R şi U reprezintă rezultate finale ale calculelor termotehnice, ele pot fi rotunjite la 3 cifre semnificative (2 zecimale).

Punţile termice la clădiri determină o modificare a fluxurilor termice și a temperaturilor superficiale în comparaţie cu cele corespunzătoare unei structuri fără punţi termice. Aceste fluxuri termice și temperaturi pot fi determinate prin calcule numerice (document recomandat *SR EN ISO 10211*).

Pentru punţile termice liniare este mai operativ să se utilizeze metode simplificate pentru estimarea transmitanţelor termice liniare (document recomandat *SR EN ISO 14683*).

Rezistenţa termică corectată (cu influența punților termice) se determină la elementele de clădire cu alcătuire neomogenă; ea ţine seama de influenţa punţilor termice asupra valorii rezistenţei termice determinate pe baza unui calcul unidirecţional în câmp curent, respectiv în zona cu alcătuirea predominantă.

<u>Rezistenţa termică corectată</u> R' şi respectiv <u>transmitanţa termică corectată</u> U' se calculează cu relaţia generală :

$$U' = \frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{\sum(\Psi \cdot l)}{A} + \frac{\sum \chi}{A} \qquad [\mathrm{W/(m^2K)}] \qquad (2.8)$$

în care :

R rezistenţa termică totală, unidirecţională, aferentă ariei A

l lungimea punţilor liniare de acelaşi fel, din cadrul suprafeţei A

ψ transmitanța termică liniară a tuturor punților termice liniare din cadrul suprafeţei A

χ transmitanța termică punctuală a tuturor punților termice liniare din cadrul suprafeţei A.

Rezistenţa termică corectată se mai poate exprima prin relaţia:

$R' = r \cdot R$ [m²K/W] (2.9)

în care r reprezintă coeficientul de reducere a rezistenţei termice totale, unidirecţionale:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{R \cdot \left[\sum(\Psi \cdot l) + \sum \chi\right]}{A}} \quad [\,-\,] \qquad (2.10)$$

<u>Transmitanţele termice liniare ψ şi punctuale χ</u> aduc o corecţie a calculului unidirecţional, ţinând seama atât de prezenţa punţilor termice constructive, cât şi de comportarea reală, bidimensională, respectiv tridimensională, a fluxului termic, în zonele de neomogenitate a elementelor de construcţie.

Punţile termice punctuale rezultate la intersecţia unor punţi termice liniare, de regulă, se neglijează în calcule.

Transmitanţele termice liniare ψ şi punctuale χ nu diferă în funcţie de zonele climatice; ele se determină pe baza calculului numeric automat al câmpurilor de temperaturi. Pentru detalii uzuale se pot folosi valorile precalculate din tabelele cuprinse în Cataloage cu valori precalculate ale transmitanţelor termice liniare şi punctuale (Anexa la Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 1590/24.08.2015 şi normativul *C107*).

Notă: Pentru zidăriile din blocuri de BCA, la clădirile noi, se va opera în calculele termotehnice cu valorile corectate ale conductivității termice, conform prevederilor din metodologia MP022-2002.

Documentarea calculelor valorilor transmitanțelor termice liniare și punctuale aferente tuturor punților termice semnificative, Ψ si χ se face prin prezentarea analizei tuturor detaliilor reprezentative anexat la raportul de calcul pentru îndeplinirea cerințelor minime de performanță energetică.

Rezistențele termice corectate cu efectul punților termice, R', respectiv inversul acestora - transmitanțele termice, U', se utilizează pentru determinarea coeficientul de transfer termic prin transmisie prin elementele clădirii care separă spaţiul condiţionat de aerul exterior, H_d.

Clădirile pot avea punţi termice semnificative, unul dintre efecte fiind cel de creştere a fluxurilor termice disipate prin anvelopa clădirilor. În acest caz, pentru a se obţine un coeficient de cuplaj termic corect, este necesară adăugarea unor termeni de corecţie prin transmitanţele termice liniare şi punctuale, astfel coeficientul de transfer termic direct se calculează cu relația :

$$H_d = \Sigma U_j A_j + \Sigma \psi_k l_k + \Sigma \chi_j \quad [W/K] \qquad (2.11)$$

unde:

H_d este coeficientul de transfer termic direct (cuplaj termic), în [W/K]; ;

U_j este transmitanţa termică unidimensională a părţii j de anvelopă a clădirii, în [W/(m^{2}K)];

A_j este aria pentru care se calculează U_j, în [m^2];

ψ_k este transmitanţa termică liniară a punţii termice liniare k, în [W/(mK)];

l_k este lungimea pe care se aplică ψ_k, în m;

χ_j este transmitanţa termică punctuală a punţii termice punctuale j, în [W/K].

sau, același lucru exprimat utilizând transmitanța termică corectată U'_j:

$$H_d = \Sigma U'_j A_j \quad \text{[W/K]} \tag{2.12}$$

unde:

U'_j este transmitanţa termică corectată cu efectul punților termice, a părţii j de anvelopă a clădirii, în [W/(m^{2}K)];

Valorile transmitanţelor termice liniare depind de sistemul de dimensiuni ale clădirii utilizat în calculul ariilor, efectuat pentru fluxurile unidimensionale.

Transmitanţa termică liniară, ψ, se calculează cu relaţia:

$$\psi_j = \frac{1}{l_j}(L^{2D} - \Sigma U_j A_j) \quad \text{[W/(mK)]} \tag{2.13}$$

unde:

L^{2D} este coeficientul liniar de cuplaj termic obţinut printr-un calcul bidimensional al componentei care separă cele două medii considerate, în [W/K] ;

U_j este transmitanţa termică unidimensională prin suprafaţa componentei j care separă mediile considerate, în [W/(m^{2}K)];

A_j este aria pentru care se calculează U_j, în [m^2];

l_j este lungimea din modelul geometric bidimensional pe care se aplică valoarea U_j, în metri.

Se definește fluxul termic disipat prin transmisie prin anvelopa clădirii, Φ_{tr}, între mediile interior şi exterior, având ca temperaturi θ_i şi θ_e, prin relaţia:

$$\Phi_{tr} = H_{tr}(\theta_i - \theta_e) \quad \text{[W]} \tag{2.14}$$

Conform *SR EN ISO 13789*, coeficientul de transfer termic prin transmisie H_{tr}, se calculează cu relaţia:

$$H_{tr} = H_d + H_g + H_u + H_a \quad \text{[W/K]} \tag{2.15}$$

unde:

H_d este coeficientul de transfer termic direct (coeficientul de cuplaj termic) între spațiile încălzite/răcite și exterior, prin anvelopa clădirii, definit prin relaţia 2.12 în [W/K];

H_g este coeficientul de transfer termic (cuplaj termic) prin sol, (documente recomandate: *SR EN ISO 13370, SR EN ISO 12631*) şi care se admite a fi calculat în regim staţionar (document recomandat: *SR EN ISO 13789*), în [W/K];

H_u coeficientul de transfer termic prin transmisie prin spaţii neîncălzite (document recomandat: *SR EN ISO 13789*), în [W/K];

H_a coeficientul de transfer termic prin transmisie, către clădirile adiacente, în [W/K].

Coeficientul de transfer termic direct prin transmisie între mediile interior și exterior, reprezintă un flux de căldură datorită transmisiei termice printr-un element de clădire împărţit la diferenţa dintre temperaturile mediilor de pe fiecare faţă a construcţiei. Prin convenţie, atunci când transferul de căldură se face între un spaţiu climatizat şi mediul exterior, semnul este pozitiv dacă transferul se face dinspre spaţiu către exterior (pierdere de căldură).

Se definește coeficientul de transfer termic prin ventilare H_v [W/K] ca raport între fluxul de căldură necesar încălzirii/răcirii aerului care intră prin infiltrare sau ventilare într-un spaţiu încălzit/răcit, și diferenţa dintre temperatura aerului interior şi temperatura aerului pătruns în interior. Temperatura aerului infiltrat este egală cu temperatura aerului exterior:

$$\emptyset_v = H_v \cdot (\theta_{int} - \theta_{ext}) \qquad [W] \qquad (2.15bis)$$

Înainte de calcul, trebuie definit în mod clar spaţiul climatizat al clădirii considerate. Elementele clădirii care se iau în considerare în calcule sunt cele care delimitează spaţiile încălzite sau răcite (în mod direct sau indirect).

Anvelopa supraterană a clădirii se modelează prin elemente plane şi liniare. Limitele dintre partea subterană a clădirii, care implică transferul termic prin pământ şi partea supraterană a clădirii, care are transfer termic direct către mediul exterior sau către spaţiile neclimatizate, se consideră, următoarele:

– pentru clădiri cu planşee pe sol, planşee suspendate şi subsoluri neîncălzite: nivelul suprafeţei interioare a parterului (excluzând orice formă de acoperire a planşeului, cum ar fi covoarele);
– pentru clădiri cu subsolul încălzit: nivelul exterior al solului.

În privința pereților exteriori la clădiri cu pereţi cortină în vederea elaborării CPE sau auditului energetic, se menționează următoarele (document de referință *SR EN ISO 12631*):

Aspecte specifice

- Stabilirea rezistenţei termice corectate, *R'*/transmitanței termice corectate, *U'*, pentru zonele de faţadă cu pereţi cortină;
- Stabilirea transmitanțelor termice liniare ψ pentru îmbinari în colţ ieșind, perete –acoperiş, perete - soclu sau perete cortină - fațadă tradiţională, dacă este cazul.

Situaţii posibile

1. *Există proiectul clădirii, inclusiv a peretelui cortină şi informaţii certe privind caracteristicile termice ale peretelui cortină , puse la dispoziţie de către furnizor:*
   Este situaţia cea mai simplă, în care datele oferite de furnizor sunt introduse în calculul anvelopei.

Este necesară stabilirea transmitanțelor termice liniare ψ pentru îmbinări în colţ ieșind, perete –acoperiş, perete- soclu sau perete cortină- fațadă tradiţională, dacă este cazul

2. *Există proiectul clădirii inclusiv al faţadei cortină din care rezultă:*
   - geometria faţadei, respectiv distribuţia montanţilor, traverselor, părţilor opace, vitrate, mobile sau fixe;
   - carateristicile geometrice ale elementelor metalice;
   - detalii de îmbinări;
   - caracteristicile termice ale părţii opace/vitrate;
   - transmitanțele termice liniare ψ pentru îmbinări.

   Se stabileşte performanţa termică a faţadei cortină conform *SR EN ISO 12631*.

   Pentru determinarea rezistenței termice medii pe întreaga clădire, este necesară stabilirea coeficienţilor liniari de transfer termic pentru îmbinari în colţ ieșind, perete – acoperiş, perete - soclu sau perete cortină - fațadă tradiţională, dacă este cazul.
3. *Nu există proiectul clădirii sau există dar nu conţine informaţiile referitoare la faţada cortină care să justifice încadrarea în situaţia 1 sau 2.*

   Etape:
   - Releveul faţadei cortină cu precizarea poziţiei zonelor opace/vitrate, mobile sau fixe;
   - Stabilirea prin măsurători a procentului de suprafaţă metalică (îmbinări) în raport cu întreaga suprafaţă a faţadei;
   - Stabilirea/adoptarea valorii U_g, caracteristica termică a vitrajului pe baza observaţiilor directe corelate cu date din documentații făcute publice de firme producatoare;
   - Stabilirea/adoptarea valorii U_p, pentru partea opacă, funcție de grosime, considerând conductivitatea termică a materialului termoizolant de 0,04 W/m.K;
   - Determinarea transmitanței termice a panoului de perete cortină, U_{cw}, ca o medie ponderată cu suprafețele opace/vitrate;
   - Determinarea transmitanței termice corectate a panoului de perete cortină prin aplicarea unei reduceri de 25…35%, funcție de ponderea suprafețelor metalice față de aria totală.

   Pentru determinarea rezistenței termice medii pe întreaga clădire, este necesară stabilirea transmitanțelor termice liniare ψ pentru îmbinari în colţ ieșind, perete – acoperiş, perete - soclu sau perete cortină - fațadă tradiţională, dacă este cazul.

2.4.2. Transmitanţa termică a elementelor vitrate (ferestre și uşi)

Transmitanţa termică a elementelor vitrate se va calcula fie utilizând metoda simplificată (document recomandat *SR EN ISO 10077-1*), fie metoda numerică bidimensională (document recomandat *SR EN ISO 10077-2*).

Calculul acestor elemente de clădire se face conform prevederilor din normativul C107.

Pentru pereții cortină documentul de referință este *SR EN ISO 12631*. Pentru a trata atât transferul de căldură cât şi aporturile solare, pentru ferestre combinate cu un oblon şi pentru elemente dinamice (vitrate) de clădire, transmitanţele termice sunt detaliate la paragraful 2.7.3.1.

Tabel 2.13. Mărimi relative la transmisia energiei solare

Coeficient de transmisie a energiei solare totale la o incidenţa normală, $g_{gl,n}$, pentru tipurile obişnuite de sticlă, geam necolorat și nedifuzant, pentru un unghi de înălțime solară de 45^0	
Tip	$g_{gl,n}$
Vitraj simplu	0,85
Vitraj dublu	0,75
Fereastra dublă	0,75
Vitraj triplu	0,70
Vitraj dublu, cu emisivitate redusă pe fața 3	0,65
Vitraj dublu, tratare cu funcție multiplă (emisivitate redusă + control solar)	0,21 ÷ 0,55 (*)
Vitraj triplu, cu emisivitate redusă pe 2 fețe (2 și 5)	0,50
Vitraj triplu, tratare pe o față (2) cu funcție multiplă (emisivitate redusă + control solar) și tratare pe cea de-a doua față (5) cu emisivitate redusă	0,19 ÷ 0,45 (*)

(*) –în funcție de tipul acoperirii cu funcție multiplă

2.4.3. Stabilirea prin calcul a parametrilor de performanţă termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul

Pentru stabilirea prin calcul a parametrilor de performanţă termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul se recomandă documentele: normativul *C107/5-2005, SR EN ISO 13370, SR EN 12831-1.*

Coeficientul de transfer termic prin sol, H_g, se poate calcula conform SR EN ISO 13370. În cazul în care există spații necondiţionate, H_g se calculează ca și cum nu ar exista spațiile necondiţionate.

SR EN ISO 13370 stabileşte metode de calculul ale coeficientului de transfer termic prin transmisie pe bază lunară, $H_{g;an,m}$, luând în considerare inerţia termică a solului.

2.4.4. Rezistenţa termică/transmitanţa termică medie a anvelopei clădirii

Rezistenţa termică corectată medie (R'_m) a unui element de clădire al anvelopei clădirii/ transmitanţa termică corectată medie a unui element de clădire al anvelopei clădirii, se calculează cu relaţia :

$$R'_m = \frac{1}{U'_m} = \frac{\sum A_j}{\sum(A_j * U'_j)} \qquad [\ m^2K/W] \qquad (2.16)$$

în care :

U'_j transmitanţe termice corectate [W/(m²K)] aferente suprafeţelor A_j .

Relaţia de calcul este valabilă şi pentru determinarea rezistenţelor termice medii ale unor elemente de clădire alcătuite din două sau din mai multe zone cu alcătuire omogenă; în această situaţie în această relaţie, în loc de U'_j se introduce transmitanţa termică unidirecţională U_j, obţinându-se rezistenţa termică medie $R_m = 1/U_m$.

Rezistenţa termică corectată medie a anvelopei clădirii (R'_M) / transmitanţa termică medie a anvelopei clădirii ($U'_{clădire}$), se calculează cu relaţia:

$$R'_M = \frac{1}{U'_{cladire}} = \frac{\sum A_k}{\sum(A_k * U'_k)} \qquad [\ m^2K/W] \qquad (2.17)$$

Coeficientul de cuplaj termic (***L***), aferent unui element de clădire se calculează cu relaţia generală:

$$L_j = A_j * U'_j = \frac{A_j}{R'_j} \qquad [\text{ W/K}] \qquad (2.18)$$

în care indicele j se poate referi la o suprafaţă a elementului de construcţie, la o încăpere, la un nivel sau la ansamblul clădirii.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcţie, valorile *L* se pot însuma.

Fluxul termic Φ aferent unui element de clădire se calculează cu relaţia generală:

$$\Phi = L_j \,.\, \Delta\theta \qquad [\text{W}] \qquad (2.19)$$

În cazul elementelor de construcţie care separa spaţiul interior încălzit de un spaţiu neîncălzit, în locul valorii $\Delta\,\theta = \theta_i - \theta_e$ se utilizează diferenţa de temperatură ($\theta_i - \theta_u$) în care θ_u reprezintă temperatura din spaţiul neîncălzit, determinată pe baza unui calcul de bilanţ termic.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcţie, valorile Φ se pot însuma.

2.5 Permeabilitatea la aer a unei clădiri

Parametrul fizic care descrie permeabilitatea (etanșeitatea) la aer a unei clădiri este rata de infiltrații sau numărul de schimburi de aer pe oră, notat cu n_a (h^{-1}), reprezentând debitul de aer infiltrat raportat la volumul util al clădirii la o diferență de presiune dată. În calculele de certificare energetică a clădirilor ventilate natural se va folosi valoarea parametrului n_a, corespunzătoare unei acțiuni medii a vântului; aceasta se materializează printr-o diferență de presiune exterior-interior medie anuala de 4Pa (presiune mai mare la exteriorul clădirii). Principalii parametri care influențează permeabilitatea la aer a clădirii sunt diferența de presiune exterior-interior și starea de degradare a tâmplăriei exterioare a clădirii. Alți parametri precum expunerea clădirii la acțiunea vântului și adăpostirea clădirii față de acțiunea vântului au o influență asupra diferenței de presiune exterior-interior.

Pentru determinarea permeabilității la aer a unei clădiri se pot folosi metode experimentale (metoda presurizării – SR EN ISO 9972, a se vedea 2.5.1) sau se estimează această performanță în funcție de principalii factori ce influențează permeabilitatea la aer a clădirii (a se vedea 2.5.2).

Pentru clădirile prevăzute cu ventilare mecanică dublu flux (sistem echilibrat) este recomandată determinarea permeabilității la aer a clădirii prin metoda presurizării – SR EN ISO 9972.

2.5.1. Determinarea permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin metoda presurizării

Determinarea permeabilității la aer se realizează prin metoda creării unei diferențe de presiune prin intermediul unui ventilator, în conformitate cu prevederile SR EN ISO 9972. În acest context, se definesc:

Debit de aer prin neetanșeități – debitul de aer care traversează anvelopa clădirii,

Anvelopa clădirii – contur sau limite care separă interiorul clădirii, sau o parte a clădirii în care se face încercarea, de mediul exterior sau de o altă clădire sau parte de clădire,

Număr de schimburi de aer – debitul de aer prin neetanșeități care traversează anvelopa clădirii împărțit la volumul interior al clădirii,

Permeabilitate la aer – debitul de aer prin neetanșeități care traversează anvelopa clădirii împărțit la aria totală a anvelopei.

Indicatorii de performanță pentru permeabilitatea la aer a clădirii, determinați conform SR EN ISO 9972, sunt:

- numărul de schimburi de aer prin infiltrații la o diferenţă de presiune de 50 Pa, $\mathbf{n_{50}}$ [1/h] (valori indicative pentru clădirile rezidențiale existente în tabelul 2.14a),
- permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii la 50 Pa, $\mathbf{q_{50}}$ [m³/h/m²].

Legea de permeabilitate este relația de legătură între debitul de aer infiltrat, Q, și diferența de presiune, Δp ($Q=C_L \cdot \Delta p^n$) definită prin exponentul, n [-], și de coeficientul de permeabilitate, C_L [$m^3/h/Pa^n$].

În tabelul 2.14b este indicat numărul de schimburi de aer la o diferenţă de presiune de 4 Pa (valoarea de expunere medie a unei clădiri), $\mathbf{n_4}$ [1/h] (valori de calcul pentru clădirile rezidențiale ventilate natural).

Tabel 2.14a. Număr de schimburi de aer echivalent (infiltrații) la o diferență de presiune de 50 Pa pentru clădiri de locuit existente (n_{50})

Categoria clădirii	Clasa de Expunere	Clasa de Adăpostire	Categorie de tâmplărie																	
			Lemn						Metal					PVC				Aluminiu		
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	P1	P2	P3	P4	A1	A2	A3
Clădiri individuale (unifamiliale, cuplate, înșiruite)		NA	1,90	3,48	4,75	6,59	8,01	9,44	1,47	4,14	6,38	8,62	10,86	0,54	1,36	3,94	5,57	1,63	4,55	5,77
		MA	1,74	3,33	4,35	5,77	6,79	7,81	1,17	3,73	5,57	7,60	9,23	0,43	1,09	3,53	4,75	1,30	3,94	4,75
		A	1,36	3,17	3,94	4,96	5,57	6,18	0,88	3,33	4,75	6,38	7,60	0,33	0,81	3,12	3,94	0,98	3,33	3,94
Clădiri cu mai multe apartamente	ED	NA	1,79	3,02	3,94	5,36	6,59	7,60	1,17	3,53	5,16	6,99	8,83	0,43	1,09	3,33	4,55	1,30	4,35	4,75
	Dubla	MA	1,63	2,87	3,53	4,75	5,57	6,38	1,03	3,12	4,55	6,06	7,60	0,38	0,95	2,92	3,94	1,14	3,73	4,14
		A	1,47	2,72	3,33	4,14	4,55	5,16	0,88	2,72	3,94	5,16	6,38	0,33	0,81	2,72	3,33	0,98	3,12	3,53
	EM	NA	1,74	2,87	3,53	4,96	5,97	6,79	1,03	3,12	4,75	6,59	8,22	0,38	0,95	2,92	4,14	1,14	3,94	4,55
	Medie	MA	1,58	2,82	3,33	4,35	5,16	5,77	0,88	2,92	4,14	5,57	6,99	0,33	0,81	2,72	3,53	0,98	3,53	3,94
		A	1,41	2,72	3,12	3,73	4,14	4,75	0,73	2,72	3,53	4,55	5,77	0,27	0,68	2,44	3,12	0,81	3,00	3,33
	ES	NA	1,63	2,82	3,33	4,55	5,57	6,59	0,88	2,92	4,55	6,18	7,81	0,33	0,81	2,92	3,94	0,98	3,53	4,35
	Simpla	MA	1,52	2,77	3,12	4,14	4,75	5,36	0,81	2,72	3,94	5,36	6,79	0,33	0,81	2,72	3,33	0,92	3,25	3,73
		A	1,36	2,72	2,92	3,53	3,94	4,35	0,73	2,44	3,33	4,35	5,36	0,27	0,68	2,17	2,92	0,81	2,92	3,12

Tabel 2.14b. Valori de calcul ale numărului mediu de schimburi de aer (la o diferență de presiune de 4 Pa) pentru clădiri rezidențiale ventilate natural necontrolat (nu se aplică pentru clădiri ventilate mecanic)

Categoria Cladirii	Clasa Expunere	Clasa Adapostire	Categorie de tamplarie																	
			Lemn						Metal					PVC				Aluminiu		
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	P1	P2	P3	P4	A1	A2	A3
Cladiri individuale (unifamiliare, cuplate, insiruite)		NA	0.50	0.69	0.88	1.21	1.48	1.74	0.50	0.76	1.18	1.59	2.00	0.50	0.50	0.73	1.03	0.50	0.84	1.06
		MA	0.50	0.65	0.80	1.06	1.25	1.44	0.50	0.69	1.03	1.40	1.70	0.50	0.50	0.65	0.88	0.50	0.73	0.88
		A	0.50	0.61	0.73	0.91	1.03	1.14	0.50	0.61	0.88	1.18	1.40	0.50	0.50	0.58	0.73	0.50	0.61	0.73
Cladiri cu mai multe apartamente	ED Dubla	NA	0.50	0.58	0.73	0.99	1.21	1.40	0.50	0.65	0.95	1.29	1.63	0.50	0.50	0.61	0.84	0.50	0.80	0.88
		MA	0.50	0.54	0.65	0.88	1.03	1.18	0.50	0.58	0.84	1.12	1.40	0.50	0.50	0.54	0.73	0.50	0.69	0.76
		A	0.50	0.50	0.61	0.76	0.84	0.95	0.50	0.50	0.73	0.95	1.18	0.50	0.50	0.50	0.61	0.50	0.58	0.65
	EM Medie	NA	0.50	0.54	0.65	0.91	1.10	1.25	0.50	0.58	0.88	1.21	1.51	0.50	0.50	0.54	0.76	0.50	0.73	0.84
		MA	0.50	0.50	0.61	0.80	0.95	1.06	0.50	0.54	0.76	1.03	1.29	0.50	0.50	0.50	0.65	0.50	0.65	0.73
		A	0.50	0.50	0.58	0.69	0.76	0.88	0.50	0.50	0.65	0.84	1.06	0.50	0.50	0.50	0.58	0.50	0.55	0.61
	ES Simpla	NA	0.50	0.50	0.61	0.84	1.03	1.21	0.50	0.54	0.84	1.14	1.44	0.50	0.50	0.54	0.73	0.50	0.65	0.80
		MA	0.50	0.50	0.58	0.76	0.88	0.99	0.50	0.50	0.73	0.99	1.25	0.50	0.50	0.50	0.61	0.50	0.60	0.69
		A	0.50	0.50	0.54	0.65	0.73	0.80	0.50	0.50	0.61	0.80	0.99	0.50	0.50	0.50	0.54	0.50	0.54	0.58

Stabilirea lui n_4 prin selectarea valorilor din tabelul 2.14b (conform paragraf 2.5.2), reprezintă o metodă aproximativă bazată pe aprecierea vizuală a stării de degradare a rosturilor elementelor de construcție mobile și a altor neetanșeități ale clădirii. În cazul în care sunt necesare valori ale n_4 cu o precizie ridicată, se recomandă adoptarea metodei experimentale de determinare prin măsurare a acestei caracteristici a clădirii (metoda presurizării – SR EN ISO 9972).

2.5.2. Estimarea calitativă a permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin parametri caracteristici-cazul clădirilor rezidențiale

Metoda se aplică exclusiv la clădirile cu ventilare naturală necontrolată. Pentru această metodă de estimare a permeabilității unei clădiri se vor determina mai întâi clasele parametrilor care influențează permeabilitatea la aer.

Clasa de expunere a unei clădiri față de acțiunea vântului se va determina funcție de poziționarea ferestrelor pe anvelopa clădirii. Se vor considera trei clase de expunere: expunere simplă (ES), expunere medie (EM) și expunere dublă (ED), diferențiate conform figurii 2.6.

Clasa de adăpostire a clădirii la acțiunea vântului depinde de poziția clădirii față de clădirile învecinate: clădiri neadăpostite (NA), clădiri moderat adăpostite (MA) și clădiri adăpostite (A).

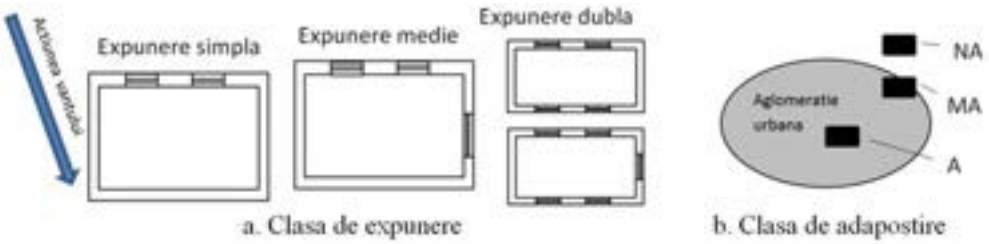


Figura 2.6. **Clasa de expunere și clasa de adăpostire a clădirii**

Starea de degradare a tâmplăriei reprezintă principalul factor care influențează debitul de aer infiltrat și permeabilitatea la aer a unei clădiri. Vizual, se va estima starea de degradare a tâmplăriei. Mai jos se prezintă o descriere a diferitelor stări de degradare pentru tâmplărie (clasică de lemn, metalică, PVC, aluminiu) și valorile medii de permeabilitate la aer.

Stările de degradare ale tâmplăriei clasice de lemn:

L1 - în stare bună, nouă, cu garnituri de etanșare
L2 - în stare bună, noua, fără garnituri de etanșare
L3 - veche, fără o stare de degradare vizibilă
L4 - veche, cu ramă mobilă puțin curbată (trebuie ridicată rama pentru a fi închisă fereastra)
L5 - veche, cu ramă mobilă intrată în proces de degradare a lemnului (lemn putred) dar rostul nu este vizibil
L6 - cu ramă putredă, cu rost vizibil (3-4 mm lățimea rostului la partea opusă a balamalelor)

Stări de degradare ale tâmplăriei clasice cu ramă metalică (cornier):

M1 - în stare bună, cu garnituri de etanșare
M2 - în stare bună, fără garnituri de etanșare
M3 - vizibilă degradată, vopsea dezlipită
M4 - în stare ruginită
M5 - cu metal umflat de rugină în zona balamalelor (5mm lățimea rostului la partea opusă balamalelor)

Stările de degradare ale tâmplăriei de PVC (simplu/dublu/triplu vitraj):

P1 - cu garnitură nouă, în stare bună, flexibilă (min 0.5)
P2 - cu garnitură învechită, care nu mai este flexibilă
P3 - cu rama deformată sub acțiunea căldurii
P4 - cu rama căzută, din cauza degradării feroneriei

Stările de degradare ale tâmplăriei de Aluminiu (simplu/dublu/triplu vitraj):
A1 - cu garnitură nouă, în stare bună, flexibilă
A2 - cu garnitură învechită
A3 - cu rama degradată din cauza degradării feroneriei

Pentru clădiri existente, numărul de schimburi de aer la o diferență de presiune de 4 Pa, n_a, se va estima din tabelul 2.14b, în funcție de: categoria clădirii (clădire individuală/cu mai multe apartamente), clasa de expunere, clasa de adăpostire și starea de degradare a tâmplăriei. Dacă starea de degradare a tâmplăriei clădirii existente nu se regăsește în stările de degradare mai sus menționate, se recomandă folosirea aceluiași tabel, iar estimarea etanșeității se va realiza prin interpolare sau extrapolare după caz.

În cazul alegerii numărului de schimburi de aer n_a, se va ține cont de faptul că acesta este un parametru de calcul ce provine din raportul dintre debitul de aer și volumul de aer al spațiului respectiv. De exemplu, se va alege un parametru n_a corespunzător unui spațiu neîncălzit (funcție de starea de degradare a tâmplăriei exterioare a spațiului neîncălzit) și se va înmulți cu volumul aceluiași spatiu neîncălzit.

În cazul clădirilor a căror fațadă este caracterizată de mai multe tipuri de tâmplărie se va estima o permeabilitate medie ce caracterizează întreaga clădire sau întreaga fațadă. În această situație, estimare permeabilitatii la aer a clădirii se realizează în trei etape:

- se determină din planuri suprafețele utile încălzite ale apartamentelor corespunzătoare pentru fiecare tip de tâmplărie S_{ui} (m^2);
- se determină ratele de infiltrații pentru fiecare tip de tâmplărie, n_{ai} (1/h), fie prin metoda experimentală fie prin estimare în funcție de starea de degradare a tâmplăriei);
- se calculează o valoare medie pentru întreaga clădire, n_a (1/h), ca medie ponderată cu ariile de referință ale pardoselilor,

$$n_a = \sum_i \frac{S_{ui}}{\sum S_{ui}} n_{ai} \qquad (2.20)$$

În situația în care clădirea care trebuie certificată/auditată nu are o înălțime constantă a nivelurilor, atunci ponderarea se face cu volumele încălzite ale apartamentelor corespunzătoare pentru fiecare tip de tâmplărie în loc de suprafețele utile.

2.6 Etape pregătitoare calculului de necesar de energie pentru încălzirea şi/sau răcirea clădirilor

2.6.1. Descrierea procedurii de calcul

Etapele care trebuie urmate pentru evaluarea necesarului de energie în clădirile dotate cu sisteme de încălzire, răcire, umidificare, dezumidificare, climatizare (încălzire şi răcire) şi ventilare

mecanică, sunt prezentate succint în continuare, într-o ordine care asigură o abordare rapidă şi coerentă. Acestea sunt detaliate în această metodologie, în paragrafele specificate.

- Se defineşte clădirea (destinaţia principală şi tipul clădirii: exemplu, şcoală, clădire nouă, veche, reabilitată etc.);
- Se precizează caracteristicile geometrice şi termice ale elementelor de anvelopă ale clădirii exprimate prin suprafeţe: exterioare, interioare, pe sol, volume, rezistenţe termice, punţi termice, capacităţi termice;
- Se stabilesc sistemele cu care este dotată clădirea; în cazul în care acestea lipsesc, dar sunt necesare din considerente minime de confort termic, se consideră dotări fictive, care funcţionează la parametrii corespunzători tipului de clădire;
- Se stabilesc condiţiile interioare de referinţă (temperaturi, umidităţi, pentru sezonul de încălzire şi cel de răcire, după caz) - (date din proiect, reglementări tehnice, anexe naţionale ale standardelor) precum şi debitele de aer de ventilare necesare (proiect, reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuţia şi exploatarea instalaţiilor de ventilare şi climatizare, Anexa Naţională a SR EN 16798-1);
- Se alege metoda de calcul (orară, lunară, în funcţie de tipul sistemului, de complexitatea şi de precizia urmărită a calculelor; în această metodologie, necesarul de energie pentru încălzire, răcire, climatizare este evaluat cu o metodă de calcul lunar. Un calcul orar necesită un program de calcul care rezolvă sisteme mari de ecuaţii. Pentru determinarea temperaturii interioare în clădiri, care se stabileşte în regim liber (fără sisteme de încălzire sau răcire), se prezintă o metodă de calcul orar (paragraful 2.12);
- Se stabilesc parametrii climatici exteriori, în funcţie de amplasarea clădirii şi de metoda de calcul aleasă (date lunare, orare);
- Se realizează zonarea termică a clădirii urmărind principiile din 2.6.2; această etapă este foarte importantă, deoarece calculul termic şi energetic se efectuează pe zonă termică. De asemenea, se alege dacă se adoptă modelul cu zone termice cuplate sau necuplate termic; doarece zonele cuplate termic necesită date suplimentare şi procedura de calcul este dificilă, acest model nu se recomandă pentru metoda de calcul lunar;
- Se stabileşte perioada de calcul; pentru metoda lunară detaliată în continuare, perioada de calcul este perioada de funcţionare a instalaţiilor – o metodă simplificată este prezentată la paragraful 2.11.
- Se determină, după caz, temperatura interioară folosind o metodă orară; la nivelul de tratare din această metodologie, se urmăreşte posibilitatea funcţionării în regim liber, fără sisteme, folosind o secvenţă climatică corespunzătoare (dorită de evaluator pentru a evita climatizarea în acea perioadă).

2.6.2. Zonarea termică

Pentru calculul performanței energetice, obiectivul evaluat (clădire sau unitate de clădire) trebuie tratat ca o **zonă termică** unică sau, dacă este necesar, trebuie împărţit în mai multe zone termice. Zonarea termică ia în considerare complexitatea clădirii și a instalațiilor, diferitele condiţiile de exploatare.

Pentru zonare, se iau de asemenea în considerare **zonele deservite** de un sistem tehnic (instalație), sau de o parte a acestuia, care reprezintă o parte a clădirii care are un necesar de calcul relativ

uniform pentru utilitatea deservită de instalație (datorită unor parametri apropiaţi ca valori: temperatură, debit de aer etc.).

Tipul de obiectiv evaluat (clădire nouă, cladire existentă) și tipul de aplicaţie (certificat energetic, cerințe minime de performanță energetică), pot influenţa diferenţierea în zone termice și zone deservite de sisteme tehnice.

Acolo unde zona deservită de o instalație care asigură o utilitate nu coincide cu o zonă termică, se introduc reguli de împărţire și grupare care sunt prezentate mai jos.

Pentru specificarea zonelor termice și a zonelor deservite de o instalație, se utilizează **spațiile elementare**. Un spațiu elementar aparține unei singure zone termice și unei singure zone deservite de o utilitate. O zonă termică este o parte a clădirii care constă dintr-un set de spații elementare pentru care se efectuează acelaşi bilanț termic.

O zonă deservită de un sistem tehnic este o parte a clădirii care constă dintr-un set de spații elementare care împart, pentru calcul, un necesar uniform sau sunt deservite de o anumită parte a unui sistem (subsistem) tehnic.

O tratare completă a regulilor adecvate pentru zonare, este dezvoltată SR EN ISO 52000-1 (art. 3, 9, 10).

Exemplu: un spațiu elementar constă dintr-un grup de birouri adiacente care sunt în aceeaşi zonă termică și în aceeaşi zonă deservită de instalaţia de preparare a apei calde de consum, aceeaşi zonă deservită de sistemul de ventilare, de instalațiile de încălzire și răcire și de subsistemele acestora și de instalaţia de iluminat.

Spaţiul elementar este utilizat de asemenea pentru schimbul de date de calcul între zonele deservite de o instalație și zonele termice, utilizând regulile de împărţire și grupare. Acest fapt dă posibilitatea atribuirii de date unui grup de spații elementare care formează o unitate de clădire sau o anumită parte a clădirii.

Spaţiul elementar nu este utilizat în calculele reale: calculele reale sunt realizate pe zonă termică (calcule de bilanț termic) și suplimentar pe fiecare tip de zonă deservită de un sistem tehnic (pentru calcule legate de sistem/instalații).

În metoda pas cu pas, prezentată în continuare, spațiile sunt combinate sau împărţite pentru a constitui zone termice. Metoda permite ca să se aleagă proceduri diferite pentru una sau mai multe etape. Se disting următoarele etape:
a) - se specifică, pentru fiecare spațiu, categoria acestuia;
b) - în cazul unor deschideri mari între spaţii, acestea sunt incluse în aceeaşi zonă termică;
c) - o zonă termică este împărţită astfel încât să nu conţină decât spații deservite de aceleaşi utilități;
d) - zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate pot să fie combinate, dacă au condiții termice sau de utilizare identice sau similare;
e) - în cazul unui calcul propriu (specific, - acest tip de calcul se va detalia în continuare) al unui sistem, o zonă termică poate să fie împărţită, pentru a se obține o oarecare omogenitate în sistemul sau subsistemul din interiorul zonei;

f) - o zonă termică trebuie împărţită astfel încât să fie, într-o oarecare măsură, omogenă în bilanţul termic; criteriile sunt mai stricte dacă este implicată și răcirea.

În acest scop, sunt considerate două părţi diferite ale zonei termice, (fiecare acoperind minim 25% din aria de referință a pardoselii zonei) dacă este îndeplinit unul din criteriile următoare:

- între cele două părţi ale zonei termice, aporturile interne medii lunare (inclusiv pierderile recuperabile ale sistemului) plus aporturile solare dintr-o lună rece reprezentativă, sunt estimate ca fiind diferite de cel puţin trei ori. Aceasta nu se aplică dacă valoarea medie este mai mică de 15W/m^2 de arie de referință.
- în plus, dacă este implicat calculul necesarului sau sarcinilor de răcire, sau calculul de temperatură interioară, zona termică trebuie împărţită dacă:
    - se estimează că între cele două părţi, capacitatea termică eficace interioară (metodă lunară), diferă cu mai mult de două clase;
    - se estimează că între cele două părţi, aporturile interne medii lunare, inclusiv pierderile recuperabile ale sistemului, plus aporturile solare ale unei luni calde reprezentative, diferă de cel puţin trei ori. Aceasta nu se aplică dacă valoarea medie este inferioară valorii 30W/m^2 de arie utilă de pardoseală.

g) - zonele neîncălzite, nerăcite, neclimatizate alăturate pot să fie combinate;

h) - o zonă termică mică poate fi (re)combinată cu o zonă termică adiacentă dacă are acelaşi ansamblu de utilități, dar condiții de utilizare diferite;

i) - o zonă termică foarte mică poate fi (re)combinată cu o zonă termică adiacentă chiar dacă are un ansamblu diferit de utilități. Astfel, anumite spații foarte mici (cu volume de maxim 2% din volumul total de referință) neîncălzite, nerăcite, neclimatizate pot avea prin ipoteză, din motive de simplificare, aceleaşi condiții de utilizare ca și spațiile climatizate alăturate, urmând ca ulterior să fie racordate la acestea. *De exemplu*: pod, scară, atrium și garaj. Totuși alegerea ipotezei că aceste spații neîncălzite, nerăcite, neclimatizate au aceleaşi condiții de utilizare ca spațiile încălzite, răcite, climatizate alăturate, poate avea o influenţă foarte importantă asupra performanței energetice calculate. De asemenea, alegerea de a include dimensiunea acestor spații, cum ar fi aria utilă a pardoselii, aria de referință a pardoselii sau volumul de referință (aferent ariei de referință), în dimensiunea clădirii poate avea o influenţă foarte importantă asupra indicatorului numeric pentru performanţa energetică.

Dacă există infiltraţii mari de aer, vitraje, punţi termice, suprafețe de pardoseală pe sol, nu este posibil să se aleagă zonele numai pe baza considerentelor fizice și geometrice ale clădirii; este necesar să se urmărească ponderea acestora în bilanţul termic, a cărui uniformitate relativă devine criteriul preponderent pentru zonarea termică.

Următoarele spaţii vor fi considerate întotdeauna ca neclimatizate:

- spațiile puternic ventilate; un spațiu este considerat puternic ventilat dacă debitul de ventilare este mai mare de 3 dm^3/(s.m^2) de arie utilă de pardoseală (10,8 m^3/(h.m^2))
- spațiile cu deschidere mare spre exterior; un spațiu este considerat cu o deschidere mare spre aerul exterior dacă are o suprafaţă totală (deschisă permanent) mai mare de 0,003 m^2/m^2 de arie utilă de pardoseală.

O categorie de spațiu este caracterizată printr-un ansamblu specific de condiții de utilizare. Toate spațiile alăturate care aparțin aceleiaşi categorii de spațiu sunt deci iniţial grupate într-o zonă termică.

Spaţiile neîncalzite, nerăcite, neclimatizate, alăturate spaţiilor încălzite, răcite, climatizate, sunt în general modelate în mod simplificat; totuşi, dacă o zonă neîncălzita, nerăcită, neclimatizată are un efect important asupra calculului global, ea poate fi considerată ca o zonă încălzită, răcită, climatizată (a cărei putere de încălzire și de răcire este zero).

Aceste spaţii, complet înconjurate de alte spaţii din anvelopa termică, sunt prin ipoteză, de aceeaşi categorie ca și spațiul adiacent. În cazul în care există mai multe categorii alăturate, este aleasă categoria cu cea mai mare suprafaţă de pardoseală.

În cazul deschiderilor mari, permanente între două spaţii, spațiile sunt combinate într-o singură zonă termică. Uşile care pot rămâne deschise frecvent sunt considerate ca deschideri mari permanente. O deschidere a unui spațiu către alte spaţii din anvelopa termică este considerată mare, ca și în cazul deschiderilor spre exterior, dacă are o suprafaţă totală (deschisă permanent) de cel puțin 0,003 m^2/m^2 de arie utilă de pardoseală a acestui spațiu.

Dacă între spaţii sunt condiţii termice de utilizare diferite, se aplică condiţiile cele mai severe, cu excepţia zonelor mici sau foarte mici, idem condiţiile h) şi i) de mai sus.

Condiţiile termice de utilizare sunt definite ca fiind reglaje minime și maxime de temperatură/umiditate și perioadă de reglare, ca număr de ore/zi și de zile/săptămână.

Zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate pot fi combinate dacă au condiții termice de utilizare identice sau similare și anume când sunt îndeplinite condiţiile următoare:
- diferenţa dintre reglajele de temperatură pentru încălzire este mai mică de 4 grade și diferenţa dintre reglajele de conţinut de umiditate minim și maxim este mai mică de 0,2 kg/kg aer uscat; și
- perioadele de funcţionare zilnice nu diferă cu mai mult de trei ore; rezultă astfel că astfel gruparea nu este posibilă dacă o zonă termică este utilizată în weekend și cealaltă nu este.

În cazul combinării zonelor climatizate alăturate, cu îndeplinirea condițiilor de mai sus, se aplică valorile medii ponderate pentru condiţiile termice. Ponderarea este realizată conform regulilor de aplicare date în SR EN ISO 52000-1, pentru subdivizarea zonelor termice.

Zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate pot fi de asemenea combinate, pentru clădirile rezidenţiale; în acest caz, regula se aplică pentru media spaţială a încăperilor de calcul.

Împărţirea în funcţie de proprietăţile specifice sistemului/subsistemui tehnic se face astfel: în cazul calculului propriu (specific) al un sistem, ţinând seama de parametrii specifici de încălzire, răcire, ventilare sau umidificare/dezumidificare ale sistemului, s-ar putea să fie necesar ca o zonă termică să fie împărţită, pentru a atige o oarecare omogenitate în sistemul sau subsistemul unei zone termice.

Pentru evaluarea proprietăţilor de transmisie a căldurii și aprecierii transferului termic și a aporturilor din zona neclimatizată, se disting două tipuri de zone neîncălzite, nerăcite, neclimatizate:

a) zonă interioară (ztui): frontiera pentru transmisia termică este considerată închiderea exterioară.

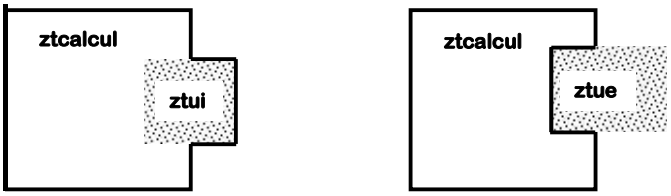


Figura 2.7. Reprezentarea schematică a zonelor neclimatizate interioare și exterioare

O zonă este considerată interioară, ztui, în cazul în care:

– proprietăţile termice și geometrice ale elementelor de clădire exterioare pot fi determinate mai precis decât cele ale elementelor interioare;

– aporturile interne și solare în spaţiul adiacent nu sunt foarte mari (seră, atrium).

b) zonă exterioară (ztue): frontiera pentru transmisia căldurii este considerată închiderea interioară; acesta este de obicei tipul de zonă considerat, dacă nu există condiţiile enunţate mai sus.

Pentru a avea suficientă omogenitate în bilanțul termic, divizarea se poate baza pe următoarele criterii de bună practică: diferenţe de 4 W/m^2 pentru aporturile interioare, la care se adaugă 0,20 × 150 W/m^2 aporturi solare, ceea ce conduce la diferenţe maxime între spaţii de 34 W/m^2 (conform SR CEN ISO/TR 52016-2).

Pentru a lua în considerare efectul unei zone neîncălzite, nerăcite, neclimatizate, adiacentă unei zone încălzite, răcite, climatizate, este necesar să se utilizeze un factor de corecţie. În cazul mai multor zone de acest tip este necesar și un factor de distribuţie, pentru care calculul va fi detaliat în continuare.

2.6.2.1. Temperatură calculată într-o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă

Temperatura în zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată este necesară pentru a evalua transferul de căldură al zonelor încălzite/răcite, către o astfel de zonă, precum și pierderile termice ale generatoarelor de căldură sau de frig, ale sistemelor de stocare și de distribuţie (canale și conducte) situate în spațiile neclimatizate. Pentru simplificare, se va considera temperatura aerului și nu cea operativă.

Temperatura medie lunară într-o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată exterioară sau interioară k, $\theta_{ztu,k;m}$, în °C, este dată de relația:

$$\theta_{ztu,k;H/C;m} = \theta_{int;calc;H/C;ztc,j;m} - b_{ztu,k;m} \cdot \left(\theta_{int;calc;H/C;ztc,j;m} - \theta_{e;a;m}\right) \qquad (2.21)$$

unde, pentru fiecare lună *m*:

$b_{ztu,k;m}$ - factorul de corecţie pentru zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă *k*, în luna *m*, determinat în continuare;

$\theta_{calc;H/C;ztc,j;m}$ - temperatura setată (de calcul) din zona adiacentă *j,* încălzită, răcită, climatizată, conform reglementărilor tehnice de instalaţii, în °C;

$\theta_{e;a;m}$ - temperatura medie lunară a aerului exterior, în °C.

În cazul mai multor zone încălzite, răcite, climatizate alăturate, temperaturile sunt ponderate folosind factorul de distribuţie pentru transferul termic dintre zona ztcj și zona neîncălzită, k, $F_{ztc,j;ztu,k;m}$.

Temperatura din zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată, nu ia în considerare efectul aporturilor interne sau solare. Acestea sunt atribuite, după caz, zonei sau zonelor încălzite, răcite, climatizate alăturate.

În cazul zonelor încălzite, răcite, climatizate aflate în contact cu zone neîncălzite sau mai puțin încălzite, nerăcite, neclimatizate (casa scării, subsol, pod etc.) sunt necesare bilanţuri termice pentru toate zonele.

2.6.2.2. Factori de corecţie şi de distribuţie

Factorul de corecţie pentru zona neîncălzită, nerăcită în luna *m*, $b_{ztu,m}$, este dat de:

$$b_{ztu;m} = \frac{H_{ztu;e;m}}{H_{ztu;tot;m}} \quad \text{unde,} \tag{2.22}$$

$$H_{ztu;tot;m} = \sum_j \left(H_{ztc,j;ztu;m} \right) + H_{ztu;e;m} \tag{2.23}$$

Formula de calcul pentru b este valabilă doar dacă zona neîncălzită nu este adiacentă altei zone neîncălzite.

În cazul zonelor climatizate alăturate multiple, temperaturile sunt ponderate folosind un factor de distribuţie pentru transferul termic dintre zona climatizată *ztcj* și zona neclimatizată *k*, $F_{ztc,j;ztu,k;m}$,

Sintetic, factorul de distribuţie este calculat pentru luna m, ca în figura 2.8,

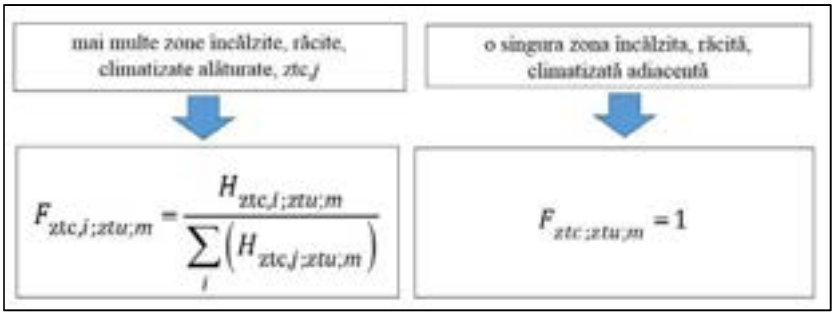


Figura 2.8. Determinarea factorului de distribuţie

unde

$F_{ztc,i;ztu;m}$ - factorul de distribuţie pentru transfer termic între zona încălzită, răcită, climatizată i şi o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă *ztu,*

$H_{ztu;e;m}$ - coeficientul de transfer termic între zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată *ztu* şi exterior în W/K;

$H_{ztu;tot;m}$ - suma coeficienţilor de transfer termic dintre zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată *ztu*, şi zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate şi exterior, în W/K;

$H_{ztc,j;ztu;m}$ - coeficientul de transfer termic dintre zona încălzită, răcită, climatizată ztc,j şi zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată *ztu*, în W/K;

$$H_{\text{ztu;e};k;m} = \left(1 + c_{\text{ztu;ve}}\right) \cdot H_{\text{tr;ue};k;m} \tag{2.24}$$

unde, pentru o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată *k*, în lună *m*:

$H_{\text{ztu;e};k;m}$ - coeficientul de transfer termic între zona neîncălzită/nerăcită/neclimatizată şi exterior, în W/K;

$H_{tr;ue\ k;m}$ - coeficientul de transfer termic prin transmisie între zona neîncălzită/nerăcită/neclimatizată şi mediul exterior, în W/K;

$c_{ztu;ve}$ - un coeficient care exprimă efectul ventilării prin închiderea exterioară ; se recomandă $c_{\text{ztu;ve}} = 0{,}5$.

2.6.2.3. Clădiri sau unităţi de clădiri rezidenţiale, corecţii pentru temperatura medie interioară a spaţiului

Pentru clădirile /unităţile de clădiri rezidenţiale, unde părţi importante nu sunt încălzite sau răcite, temperatura setată trebuie să fie corectată. Sunt prezentate trei opţiuni pentru corecţia temperaturii, după cum urmează:

- pentru zonă unică, fără corecţie:

Când clădirea sau unitatea de clădire rezidenţială este calculată ca o zonă unică, *ztc*: temperatura setată pentru clădirea/unitatea de clădire, calculată ca o singură zonă *ztc*, este egală cu temperatura setată a spaţiilor complet încălzite, răcite, climatizate, stabilită conform reglementărilor tehnice de instalaţii de încălzire şi de ventilare/climatizare.

- pentru zonă unică, cu corecţie:

- <u>pentru încălzire</u>

În acest caz, temperatura setată corectată este egală cu temperatura setată a spaţiilor complet climatizate (conform reglementărilor tehnice de instalaţii de încălzire şi de ventilare/climatizare), din care se scade mărimea $\Delta\theta_{\text{int;set;H},m}$:

$$\Delta\theta_{\text{int;set;H;ztc;m}} = \frac{\left(f_{\text{mod;t}}\ f_{\text{mod;sp}}\right) \times \left(f_{\text{mod;sp}}\ H_{\text{H;e;spec;ztc;m}}\right) \times \left(\theta_{\text{int;set;H;stc}} - \theta_{\text{e;a;m}}\right)}{\left(f_{\text{mod;sp}} \times H_{\text{H;e;spec;ztc;m}}\right) + H_{\text{H;int;spec}}} \tag{2.25}$$

unde, pentru zona unică, *ztc*, în luna *m.*

$H_{\text{H;e;spec;}ztc;m}$ - coeficient de transfer termic specific prin transmisie şi ventilare, în W/(m^2·K) calculat cu:

$$H_{\text{H;e;spec;}ztc;m} = \frac{H_{\text{H;tr;}ztc;m} + H_{\text{H;ve;}ztc;m}}{A_{\text{use;}ztc}} \tag{2.26}$$

$H_{\text{H;tr;}ztc;m}$ - coeficient de transfer termic global prin transmisie, în W/K;

$H_{\text{H;ve;}ztc;m}$ - coeficient de transfer termic prin ventilare, în W/K;

$A_{\text{use;}ztc}$ - aria de referinţă a pardoselii, în m^2;

$f_{\text{mod;t}}$ - fracţia de timp în care partea climatizată a clădirii este utilizată la un nivel de confort moderat faţă de nivelul de confort maxim; se recomandă: $f_{\text{mod;t}} = 0{,}8$;

$f_{\text{mod;sp}}$ - fracţia din spaţiul clădirii climatizat moderat; se recomandă: $f_{\text{mod;sp}} = 0{,}5$;

$H_{H;int;spec}$ - coeficientul de transfer termic interior global, raportat la aria de referință a pardoselii în W/(m^2·K); se recomandă: $H_{H;int;spec}$ = 2;

$\theta_{int;set;H;stc}$ - temperatura setată în spaţiile complet climatizate, în °C;

$\theta_{e;a;m}$ - temperatura exterioară medie lunară, în °C.

- pentru răcire:

Temperatura setată pentru o clădire/unitate de clădire, calculată ca o zonă unică *ztc*, este considerată egală cu temperatura setată din spațiile climatizate conform reglementării tehnice pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare.

- pentru zone termice necuplate: calculul se efectuează pentru zone diferite, necuplate termic. În acest caz, este neglijat schimbul de căldură interior prin transmisie termică, ventilare și circulaţia aerului între zone.

2.7. Calculul necesarului de energie pentru climatizare (încălzire şi răcire) folosind metoda de calcul lunar - relaţii generale

Metoda de calcul lunar se aplică pentru determinarea necesarului de energie (căldură sensibilă și latentă), în situaţia de încălzire și de răcire a clădirilor.

Există două categorii de calcul: al necesarului **de bază** și al necesarului **propriu** (specific) al sistemului.

Calculul necesarului de energie lunar **de bază** pentru încălzire/răcire și pentru umidificare/dezumidificare, se face fără a lua în considerare influenţa instalațiilor din clădire. Un astfel de calcul se efectuează dacă, pentru categoria de spațiu dată, condiţiile interioare necesită un sistem de încălzire/răcire, dar acesta nu există sau este subdimensionat. În calculele necesarului de bază trebuie însă inclusă, unitatea de recuperare de căldură din instalaţia de ventilare.

Calculul necesarului de căldură **propriu** al sistemului ia în considerare influenţa sistemelor asupra energiei necesare. Astfel, se includ:

- pierderile termice recuperabile;
- corectarea temperaturii setate;
- limitarea sezonului de încălzire sau de răcire pentru calcul;
- calculul cu un sistem de încălzire fictiv, în absenţa unui sistem de încălzire.

În calculul necesarului de energie propriu al sistemelor, trebuie luată în considerare durata sezonului de funcţionare a instalațiilor. Aceasta poate să fie mai scurtă decât în calculul necesarului de energie de bază. În cazul utilizării acestui tip de calcul, poate fi necesară repetarea în buclă a calculelor datorită interacţiunii dintre cerințele de calcul și caracteristicile specifice și de reglare ale sistemelor.

Necesarul de energie pentru încălzire, răcire și umidificare/dezumidificare este calculat în ipoteza unei puteri infinite a sistemelor.

Pe perioada unei luni, la limita dintre sezonul de încălzire şi răcire, necesarul de energie este determinat făcând două calcule separate, cu valori corespunzătoare pentru diferitele variabile și

parametri, în condiţii specifice pentru încălzire sau răcire (*de exemplu*: pentru ventilare, recuperarea de căldură, protecţie solară etc.).

Necesarul de energie pentru încălzirea/răcirea aerului de ventilare într-o unitate centrală sau locală de tratare a aerului, nu este inclus în această metodă.

Calculul include componentele energiei care traversează lunar anvelopa zonei termice, între interior și exterior (transfer, aporturi solare și radiaţia către cer) și energia provenită de la sursele interioare de căldură și umiditate (aporturi interne). Acestea sunt reprezentate sintetic în figura 2.9. Relaţiile de calcul sunt detaliate în paragrafele următoare 2.7.1 – 2.7.4.

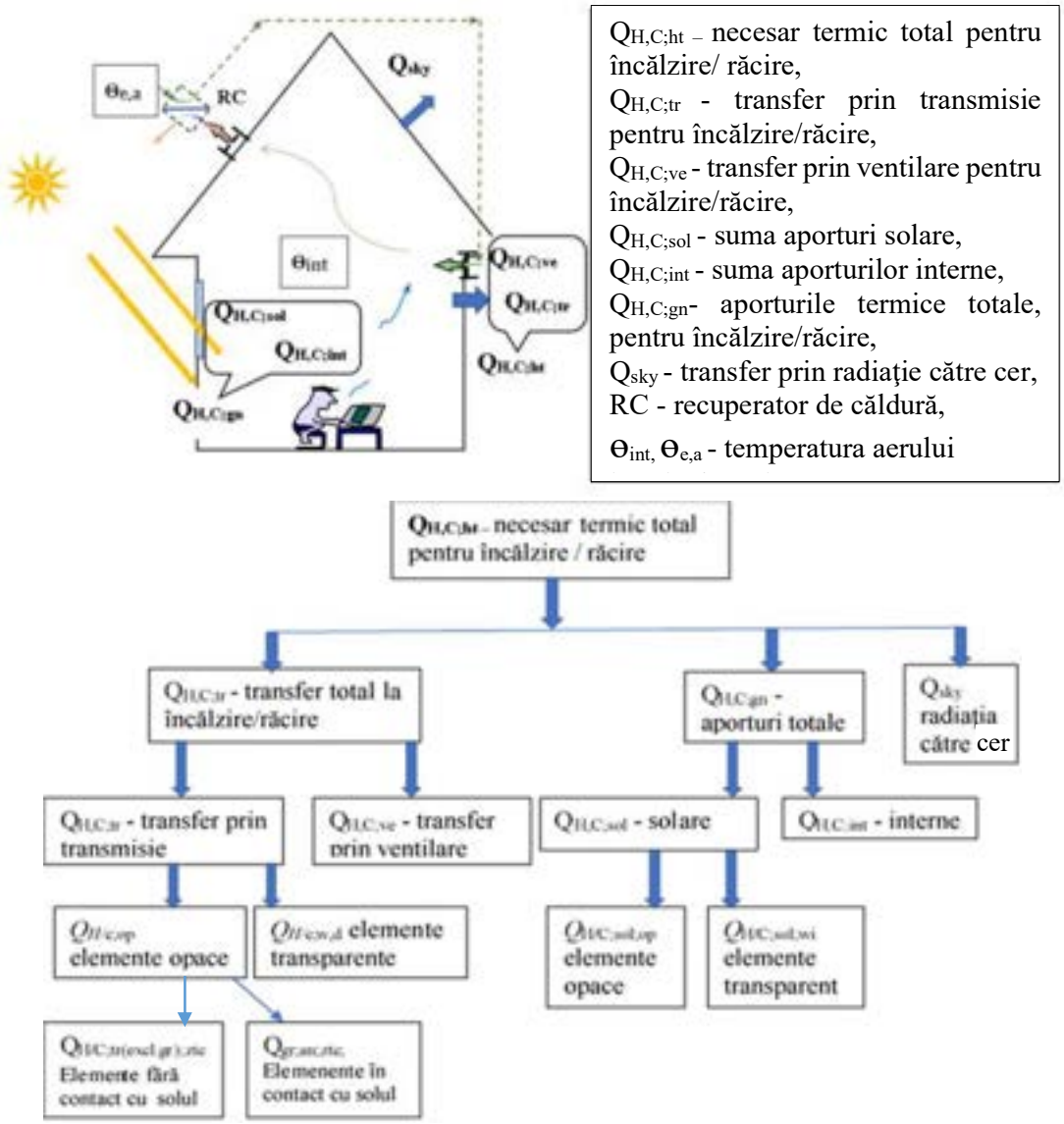


Figura 2.9. Componente ale energiei care intră/ies din clădire, incluse în calculul necesarului de energie pentru încălzire/răcire

Notă: În figură s-au folosit aceleași notaţii cu cele din relaţiile de calcul, unde însă, sunt date separat pentru încălzire (H), respectiv răcire (C) și includ în plus indicii pentru zonă termică (ztc) și lună (m).

2.7.1. Transferul termic total

Energia termică este **transferată** între exteriorul şi interiorul clădirii, prin două moduri: prin transmisie și prin ventilare. Pentru fiecare zonă termică *ztc* și pentru fiecare lună *m*, energia totală este evaluată pentru situaţia de încălzire și de răcire, corespunzător stării de confort cerută în interior, pentru fiecare sezon, separat. Calculul valorilor necesare, $Q_{H;ht;ztc;m}$ / $Q_{C;ht;ztc;m}$, se face ca în figura 2.10:

Figura 2.10. Transferul total de căldură

unde:

$Q_{H;tr;ztc;m}/Q_{C;tr;ztc;m}$ - căldura transferată prin transmisie pentru încălzire/răcire, în kWh;

$Q_{H;ve;ztc;m}/ Q_{C;ve;ztc;m}$ - căldura transferată prin ventilare pentru încălzire/răcire, în kWh;

2.7.1.1. Transferul termic prin transmisie

Detaliind separat transferul prin elemente care nu sunt în legătură cu solul și prin cele care sunt în legătură cu solul, valorile $Q_{H;tr;ztc;m}$ şi $Q_{C;tr;ztc;m,}$ în kWh, se calculează cu formulele din figura 2.11.

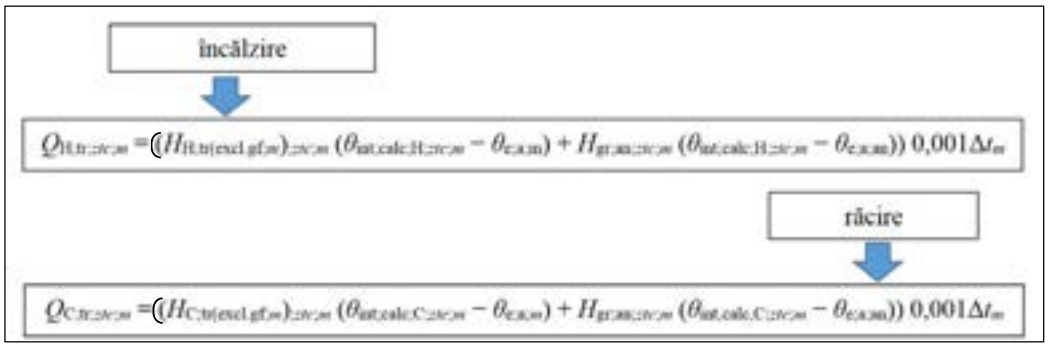


Figura 2.11. Transferul termic total prin transmisie

unde,

$H_{H/C;tr(excl.gr);ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic global prin transmisie pentru încălzire, respectiv răcire, pentru toate elementele de clădire cu excepţia celor în legătură cu solul, în W/K;

$\theta_{int;calc;H/C;ztc;m}$ - temperatura setată din zonă, pentru încălzire/ răcire, în °C;

$\theta_{e;a;m}$ - temperatura exterioară medie lunară, în °C;

$H_{gr;an;ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic către sol, pentru elementele de clădire în contact cu solul (pardoselile pe pământ, peste subsol tehnic și subsol), depinzând de diferenţa de temperatură anuală, în W/K;

$\theta_{e;a;an}$ - temperatura medie anuală a mediului exterior, în °C;

Δt_m - durata lunii *m,* în ore.

Observaţie: Prin convenţie, transferul de căldură este pozitiv de la interior către exterior (pierdere de căldură); dacă pentru o perioadă de timp, transferul de căldură are un semn negativ, căldura este adăugată zonei (aport de căldură).

Coeficientul de transfer termic global prin transmisie pentru încălzire/răcire, pentru toate elementele de clădire cu excepţia celor în legătură cu solul, pentru zona climatizată *ztc*, $H_{\mathrm{H/C;tr(excl.grnd\ flr);}m}$, în W/K, este calculat cu:

$$H_{\mathrm{H/C;tr(excl.gf);}ztc;m} = \sum_k \left(H_{\mathrm{H/C;el,}k;m} \right) + H_{\mathrm{tr;tb;}ztc} \tag{2.27}$$

unde:

$H_{\mathrm{H/C;el,}k;m}$ - coeficientul de transfer termic global pentru încălzire/răcire, pentru elementul de clădire *k*, în luna *m*, în W/K;

$H_{\mathrm{tr;tb;}ztc}$ - coeficientul de transfer termic global pentru punţile termice, în W/K.

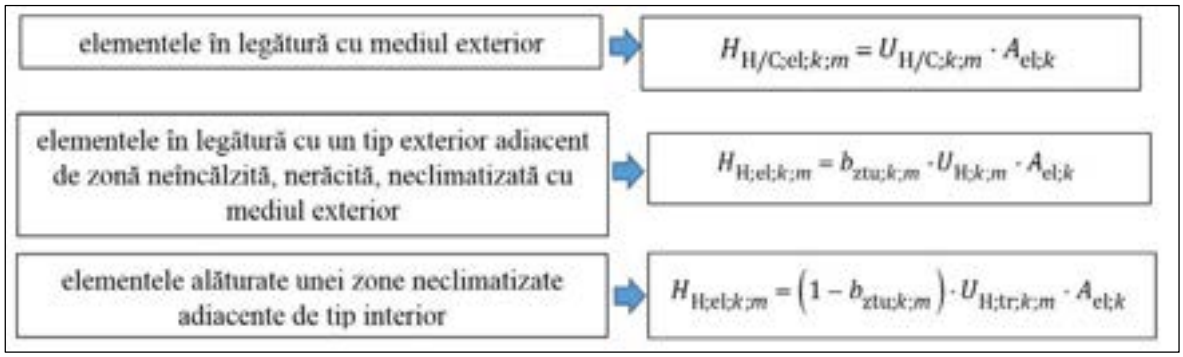


Figura 2.12. Coeficientul global de transfer termic prin transmisie

Transmitanţa termică pentru fiecare element de clădire fără legătură cu solul, $U_{\mathrm{H/C;}m}$, se calculează separat: pentru elementele de clădire **opace**, $U_{H/\mathrm{c;op}}$ sau pentru cele **transparente** (ferestre sau uşi), U_{w} și U_{d}.

Pentru situaţii particulare, ca de exemplu transmitanţa termică a unei ferestre cu obloanele închise, U_{wsht}, sau coeficientul de transfer termic pentru faţade uşoare, U_{cw}, transmitanţele se determină pe baza standardului SR EN ISO 13789; în paragraful 2.7.3.1 sunt date mai multe detalii.

Coeficientul de transfer termic global pentru punţile termice, pentru zona termică *zt,* $H_{\mathrm{tr;tb;}zt}$, în W/K, este calculat cu relația următoare:

$$H_{\mathrm{tr;tb;}zt} = \sum_k \left(l_{\mathrm{tb;}k} \cdot \Psi_{\mathrm{tb;}k} \right) \tag{2.28}$$

unde:

$l_{\mathrm{tb;}k}$ - lungimea unei punţi termice liniare *k*, în m;

$\Psi_{\mathrm{tb;}k}$ - transmitanţa termică a unei punţi termice linare *k*, în W/(m·K), conform paragraf 2.4.1.

2.7.1.2. Transferul termic prin ventilare se determină separat, pentru fiecare debit de aer care pătrunde în încăpere/zonă, din exterior sau din spații adiacente, natural sau mecanic, cu sau fără

tratare prealabilă. Fiecare debit de aer este considerat o componentă *„k”* a debitului total de aer care ventilează încăperea/zona. Calculul nu ia în considerare consumul de energie pentru tratarea și vehicularea aerului introdus. Temperatura de introducere a debitului de aer al componentei *k*, $\theta_{\mathrm{sup};k;\mathrm{H/C};m}$, se stabileşte funcţie de sistemul de ventilare/climatizare adoptat.

Factorul de corecţie dinamică $f_{\mathrm{ve;dyn};k;m}$ pentru elementul *k* al fluxului de aer, corectează diferenţele dintre scenariile adoptate.

Pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și pentru fiecare lună *m*, transferul termic total prin ventilare, pentru încălzire/ răcire, $Q_{\mathrm{H/C;ve};ztc;m}$, în kWh, este calculat cu relația:

$$Q_{\mathrm{H/C;ve};ztc;m} = H_{\mathrm{H/C;ve};ztc;m} \cdot (\theta_{\mathrm{int;calc;H/C};ztc} - \theta_{\mathrm{e;a};m}) \cdot \Delta t_m \qquad (2.29)$$

unde:

$H_{\mathrm{H/C;ve};ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic global prin ventilare pentru încălzire/răcire, în W/K;

$\theta_{\mathrm{int;calc;H/C};ztc}$ - temperatura interioară setată pentru încălzire/răcire a zonei, în °C;

$\theta_{\mathrm{e;a};m}$ - temperatura (aerului) medie lunară a mediului exterior, în °C;

Δt_m - durata de timp din luna *m*, în h.

Deoarece în metoda de calcul lunar, zonele termice nu sunt cuplate, nu există transfer de aer cu spațiul adiacent.

Coeficientul de transferul termic global prin ventilare, pentru luna *m,* $H_{\mathrm{H/C;ve};ztc;m}$, în W/K, este calculat cu relația:

$$H_{\mathrm{H/C;ve};ztc;m} = \rho_{\mathrm{a}} \cdot c_{\mathrm{a}} \cdot \sum_k \left(b_{\mathrm{ve},k;\mathrm{H/C};m} \cdot q_{\mathrm{V},k;\mathrm{H/C};m} \cdot f_{\mathrm{ve,dyn};k;m} \right) \qquad (2.30)$$

unde:

$\rho_{\mathrm{a}} \cdot c_{\mathrm{a}}$ - capacitatea termică volumică a aerului, în J/(m^3·K);

$q_{\mathrm{V};k;\mathrm{H/C};,m}$ - media temporală lunară a debitului de aer pentru componenta *k* a debitului de aer care pătrunde în zona termică, pentru încălzire/răcire (infiltraţie, ventilarea naturală, sau mecanică, ventilarea suplimentară pentru răcire nocturnă) , în m^3/s; aceste debite sunt tratate în detaliu în SR EN 16798-7;

$f_{\mathrm{ve;dyn};k;\mathrm{m}}$ - factorul de corecţie dinamică pentru componenta *k* a debitului de aer; pentru calcul lunar se consideră $f_{\mathrm{ve;dyn};k;\mathrm{m}}=1$;

În general, factorul de corecţie de temperatură, $b_{\mathrm{ve},k;\mathrm{H/C};m}$, se calculează cu relația:

$$b_{\mathrm{ve},k;\mathrm{H/C};m} = \frac{\left(\theta_{\mathrm{calc;H/C};m} - \theta_{\mathrm{sup},k;\mathrm{H/C};m}\right)}{\left(\theta_{\mathrm{calc;H/C};m} - \theta_{\mathrm{e;a};m}\right)} \qquad (2.31)$$

unde:

$\theta_{\mathrm{calc;H/C};ztc;m}$ - temperatura setată a zonei pentru încălzire/răcire, în °C;

$\theta_{\mathrm{sup},k;\mathrm{H/C};m}$ - temperatura de introducere a debitului de aer *k*, pentru încălzire/răcire, în °C;

$\theta_{\mathrm{e;a};m}$ - temperatura medie lunară a aerului exterior, în °C.

Valoarea $b_{\mathrm{ve},k;\mathrm{H/C};m} \neq 1$ dacă temperatura de introducere, $\theta_{\mathrm{sup},k;\mathrm{H/C};m}$, este diferită de temperatura aerului exterior, de exemplu dacă aerul intră din spații alăturate climatizate la altă temperatură, sau dacă trece printr-un recuperator de căldură.

Dacă pentru ventilare (inclusiv infiltraţia de aer) se utilizează aer dintr-o zonă neclimatizată, exterioară sau interioară, factorul de corecţie de temperatura, $b_{\mathrm{ve},k;\mathrm{H/C};m}$, este egal cu factorul de corecţie pentru zonele neclimatizate $b_{ztu,m}$ - conform paragraf 2.6.2.2.:

$$b_{\mathrm{ve},k;\mathrm{H/C};m} = b_{ztu;m} \tag{2.32}$$

2.7.2. Aporturi de căldură totale și aporturi interne

Aporturile termice totale pentru încălzire și pentru răcire, $Q_{\mathrm{H;gn};ztc;m}$ și $Q_{\mathrm{C;gn};ztc;m}$, în kWh, sunt calculate cu următoarele două relaţii (figura 2.13):

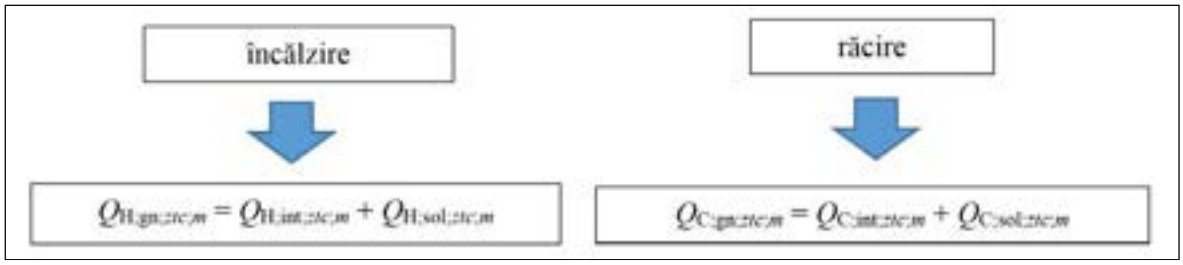


Figura 2.13. Aporturile termice totale

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{\mathrm{H;int};ztc;m}/Q_{C;int;ztc;m}$ - suma aporturilor interne pentru încălzire/răcire, în kWh;

$Q_{\mathrm{H;sol};ztc;m}/Q_{C;sol;ztc;m}$ - suma aporturilor solare pentru încălzire/răcire, în kWh;

Pentru o zonă încălzită/răcită/climatizată *ztc*, aporturile de căldură din surse termice interne, pentru încălzire/răcire, $Q_{\mathrm{H/C;int;ztc;m}}$, în kWh, sunt calculate cu relația:

$$Q_{\mathrm{H/C;int};ztc;m} = Q_{\mathrm{H/C;int;dir};ztc;m} \tag{2.33}$$

În cazul uneia sau mai multor zone alăturate neîncălzite, nerăcite sau neclimatizate (necuplate):

$$Q_{\mathrm{H/C;int};ztc;m} = Q_{\mathrm{H/C;int;dir};ztc;m} + \sum_{k=1}^{n}\left[\left(1 - b_{\mathrm{ztu},k;m}\right)\cdot F_{ztc;\mathrm{ztu},k;m}\cdot f_{\mathrm{gn;max;H;ztu},k;m}\cdot Q_{\mathrm{H/C;int;dir;ztu},k}\right] \tag{2.34}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{\mathrm{H/C;int;dir};ztc;m}$ - aporturile interne lunare în zona climatizată *ztc*, pentru încălzire/răcire, în kWh;

$b_{\mathrm{ztu},k;m}$ - factorul de corecție pentru zona neclimatizată adiacentă *k*;

$F_{ztc;\mathrm{ztu},k;m}$ - factorul de distribuție a aporturilor în zona neclimatizată *k* care influențează zona climatizată adiacentă *ztc*;

$f_{\mathrm{gn;max;H;ztu},k;m}$ - factorul de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor în zona climatizată, provenite din zona adiacentă *k*, în W/K;

$Q_{\mathrm{H/C;int;dir;ztu},k;m}$ - reprezintă aporturile interne lunare interioare sau exterioare din zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă *k*, pentru încălzire/răcire, în kWh. Aporturile interne în zona neclimatizată *ztu*, $Q_{\mathrm{int;dir};ztu;m}$, în kWh, pentru luna *m*, se calculează la fel cu cele dintr-o zonă încălzită, răcită, climatizată.

Pentru fiecare zonă climatizată sau neclimatizată *zt* și pentru fiecare lună *m*, aporturile de căldură de la sursele interne, pentru încălzire/răcire, $Q_{\mathrm{int;dir};zt}$, în kWh, sunt calculate cu relația:

$$Q_{H/C;int;dir;zt;m} = \begin{pmatrix} Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;A;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;L;zt;m} \\ +Q_{H/C;spec;int;WA;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;HVAC;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;proc;zt;m} \end{pmatrix} \times A_{use;zt} \quad (2.35)$$

unde:

$Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m}$ - aporturile de căldură interne specifice de la ocupanţi, în kWh/m^2;

$Q_{H/C;spec;int;A;zt;m}$ - idem de la aparate, în kWh/m^2;

$Q_{H/C;spec;int;L;zt;m}$ - idem din pierderile recuperabile de la iluminat, pentru încălzire/răcire, în kWh/m^2;

$Q_{H/C;spec;int;WA;zt;m}$ - idem din pierderile recuperabile ale sistemelor de apă, apă caldă şi ape uzate, în kWh/m^2;

$Q_{H/C;spec;int;HVAC;zt;m}$ - idem din pierderile recuperabile ale sistemelor de încălzire, răcire şi ventilare sau către acestea, în kWh/m^2; pentru calculul necesarului de energie propriu al sistemului, se vor folosi valori specifice sistemului;

$Q_{H/C;spec;int;proc;zt;m}$ - idem de la pierderile recuperabile din procedee și mărfuri sau către acestea, în kWh/m^2

$A_{use;zt}$ - aria de referință a pardoselii zonei, în m^2.

Pentru necesarul de energie **propriu** al sistemului, valorile lunare ale diferitelor componente $Q_{H/C;spec;int;x,zt;m}$ ale aporturilor interne, sunt determinate conform surselor disponibile; în caz contrar, trebuie utilizată o procedură de mediere lunară. Dacă sunt cunoscute sursele de căldură și durata lor de emisie, se recomandă să se calculeze energia disipată de aceste surse pe perioada pasului de timp de calcul (lunar sau orar, după metoda de estimare a necesarului de energie).

În general se cunosc fluxurile de căldură degajate (de la oameni, calculatoare, iluminat etc.), în W și densităţile de ocupare a spaţiului, în m^2/tip de degajare, astfel:
- se calculează: Q_{spec} - aportul specific orar, în Wh/m^2 pentru fiecare tip de degajare (de exemplu pentru un om care degajă Q =120Wh și i se atribuie o suprafaţă specifică de ocupare de A_{use} = 5m^2/om, degajarea specifică va fi 120/5 = 24 Wh/m^2;
- se calculează un factor de timp mediu de degajare ft = număr de ore de degajare pe lună/număr total de ore ale lunii (de exemplu, pentru un birou - ocupare 8 ore/zi, 22 zile/lună, ft = 0,25; pentru o clădire rezidenţială – ocupare 12 ore/zi, toate zilele săptămânii, ft = 0,5);
- se calculează aportul specific mediu lunar: Q spec x ft. Astfel pentru ocupanţi, pentru un birou $Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m}$ = 24 x 0,25 = 6 Wh/m^2.

În tabelul 2.15 sunt date valori uzuale de fluxuri de căldură medii lunare de aporturi interne date „prin lipsă" conform SR EN 15316-1.Tabel 2.15. Valori indicate pentru aporturi interne specifice – din SR EN 15316-1, pentru situațiile în care acestea nu sunt semnificative (se aplică numai la metoda BIN pentru condițiile climatice)

Categorie a clădirii	Aporturi de căldură interne constante, $\Phi_{g,ev}$
Rezidenţială (colectivă)	3,1 W/m^2
Rezidenţială (unifamilială)	2,4 W/m^2
Administrativă	3,3 W/m^2
Școli	2,3 W/m^2
Spitale	4,0 W/m^2

2.7.3. Aporturi solare

Pentru o zonă *ztc* climatizată, aporturile solare, pentru încălzire/răcire, $Q_{\mathrm{H/C;sol;ztc;m}}$, în kWh, într-o zonă singură sau cu zone alăturate climatizate, sunt calculate cu relația:

$$Q_{\mathrm{H/C;sol;}ztc;m} = Q_{\mathrm{H/C;sol;dir;}ztc;m} \tag{2.36}$$

În cazul unor zone alăturate neclimatizate (necuplate):

$$Q_{\mathrm{H/C;sol;}ztc;m} = Q_{\mathrm{H/C;sol;dir;}ztc;m} + \sum_{k=1}^{n}\left[\left(1 - b_{\mathrm{ztu},k;m}\right)\cdot F_{ztc;\mathrm{ztu},k;m}\cdot f_{\mathrm{gn;max;H;ztu},k;m}\cdot Q_{\mathrm{H/C;sol;dir;ztu},k}\right] \tag{2.37}$$

unde, pentru fiecare zonă *ztc* și lună *m*:

$Q_{\mathrm{H/C;sol;dir;}ztc;m}$ - reprezintă aporturile solare lunare din zona climatizată *ztc*, în kWh;

$b_{\mathrm{ztu},k;m}$ - factorul de corecţie pentru zona neclimatizată adiacentă *k,* conform 2.6.2.2;

$F_{ztc;\mathrm{ztu},k;m}$ - factorul de distribuţie a aporturilor din zona neclimatizată *k* ce influențează zona climatizată adiacentă *ztc*, conform 2.6.2.2;

$f_{\mathrm{gn;max;H;ztu},k;m}$ - factor de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor în zona neclimatizată *k*, pentru modul de încălzire, conform 2.7.3.2;

$Q_{\mathrm{H/C;sol;dir;ztu},k;m}$ - aporturile solare lunare din zona alăturată, neclimatizată *k*, care poate fi de tip exterior sau interior, în kWh.

Pentru o zonă **climatizată sau neclimatizată** *zt* pentru luna *m*, aporturile solare $Q_{\mathrm{sol;dir;}zt}$, în kWh, sunt calculate luând în considerare elementele opace și transparente:

$$Q_{\mathrm{H/C;sol;dir;}zt;m} = \sum_{k=1} Q_{\mathrm{H/C;sol;wi},k} + \sum_{k=1} Q_{\mathrm{H/C;sol;op},k} \tag{2.38}$$

unde, pentru fiecare element *k*:

$Q_{\mathrm{H/C;sol;wi;}k;m}$ - aporturile solare lunare prin elementul transparent *k*, în kWh;

$Q_{\mathrm{H/C;sol;op;}k,m}$ - aporturile solare lunare prin elementul opac *k*, în kWh.

2.7.3.1. Energia transferată prin elemente transparente (sursa-paragrafele G 2.2.2.1., G 2.2.2.2. și G 2.1. din SR EN ISO 52016-1*)

Energia transferată prin elementul transparent *wi*, în kWh, este dat de relația:

$$Q_{\mathrm{H/C;sol;}wi} = g_{\mathrm{gl;}wi;\mathrm{H/C;}m}\cdot A_{wi}\cdot\left(1 - F_{\mathrm{fr;}wi}\right)\cdot F_{\mathrm{sh;obst;}wi;m}\cdot H_{\mathrm{sol;}wi;m} - Q_{\mathrm{sky;}wi;m} \tag{2.39}$$

unde:

$g_{\mathrm{gl;}wi;\mathrm{H/C;}m}$ - coeficient mediu lunar de transmisie a energiei solare totale, dat în relația 2.43;

A_{wi} - suprafaţa elementului transparent *wi*, în m^2; în cazul elementelor bordate, trebuie utilizată suprafaţa golului;

$F_{\mathrm{fr,wi}}$ - fracţia de suprafaţă a cadrului ferestrei; în lipsă de date particulare, $F_{\mathrm{fr,wi}} = 0{,}25$;

$F_{\mathrm{sh;obst;wi;m}}$ - factorul de umbrire pentru obstacole exterioare, dat de relația 2.47; un calcul detaliat este dat în standardul SR EN ISO 52016-1, Anexa F;

$H_{\mathrm{sol;wi;m}}$ - intensitatea radiației solare lunare pe suprafaţa înclinată cu unghiul β_{wi} faţă de orizontală și cu un unghi de orientare γ_{wi}, în kWh/m^2;

$Q_{\mathrm{sky;wi;m}}$ - fluxul termic suplimentar lunar datorat radiației termice către cer, în kWh.

Unghiul de orientare al ferestrei, γ_{wi} reprezintă unghiul de azimut geografic al proiecţiei pe orizontală a normalei la suprafaţa înclinată, faţă de direcţia N-S. Convenţional, pentru orientare sud (γ_{wi} =0), pentru orientare est ($\gamma_{wi} = 90^0$), pentru orientare vest ($\gamma_{wi} = - 90^0$).
$H_{sol;wi;m}$ pentru suprafețe verticale cu diferite orientări și pentru suprafețe orizontale se cunoaşte din date climatice; pentru alte unghiuri de înclinare β_{wi}, intensitatea trebuie calculată – o metodă detaliată este dată în SR EN ISO 52010-1.

Coeficientul de transmisie a energiei solare totale g_{gl}, depinde de unghiul de incidenţă (înălţime şi azimut) al radiaţiei solare; valoarea medie este puţin inferioară valorii la incidenţă normală, $g_{gl;n;wi}$; pentru corecţie, se utilizează un factor de 0,9. Astfel, coeficient de transmisie a energiei solare totale, corectat cu unghiul de incidenţă, $g_{gl;wi}$ va fi:

$$g_{gl;wi} = 0{,}9 \;\; g_{gl;n,\,wi} \qquad (2.40)$$

Coeficientul de transmisie a energiei solare totale la o incidenţa normală, $g_{gl,n}$, pentru tipurile obişnuite de sticlă, geam necolorat și nedifuzant, pentru un unghi de înălţime solară de 45^0 este dat în tabelul 2.8.

Tabel 2.16. Valori referitoare la tipurile obişnuite de storuri (sursa : tabel B.22 din SR EN ISO 52016-1)

Tip de stor	Proprietăţi optice ale storului		Factor de reducere f_{sh} pentru	
	absorbţie	transmisie	stor la interior	stor la exterior
Storuri veneţiene albe	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Perdele albe	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Textile colorate	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Textile acoperite cu aluminiu	0,2	0,05	0,20	0,08

În cazul utilizării unor storuri obişnuite, în tabelul 2.16 sunt indicate valori ale factorului de reducere f_{sh} a factorului de transmisie a energiei solare totale. Aceşti factori de reducere trebuie să fie înmulţiţi cu factorul de transmisie a energiei solare totale a vitrajului, pentru a obține valoarea factorului de transmisie a vitrajului cu storuri: $g_{gl;sh,wi} = 0{,}9 \;\; g_{gl;n,\,wi} \cdot f_{sh.}$

Pentru ferestre cu geam <u>difuzant</u>, factorul de transmisie a energiei solare totale, trebuie corectat în funcţie de unghiul de incidenţă și calculat cu relația:

$$g_{gl;wi} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt;wi} + \left(1 - a_{gl}\right) \cdot g_{gl,dif;wi} \qquad (2.41)$$

$g_{gl;wi}$ - coeficient total de transmisie a energiei solare a vitrajului ferestrei *wi*;
a_{gl} - factor de ponderare, (recomandat a_{gl} = 0,75);

$g_{gl,alt;wi}$ - factor de transmisie a energiei solare a vitrajului, în funcţie de unghiul de înălţime solară alt_{gl} ; pentru metoda lunară se recomandă $alt_{gl} = 45^0$.

$g_{gl,dif}$ - factor de transmisie a energiei solare pentru radiaţie solară difuză izotropă, dat în standardul ISO 15099, tabel C1; acest factor regrupează radiaţia difuză provenind de la cer și pe cea reflectată de sol.

Pentru alte tipuri de **dispozitive** amovibile **de umbrire solară** decât cele cuprinse în tabelul 2.16, ca de exemplu: jaluzelele cu lamele, jaluzelele venețiene, jaluzelele cu rulou, factorul de transmisie a energiei solare totale pentru vitraj, $g_{gl;sh}$, se calculează conform SR EN ISO 52022-3.

Conform SR EN ISO 52016-1, dacă o fereastră este combinată cu un oblon, valoarea U efectivă medie lunară a ferestrei wi, $U_{w;m}$, pentru luna m, este dată de:

$$U_{w;m} = \left(1 - f_{sht;with}\right) \cdot U_w + f_{sht;with} \cdot U_{w;sht} \tag{2.42}$$

unde :

$U_{w;m}$ - transmitanţa termică pentru energia solară totală efectivă medie lunară a vitrajului;

U_w - transmitanţa termică a fereastrei dacă oblonul nu este utilizat, în W/(m^2·K);

$U_{w;sht}$ - transmitanţa termică a ansamblului fereastră şi oblon, dacă oblonul este utilizat, obţinut pe baza standardului SR EN ISO 13789, în W/(m^2·K);

$f_{sht;with}$ - fracţia ponderată de umbrire (în funcţie de climat şi de sezon) de timpul de utilizare a oblonului, de exemplu durata în ore din zi şi din noapte, luând în considerare diferenţa medie de temperatură interioară - exterioară (inclusiv efectul de reducere de temperatură noaptea). Mai multe exemple pentru diferite ţări sunt date în SR EN ISO 52016-1, Anexa B.

Dacă vitrajul este combinat cu un dispozitiv de umbrire amovibil, care umbreşte parțial elementul vitrat, factorul de transmisie a energiei solare totale, efective, medie lunară, a părţii vitrate a ferestrei $g_{gl;wi;m}$, pentru luna m, este dat de:

$$g_{gl;wi;m} = \left(1 - f_{sh;with}\right) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh;with} \cdot g_{gl;sh;wi} \tag{2.43}$$

unde

$g_{gl;wi;m}$ este factorul de transmisie a energiei solare totale efective medie lunară a vitrajului; acesta reprezintă raportul între energia care traversează fereastra şi energia incidentă,

$g_{gl;wi}$ este factorul de transmisie a energiei solare totale a vitrajului, fără umbrire

$g_{gl;sh,wi}$ este valoarea factorului de transmisie a vitrajului cu storuri.

Pentru elemente transparente dinamice, calculul coeficientului $g_{gl:wi;H/C;m}$ necesită să fie stabilit printr-o procedură specială, conform standardului SR EN ISO 52016-1, anexa G.

<u>Proprietăţile principale pentru un element dinamic</u> de clădire k, cu diferite valori pentru fiecare stare i, sunt:

- $U_{dyn;k;I}$, , în W/(m^2·K);
- $g_{dyn;k;I}$, factorul total;
- $\tau_{sol;\ dyn;k;I}$, factorul de transmisie solară;
- $\tau_{vis;\ dyn;k;I}$, factorul de transmisie vizuală.

Aceste proprietăţi pot să varieze în mod pasiv sau să fie reglate în mod activ, în funcţie condiţiile la limită particulare.

Pentru metoda de calcul lunar, se detaliază în continuare calculul pentru transmitanţa termică, pentru factorul total de transmisie a energiei solare şi pentru factorul de transmisie solară; calculul se face în două etape:

1) Dacă se cunosc condiţiile care determină situaţiile la limita elementului vitrat transparent, (ocuparea, temperatura exterioară, intensitatea radiaţiei solare), se face o primă aproximare, calculând iniţial o proprietate medie ponderată în timp, obţinută din însumarea pentru toţi paşii de timp (ore) Δt_{h} din lună:

$$U_{\mathrm{dyn};k;m} = \frac{\sum_t \left(U_{\mathrm{dyn};k;i} \cdot \Delta\theta_{\mathrm{int\text{-}e};t} \right)}{\sum_t \left(\Delta\theta_{\mathrm{int\text{-}e};t} \right)} \tag{2.44}$$

$$g_{\mathrm{dyn};k;m} = \frac{\sum_t \left(g_{\mathrm{dyn};k;m;\mathrm{mn}} \cdot I_{\mathrm{sol};t} \right)}{\sum_t I_{\mathrm{sol};t}} \tag{2.45}$$

$$\tau_{\mathrm{sol;dyn};k;m} = \frac{\sum_t \left(\tau_{\mathrm{sol;dyn};k;m;\mathrm{mn}} \cdot I_{\mathrm{sol};t} \right)}{\sum_t I_{\mathrm{sol};t}} \tag{2.46}$$

Unde:

$U_{\mathrm{m;mn}}$ - valoarea U medie lunară, cu diferite valori U_i pentru diferite stări i, în W/(m^2·K);

$g_{\mathrm{m;mn}}$ - valoarea g medie lunară cu diferite valori g_i pentru diferite stări i;

$\tau_{\mathrm{sol\ m;mn}}$ - valoarea medie lunară a proprietăţii τ_{sol}, cu diferite valori $\tau_{sol;i}$ pentru stări i;

$\Delta\theta_{\mathrm{int\text{-}e}}$ - aproximarea diferenţei dintre temperatura interioară și temperatura exterioară, în K; în acest ecart de temperatură, temperatura interioară este temperatura setată, corectată pentru intermitență dacă este cazul, ca valoare ponderată în timp sau cu o valoare diferită pentru perioada de intermitenţă;

$I_{\mathrm{sol;tot};t}$ - intensitatea radiației solare totale (directe + difuze) pe elementul transparent, în W/m^2;

Δt_{h} - pasul de timp, în h;

i - un indice pentru diferitele stări care pot să fie orar diferite, în funcţie de una sau mai multe condiții la limită.

Intensitatea radiației solare totale depinde de orientarea și de unghiul de înclinare al elementului transparent și de obstacole exterioare .

2) La pasul următor de calcul, vor fi adăugaţi factori de corecţie, luând în considerare efectele dinamice datorate inerţiei clădirii și a celor datorate interacţiunilor dinamice cu alte fenomene fizice. Astfel de factori de corecţie se pot determina comparând rezultatele calculelor orare, pentru mai multe cazuri reprezentative.

Dacă se iau în considerare obstacole exterioare care umbresc, factorul de umbrire al suprafeţei k pentru obstacolele exterioare, $F_{\mathrm{sh;obst};k;m}$, în luna m se va calcula cu:

$$F_{\mathrm{sh;obst};k;m} = F_{\mathrm{sh;dir};k;m} \cdot f_{\mathrm{sol;dir};m} \tag{2.47}$$

unde, pentru fiecare suprafaţă umbrită k și pentru fiecare lună m:

$F_{sh;obst;k;m}$ - factorul de umbrire adimensional pentru obstacole exterioare;

$F_{sh;dir;k;m}$ - factorul de umbrire pentru intensitatea radiaţiei solare directe, determinat conform anexei F din SR EN ISO 52016-1;

$f_{sol;dir;m}$ - fracţia de radiaţie solară directă din radiaţia totală, obţinută în funcţie de datele climatice şi de orientare ; valori recomandate, pentru latitudinea de 40^0 nord sunt date în tabelele 2.17 (iarna) şi 2.18 (vara), unde w_{obst}. este factorul de ponderare pentru un segment i, pentru luna m, în funcţie de latitudinea de amplasare şi de orientarea obiectului umbrit; în metoda lunară se consideră 4 segmente fixe şi suma factorilor de ponderare pe cele 4 segmente trebuie să fie1 sau 0; mai multe detalii se pot obţine din anexa F, SR EN ISO 52016-1

Factorul de umbrire directă, $F_{sh;dir;k;t}$, este determinat de unghiul de înălţime solară mediu lunar sau factori de corelaţie simplificaţi (pentru obiecte simple care umbresc) și de geometria suprafeţei umbrite, k, și de cea a obiectelor care umbresc.

Intensitatea radiației solare totale pe suprafaţa k, $H_{tot;sh;k;m}$, inclusiv efectul de umbrire, este suma dintre intensitatea radiației solare totale calculate, corectată în funcţie de umbrirea produsă de obiecte, cu ajutorul factorului de umbrire pentru intensitatea radiației solare directe și a fracţiei de radiație solară directă în radiaţia totală.

Tabel 2.17. şi 2.18. Parametrii pentru umbrirea lunară datorată obstacolelor (sursa-tabelele B48.a și B48.b din SR EN ISO 52016-1)

Poziţie	40° latitudine nord								
Perioadă:	iarna: octombrie - mai								
Orientare	Pondere, $w_{obst;m;i}$ pe sector				Înălţime solară, $\alpha_{sol;m;i}$ pe sector				$f_{sol;dir;m}$ (*)
	1	2	3	4	1	2	3	4	
N	0	0	0	0	-	-	-	-	0
NE	0	0	0	1,00	-	-	-	7,6	0,10
E	0	0	0,31	0,69	-	-	9,0	20,8	0,50
SE	0	0,14	0,58	0,28	-	9,2	22,2	24,0	0,70
S	0,06	0,40	0,47	0,07	9,4	22,8	22,6	9,7	0,75
SV	0,22	0,63	0,15	0	24,2	22,0	9,6	-	0,70
V	0,70	0,30	0	0	20,6	9,5	-	-	0,50
NV	1,00	0	0	0	8,7	-	-	-	0,10
Poziţie	40° latitudine nord								
Perioadă:	vara: iunie – septembrie								
Orientare	Pondere, $w_{obst;m;i}$ pe sector				Înălţime solară, $\alpha_{sol;m;i}$ pe sector				$f_{sol;dir;m}$
	1	2	3	4	1	2	3	4	(*)
N	0	0	0	1,00	-	-	-	17,4	0,10
NE	0	0	0,62	0,38	-	-	20,9	50,2	0,30
E	0	0,48	0,48	0,04	-	21,8	52,5	74,4	0,45

SE	0,33	0,53	0,10	0,03	23,2	54,0	74,4	74,4	0,55
S	0,30	0,20	0,21	0,29	60,5	74,4	74,4	60,7	0,50
SV	0,03	0,11	0,52	0,34	74,4	74,4	54,2	23,1	0,55
V	0,04	0,47	0,49	0	74,4	52,7	21,8	-	0,45
NV	0,37	0,63	0	0	50,3	20,9	-	-	0,30

Zonă neclimatizată cu aporturi interne sau solare (inclusiv seră sau atrium)

Pentru zone neclimatizate cu aporturi interne/solare, adiacentă la una sau mai multe zone climatizate, separată de zonele climatizate de unul sau mai mulţi pereţi, metoda de calcul evaluează efectul pozitiv în timpul sezonului de încălzire. Procedura trebuie să fie utilizată și pentru a calcula aporturile în timpul la sezonului de răcire, luând în considerare protecţia solară (sezonieră) suplimentară și dispozitivele de ventilare.

Altfel, pot să fie utilizate valorile prin lipsă ale factorului de corecţie, $b_{ztu;m}$, în funcţie de tipul și/sau de dimensiunea spaţiului neclimatizat adiacent, care includ efectul aporturilor.

Pentru aporturile solare, în metoda de calcul lunar, într-o primă aproximare, se ia ca ipoteză că suprafeţele absorbante sunt toate umbrite în aceeaşi proporţie de obstacolele exterioare și de anvelopa exterioară a zonei neclimatizate.

Factorul de reducere pentru radiaţia solară prin închiderea exterioară a unei zone neclimatizate ztu, pentru încălzire/răcire, $F_{sol;ue,ztu;H/C;m}$, este calculat cu relaţia:

$$F_{\mathrm{sol;ue;}ztu\mathrm{;H/C;}m} = g_{\mathrm{gl;ue;}ztu\mathrm{;H/C;}m} \cdot \left(1 - F_{\mathrm{fr;ue;}ztu}\right) \tag{2.48}$$

unde

$g_{gl;ue;ztu;H/C;m}$ - valoarea factorului de transmisie a energiei solare totale a vitrajului închiderii exterioare a zonei neclimatizate *ztu*, pentru încălzire/răcire, pentru luna *m*,

$F_{fr;ue,ztu}$ - fracţia de suprafaţă a cadrului închiderii exterioare, calculată ca raport între aria totală a zonelor opace şi aria totală a zonelor opace plus transparente ale închiderii exterioare a zonei neclimatizate *ztu*. În cazul elementelor debordante, trebuie utilizată suprafaţa proiectată.

Notă: Factorul de transmisie a energiei solare totale este o valoare medie lunară, incluzând o corecţie în cazul unui dispozitiv de umbrire amovibil sau utilizat cu întreruperi.

Aporturile solare interioare din zona neclimatizată *ztu*, pentru încălzire/răcire, $Q_{H/C;sol;ztu;m}$, în kWh, la luna *m*, sunt calculate adunând aporturile solare ale fiecărei suprafaţe opace, *j,* în zona neclimatizată:

$$Q_{\mathrm{H/C;sol;}ztu\mathrm{;}m} = F_{\mathrm{sol;ue;}ztu\mathrm{;H/C;}m} \cdot F_{\mathrm{sh;obst;}ztu\mathrm{;}m} \cdot \sum_{j(\mathrm{opaque})} \left(a_{\mathrm{sol;}j} \cdot A_j H_{\mathrm{sol;}j\mathrm{;}m}\right) \tag{2.49}$$

unde, pentru fiecare lună *m*:

$F_{sol;ue,ztu;H/C;m}$ - factorul de reducere a radiaţiei solare care traversează închiderea exterioară a zonei neclimatizate *ztu*, pentru încălzire/răcire,

A_j - aria fiecarei suprafaţe opace *j* în interiorul zonei neclimatizate *ztu,* în m^2; în cazul elementelor debordante, trebuie utilizată suprafaţa proiectată;

$\alpha_{sol;j}$ - coeficientul mediu de absorbţie solară a suprafeţei opace j în interiorul zonei neclimatizate *ztu*, (vezi relaţia 39);

$F_{sh;obst;ztu;m}$ - factorul de umbrire a obstacolelor exterioare pentru închiderea exterioară a zonei neclimatizate, *ztu*;

$H_{sol;j;m}$ - intensitatea radiaţiei solare lunare totale pe elementul transparent j, cu un unghi de orientare şi de înclinare, în kWh/m^2.

2.7.3.2. Energia transferată prin elemente opace

Energia provenită din aporturile solare, prin elementul de anvelopă opac k, pentru încălzire/răcire, $Q_{H/C;sol,k;m}$, în kWh, la lună m, este calculată cu relația:

$$Q_{H/C;sol;op;k;m} = \alpha_{sr;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;op;k} \cdot A_{c;k} \cdot F_{sh;obst;k;m} \cdot H_{sol;k;m} - Q_{sky;k;m} \quad (2.50)$$

unde, pentru fiecare element opac k și lună m:

$\alpha_{sr;k}$ - coeficientul de absorbţie adimensional pentru radiaţia solară, (se recomandă α_{sol} = 0,3 pentru culoare deschisă, α_{sol} = 0,6 - culoare intermediară și α_{sol} = 0,9 – culoare închisă);

$R_{se;k}$ - rezistenţa termică superficială exterioară, R_{se} = ($1/h_{ce}$+ $1/h_{re}$), cu coeficienţii de transferul termic superficiali la exterior h_{ce} (convecție) și h_{re} (radiație);

$U_{c;op;k}$ transmitanţa termică, în W/(m^2·K);

$A_{c;k}$ - suprafaţa proiectată, în m^2;

și cu celelalte notaţii declarate în formulele precedente (înlocuind indicele *wi* cu indicele *k*).

Dacă elementul de clădire conține un strat ventilat (natural) cu aer exterior și valoarea U nu ia în considerare acest fapt, aportul solar transmis va fi supraestimat; în acest caz se utilizează o valoare U corectată, în care stratul ventilat este considerat ca un mod de eliminare a unei părţi din căldura solară. Calculul este detaliat în anexa E din SR EN ISO 52016-1.

<u>Factor de reducere pentru evitarea supraestimării aporturilor, metodă lunară (sursa: paragraf E.3.3 din SR EN ISO 52016-1)</u>

Pentru metoda de calcul lunar, în cazul unei zone neclimatizate exterioare, se aplică un factor de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor în modul de încălzire, bazat pe raportul dintre transferul termic şi aporturi:

- în cazul unei zone climatizate adiacente unice:

$$f_{gn;max;H;ztu;m} = \frac{b_{ztu;m} \cdot H_{ztc;ztu;m} \cdot \left(\theta_{int;set;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}\right) \times 0,001 \times t_m}{\left(Q_{H;int;ztu;m} + Q_{H;sol;ztu;m}\right)} \quad (2.51)$$

- în cazul mai multor zone climatizate alăturate:

$$f_{gn;max;H;ztu;m} = \frac{b_{tuz,k;m} \cdot \sum_{ztc}\left(H_{ztc;ztu;m} \cdot \left(\theta_{int;set;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}\right)\right) \times 0,001 \times t_m}{\left(Q_{H;int;ztu;m} + Q_{H;sol;ztu;m}\right)} \quad (2.52)$$

unde, pentru luna m:

$f_{gn;max;H;ztu;m}$ - factorul de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor dinspre zona neclimatizată *ztc*, pentru modul de încălzire, în W/K;

$b_{ztu;m}$ - factorul de corecţie pentru zona neclimatizată adiacentă *ztu*;

$H_{ztc;ztu;m}$ - coeficientul de transfer termic dintre zona neclimatizată *ztu* şi zona climatizată adiacentă *ztc*, în W/K;

$\theta_{\mathrm{int;set;H};ztc;m}$ - temperatura setată de zona climatizată adiacentă *ztc* pentru încălzire; în cazul unor zone climatizate alăturate multiple, temperaturile sunt ponderate conform unui factor de distribuţie $F_{ztc;ztu;m}$ pentru transfer termic între zona climatizată *ztc* şi zona neclimatizată *ztu,* în °C;

$\theta_{\mathrm{e;a};m}$ - temperatura medie a aerului exterior, în °C;

$Q_{\mathrm{H;int;ztu},k;m}$ - aporturile interne pentru modul de încălzire, în zona neclimatizată exterioară *ztu*, în kWh;

$Q_{\mathrm{H;sol};ztu;m}$ - idem aporturile solare, în kWh;

t_m - durata din luna *m*, în h.

Pentru metoda de calcul lunar, în cazul unei zone neclimatizate interne, deoarece acest tip de zonă este aplicabil numai în cazul aporturilor nesemnificative:

$$f_{\mathrm{gn;max;H};ztu;m} = 1 \tag{2.53}$$

Pentru metoda de calcul lunar, se poate utiliza procedura următoare:

- pentru modul de încălzire, nu se consideră în zona de calcul, aporturile (indirecte) suplimentare din spaţiul de seră: $\Phi_{\mathrm{sol};ztu;m} = 0$.
- pentru modul de răcire, se procedează la fel ca pentru modul de încălzire: $\Phi_{\mathrm{sol};ztu,m} = 0$, dar în plus, se ignoră spaţiul de seră pentru calculul aporturilor solare în zona de calcul. Aceasta implică ignorarea reducerii factorului de transmisie a energiei solare prin anvelopa serei, exceptând măsurile de umbrire aplicate în permanenţă pe toată durata sezonului de răcire.

2.7.4. Radiaţia termică către cer (sursa - SR EN ISO 52016-1)

Bolta cerească are un efect de răcire prin radiaţie asupra Pământului. Pentru a calcula fluxul termic (de lungime mare de undă) emis de anvelopa clădirii către cer, se consideră că între pământ şi boltă există o diferenţă de temperatură aparentă $\Delta\theta_{\mathrm{sky}}$. Pentru calculul lunar al necesarului de energie, se determină un flux suplimentar, $Q_{\mathrm{sky};m}$, emis către cer de fiecare element *k* al anvelopei clădirii.

Astfel, pentru luna *m*, fluxul în kWh, se va calcula în mod simplificat cu relaţia din standardul SR EN ISO 52016-1:

$$Q_{\mathrm{sky};k;m} = 0,001 \times F_{\mathrm{sky};k} \cdot R_{\mathrm{se};k} \cdot U_{\mathrm{c};k} \cdot A_{\mathrm{c};k} \cdot h_{\mathrm{lr;e};k} \cdot \Delta\theta_{\mathrm{sky};m} \cdot \Delta t_m \tag{2.54}$$

unde:

$F_{\mathrm{sky};k}$ - factorul de formă între elementul *k* şi cer, pentru suprafeţe orizontale, fără ecranare $F_{\mathrm{sky};k}$ =1, pentru suprafeţe verticale, fără ecranare, $F_{\mathrm{sky};k}$ = 0.5;

$R_{\mathrm{se};k}$ - rezistenţa termică superficială exterioară a elementului k, în m^2 K/W;

$U_{\mathrm{c};k}$ - transmitanţa termică a elementului de anvelopă k, în W/(m^2·K);

$A_{\mathrm{c};k}$ - suprafaţa elementului de anvelopă k, conform SR EN ISO 52016-1, în m^2;

$h_{\mathrm{lr;e};k}$ - coeficientul de transfer termic exterior pentru radiaţia de lungime mare de undă, în W/(m^2·K);

$\Delta\theta_{\mathrm{sky};m}$ - diferenţa medie între temperatura aparentă a cerului și temperatura aerului, pentru condiţiile din România se poate considera $\Delta\theta_{\mathrm{sky};m}$ = 11 K, în K;

Δt_m - durata din luna *m*, în h.

2.7.5. Capacitatea termică eficace interioară a zonei

(sursa: SR EN ISO 52016-1 paragraful 6.6.9)

Metoda de calcul lunar necesită capacitatea termică interioară eficace a zonei termice (aer, mobilier și elemente de clădire). Această cantitate reprezintă capacitatea termică totală, văzută de la interior.

În această metodologie a fost adoptată metoda simplificată din standardul SR EN ISO 52016-1. În tabelele 2.19 și 2.20 sunt date valori recomandate pentru capacităţile termice specifice la interior și respectiv clasele de tipuri de clădire cu valori recomandate pentru capacitatea termică interioară.

Tabel 2.19. Capacitate termică specifică a elementelor opace și a parterului (sursa: tabel B14 din SR EN ISO 52016-1)

Clasa	$\kappa_{m;op}$ J/(m²·K)	Specificarea clasei
Foarte uşoară	50 000	Clădirea nu conţine nicio componentă de masă, de exemplu o placă de plastic şi/sau un înveliş de lemn, sau echivalent
Uşoară	75 000	Clădirea nu conţine nicio componentă de masă decât cărămizi sau beton uşor de 5 cm 10 cm, sau echivalent
Medie	110 000	Clădirea nu conţine nicio componentă de masă decât cărămizi sau beton uşor de 10 cm 20 cm, sau cărămizi sau beton greu de 7 cm, sau echivalent
Masivă	175 000	Clădire care conţine cărămizi pline sau beton greu de 7 cm până la 12 cm, sau echivalent
Foarte masivă	250 000	Clădire care conţine cărămizi pline sau beton greu de mai mult de 12 cm, sau echivalent

Tabel 2.20. Clasele de tipuri de clădire cu valori recomandate pentru capacitatea termică interioară

Clasa	Metodă lunară $C_{m;int;eff;ztc}$J/K [J/(K·m²) m²]
Foarte uşoară	80 000 × $A_{use;ztc}$
Uşoară	110 000 × $A_{use;ztc}$
Medie	165 000 × $A_{use;ztc}$
Masivă	260 000 × $A_{use;ztc}$
Foarte masivă	370 000 × $A_{use;ztc}$

Unde:

$A_{use;ztc}$ - suprafaţa utilă de pardoseală a zonei termice *ztc*, în m².

Capacitatea termică interioară calculată include rezistenţa superficială interioară.

2.7.6. Factori de utilizare

În metoda lunară, efectele regimului nestaţionar de transfer de căldură sunt luate în considerare prin introducerea factorului de utilizare a aporturilor pentru încălzire și a factorului de utilizare a transferului termic pentru răcire. În cazul încălzirii/ răcirii intermitente, efectul inerţiei termice este luat în considerare separat.

Factor de utilizare a aporturilor pentru încălzire (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Factorul de utilizare a aporturilor pentru încălzire, $\eta_{H,gn}$, este funcţie de raportul de bilanț termic, γ_H, și de un parametru, a_H, care depinde de inerţia clădirii. El este calculat pentru fiecare zonă și pentru fiecare lună cu formulele din figura 2.14, unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$\gamma_{H;ztc;m}$ - raportul de bilanț termic adimensional pentru modul de încălzire;

$a_{H;ztc;m}$ - parametru adimensional, determinat cu relația 2.55;

$Q_{H;ht;ztc;m}$ - transferul termic total pentru modul de încălzire, în kWh;

$Q_{H;gn;ztc;m}$ - aporturile termice totale pentru modul de încălzire, în kWh.

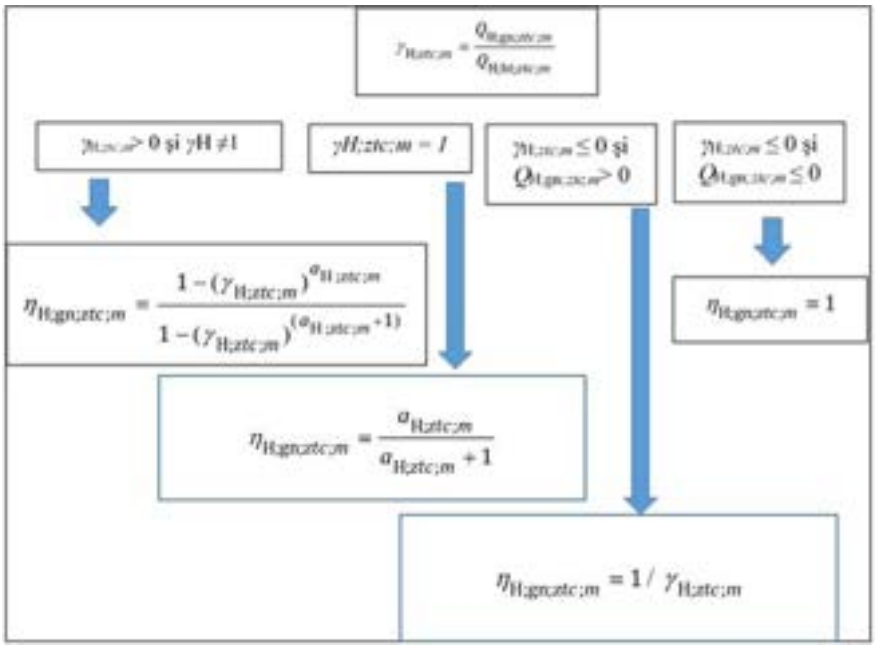


Figura 2.14. Factorul de utilizare a aporturilor pentru încălzire

Parametrul adimensional $a_{H;ztc;m}$ este calculat cu relația:

$$a_{H;ztc;m} = a_{H;0} + \frac{\tau_{H;ztc;m}}{\tau_{H;0}} \tag{2.55}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$a_{H;0}$ - parametru de referință, ($a_{H;0}$ =1);

$\tau_{H;ztc;m}$ - constanta de timp a zonei, pentru încălzire, determinată cu relația 2.57, în h;

$\tau_{H;0}$ - o constantă de timp de referință, ($\tau_{H;0}$ = 15), în h.

NOTĂ: Pentru aplicarea corectă a inegalităţilor, se precizează că prin convenţie, semnul este pozitiv dacă fluxul termic iese de spaţiul considerat (pierdere termică/de căldură). De asemenea, fluxul termic transferat prin ventilare este pozitiv când temperatura aerului introdus este mai mică decât temperatura interioară. Aporturile de căldură solare şi interne sunt considerate negative.

Factor de utilizare a transferului termic pentru răcire

Similar calculului pentru încălzire, factorul de utilizare a transferului termic pentru răcire, $\eta_{C;ht;ztc;m}$, este o funcţie de raportul de bilanţ termic pentru răcire, $\gamma_{C;ztc;m}$, și de un parametru $a_{C;ztc;m}$, care depinde de inerţia termică a clădirii. El este calculat pentru fiecare zonă și pentru fiecare lună ca în figura 2.15 unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$\gamma_{C;ztc;m}$ - raportul de bilanţ termic adimensional pentru modul de răcire;

$a_{C;ztc;m}$ - un parametru, determinat cu relația 2.56;

$Q_{C;ht;ztc;m}$ - transferul termic total prin transmisie și ventilare pentru modul de răcire, în kWh;

$Q_{C;gn;ztc;m}$ reprezintă aporturile termice totale pentru modul de răcire, în kWh.

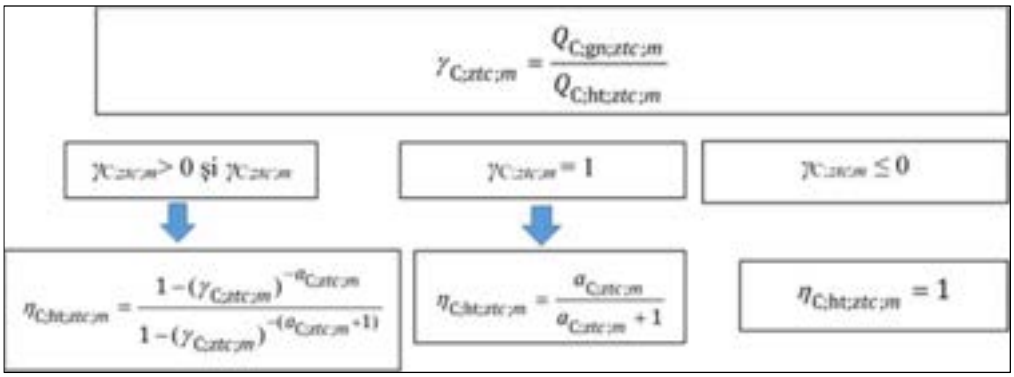


Figura 2.15. Factorul de utilizare al transferului termic adimensional pentru răcire (sursa: SR CEN ISO/TR 52016-2)

Parametrul numeric adimensional $a_{C;ztc;m}$ este calculat cu relația:

$$a_{C;ztc;m} = a_{C;0} + \frac{\tau_{C;ztc;m}}{\tau_{C;0}} \tag{2.56}$$

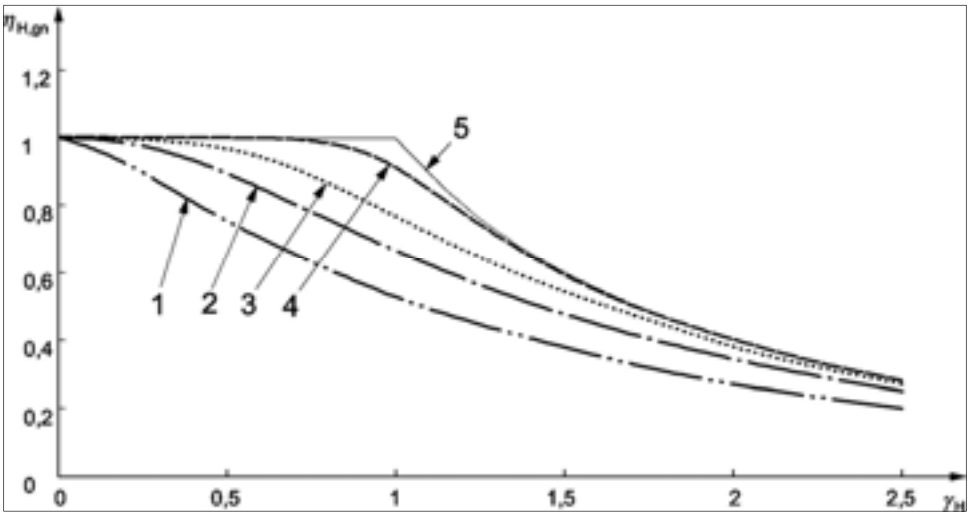
unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$a_{C;0}$ - un parametru numeric adimensional de referință, ($a_{C;0}$ =1);

$\tau_{C;ztc;m}$ - constanta de timp a unei zone răcite, determinată cu relația 2.58, în h;

$\tau_{C;0}$ - o constantă de timp de referință, ($\tau_{C;0}$ = 15), în h.

Figurile următoare ilustrează grafic variația factorilor de utilizare a aporturilor pentru metoda de calcul lunară și pentru diferite constante de timp, pentru încălzire, precum și variația factorilor de utilizare a aporturilor pentru metoda de calcul lunară și pentru diferite constante de timp, pentru răcire.



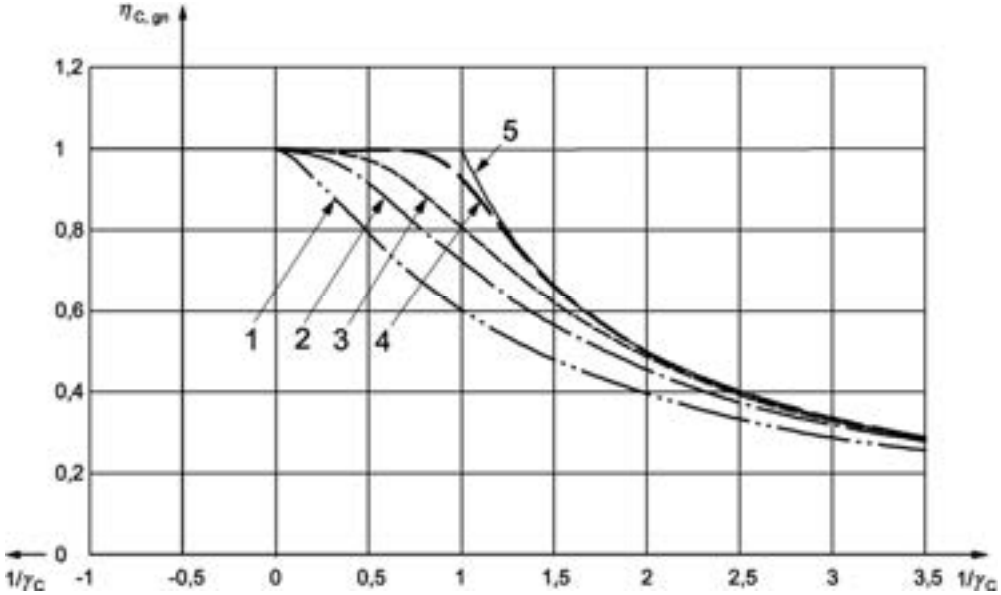
Legendă

1 constanta de timp pentru 8 h (inerție mică),

2 idem pentru 1 zi, **3** idem pentru 2 zile, **4** idem pentru 7 zile,

5 constanta de timp infinită (inerție mare)

Figura 2.16. Factorul de utilizare a aporturilor pentru încălzire (sursa: SR CEN ISO / TR 52016-2)



Legendă

1 constanta de timp pentru 8 h (inerție mică)

2 constanta de timp pentru 1 d

3 constanta de timp pentru 2 d

4 constanta de timp pentru 7 d

5 constanta de timp infinită (inerție ridicată)

Figura 2.17.Factorul de utilizare a transferului de căldură, pentru răcire (sursa: SR CEN ISO/TR 52016-2)

<u>Constanta de timp a unei zone (sursa – SR EN ISO 52016-1)</u>

Constanta de timp a unei zone climatizate *ztc*, în ore, caracterizează inerţia termică interioară a zonei climatizate. Ea poate fi diferită în calculele pentru încălzire și răcire și să varieze de la o lună la alta, în funcţie de variația mărimilor care o determină, în particular H_{tr} și H_{ve}. Ea este calculată cu următoarele două formule:

$$\tau_{H;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc} / 3600}{H_{H;tr(excl.\,grfl);ztc;m} + H_{H;gr;adj;ztc} + H_{H;ve;ztc;m}} \tag{2.57}$$

$$\tau_{C;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc} / 3600}{H_{C;tr(excl.\,grfl);ztc;m} + H_{C;gr;adj;ztc} + H_{C;ve;ztc;m}} \tag{2.58}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$C_{m;eff;ztc}$ - capacitatea termică interioară eficace a zonei, în J/K;

$H_{H/C;tr(excl.grflr);ztc;m}$ - coeficientul global de transferul prin transmisie pentru încălzire, respectiv răcire, fără pardoseala de jos, în W/K;

$H_{H/C;ve ztc;m}$ - coeficientul global de transferul prin ventilare pentru încălzire, respectiv răcire, în W/K;

$H_{H/C;gr;adj ztc}$ - coeficientul de transfer termic globală medie sezonieră pentru transmisia prin pardoseala de jos, raportată la diferenţa de temperatură sezonieră, pentru sezonul de încălzire, respectiv de răcire, în W/K.

Temperatură setată și moduri de intermitenţă (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Sunt considerate diferite moduri de încălzire și de răcire și anume:

— încălzire/răcire la temperatură setată constantă;

— încălzire sau răcire intermitentă: temperatură setată redusă și/sau oprire în timpul zilei, noaptea și/sau în week-end;

— perioade de neocupare.

În caz de intermitenţă a funcționării, este posibilă o simplificare considerând o temperatură constantă echivalentă.

Pentru fiecare lună, profilul de temperatura operativă interioară setată pentru încălzire, $\theta_{int;set;H;ztc}$, și răcire, $\theta_{int;set;C;ztc}$, pentru fiecare zonă climatizată, *ztc*, trebuie cunoscut pentru zilele din săptămână, cele de week-end și pentru perioadele de neocupare.

Dacă regula se aplică la media spaţială de temperatură setată pentru clădirile rezidenţiale, temperatura setată pentru încălzire trebuie ajustată corespunzător.

2.8. Particularităţi ale calculului necesarului de energie propriu sistemului

Din cauza pasului de timp de calcul lunar, interacţiunile cu sistemele tehnice din clădire sunt modelate într-un mod simplificat, introducând coeficienţi de corecţie. Valorile acestor coeficienţi sunt funcţii de climat, de comportamentul utilizatorului, de tipul de sistem și de modul de reglare a sistemului.

Pentru calculul necesarului de energie propriu al sistemului (încălzire și răcire), se va aplica o corecţie a valorilor de temperaturi setate (sau a perioadelor - conform numărului de ore pe zi și de zile pe săptămână), în funcţie de caracteristicile specifice ale sistemului din clădire.

2.8.1. Încălzire sau răcire cu temperatură setată constantă

Pentru încălzire continuă la temperatură setată constantă pe durata unei luni, temperatura setată pentru încălzire, $\theta_{\text{int;H;set;}ztc}$, în °C, este utilizată ca temperatură de calcul a zonei, $\theta_{\text{int;calc;H}}$. La fel se procedează pentru temperatura de calcul pentru răcire, $\theta_{\text{int;C;set;}ztc}$, în °C, care trebuie utilizată ca temperatură setată de zonă, $\theta_{\text{int;calc;C}}$. Atunci, valoarea factorului de reducere pentru încălzire sau răcire intermitentă, $a_{H,\text{red;}ztc;m} = a_{\text{C,red;}ztc;m} = 1$.

2.8.2. Corecţie pentru încălzire intermitentă <u>(sursa – SR EN ISO 52016-1)</u>

În cazul încălzirii la temperaturi setate diferite și cu eventuale perioade de oprire, **temperatura setată** pentru zona de încălzire, $\theta_{\text{int;calc;H;}m}$, în °C, este calculată cu relația:

$$\theta_{\text{int;calc;H;}ztc;m} = a_{\text{H;red;}ztc;m} \times \left(\theta_{\text{int;set;H;}ztc} - \theta_{\text{e;a;}m}\right) + \theta_{\text{e;a;}m} \tag{2.59}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$\theta_{\text{int;set;H;}ztc}$ - temperatura setată normală de încălzire, pentru realizarea confortului termic, în °C;

$\theta_{\text{e;a;}m}$ - temperatura medie lunară a aerului exterior, în °C;

$a_{\text{H;red;ztc;m}}$ - factorul de reducere pentru un încălzire intermitentă, determinat în continuare (relația 2.60 cu completările 2.61 și 2.62)

$$a_{\text{H;red;}ztc;m} = 1 - \left(1 - a_{\text{H;red;day;}ztc;m}\right) - \left(1 - a_{\text{H;red;night;}ztc;m}\right) - \left(1 - a_{\text{H;red;wknd;ztc;}m}\right) \tag{2.60}$$

Pentru fiecare perioadă de reducere y, care poate fi: zi, noapte sau week-end;

$$a_{\text{H;red;y;}ztc;\text{m}} = 1 - f_{\text{H;red;y;}ztc} + f_{\text{H;red;y;}ztc} \cdot \text{d}\theta_{\text{H;red;mn;y;}ztc;\text{m}} \tag{2.61}$$

cu

$$f_{\text{H;red;y;}ztc} = \frac{\Delta t_{\text{H;red;y;}ztc} \cdot \text{n}_{\text{rep;H;red;y;}ztc}}{24 \times 7} \tag{2.62}$$

$a_{\text{H;red;y;}ztc;m}$ - factorul de reducere pentru încălzire intermitentă la temperatură setată redusă, cu y = zi, noapte sau week-end;

$f_{\text{H;red;y;}ztc}$ - partea relativă de timp la valoarea setată redusă pentru încălzire;

$n_{\text{rep;H;red;y;}ztc}$ - numărul de repetiţii ale perioadei de reducere y, într-o săptămână. De exemplu: $n_{\text{rep;H;red;y;}ztc} = 7$ pentru o reducere zilnică de temperatură noaptea; sau 5 dacă se combină cu o reducere de temperatură (sau oprire) de 2 zile în week-end;

$d\theta_{\text{H;red;mn;y;}ztc;m}$ - reducerea (relativă) medie a diferenţei de temperatură în timpul perioadei cu temperatură setată redusă, determinată mai jos;

$\Delta t_{\text{H;red;y;}ztc}$ - durata perioadei de timp în care se prevede o temperatură setată redusă, în h.

Pentru a calcula reducerea (relativă) medie a diferenţei de temperatură $d\theta_{\text{H;red;mn;}ztc;m}$, se vor determina următoarele **trei mărimi** suplimentare:

1) Reducerea adimensională a diferenţei dintre temperatura redusă setată și temperatura exterioară (sursa – SR EN ISO 52016-1), $d\theta_{\text{set;H;low;y;}ztc;m}$, dată pentru diferite situaţii astfel:

dacă ($\theta_{\text{int;set;H;}ztc}$ - $\theta_{\text{e;a;}m}$) ≤ 0: $d\theta_{\text{set;H;low;y;}ztc;m} = 1$ (2.63)

dacă ($\theta_{\text{int;set;H;low;y;}ztc}$ - $\theta_{\text{e;a;}m}$) ≤ 0: $d\theta_{\text{set;H;low;y;}ztc;m} = 0$ (2.64)

Dacă nu:

$$d\theta_{\text{set;H;low;y;}ztc;m} = \frac{\theta_{\text{int;set;H;low;y;}ztc} - \theta_{\text{e;a;}m}}{\theta_{\text{int;set;H;}ztc} - \theta_{\text{e;a;}m}} \tag{2.65}$$

În aceste relaţii, s-a considerat că $\theta_{\text{int;set;H;low;y;}ztc}$ reprezintă temperatura setată redusă de încălzire din zonă, în timpul perioadei de intermitenţă y.

2) Reducerea adimensională a diferenţei dintre temperatura interioară în regim liber (când încălzirea este oprită) **și temperatura exterioară** (sursa – SR EN ISO 52016-1), $d\theta_{float,;ztc;m}$ este dată de:

$$d\theta_{\text{float;}ztc;m} = \frac{\theta_{\text{int;float;}ztc;m} - \theta_{\text{e;a;}m}}{\theta_{\text{int;set;H;}ztc} - \theta_{\text{e;a;}m}} \tag{2.66}$$

Dacă ($\theta_{\text{int;set;H;}ztc}$ - $\theta_{\text{e;a;}m}$) ≤ 0:

$d\theta_{\text{float;}ztc;m} = 1$ În acest caz, nu este nevoie de încălzire.

Dacă nu:

$$d\theta_{\text{float;}ztc;m} = \frac{Q_{\text{H;gn;}ztc;m}}{\left(H_{\text{H;tr;}ztc;m} + H_{\text{H;ve;}ztc;m}\right)\cdot\left(\theta_{\text{int;set;H;}ztc} - \theta_{\text{e;a;}m}\right)\cdot \Delta t_m} \tag{2.67}$$

cu valoare maximă : $d\theta_{\text{float;m}} = 1$ și valoare minimă : $d\theta_{\text{float;m}}=0$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{\text{H;gn;}ztc;m}$ - reprezintă aporturile totale de căldură pentru modul de încălzire, în kWh;

$H_{\text{H;tr;}ztc;m}$ - coeficientul global de transfer de căldură prin transmisie pentru încălzire, în W/K;

$H_{\text{H;ve;}ztc;m}$ - coeficientul global de transfer de căldură prin ventilare pentru încălzire, în W/K.

3) **Durata (relativă), adimensională a perioadei** (sursa – SR EN ISO 52016-1), până la atingerea valorii reduse setate:

Dacă: ($d\theta_{\text{set;H;low;}ztc;m} - d\theta_{\text{float;}ztc;m}$) ≤ 0 sau în cazul unei opriri a încălzirii

se consideră $f_{\text{H;red;low;y;}ztc;m} = 1$. (2.68)

dacă: $d\theta_{\text{float;}ztc;m} = 1$ se consideră $f_{\text{H;red;low;y;}ztc;m} = 0$. (2.69)

Dacă nu:

$$f_{\text{H;red;low;y;}ztc;m} = \frac{\Delta t_{\text{H;red;low;y;}ztc;m} / \tau_{\text{H;}ztc;m}}{\Delta t_{\text{H;red;y;}ztc;m} / \tau_{\text{H;}ztc;m}} \tag{2.70}$$

unde:

$$\frac{\Delta t_{\text{H;red;low;y;}ztc;m}}{\tau_{\text{H;}ztc;m}} = -\ln\left(\frac{d\theta_{\text{set;H;low;y;}ztc;m} - d\theta_{\text{float;}ztc;m}}{1 - d\theta_{\text{float;}ztc;m}}\right) \tag{2.71}$$

și:

$\tau_{H;ztc;m}$ - constanta pentru modul de încălzire, în h.

Reducerea (relativă) medie a diferenţei de temperatură în timpul perioadei temperatura setată redusă, $d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m}$, este egală cu:
Dacă $f_{H;red;low;ztc;m} \geq 1$:

$$d\theta_{H;red;mn;ztc;m} = d\theta_{float;y;ztc;m} + \left(\frac{1 - d\theta_{float;ztc;m}}{\Delta t_{H;red;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m}} \right) \cdot \left(1 - e^{-\left(\Delta t_{H;red;y;ztc} / \tau_{H;ztc;m}\right)} \right) \quad (2.72)$$

În alte cazuri:

$$d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m} = \left(\frac{1 - d\theta_{set;H;low;y;ztc;m}}{\Delta t_{H;red;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m}} \right) + f_{H;red;low;y;ztc;m} \cdot d\theta_{float;ztc;m} + \left(1 - f_{H;red;low;y;ztc;m}\right) \cdot d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} \quad (2.73)$$

2.8.3. Corecţii pentru răcire intermitentă (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Corecţiile în cazul răcirii la temperaturi setate diferite și eventual cu perioade de oprire a răcirii, sunt aplicate la necesarul de răcire și nu la temperatura de calcul (ca în cazul încălzirii). Astfel, temperatura setată a zonei, pentru răcire, $\theta_{int;calc;C;m}$, în °C, rămâne aceeaşi ca pentru răcire continuă.

Reducerea necesarului de răcire este luată în considerare numai dacă răcirea este redusă sau oprită în timpul întregului week-end (deci minim 48 ore/săptămână). Dacă această condiţie nu este îndeplinită, atunci $a_{C;red;ztc;m} = 1$.

Factorul de reducere adimensională pentru răcire intermitentă, $a_{C,red;ztc;m}$, în cazul unei reduceri sau unei opriri în week-end, este calculat cu relația următoare:

$$a_{C;red;ztc;m} = a_{C;red;wknd;ztc;m} = \left(1 - f_{C;red;wknd;ztc}\right) + b_{C;red;wknd} \cdot f_{C;red;wknd;ztc} \quad (2.74)$$

cu

$$f_{C;red;wknd;ztc} = \frac{\Delta t_{C;red;wknd;ztc} \times n_{rep;C;red;wknd;ztc}}{24 \times 7} \quad (2.75)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată, *ztc*:

$f_{C;red;wknd;ztc}$ - partea relativă a săptămânii cu o intermitenţă de funcţionare;

$n_{rep;C;red;wknd;ztc}$ - numărul de repetiţii ale acestei intermitenţe într-o săptămână; de exemplu: $n_{rep;C;red;wknd;ztc} = 1$ pentru reducerea sau oprirea în week-end și $n_{rep;C;red;wknd;ztc} = 0$ fără reducere sau oprire în week-end;

$\Delta t_{C;red;wknd;ztc}$ - durata week-endului cu o temperatură setată redusă pentru răcire sau o întrerupere, în h;

$b_{C;red;wknd}$ - factor de corelaţie empirică, cu valoarea prin lipsă $b_{C;red} = 0,3$.

Valoarea $a_{C;red;wknd;ztc;m}$ este influenţată numai de durata de reducere sau de oprire în week-end, și nu de temperatura setată «redusă».

2.8.4. Corecţii pentru perioada de neocupare

Pentru calculul necesarului de energie lunar pentru încălzire/răcire, trebuie făcută distincție între lunile cu și fără perioade lungi de neocupare. Pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și pentru fiecare lună *m*, necesarul de energie lunar pentru încălzire, $Q_{H;nd;ztc;m}$, în kWh, este calculat conform unuia din cele două cazuri următoare:

a) <u>pentru lunile fără perioadă lungă de neocupare, $Q_{H;nd;ztc;m}$ este calculat cu formulele din figura 2.18:</u>

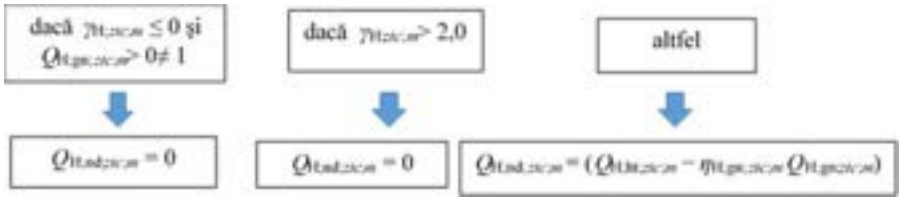


Figura 2.18. Necesarul de energie lunar pentru încălzire dacă există perioade scurte de neocupare

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$\gamma_{H;ztc;m}$ - raportul de bilanț termic adimensional pentru modul de încălzire;

$Q_{H;ht;ztc;m}$ - transferul termic total pentru modul de încălzire, în kWh;

$\eta_{H;gn;ztc;m}$ - factorul adimensional de utilizare a aporturilor;

$Q_{H;gn;ztc;m}$ reprezintă aporturile termice totale pentru modul de încălzire, în kWh.

În mod similar, dacă nu există perioade lungi de neocupare, necesarul de energie lunar pentru răcire, $Q_{C,nd;ztc;m}$, în kWh, este calculat conform unuia din cazurile reprezentate în figura 2.19.

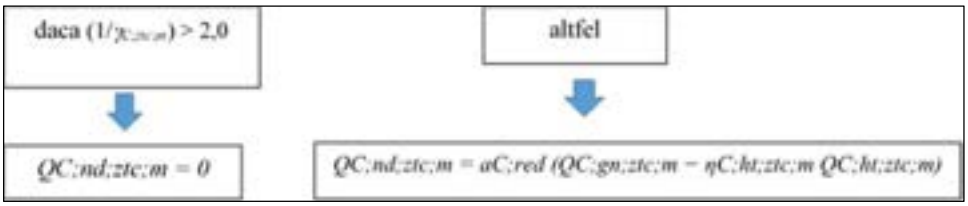


***Figura 2.19**. Necesarul de energie lunar pentru răcire dacă există perioade scurte de neocupare*

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{C;ht;ztc;m}$ - transferul termic total pentru modul de răcire, în kWh;

$\eta_{C;ht;ztc;m}$ - factorul adimensional de utilizare a transferului termic;

$Q_{C;gn;ztc;m}$ - aporturile termice totale pentru modul de răcire, în kWh;

$a_{C;red ztc;m}$ - factorul de reducere adimensional pentru răcire intermitentă;

$Q_{C;nd;ztc;m}$ este determinat special în caz de perioadă lungă de neocupare.

b) <u>în caz de perioadă lungă de neocupare (sursa – SR EN ISO 52016-1)</u>, $Q_{H;nd;ztc;m}$ este calculat folosind indici de corecţie. Necesarul pentru încălzire și pentru răcire, ţinând seama de perioadele de neocupare, $Q_{H;nd;ztc;m}$ și $Q_{C;nd;ztc;m}$, sunt calculate astfel:

- dacă o lună cuprinde o perioadă de neocupare, se efectuează calculul de două ori: 1) pentru încălzire/răcire calculate în perioadă de ocupare (normale) și 2) pentru calculele în perioadă de

neocupare, pe urmă se realizează o interpolare liniară a rezultatelor, în funcţie de fracţia de timp a perioadei de neocupare, în raport cu perioada de ocupare:

$$Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;m} = \left(1 - f_{\mathrm{H,nocc;}ztc;m}\right) \cdot Q_{\mathrm{H;nd;occ;}ztc;m} + f_{\mathrm{H,nocc;}ztc;m} \cdot Q_{\mathrm{H;nd;nocc;}ztc;m} \tag{2.76}$$

$$Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m} = \left(1 - f_{\mathrm{C,nocc;}ztc;m}\right) \cdot Q_{\mathrm{C;nd;occ;}ztc;m} + f_{\mathrm{C,nocc;}ztc;m} \cdot Q_{\mathrm{C;nd;nocc;}ztc;m} \tag{2.77}$$

unde, pentru o zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{\mathrm{H/C;nd;occ;}ztc;m}$ - necesarul de energie pentru încălzire/răcire, calculat presupunând, pentru toate zilele din lună, că reglarea termostatului corespunde perioadei de ocupare, în kWh;

$Q_{\mathrm{H/C;nd;nocc;}ztc;m}$ - necesarul de energie pentru încălzire/răcire, calculat presupunând, pentru toate zilele din lună, că reglarea termostatului corespunde perioadei de neocupare, în kWh;

$f_{\mathrm{H/C;nocc;}ztc;m}$ - fracţia de timp dintr-o lună care corespunde perioadei de neocupare (încălzire/răcire) (de exemplu 10/31- 10 zile neocupate din 31).

2.8.5. Temperatură calculată într- o zonă climatizată, ca variabilă de ieşire (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Temperatura în zona climatizată poate fi necesară, pentru a evalua pierderile termice ale generatoarelor de căldură sau de frig, ale sistemelor de stocare și de distribuţie (tubulatură și conducte) situate în spațiile climatizate.

Pentru modul de încălzire, temperatura medie lunară a zonei $\theta_{\mathrm{int;op;H;}ztc;m}$, în °C, este egală cu temperatura de calcul, $\theta_{\mathrm{int;calc;H;}ztc;m}$, în °C.

Pentru răcire, temperatura medie lunară a zonei, $\theta_{\mathrm{int;op;C;}ztc;m}$, în °C, este dată de formulele următoare:

$$\theta_{\mathrm{int;op;C;}ztc;m} = \theta_{\mathrm{e;a;}m} + \frac{\left(Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m} + Q_{\mathrm{C;gn;}ztc;m}\right)}{\left(H_{\mathrm{C;ht;}ztc;m} \times 0{,}001 \times \Delta t_m\right)} \tag{2.78}$$

cu: $$H_{\mathrm{C;ht;}ztc;m} = \frac{Q_{\mathrm{C;ht;}ztc;m}}{\left(\theta_{\mathrm{int,calc,C;}ztc;m} - \theta_{\mathrm{e;a;}m}\right)} \tag{2.79}$$

unde

$\theta_{\mathrm{e;a;}m}$ - temperatura medie lunară a aerului din mediul exterior, obţinută pe baza normei corespunzătoare indicată în modulul PEC M1-13, în °C;

$Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m}$ - necesarul de energie lunar pentru răcire pentru zona climatizată *ztc* și luna *m*, determinat după cum urmează, în kWh;

$Q_{\mathrm{C;gn;}ztc;m}$ - aporturile termice totale pentru modulde răcire, în kWh;

$Q_{\mathrm{C;ht;}ztc;m}$ - transferul termic total prin transmisie și ventilare pentru modul de răcire, în kWh;

$\theta_{\mathrm{int;calc;C;}ztc;m}$ - temperatura setată în zona pentru răcire, determinată, în °C;

Δt_m - durata lunii *m*, în h.

NOTĂ: Formulele sunt o expresie a bilanţului termic lunar, în care este luat în considerare efectul intermitenţei și al pierderilor termice neutilizate.

Dacă utilizând această temperatură ca intrare, nu poate fi făcută nicio distincție între modul cald și modul rece, temperatura pentru modul cald și modul rece trebuie ponderată lunar, respectiv cu necesarul de încălzire și de răcire.

2.8.6. Indicator de supraîncălzire (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Posibilitatea de supraîncălzire este evaluată la nivelul unei zone termice. Deoarece o zonă termică poate să conţină spaţii cu proprietăţi și cu sarcini termice diferite, indicatorul de supraîncălzire poate subestima riscul de supraîncălzire.

Indicatorul de supraîncălzire al zonei termice *ztc* este egal cu supratemperatura cumulată anuală, care se calculează cu relaţiile:

$$I_{\mathrm{OH};ztc;\mathrm{an}} = \sum_{m=1}^{12} T_{\mathrm{OH};ztc;m} \tag{2.80}$$

$$T_{\mathrm{OH};ztc;m} = \frac{1\,000 \times \left(Q_{\mathrm{OH;gn};ztc;m} - Q_{\mathrm{OH;ht};ztc;m}\right)}{H_{\mathrm{OH;tr};ztc;m} + H_{\mathrm{OH;ve};ztc;m}} \tag{2.81}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată, *ztc*:

$I_{\mathrm{OH};ztc;\mathrm{an}}$ - indicatorul de supraîncălzire anual, în K·h;

$T_{\mathrm{OH};ztc;m}$ - supratemperatura cumulată lunară, în K·h;

$Q_{\mathrm{OH;gn};ztc;m}$ sunt aporturile termice totale pentru calculul la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinate, calculate în continuare, în kWh;

$Q_{\mathrm{OH;ht};ztc;m}$ reprezintă transferul termic total prin transmisie și ventilare pentru calculul la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinate conform celor de mai jos, în kWh;

$H_{\mathrm{OH;tr};ztc;m}$ - coeficientul global de transfer termic prin transmisie pentru calculul la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinat conform celor de mai jos, în W/K;

$H_{\mathrm{OH;ve};ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic prin ventilare pentru calculul de la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinat conform décrit mai jos, în W/K.

Calculele respectă aceeaşi metodologie și aceleaşi formule pentru calculul de răcire, dar cu diferenţele următoare:

— în absenţa unui punct setat de răcire, calculul trebuie efectuat cu punct setat de răcire $\theta_{\mathrm{int;set;C};ztc}$ = 26°C;

— condiţiile la limită sunt diferite, antrenând valori numerice diferite pentru toate variabilele din aval corespunzătoare, de unde utilizarea indicelui OH mai curând decât indicele C.

— valoarea coeficientului de transfer termic global prin transmisie, $H_{\mathrm{OH;tr};ztc;m}$, este luată egală cu valoarea sa pentru răcire, $H_{\mathrm{C;tr};ztc;m}$;

— coeficientul global de transfer termic prin ventilare, $H_{\mathrm{OH;ve}ztc;m}$, este determinat luând în considerare dispoziţii pentru ventilare intensivă (ziua și/sau la noaptea) (de exemplu, deschiderea sigură a ferestrelor) pentru a evacua căldura în exces.

— valorile aporturilor interne și solare sunt definite egale cu valorile lor pentru răcire.

2.9. Necesar de energie pentru umidificare şi dezumidificare (sursa – SR EN ISO 52016-1)

2.9.1. Umidificare

Necesarul lunar de energie latentă pentru umidificare (pe durata sezonului de încălzire) este dat de:

$$Q_{\mathrm{HU;nd};ztc;m} = f_{\mathrm{HU};m} \cdot h_{\mathrm{we}} \cdot \left(1 - \eta_{\mathrm{HU;rvd};ztc}\right) \cdot \rho_{\mathrm{a}} \cdot q_{\mathrm{V;mech};ztc;m} \cdot \left(\Delta x \cdot t\right)_{\mathrm{a;sup};ztc;\mathrm{an}} \quad (2.82)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{\mathrm{HU;nd};ztc;m}$ - necesarul de umidificare, în kWh;

$f_{\mathrm{HU};m}$ - fracţia lunară a necesarului de energie pentru umidificare, obţinută pentru fiecare lună *m:*

$f_{\mathrm{HU};m} = Q_{\mathrm{H;nd};m}/Q_{\mathrm{H;nd;an}}$

unde $Q_{\mathrm{H;nd};m/\mathrm{an}}$ - necesarul de energie lunar/anual pentru încălzire, în kWh;

h_{we} - căldură latentă de vaporizare a apei, în J/kg;

$\eta_{\mathrm{HU;rvd};ztc}$ - eficienţa recuperării de căldură latentă în zona termică de deservire a sistemului *ztc*. Pentru roată desicantă se recomandă $\eta_{\mathrm{HU;rvd};ztc} = 0{,}55$;

ρ_{a} - densitatea aerului, în kg/m^3;

$q_{\mathrm{V;mech};ztc;m}$ - debitul mediu lunar de aer de introducere mecanică care intră în zonă, conform reglementării tehnice pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, în m^3/s;

$(\Delta x \cdot t)_{\mathrm{a;sup};ztc;\mathrm{an}}$ - cantitatea cumulată anuală de umiditate ce trebuie furnizată pe kg de aer uscat produs, în kg h/kg.

Calculul necesarului de energie pentru umidificare se poate face pe baza punctului setat de conţinut minim de umiditate al zonei (conform SR EN ISO 52016-1, capitolul 6.5.14).

Tabel 2.21. Valori indicative pentru cantitatea cumulată anuală de umiditate care trebuie furnizată pentru un kg de aer uscat introdus (metodă lunară); trebuie adaptate funcție de datele climatice

Categorie de spaţiu	Cantitate cumulată anuală de umiditate ce trebuie furnizată pe kg de aer uscat introdus $\Delta x \cdot t_{\mathrm{a;sup}}$(kg h/kg)
Rezidenţe individuale, colective	0,17
Birouri	4,20
Cladiri pentru educaţie	4,20
Spitale	4,20
Hoteluri, restaurante	0,17
Bucătării	0,00
Teatre, auditorii	0,17
Servere	0,00
Săli de sport condiţionate	0,17
Săli de sport necondiţionate	0,00
Magazine en gros sau en detail	0,17
Garaje	0,00

2.9.2. Dezumidificare

Necesarul lunar de energie latentă pentru dezumidificare (pe durata verii) este, în cazul utilizării echipamentelor de răcire pe durata verii:

$$Q_{\mathrm{DHU;nd;}ztc;m} = f_{\mathrm{DHU;C}} \cdot Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m} \tag{2.83}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și lună *m*:

$Q_{\mathrm{DHU;nd;}ztc;m}$ - necesarul de energie pentru dezumidificare, în kWh;

$Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m}$ - necesarul de energie pentru răcire (sensibilă), în kWh;

$f_{\mathrm{DHU;C;}ss}$ - fracția necesarului de energie sensibilă care trebuie adăugată pentru dezumidificare, pe tip de sistem de răcire *ss* (obţinută pe baza normei de sistem corespunzătoare indicată în modulul PEC M7-1, conform metodei din SR EN 16798-3).

Calculul necesarului de energie pentru dezumidificare se poate face pe baza punctului setat de conţinut maxim de umiditate al zonei (conform SR EN ISO 52016-1, capitolul 6.5.14).

2.10. Necesarul anual de energie pentru încălzire, răcire şi latent

Necesarul anual de energie pentru încălzire, $Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;\mathrm{an}}$, în kWh, pentru zona climatizată *ztc*, este calculat cu relația următoare:

$$Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;\mathrm{an}} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;m} \tag{2.84}$$

unde:

$Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;m}$ - necesarul de căldură lunar pentru încălzire pentru zona climatizată *ztc* și luna *m*, în kWh.

Pentru calculul necesarului de energie lunar pentru încălzire, se face distincție între lunile cu și fără o perioadă lungă de neocupare. Pentru fiecare zonă climatizată *ztc* și pentru fiecare lună *m*, necesarul de energie lunar pentru încălzire, $Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;m}$, în kWh, este calculat pentru unul din cele două cazuri următoare:

a) în cazul unei perioade lungi de neocupare, $Q_{\mathrm{H;nd;}ztc;m}$ este calculat conform capitolului de calcul al corecţiilor pentru perioada de neocupare.

Pentru fiecare zonă, necesarul de energie anual pentru răcire, $Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;\mathrm{an}}$, în kWh, este calculat cu relația următoare:

$$Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;\mathrm{an}} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m} \tag{2.85}$$

unde

$Q_{\mathrm{C;nd;}ztc;m}$ - necesarul termic lunar pentru răcire pentru zona climatizată *ztc* și luna *m,* determinat ca mai jos, în kWh.

Necesarul de energie latent anual pentru umidificare, pe durata sezonului de încălzire, respectiv pentru dezumidificare pe durata sezonului cald, este calculat ca sumă a necesarului lunar:

$$Q_{\mathrm{HU/DHU;nd;}ztc\mathrm{;an}} = \sum_{m} Q_{\mathrm{HU/DHU;nd;}ztc;m} \tag{2.86}$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată, *ztc*:

$Q_{\mathrm{HU/DHU;nd;}ztc\mathrm{;an}}$ - necesarul anual de umidificare (dezumidificare), în kWh;

$Q_{\mathrm{HU/DHU;nd;}ztc;m}$ - necesarul lunar de umidificare (dezumidificare), în kWh.

2.11. Calcul simplificat al duratei perioadelor de încălzire/răcire

În lipsa unor date naţionale, bazate pe anul climatic mediu, se recomandă utilizarea metodei bazate pe temperatura de echilibru.

O soluţie simplă este de a reprezinta grafic variația temperaturii medii lunare (pe ordonată), pentru diferite luni ale perioadei calde sau reci și de tranziţie (pe abscisă). Se calculează „temperatura de echilibru" θ_{emz} care reprezintă valoarea temperaturii exterioare la care aporturile de căldură de la sursele interioare și exterioare (soare) sunt egale cu pierderile prin transfer (prin transmisie Q_T și prin ventilare Q_V), calculate pentru temperatura interioară de calcul pentru încălzire, respectiv pentru răcire.

În figurile următoare sunt oferite exemple de reprezentare pentru stabilirea perioadei de răcire și similar pentru stabilirea perioadei de încălzire. (Observaţie: la reprezentarea pentru situaţia de încălzire, curba a fost lisată).

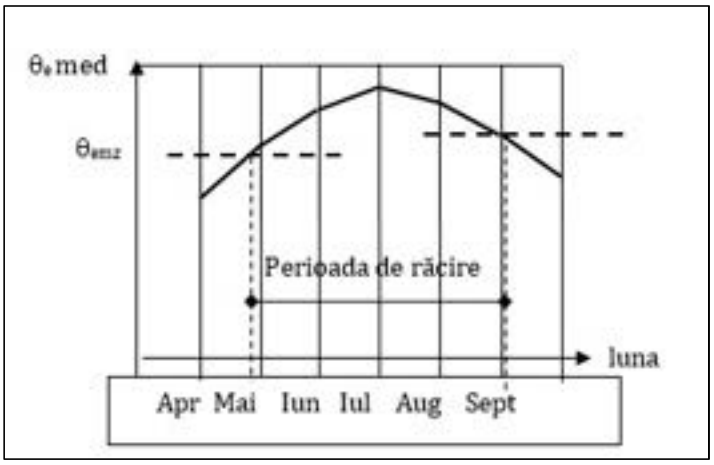


***Figura 2.20**. Stabilirea grafică a perioadei anuale de răcire*

Se calculează temperatura exterioară medie lunară θ_{emz} care satisface relația:

$$\theta_{emz} = \theta_i - \frac{\eta_l Q_{surse,z}}{H_T\ t_z} \tag{2.87}$$

în care: θ_i – temperatura interioară de calcul pentru climatizare, $Q_{surse,z}$ – energia de la Soare (inclusiv efectul lui Q_{sky}) și de la sursele interioare, calculată în kWh pentru o zi medie din luna respectivă (de început sau sfârşit de sezon de răcire), H_T – coeficientul total de pierderi/aporturi de căldură al încăperii (determinat în kW/K pe baza coeficienților de pierderi/aporturi prin transmisie și ventilare), η_l – factor adimensional de utilizare a aporturilor pierderilor termice (pentru încălzire)

calculat pentru $\lambda = 1$, respectiv factorul de utilizarea transferului de căldură, pentru răcire, t_z – durata unei zile (24 ore).

Pe grafic se trasează valorile calculate care se intersectează cu dreptele care unesc temperaturile medii lunare; abscisa punctului de intersecţie marchează începutul sau sfârşitul periodelor de încălzire, respectiv răcire. Reprezentarea se face la scară, pentru a citi pe abscisă numărul de zile.

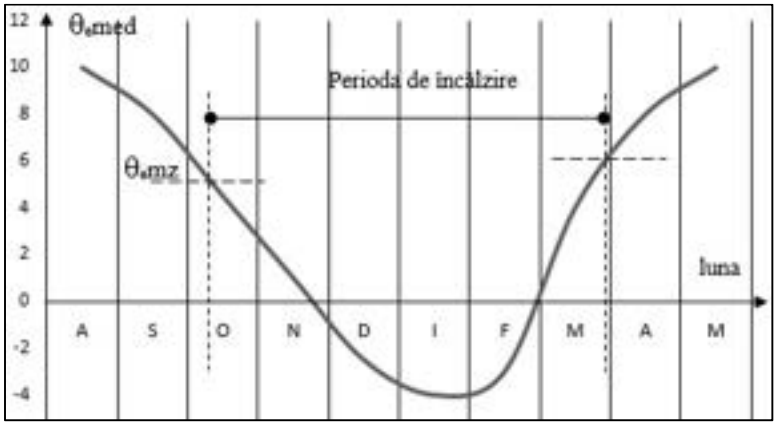


Figura 2.21. Stabilirea grafică a perioadei anuale de încălzire

Durata sezonului de încălzire și de răcire va fi considerată și ca timp de funcţionare a dispozitivelor sezoniere, ca de exemplu pompele pentru sistemul de încălzire, ventilatoarele pentru sistemul de răcire etc.

2.12. Calculul temperaturii interioare în regim liber

Calculul temperaturii interioare a unei încăperi (zone termice) se realizează folosind, preferabil, o metodă de calcul orar. Se poate folosi și o metodă de calcul lunar.

2.12.1. Prezentarea metodei

Metoda de calcul orar, în comparaţie cu metoda de calcul lunar, permite un calcul mult mai detaliat și mai apropiat de fenomenele fizice; rezultatele obţinute vor fi de asemenea mai corecte. În această parte a metodologiei este detaliată numai o aplicaţie a metodei de calcul orar.

Scopul acestui calcul este determinarea temperaturii care se realizează în interiorul unei clădiri/zone, în perioada de vară, în absenţa sistemului de climatizare (răcire) – denumit regim liber. Acest calcul permite studiul supraîncălzirii încăperilor în absenţa climatizării. Modificând diferite scenarii de utilizare a elementelor de umbrire, a ventilării (inclusiv ventilarea nocturnă), de densitate de ocupare a spaţiunlui – cu oameni, lumină și/sau aparatură electronică, se poate stabili necesitatea utilizării sau reducerea utilizării unei instalații de climatizare (răcire) pentru asigurarea confortului termic al ocupanţilor în perioada de vară, în perioada climatică ce se alege pentru verificare, obţinând astfel o economie importantă de energie.

2.12.2. Modelul de calcul

Calculul se bazează pe analogia electrică pentru modelarea proceselor de transfer termic care au loc între interiorul și exteriorul unei clădiri. Structura fiecărui element al clădirii este împărţită în straturi, în care au loc fenomenele termice de transfer și de acumulare a căldurii. La limita straturilor sunt fixate noduri în care se scriu ecuaţii de bilanț termic, analoage formulelor lui Kirchhoff pentru reţele electrice.

Ipotezele principale luate în considerare la elaborarea modelului de calcul sunt:
- încăperea este un spațiu închis, delimitat de elementele de construcţie;
- temperatura aerului este uniformă în întreg volumul util al încăperii;
- suprafeţele elementelor de construcţie sunt considerate izoterme;
- proprietăţile termofizice ale materialelor elementelor de construcţie sunt constante în timp;
- conducţia căldurii prin fiecare element de construcţie este unidimensională (cu excepţia transferului către sol, unde se aplică metoda fluxului termic echivalent);
- distribuţia spaţială a părţii radiative a fluxului de căldură datorat surselor interioare este uniformă;
- este neglijată contribuţia punţilor termice și a elementelor vitate la fenomenul de stocare a căldurii;
- punţile termice (liniare și punctuale) sunt cuplate direct cu temperatura aerului interior și exterior;
- volumele de aer sunt considerate ca lame de aer delimitate de suprafețe izoterme și paralele;
- densitatea fluxului termic datorat radiației de lungime scurtă de undă, absorbită de un element vitrat este tratată ca un termen sursă;
- dimensiunile fiecărui element de construcţie sunt considerate pe partea interioară, pentru fiecare element de delimitare a încăperii;
- valorile coeficienţilor de schimb de căldură sunt considerate separat, pentru convecţie și respectiv radiație de lungime mare de undă: astfel, coeficientul de schimb de căldură prin convecţie la interior h_{ci} = 2,5W/m^{2}K; coeficientulul de schimb de căldură prin radiație la interior: h_{ri} = 5,5W/m^{2}K; iar la exterior: h_{ce} = 8W/m^{2}K și h_{re} = 16W/m^{2}K.

Etapele principale ale aplicării metodei sunt următoarele:
- definirea condițiilor climatice;
- stabilirea încăperii/zonei pentru care se studiază temperatura interioară;
- stabilirea elementelor de construcţie care delimitează încăperea studiată (suprafețe, orientări, condiții la limită);
- calculul parametrilor termofizici (în regim permanent și în regim dinamic) și al parametrilor optici (pentru elementele de construcţie opace și transparente);
- definirea scenariului de ventilare și a scenariului de umbrire a suprafeţelor;
- calculul degajărilor de căldură de la surse interioare (inclusiv scenarii de funcționare a surselor);
- stabilirea schemei analogice de calcul;
- scrierea ecuaţiilor de bilanț termic pentru fiecare nod de temperatură, tratat prin analogie cu un nod al unei reţele electrice care conține rezistenţe, capacităţi și generatoare de curent (prin analogie: rezistenţe și capacităţi termice și fluxuri de căldură care intră/ies în noduri, de la aporturi interioare și solare, transfer termic etc.);
- scrierea ecuaţiei de bilanț termic la nivelul încăperii;
- tratarea sistemului de ecuaţii și punerea lui sub formă matricială, uşor de rezolvat cu un solver de ecuaţii liniare;

- determinarea temperaturii operative interioare, a temperaturii aerului interior și a temperaturii medii de radiație pentru încăperea simulată.

În continuare sunt prezentate pentru exemplificare, bilanţuri termice la moment de timp t:
- ecuaţia de bilanț termic global la nivelul încăperii relația 2.88;
- ecuaţia de bilanț termic într-un nod de la suprafaţa interioară a unui perete exterior masiv (figura 2.22, 1a) – relația 2.89;
- ecuaţia de bilanț termic într-un nod de la suprafaţa exterioară a unui perete exterior masiv (figura 2.22, 1b) – relația 2.90;
- ecuaţia de bilanț termic într-un nod dintre straturi (figura 2.22, 1c) – relația 2.91.

Pentru a modela transferul în regim dinamic, în noduri se introduc fluxurile spre sau dinspre elementele capacitive. Modelul analogic pentru un perete, aşa cum a fost dezvoltat în SR EN ISO 52016-1, cu 5 noduri capacitive este reprezentat în figura 2.23.

Extinzând acest model la toate elementele de anvelopă și scriind ecuaţia de bilanț termic al încăperii în regim nestaţionar (2), se obține sistemul de ecuaţii exprimat sintetic prin ecuaţia matricială (9).

Urmărind schemele din figuri, fluxurile termice se exprimă în funcţie de legile transferului de căldură conductiv, convectiv sau radiativ. Elementele componente ale anvelopei unei clădiri sunt considerate în funcţie de rezistenţa și inerţia termică, de transparenţă și de poziţie.
Din punct de vedere al inerţiei termice și al transparenţei, elementele anvelopei se clasifică în: elemente exterioare opace uşoare, sau grele și elemente transparente (ferestre, luminatoare, uşi vitrate).

2.12.2.1. Ecuaţia de bilanț termic pentru încăpere/zonă termică (din SR EN ISO 52017-1)
Ecuaţia de bilanț termic (căldură sensibilă) ia în considerare toate fluxurile de căldură care intră sau ies din încăpere într-un interval de timp elementar dt. Aceste fluxuri conduc la variația temperaturii aerului interior, $\theta_{int;a}$.

$$\sum_{j=1}^{N}\left(A\cdot q_{c;i}\right)_j + \Phi_V + \Phi_{int;c} + \Phi_{HC;ld;c} + \Phi_{sa} + \Phi_{va} + \Phi_{tb} = c_a\cdot\rho_{int;a}\cdot V_{int;a}\cdot\frac{d\theta_{int;a}}{dt} \qquad (2.88)$$

unde:

N - numărul de suprafețe interioare care delimitează volumul de aer interior;
A_j - aria elementului de clădire j, în m^2;
$q_{c;i}$ - densitatea fluxului de căldură convectiv unidimensional la faţa interioară, în W/m^2;
Φ_v fluxul termic transferat prin ventilare, în W;
$\Phi_{int;c}$ fracţia convectivă a fluxului termic de la sursele interioare de căldură, în W;
$\Phi_{HC;ld;c}$ fluxul termic convectiv din sarcina termică sensibilă de încălzire/răcire a spaţiului, în W;
Φ_{sa} fluxul termic preluat de aer din aporturile solare, în W;
Φ_{va} fluxul termic care intră în încăpere prin lamele de aer ale elementelor dalimitatoarea, în W;

Φ_{tb} fluxul termic transferat prin punţile termice, în W (considerat nul dacă rezistenţele termice ale elementelor de construcţie au valori corectate cu punţile termice);

c_a capacitatea calorifică masică a aerului, în J/(kg·K);

$\rho_{int;a}$ masa volumică (densitatea) aerului uscat interior, în kg/m^3;

$V_{int;a}$ volumul interior util, în m^3;

$\theta_{int;a}$ temperatura aerului interior, în °C;

t timpul, în s.

Se remarcă faptul că bilanţul se referă la aerul interior din încăpere și din acest motiv se consideră **doar fluxurile convective**. Membrul drept al ecuaţiei poate fi considerat egal cu zero ca urmare a capacităţii termice foarte mici a aerului din zonă.

Acest bilanţ termic pentru zona ztc şi la momentul de timp t, scris cu luarea în considerare a capacităţii termice interioare a zonei de calcul şi integrat prin metoda diferenţelor finite pentru intervalul de timp Δt, devine:

$$\left[\frac{C_{\mathrm{int};ztc}}{\Delta t}+\sum_{eli=1}^{eln}\left(A_{eli}\cdot h_{\mathrm{ci};eli}\right)+\sum_{vei=1}^{ven}H_{\mathrm{ve};vei;t}+H_{\mathrm{tr;tb};ztc}\right]\cdot\theta_{\mathrm{int;a};ztc;t}-\sum_{eli=1}^{eln}\left(A_{eli}\cdot h_{\mathrm{ci};eli}\cdot\theta_{\mathrm{pln};eli;t}\right)$$
$$=\frac{C_{\mathrm{int};ztc}}{\Delta t}\cdot\theta_{\mathrm{int;a};ztc;t-1}+\sum_{vei=1}^{ven}\left(H_{\mathrm{ve};vei;t}\cdot\theta_{\mathrm{sup};vei;t}\right)+H_{\mathrm{tr;tb};ztc}\cdot\theta_{\mathrm{e;a};t}$$
$$+f_{\mathrm{int,c}}\cdot\Phi_{\mathrm{int};ztc;t}+f_{\mathrm{sol,c}}\cdot\Phi_{\mathrm{sol};ztc;t}+f_{\mathrm{H/C,c}}\cdot\Phi_{\mathrm{HC};ztc;t} \qquad (2.89)$$

$C_{int;ztc}$ capacitatea termică interioară a zonei, în J/K;

Δt durata pasului de timp t, în s;

$\theta_{int;a;ztc;t}$ temperatura aerului interior la timpul t, în °C;

$\theta_{int;a;ztc;t-1}$ temperatura aerului interior din zonă la timpul precedent (t-Δt), în °C;

A_{eli} suprafaţa elementului de clădire eli, în m^2;

$h_{ci;eli}$ coeficientul de transfer termic prin convecţie, la suprafaţa interioară a elementului de clădire eli, determinat pe tip de element de clădire, în W/(m^2·K);

$\theta_{pln;eli;t}$ temperatura pe suprafaţa interioară a elementul de clădire eli, în °C;

$H_{ve;k;t}$ coeficientul de transfer termic global prin ventilare, pentru elementul de flux de ventilare k, în W/K;

$\theta_{sup;k;t}$ temperatura de introducere a fluxului de ventilare k, ce intră în zonă, în °C;

$\theta_{e;a;t}$ temperatura aerului exterior, în °C;

$H_{tr;tb;ztc}$ transmitanţa globală a punţilor termice, în W/K;

$f_{int,c;ztc}$ fracţia convectivă a aporturilor interne, valoare informativă fint,c;ztc=0,40 (se poate diferenţia pe tipuri de surse);

$f_{sol,c\ ztc}$ fracţia convectivă a radiaţiei solare, valoare informativă fsol,c ztc= 0,1;

$f_{H/C,c\ ztc}$ fracţia convectivă a sistemului de încălzire/răcire, valoare informativă $f_{H/C,c\ ztc}$ = 0,40; pentru calculul necesarului de energie propriu al sistemului, se pot aplica valori specifice;

$\Phi_{int;ztc;t}$ aportul de căldură intern total pentru zona ztc, în W;

$\Phi_{HC;ztc;t}$ sarcina de încălzire (dacă este pozitivă) sau sarcina de răcire (dacă este negativă) în zona de calcul ztc, la timpul t, în funcţie de tipul de aplicaţie de calcul, în W;

$\Phi_{sol;ztc;t}$ aportul solar direct transmis în zonă, totalizat pentru toate ferestrele wi, conform, în W.

2.12.2.2. Ecuaţii de bilanţ termic în nodul de la suprafaţa interioară a unui element exterior de clădire

Temperatura pe faţa interioară a unui element de clădire j este obţinută din ecuaţia de bilanţ în care fluxurile către suprafaţa interioară sunt considerate pozitive, cu excepţia fluxului qc,j.

$$q_{\mathrm{lr},j} + q_{\mathrm{sol},j} + q_{\mathrm{c},j} + q_{\mathrm{cd},j} + q_{\mathrm{i;r}} + q_{\mathrm{HC;ld;r}} = 0 \qquad (2.90)$$

unde:

q_{lr} densitatea fluxului termic radiativ de lungime mare de undă schimbat cu celelalte suprafețe interioare în W/m^2;

q_{sol} densitatea fluxului termic datorat radiației solare de lungime mică de undă, în W/m^2;

q_c densitatea fluxului termic prin convecţie, în W/m^2;

q_{cd} densitatea fluxului termic prin conducţie, în W/m^2;

$q_{i;r}$ densitatea fluxului termic radiativ de la aporturile interioare, în W/m^2;

$q_{HC;ld;r}$ densitatea fluxului termic radiativ al sarcinii sensibile de încălzire/răcire a spaţiului, în W/m^2.

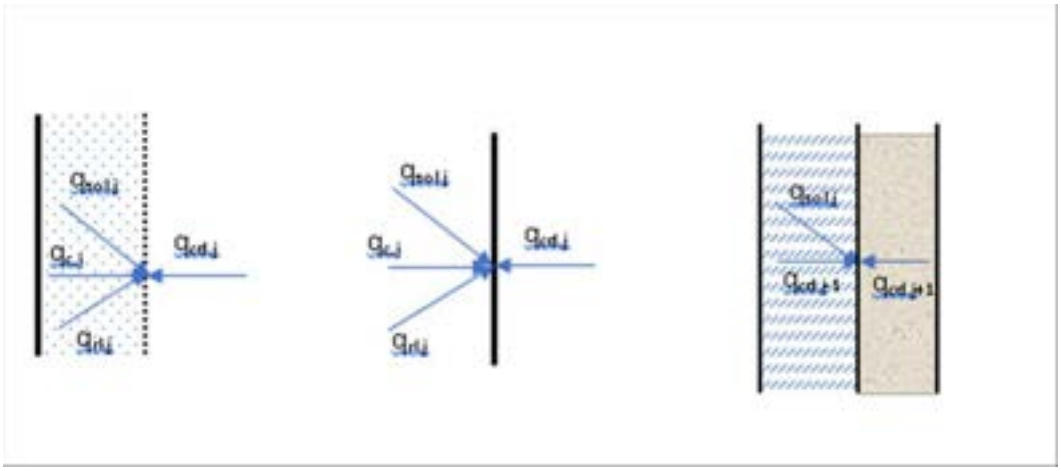


Figura 2.22. Scheme de calcul pentru nodurile de calcul plasate pe suprafaţa unui element al clădirii sau între straturi (din SR EN ISO 52017-1); a) la suprafaţa unei lame de aer; 1-lamă de aer b) la faţa exterioară c) între straturi

Relaţiile de calcul pentru fluxurile termice luate în considerare sunt detaliate în paragraful 6.4.5, din SR EN ISO 52017-1

Dacă în ecuaţia de bilanţ (2.83) de mai sus se introduce fluxul capacitiv și se integrează folosind metoda diferenţelor finite, pentru pli = pln (nod la suprafaţa interioară - spre zona de calcul ztc), se obține relația:

$$-\left(h_{pli-1;eli}\cdot\theta_{pli-1;eli;t}\right)+\left[\frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t}+h_{\mathrm{ci};eli}+h_{\mathrm{ri};eli}\cdot\sum_{elk=1}^{eln}\left(\frac{A_{elk}}{A_{\mathrm{tot}}}\right)+h_{pli-1;eli}\right]\cdot\theta_{pli;eli;t}$$
$$-h_{\mathrm{ci};eli}\cdot\theta_{\mathrm{int;a};zt;t}-\sum_{elk=1}^{eln}\left(\frac{A_{elk}}{A_{\mathrm{tot}}}\cdot h_{\mathrm{ri};eli}\cdot\theta_{pli;elk;t}\right)$$
$$=\frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t}\cdot\theta_{pli;eli;t-1}+\frac{1}{A_{\mathrm{tot}}}\cdot\left[\left(1-f_{\mathrm{int,c}}\right)\cdot\Phi_{\mathrm{int};ztc;t}+\left(1-f_{\mathrm{sol,c}}\right)\cdot\Phi_{\mathrm{sol};ztc;t}+\left(1-f_{\mathrm{H/C,c}}\right)\cdot\Phi_{\mathrm{HC};ztc;t}\right] \quad (2.91)$$

unde, pentru fiecare element eli și la timpul t:

A_{elk} suprafaţa unui element de clădire elk, în zona ztc, în m^2;

A_{tot} suma suprafeţelor A_{elk} a tuturor elementelor de clădire elk = 1, .., eln, în m^2;

$\theta_{pli;eli;t}$ temperatura în nodul pli, în °C;

$\theta_{pli-1;eli;t}$ temperatura în nodul pli-1, în °C;

$\theta_{int;a;ztc;t}$ temperatura aerului interior în zonă, în °C;

$h_{pli-1;eli}$ - conductanţa între nodul pli și nodul pli-1, determinată pe tip de element de clădire, în W/(m^2·K);

$\kappa_{pli;eli}$ capacitatea termică pe suprafaţă a nodului pli, în J/(m^2·K);

$h_{ci;eli}$ coeficientul de transfer termic superficial convectiv interior, determinat pe tip de element de clădire, în W/(m^2·K);

$h_{ri;eli}$ coeficientul de transfer termic superficial prin radiaţie la faţa interioară, determinat pe tip de element de clădire, în W/(m^2·K);

$\theta_{pli;eli;t-1}$ temperatura în nodul pli la pasul de timp precedent (t-Δt), în °C

Conform convenţiei internaţionale, numerotarea straturilor (noduri) în elementele de clădire, se face de la exterior (număr de nod pli = 1) către interior (număr de nod pli = pln).

Relaţiile de calcul detaliate pentru coeficienţii de transfer și capacitatea termică din formula (2.84) sunt date în standardul SR EN ISO 52016-1, paragraf 6.5.

2.12.2.3. Bilanţ termic în noduri dintre straturi și la exterior

- <u>într-un nod interior</u>

În nodul pli și nodul pli+1 ecuaţia de bilanț este:

$$q_{cd,j-1}+q_{cd,j+1}+q_{so1},j=0 \quad (2.92)$$

unde:

$q_{cd,\,j-1}$ densitatea fluxului termic conductiv de la suprafaţa j−1, în W/m^2;

$q_{cd,\,j+1}$ densitatea fluxului termic conductiv de la suprafaţa j+1, în W/m^2;

$q_{sol,\,j}$ densitatea fluxului termic de la suprafaţă, datorată radiaţiei solare absorbită de suprafaţa j, în W/m^2 (numai dacă una dintre suprafețe a fost transparentă; altfel, qsr, j=0)

Pentru pli = 2, …, pln-1 (fiecare nod dintre straturi), procedura este asemănătoare.

Introducerea fluxului capacitiv și integrarea temporală conduce la relația de bilanț la momentul de timp t, care se scrie:

$$-h_{pli-1;eli}\cdot\theta_{pli-1;eli;t}+\left[\frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t}+h_{pli;eli}+h_{pli-1;eli}\right]\cdot\theta_{pli;eli;t}-h_{pli;eli}\cdot\theta_{pli+1;eli;t}=\frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t}\cdot\theta_{pli;eli;t-1} \quad (2.93)$$

unde, pentru fiecare element de clădire eli la timpul t:

$\theta_{pli+1;eli}$ - temperatura în nodul pli+1, în °C;

$h_{pli;eli}$ - conductanţa între nodul pli+1 și nodul pli, determinată pentru fiecare tip de element de clădire , în W/(m^2·K);

<u>- în nodul exterior</u>

Bilanţul termic la un moment t în nodul exterior, la suprafaţa unei lame de aer, (pli=1) – figura 2.22a, se scrie:

$$q_{c,j} + q_{lr,j} + q_{cd,j} + q_{sol,j} = 0 \qquad (2.94)$$

unde :

q_c densitatea fluxului termic total emis către lama de aer, în W/m^2;

q_{lr} densitatea fluxului termic prin radiaţie de lungime mare de undă prin lama de aer, în W/m^2;

q_{cd} densitatea fluxului termic prin conducţie, în W/m^2;

q_{sol} - densitatea fluxului termic absorbit de element din radiaţia solară, în W/m^2.

Notă: Densităţile fluxurilor conductiv, convectiv și radiativ sunt cele cunoscute și sunt tratate pe larg în standardul SR EN ISO 52017-1, § 6.4.

Pentru calcul dinamic, ca și în cazurile precedente, se poate scrie ecuaţia în care se ia în considerare fluxul capacitiv din nodul exterior.

În modelul dezvoltat în standardul SR EN ISO 52016-1, fiecare element de clădire este împărţit (discretizat) într-un număr de straturi paralele, separate prin noduri interioare. Pentru elementele masive ale unei clădiri, în contact cu aerul exterior, numărul de noduri este de 5 (nod pli = 1...5), respectiv un nod de suprafaţă exterior, trei noduri la interiorul elementului de clădire și un nod de suprafaţă interior (cu faţa către zona calculată) – figura 2.23.

Pentru elementele în contact cu solul, numărul de noduri este de asemenea 5, utilizate pentru o combinaţie de straturi (model detaliat în modulul PEC M2-5.2): Pentru pardoselile pe pământ, coeficienţii de transfer termic la suprafaţa exterioară sunt înlocuiţi prin conductanţa termică a stratului virtual de sol.

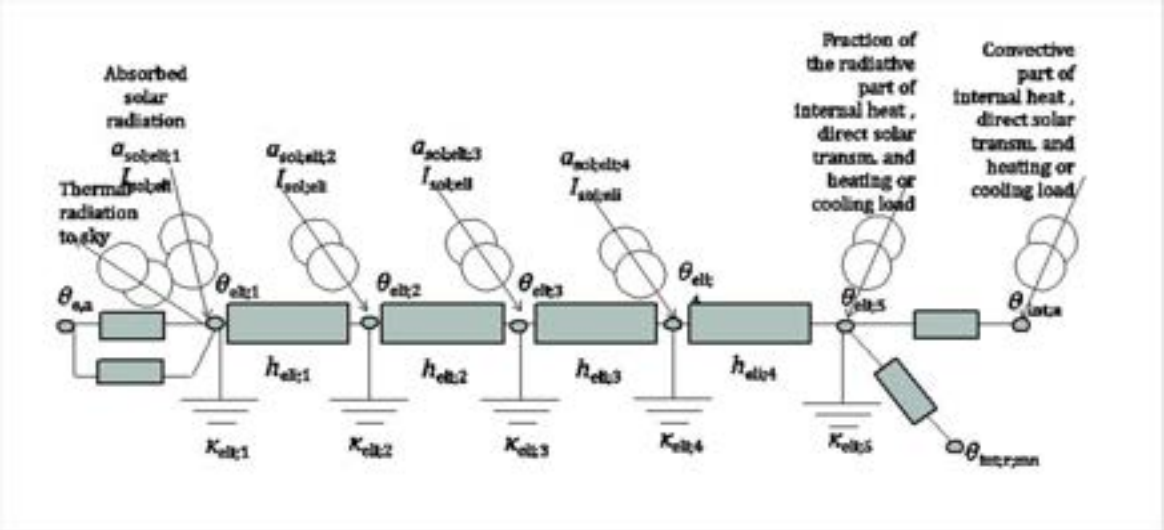


Figura 2.23 – Reţea electrică analogică de calcul pentru transferul de căldură printr-un perete exterior (sursa – SR CEN ISO/TR 52016-2)

Pentru ferestre și uşi, numărul de noduri este de 2, respectiv nodul de suprafaţă exterior și nodul de suprafaţă interior (către zonă). Pentru simplificare, efectul radiației solare absorbite este luat în considerare ca radiație solară transmisă direct.

Pereţii interiori ai elementelor de clădire alăturate din alte clădiri sau alte zone climatizate sunt modelate ca elemente de clădire opace sau pot fi neglijaţi.

<u>Temperatura aerului interior</u> în zona ztc la timpul t, $\theta_{int;a;ztc;t}$, se determină rezolvând sistemul de ecuaţii format din ecuaţiile prezentate pentru acest pas de timp. Pentru cazul tratat la acest capitol, fluxurile generate de sistemele interioare de încălzire/răcire sunt nule (regim termic liber). De asemenea, din rezolvarea sistemului pentru acest pas de timp, rezultă temperatura superficială interioară pe faţa fiecărui unui element de clădire eli din zona ztc la timpul t, care este temperatura în nodul interior pli = pln.

În ecuaţia matricială (8) se dă expresia generală a sistemului de formule care rezultă :

$$\begin{pmatrix} \Pi_{1,1} & \Pi_{1,2} & \Pi_{1,N} & \Pi_{1,N+1} \\ \Pi_{2,1} & \Pi_{2,2} & \Pi_{2,N} & \Pi_{2,N+1} \\ \Pi_{N,1} & \Pi_{N,2} & \Pi_{N,N} & \Pi_{N,N+1} \\ \Pi_{N+1,1} & \Pi_{N+1,2} & \Pi_{N+1,N} & \Pi_{N+1,N+,1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_{\mathrm{is},1} \\ \theta_{\mathrm{is},2} \\ \theta_{\mathrm{is},N} \\ \theta_{\mathrm{a}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \\ \Gamma_N \\ \Gamma_{N+1} \end{pmatrix} \tag{2.95}$$

unde

N număr de elemente de clădire care delimitează zona, pentru care se va determina temperatura la faţa interioară;

Π coeficienţi relativi la temperaturile necunoscute (de 1 la N pentru suprafeţele interioare, N + 1 pentru aerul interior);

Γ coeficienţi relativi la termenii necunoscuţi (de 1 la N pentru suprafeţele interioare, N + 1 pentru aerul interior);

θ temperaturile necunoscute (de 1 la N pentru suprafeţele interioare, N + 1 pentru aerul interior).

Termenii «Π» și «Γ» se obţin din ecuaţiile scrise pentru fiecare element de clădire și pentru bilanţul energetic al zonei (număr total de ecuaţii N+1).

Standardul SR EN ISO 52016-1 detaliază la § 6.5, formulele scrise pentru o zonă termică ztc la timpul t, cu introducerea fluxului capacitiv și integrarea temporală prin metoda diferenţelor finite pentru pasul de timp Δt. (de forma ecuaţiilor 4 și 6). În fiecare nod se introduc după caz, fluxuri termice de la exterior (radiație solară, cu elementul umbrit sau nu, radiaţia către cer etc.) sau la interior (aporturi interioare). Aceste formule, care cuprind toate ecuaţiile din noduri (interioare și exterioare de suprafaţă și interioare dintre straturi), se scriu sub forma ecuaţiei matriceale:

[Matrice A] × [Vector X de temperatură în noduri] = [Vector de stare B] (2.96)

unde :

[Matrice A]	reprezintă coeficienţii (cunoscuţi) din partea stângă a formulelor de bilanț energetic;
[Vector B]	reprezintă termenii (cunoscuţi) din partea dreaptă a formulelor de bilanț energetic;
[Vector X de temperatură în noduri]	- un vector de stare; temperaturile (necunoscute) de calculat (pli=1…pln, eli=1…eln): (θ1;1;ztc;t, …θ1;eli;ztc;t, …θpli;1;ztc;t, …, θpli,eli;ztc,t, …, θpln,eli;ztc,t,…, θpli,eln;ztc,t, …, θpln,eln;ztc,t, θint;a;ztc;t) – include temperatura interioară a aerului, θint;a;ztc;t ; eli – indicativ al elementului de clădire ; pli – indicativ al nodului din elementul de clădire (de exemplu, 5 noduri pentru fiecare element la pereţii exteriori ; pentru 2 pereţi exteriori vor fi 2x5=10 noduri)

Ecuaţiile din sistemul (2.96) sunt ecuaţii diferenţiale ordinare care trebuie integrate temporal, pentru un pas de timp orar. Pentru fiecare pas se introduc datele reale referitoare la aporturile interioare și exterioare, la scenariile de ocupare, de umbrire și de ventilare. Datele climatice folosite, referitoare la temperatură și radiație solară sunt de asemenea valori orare, considerate constante pe perioada pasului de timp. Pentru aplicaţia considerată, nu se introduc fluxuri de căldură generate de sisteme de încălzire/răcire (regim liber).

Perioada de calcul reală trebuie precedată de o perioadă de iniţializare care este suficient de lungă, pentru a face neglijabilă influenţa temperaturilor existente în fiecare nod la începutul calculului, când demarează perioada de calcul reală. Pentru această aplicaţie, perioada de iniţializare se recomandă să fie de minim două săptămâni, care preced perioada reală.

Din calcul rezultă valorile necunoscute ale temperaturilor la un moment t, în toate nodurile sistemului și temperatura aerului interior; acestea sunt stocate și calculul se reia pentru pasul de timp următor, pentru temperatura aerului interior și pentru fiecare nod (E10).

$\theta_{int;a;ztc;(t+1)-1} = \theta_{int;a;ztc;t}$ $\theta_{pli;eli;(t+1)-1} = \theta_{pli;eli;t}$

Pentru calculul tratat la acest paragraf, la fiecare pas de timp se determină temperatura operativă în regim liber, $\theta_{int;op;0;\,ztc;t}$, după cum urmează.

<u>Temperatură operativă</u>

Temperatura operativă în zona ztc la timpul t este dată cu expresia simplificată de medie aritmetică a temperaturii aerului și a temperaturii medii de radiație, astfel:

$$\theta_{\text{int;op;}ztc;t} = \frac{\theta_{\text{int;a;}ztc;t} + \theta_{\text{int;r;mn;}ztc;t}}{2} \qquad (2.97)$$

unde, pentru o zonă termică ztc la timpul t:

$\theta_{int;op;ztc;t}$ - temperatura operativă interioară, în °C;

$\theta_{int;a;ztc;t}$ - temperatura aerului interior, în °C;

$\theta_{int;r;mn;ztc;t}$ - temperatura medie de radiație, determinată ca în formula de mai jos , în °C.

Temperatura medie de radiație este media ponderată a temperaturilor suprafeţelor interioare ale elementelor de clădire eli = 1...eln în zona ztc și este dată de:

$$\theta_{\text{int;r;mn;}ztc;t} = \frac{\sum_{eli=1}^{eln} \left(A_{eli} \cdot \theta_{pli=pln;eli;t} \right)}{\sum_{eli=1}^{eln} A_{eli}} \tag{2.98}$$

$\theta_{\text{int;r;mn;ztc;t}}$ - temperatura medie de radiație calculată, în °C;

A_{eli} - suprafaţa elementului de clădire eli, în m^2;

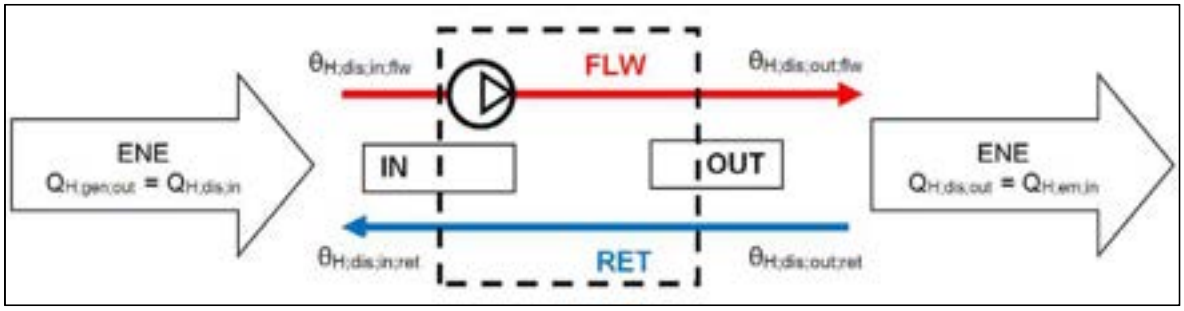
$\theta_{\text{pli=pln;eli;t}}$ - temperatura în nodul pli = pln al elementului de clădire eli (temperatură pe suprafaţa elementului), care rezultată din integrarea sistemului de ecuaţii (98), în °C.

Scopul anunţat al calculului a fost să se verifice dacă în încăperi se poate asigura temperatura interioară necesară de confort (aici temperatura operativă), fără participarea sistemelor de încălzire/răcire și dacă da, în ce condiții de climă și/sau de utilizare. Se pot considera diferite scenarii de umbrire, limitare a aporturilor interioare, ventilare nocturnă etc., care se vor transcrie prin modificarea fluxurilor luate în considerare în nodurile exterioare/interioare, ceea ce va conduce la modificări ale temperaturii interioare. În urma calculului se poate decide dacă pentru situaţiile analizate, poate fi evitată dotarea clădirii cu un sistem de răcire.

CAPITOLUL 3. EVALUAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE PENTRU SISTEME DE INSTALAȚII FĂRĂ SURSE REGENERABILE

Informații generale privind aplicarea procedurilor de calcul

1. se fac calcule separate pe vectori energetici (termic și electric)
2. se determină un consum de energie auxiliară pentru fiecare subsistem al sistemului de instalații (încălzire, a.c.c., ventilare, răcire)
3. calculul pentru vectorul termic abordează integrat atât încălzirea cât și a.c.c.; poate interveni și răcirea
4. se introduce noțiunea de **NOD** ca **punct de conectare** între unul sau mai multe circuite de alimentare-sursă și unul sau mai multe circuite de utilizatori
5. se introduce noțiunea de **condiții de funcționare** (temperaturi, debite, necesar de energie etc.)
6. direcția de calcul și direcția transferului de energie sunt OPUSE
7. structura de calcul urmărește structura reală a sistemului de instalații
8. în clădirile complexe cu mai multe zone termice & spații de serviciu, vor exista mai multe subsisteme de tip utilizator, distribuție, stocare, generare (recomandăm realizarea **MATRICEI DE CALCUL ENERGETIC** a obiectivului analizat)
9. subsistemele/circuitele sunt caracterizate de condiții de operare diferite doar dacă sunt separate de un NOD
10. condițiile de funcționare ale unui subsistem/circuit, pot depinde de condițiile de operare ale altor subsisteme
11. calculul condițiilor de funcționare țin cont de variabilele de reglare/automatizare, de priorități definite de sistem sau de operator (mod de funcționare ”alternativ” sau ”paralel”)
12. mai multe tipuri de subsisteme de emisie (radiatoare+pardoseală radiantă)/sisteme multiserviciu (cazane pentru încălzire și a.c.c.)
13. pierderi termice **recuperabile (recuperate)** versus pierderi **nerecuperabile**
14. energia recuperată este de 2 tipuri (se scade din necesarul termic sau din pierderile termice ale subsistemelor); se poate recupera energie din pierderi termice sau din energie auxiliară consumată
15. pierderile termice recuperabile pot fi localizate sau nelocalizate (și prin urmare distribuite între zone/subsisteme conform unui criteriu prestabilit)
16. pierderile termice sunt calculate ținând cont cel puțin de localizare (într-un spațiu încălzit, într-un spațiu neîncălzit sau în exterior)
17. energia electrică auxiliară este consumată de pompe, ventilatoare, sistem de reglare/automatizare, transformatoare, pe baza puterii electrice a acestora; pe de altă parte, energia auxiliară poate fi inclusă în evaluarea performanțelor prin procedurile de testare standard (ex. energia auxiliară consumată de o pompă de căldură pentru reglarea ei este deja inclusă în COP, dar energia electrică auxiliară nu este inclusă în eficiența cazanelor)
18. în cazul energiei auxiliare consumate este important timpul de funcționare al echipamentelor
19. în cazul componentelor cu consum auxiliar de energie este importantă alocarea consumului auxiliar
20. metodele de calcul se bazează pe abordarea MODULARĂ și de tip INPUT-OUTPUT (în sensul de curgere a energiei); convențiile de notare sunt indicate în figura de mai jos



FLW	Conducta TUR (flow pipe), agent termic de la sursă la consumator
RET	Conducta RETUR (return pipe), agent termic (răcit) de la consumator la generator
IN	Energie intrată (energy input) (de exemplu, energia ieșită din generator este energia intrată în distribuție)
OUT	Energie ieșită (energy output)
ENE	Direcția de transfer al energiei

21. la sistemele de a.c.c., pierderile termice nu se pot recupera în cadrul sistemului; doar energia auxiliară se poate recupera direct
22. anumite pierderi termice se produc vara (conducte a.c.c. etc.) și vor contribui suplimentar la necesarul de răcire

Ecuațiile generale de calcul pentru un subsistem Y (emisie, distribuție, stocare sau generare de energie termică-încălzire, a.c.c., răcire) sunt:

$$Q_{X;Y;in} = Q_{X;Y;out} + Q_{X;Y;ls} - W_{X;Y;aux} \cdot f_{X;Y;aux;rh} - Q_{X;Y;ls} \cdot f_{X;Y;ls;rh} \quad (3.a)$$

$$Q_{X;Y;ls;rbl} = W_{X;Y;aux} \cdot f_{X;Y;aux;rbl;H} + Q_{X;Y;ls} \cdot f_{X;Y;ls;rbl;H} \quad (3.b)$$

$$\eta_i = \frac{Q_{i,out} + f_i \cdot E_{el,i,out}}{Q_{i,in} + f_i \cdot W_{i,aux}} \quad (3.c)$$

unde:

$Q_{X;Y;out}$	energia **livrată** de subsistemul Y (em, dis, st, gen) care asigură serviciul X (H, C, W, V);
$Q_{X;Y;in}$	energia **cerută** de subsistemul Y care asigură serviciul X;
$W_{X;Y;aux}$	energia auxiliară consumată de subsistemul Y care asigură serviciul X;
$Q_{X;Y;ls}$	pierderile subsistemului Y care asigură serviciul X;
$f_{X;Y;aux,rh}$	factorul de recuperare din consumul de energie auxiliară, direct de către subsistem (ex căldura utilizată direct de către spațiul încălzit sau de către agentul termic);
$f_{X;Y;ls,rh}$	factorul de recuperare a pierderilor termice ale unui subsistem Y chiar în cadrul subsistemului Y ;
$f_{X;Y;aux,rbl}$	factor de recuperabilitate ale unui subsistem Y, din consumul de energie auxiliară (caldura către mediul înconjurător) ;
$f_{X;Y;ls,rbl}$	factor de recuperabilitate al pierderilor termice (căldura către mediu necontorizată încă drept căldură recuperată prin $f_{X;Y;ls,rh}$).

și

f_i	factor de conversie standard (2,5);
h_i	factor de performanță energetică;
$E_{el,i,out}$	consum de energie electrică pentru subsistemul i;
$Q_{i,out}$	consumul de energie termică pentru subsistemul i;
$Q_{i,in}$	energia termică primită de subsistemul i; NOTĂ-pentru pompa de căldură, energia primită la vaporizator nu este inclusă; în acest caz rezultatul este SCOP
$W_{i;aux}$	energia auxiliară consumată de subsistemul i;
$\varepsilon=1/\eta_\iota$	factor de pierdere energetică.

3.1. Instalații de încălzire

Determinarea consumului de energie se bazează pe ecuația de bilanț în care intervine energia introdusă în sistem precum și pierderile energetice care apar pe parcursul acestui sistem (figura 3.1).

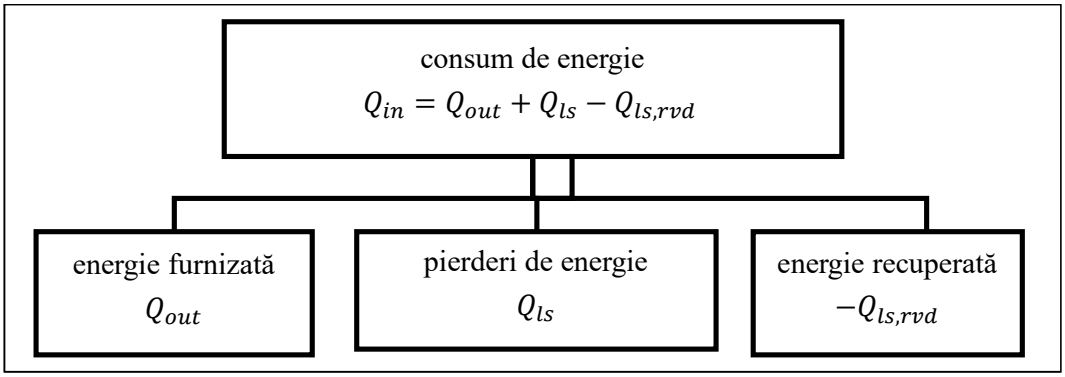


Figura 3.1. Schema de calcul a consumului de energie pentru încălzire

Aceasta schemă de calcul se particularizează în funcție de instalația studiată (încălzire, apă caldă de consum) - X precum și de fiecare subsistem, după caz, Y.

Detaliind schema prezentată în figura 3.1, pierderile energetice sunt cauzate de sistemele de emisie, de distribuție a agentului termic precum și de sistemul de generare a energiei termice, după caz (figura 3.2).

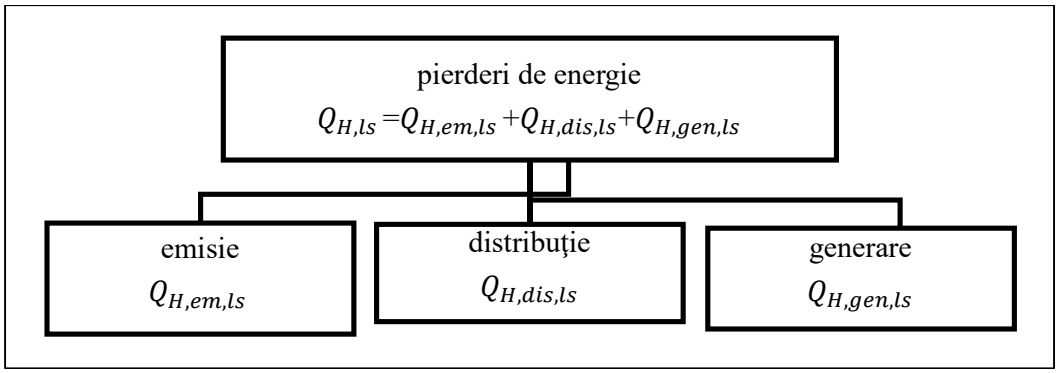


Figura 3.2. Schema de calcul a pierderilor energetice într-un sistem de încălzire

3.1.1. Determinarea pierderilor energetice pentru emisie, $Q_{H,em,ls}$

Metoda de calcul propusă pentru stabilirea consumului suplimentar de energie corespunzător sistemelor de emisie utilizează o formă indirectă de calcul, prin evaluarea modificării temperaturii interioare ca urmare a pierderilor termice ale sistemelor de emisie pentru încălzire/răcire.
Caracteristicile sistemului de emisie încălzire/răcire, incluzând automatizarea și reglarea ce trebuie luate în considerare sunt:

- distribuția neuniformă a temperaturii în încăpere,
- caracteristicile corpurilor de încălzire,
- caracteristicile sistemelor înglobate în elementele de construcție,
- precizia reglării temperaturii interioare,
- funcționarea sistemului de automatizare și reglare,
- reglarea sistemului de emisie

Consumul de energie al sistemului de emisie se calculează atât pentru energia termică cât și pentru energia electrică, pentru a stabili corect energia finală și energia primară consumată de clădire.

Calculul se poate face în două variante:
a) utilizând caracteristici anuale ale funcționării sistemului de emisie și efectuând calculele cu valori medii anuale;
b) divizând anul într-un număr de perioade de calcul (luni, săptămâni, zile, ore) și efectuând calculele pentru fiecare perioadă în parte, cu valori corespunzătoare intervalului, însumând în final rezultatele pentru a obține consumul anual.
Valorile de calcul utilizate în această metodologie, sunt furnizate de producători ca urmare a certificării produselor conform standardelor europene în vigoare sau pot fi valori recomandate („prin lipsă”) din standarde și reglementări europene sau naționale pentru produsele necertificate.

Întrucât, la nivel național nu există date disponibile, se vor utiliza ca date de intrare valorile specificate în SR EN 15316-2. Astfel, consumul de energie al sistemului de emisie se determină printr-o metodă implicită de evaluare a consumurilor de căldură și eficienței energetice, prin modificarea temperaturii interioare de calcul, luând în considerare pierderile termice și eficiența sistemului de emisie și utilizând conceptul de temperatură interioară echivalentă. Pierderile termice ale sistemului de emisie pentru frig se consideră pierderi termice cu semn negativ.

Factorii de care trebuie ținut cont la determinarea temperaturii interioare echivalente $\theta_{int,inc}$, luând în considerare performanța sistemului de emisie (figura 3.3).

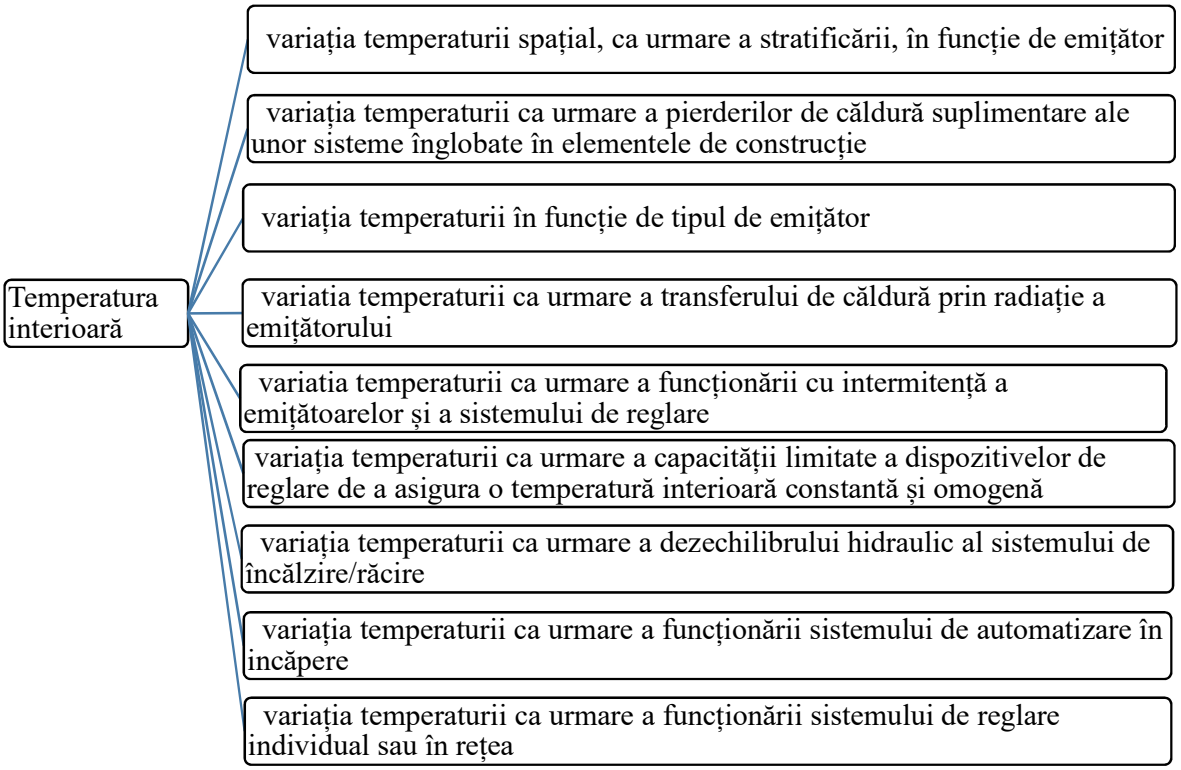


Figura 3.3. Parametri de influenţă a temperaturii interioare

Pierderile energetice datorate sistemului de emisie al căldurii de determină cu relația:

$$Q_{H,em,ls} = Q_{H,em,out} * \frac{\Delta\theta_{H,int,inc}}{(\theta_{H,int,inc} - \theta_{H,e,comb})} \quad \text{(kWh)} \qquad (3.1)$$

unde

$\Delta\theta_{int,inc}$ - variația de temperatură ca urmare a pierderilor termice, (°C)

$\theta_{int,inc}$ - temperatura interioară pentru încălzire, (°C)

$\theta_{e,comb}$ - temperatura exterioara medie pe intervalul de calcul de încălzire, (°C)

$Q_{H,em,out}$ - emisia de căldură a sistemului de încălzire, (kWh)

Pentru determinarea temperaturii interioare echivalente se utilizează schema din figura 3.4.

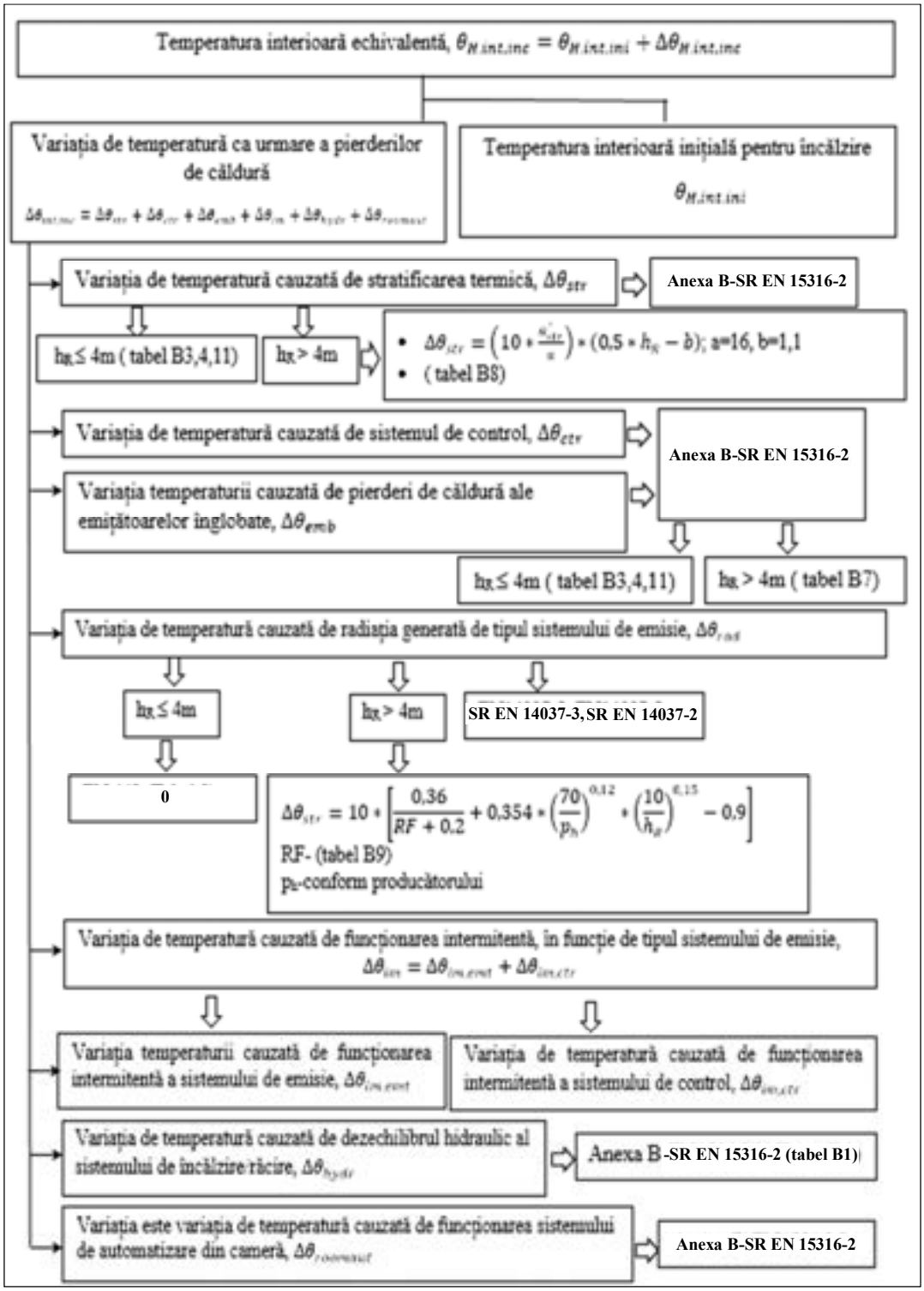


Figura 3.4. Determinarea temperaturii interioare echivalente

Pe baza valorilor calculate privind pierderile termice ale sistemului de emisie se poate stabili factorul de eficiență anual, ε_{em}, pentru funcționarea sistemului de emisie de încălzire/răcire:

$$\varepsilon_{H,em} = \frac{(Q_{H,em,aut,an} + Q_{H,em,ls,an})}{Q_{H,em,aut,an}} \quad (-) \qquad (3.\ 2)$$

unde necesarul anual de energie la intrarea în sistemul de emisie, $Q_{em,in,an}$ se determină:

$$Q_{H,em,in,an} = Q_{H,em,aut,an} + Q_{H,em,ls,an} \quad (\text{kWh}) \qquad (3.\ 3)$$

3.1.2. Determinarea consumului de energie auxiliară, $W_{em,ls,aux}$

Consumul de energie auxiliară este necesar pentru a intensifica emisia căldurii în încăperile încălzite, care nu au fost luate în calcul anterior. Aceste consumuri se referă în special la utilizarea ventilatoarelor, integrate sau nu corpurilor emisive de căldură. Energia auxiliară total consumată, $W_{em,ls,aux}$ se calculează utilizând relațiile din figura 3.5.

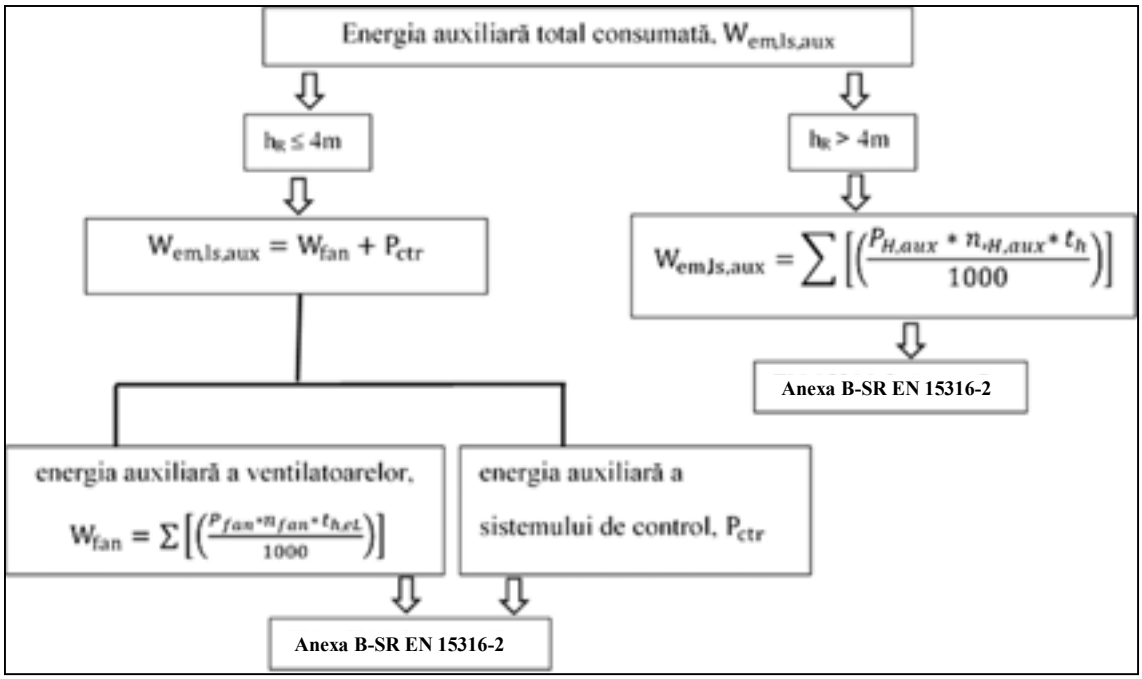


Figura 3.5. Determinarea energiei auxiliare

Durata de funcționare a ventilatoarelor, incluzând sistemul de reglare, se consideră egală cu durata de funcționare a sistemului de încălzire.

Calculul orar al pierderilor termice al sistemelor de emisie pentru încălzire/răcire are același principiu și respectă aceleași etape de calcul și aceleași ecuații ca și metoda prezentată anterior, utilizând ca interval de timp ora. Detalii suplimentare privind calculul orar al pierderilor termice se găsesc în standardul SR EN 15316-2.

3.1.3. Determinarea consumului de energie și eficiența energetică a sistemelor de distribuție a apei, ca agent termic pentru încălzire/răcire, $Q_{HC,dis,ls}$

Această metodă de calcul se referă la pierderile termice suplimentare pentru încălzire și răcire și la calculul consumului de energie al sistemelor de distribuție a apei calde/reci, necesar evaluării consumului total de energie al clădirii.

Prin sistem de distribuție se înțelege ansamblul circuitelor de alimentare cu apă caldă sau răcită pentru încălzire/răcire a clădirilor, împreună cu pompele care asigură circulația fluidului și dispozitivele și sistemele de automatizare și reglare aferente. Din aceste circuite fac parte distribuția orizontală, coloanele și racordurile la emițătorii de căldură.

Metoda de calcul este utilizată pentru următoarele aplicații:
- calculul pierderilor termice suplimentare ale sistemelor de distribuție pentru încălzire/răcire;
- calculul consumului auxiliar de energie electrică pentru acționarea pompelor;

Detalii suplimentare privind funcționarea sistemelor de reglare se găsesc în standardul SR EN 15232-1 Performanţa energetică a clădirilor. Partea1. Impactul automatizării, reglării și managementului tehnic al clădirii.

Pierderea/aportul de căldură a unui sistem de distribuție a agentului termic pentru încălzire/răcire, se obține în funcție de temperatura ambiantă a zonei j, lungimea conductei de distribuție în zona j, lungimea echivalentă a conductei (pentru vane, flanșe, armături etc.), în zona j, intervalul de calcul și timpul total de încălzire/răcire cu schema din figura 3.6.

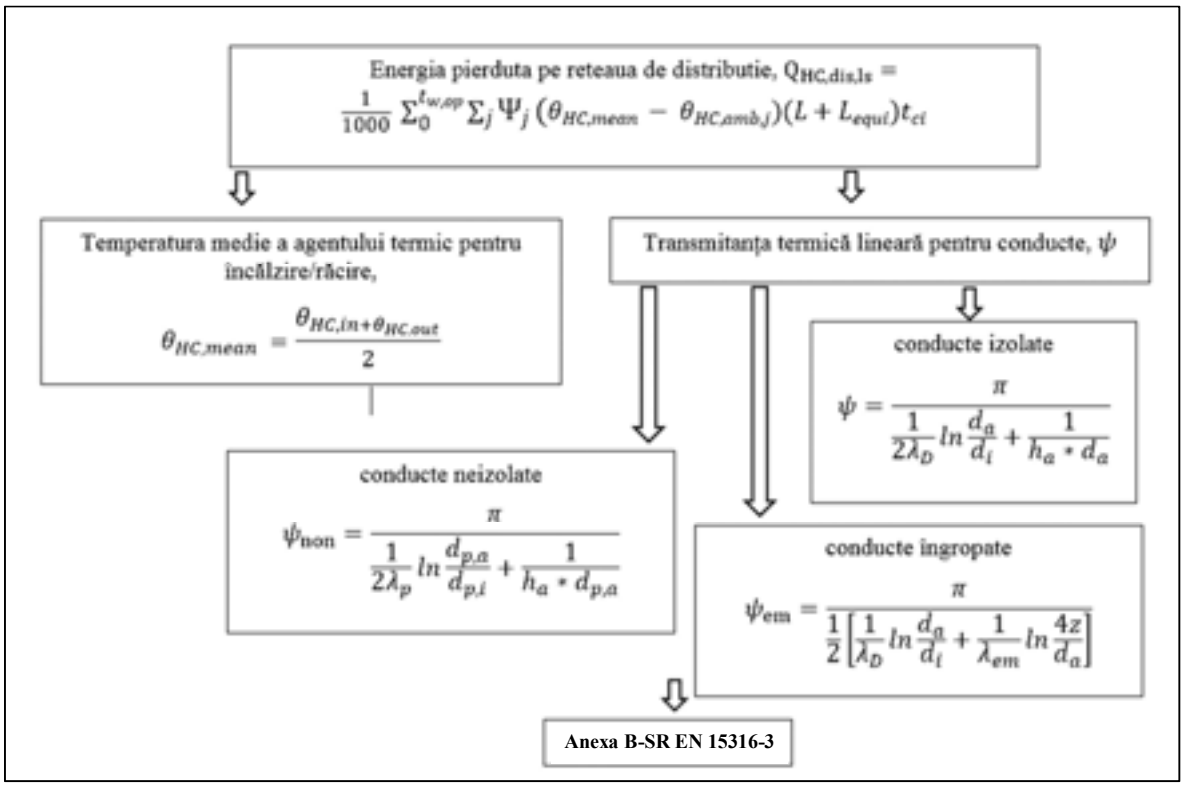


Figura 3.6. Determinarea energiei pierdute pe rețeaua de distribuție

Pierderile termice recuperabile ale sistemului de distribuție pentru încălzire/răcire, $Q_{HC,dis,rbl}$, se calculează numai pentru lungimea conductelor care traversează spații climatizate (încălzite sau răcite). Aceste pierderi se calculează aplicând schema următoare (figura 3.7), în care lungimea L, este lungimea conductelor de distribuție din spațiile climatizate, $L_{condispace}$ (lungimea conductelor de distribuție din spațiile climatizate):

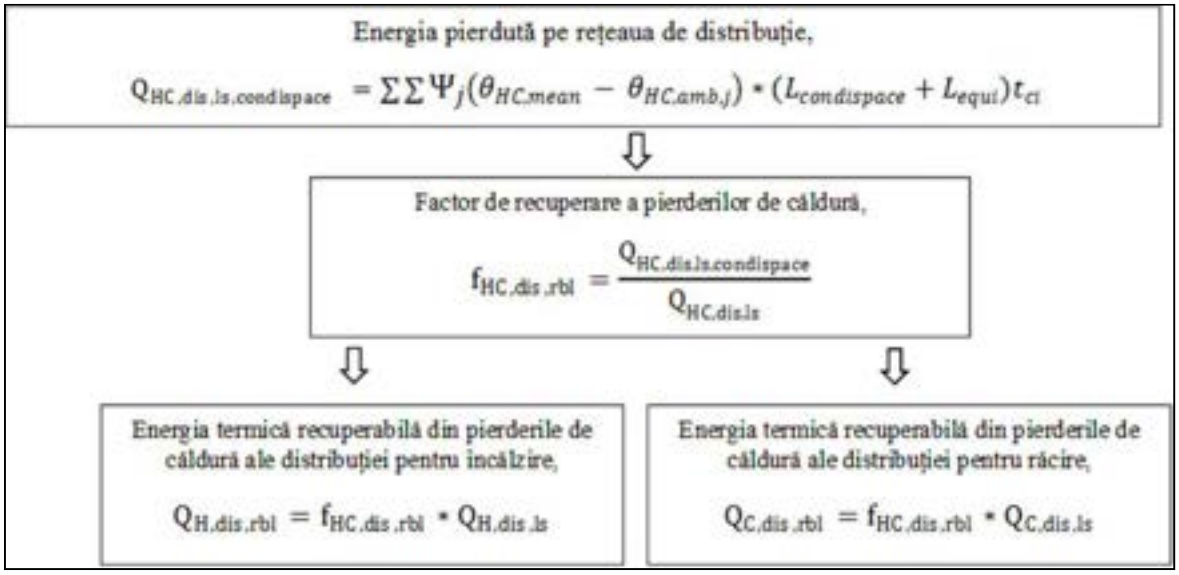


Figura 3.7. Determinarea pierderilor termice recuperabile pe rețeaua de distribuție

Calculul consumului de energie auxiliară a sistemului de distribuție se bazează pe puterea proiectată a pompelor de circulație, pe pierderile de sarcină în sistem, pe debitele de fluid proiectate, pe factorul de utilizare a energiei corespunzător funcționării pompelor și pe timpul de funcționare. Consumul auxiliar de energie reprezintă consumul electric al pompelor de circulație care asigură debitele de fluid în rețeaua de distribuție.

Puterea proiectată a pompelor de circulație, $P_{HC,hydr,des}$, este dată de relația următoare:

$$P_{HC,hydr,des} = \frac{\Delta p_{HC,des} * V'_{HC,des}}{3600} \quad \text{(kW)} \qquad (3.\ 4)$$

unde:

$\Delta p_{HC,des}$ - pierderea de sarcină pe circuitul de distribuție cel mai dezavantajat,(înălțimea de pompare furnizată de pompă, la proiectare), (kPa);

$V'_{HC,des}$ - debitul de agent termic la proiectare, (m^3/h).

Pierderea de sarcină a unui sistem de conducte în circuit închis, Δp_{HC},des, se calculează cu relația:

$$\Delta p_{HC,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{HC,max} \cdot * L_{max} + \Delta p_{HC,add} \quad \text{(kPa)} \qquad (3.\ 5)$$

unde:

f_{comp}- factorul de rezistență al componentelor în sistemul de distribuție, (-), conform SR EN 15316-3.

- pentru rețele de distribuție obișnuite, $f_{comp} = 0,3$
- pentru rețele de distribuție cu multe schimbări de direcție, fcmp = 0,4

$R_{HC,max}$- pierderea de sarcină lineară pe circuitul cel mai dezavantajat, (kPa/m), conform SR EN 15316-3, tabel B8;

L_{max} - lungimea maximă a circuitului de distribuție cel mai dezavantajat, (m);

$\Delta p_{HC,add}$ - pierderea de sarcină indusă de rezistențe hidraulice adiționale locale, (kPa), conform SR EN 15316-3, tabel B9;

Necesarul de energie al pompei de circulație, $W_{HC,dis,hydr,an}$, este dat de relația 3.6:

$$\boldsymbol{W_{HC,dis,hydr,an} = P_{HC,hydr,des} \cdot \beta_{HC,dis} \cdot t_{HC,op,an} \cdot f_{HC,corr}} \quad \textit{(kWh)} \qquad (3.\ 6)$$

unde:

$\beta_{HC,dis}$ - factor de funcționare la sarcina parțială a sistemului de distribuție, cu valori între (0....1);

$t_{HC,op,an}$ - timpul de funcționare a sistemului de distribuție, (h);

$f_{HC,corr}$ - factorul de corecție pentru condiții speciale de proiectare a sistemului de distribuție conform figura 3.8.

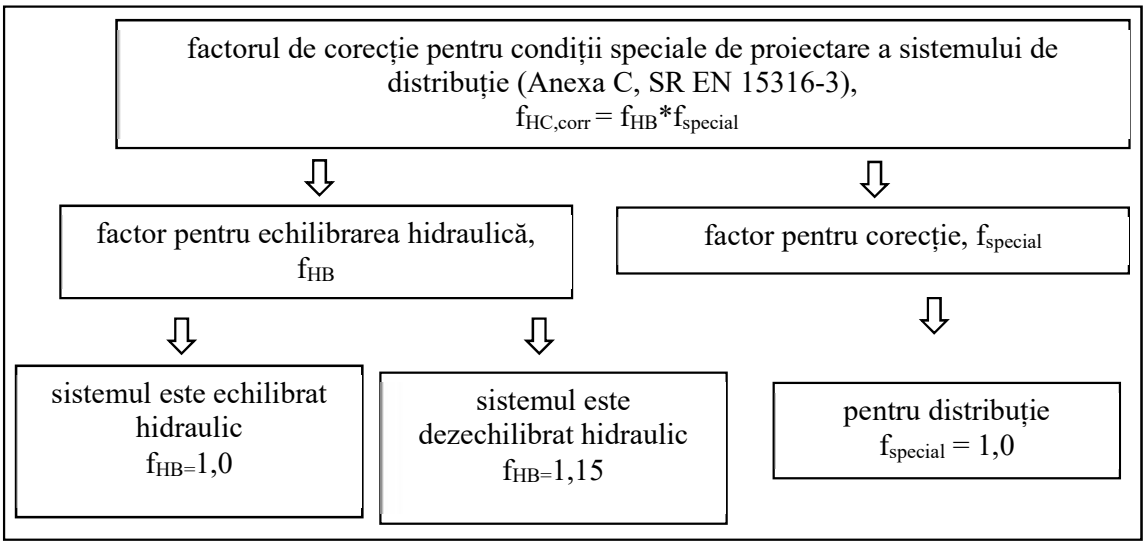


Figura 3.8. Determinarea pierderilor termice (recuperabile) pe rețeaua de distribuție

Consumul de energie auxiliară, $W_{HC,dis,hydr,an}$, este determinat conform relației 3.7:

$$\boldsymbol{W_{HC,dis,an} = W_{HC,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{HC,dis}} \quad \text{(kWh)} \qquad (3.\ 7)$$

unde:

$\varepsilon_{HC,dis}$ - factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, (-)

Factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, $\varepsilon_{HC,dis}$, se calculează astfel (relația 3.8):

$$\varepsilon_{HC,dis} = \frac{f_{HC,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{HC,dis} - 1) \cdot EEI}{0,25} \quad (-) \qquad (3.\ 8)$$

unde:

$f_{HC,e}$ - factor de eficiență, (-);

C_{P1}, C_{P2} - constante în funcție de sistemul de reglare al pompei, pentru încălzire, (-),conform Anexa B, SR EN 15316-3, tabel B5, 6;

EEI - indexul eficienței energetice (cu valoarea 0,25 pentru pompele de circulație și pentru pompele de pe rețeaua de distribuție 0,23) (-)

Factorul de eficiență, $f_{HC,e}$, este dat în general, de raportul următor (relația 3.9):

$$\boldsymbol{f_{HC,e} = \frac{P_{HC,ref}}{P_{HC,hydr,des}}} \quad (-) \qquad (3.\ 9)$$

unde:

$P_{HC,ref}$ - puterea de referință a pompei, (kW)

Pentru pompe de circulație cu puterea hidraulică proiectată ($P_{HC,hydr,des}$) cuprinsă între 0,001 și 2,5 kW, puterea de referință este, conform EU – Regulation Nr. 622/2012, calculată cu relația 3.10:

$$\boldsymbol{P_{HC,ref} = \left[1,7 * P_{HC,hydr,des} + 17 * (1 - e^{-0,3 * P_{HC,hydr,des}})\right] * 10^{-3}} \quad (-) \qquad (3.\ 10)$$

În cazul instalațiilor existente se poate considera valoarea puterii de referință a pompei ca fiind cea înscrisă pe etichetă ($P_{HC,ref}$= $P_{el,pmp}$).

În cazul pompelor neautomatizate, cu mai mult de o treaptă de viteză, puterea de referință a pompei va fi egală cu valoarea înscrisă pe etichetă corespunzătoare treptei de viteză cu care aceasta funcționează. Astfel, în acest caz, factorul de eficiență se determină raportând puterea pompei înscrisă pe etichetă și corespunzătoare treptei de viteză de funcționare la puterea hidraulică proiectată a pompei.

În situația funcționării cu intermitență a pompelor de circulație se înregistrează trei moduri de consum auxiliară (modul regulat - $WHC_{dis,hydr,an}$, modul redus - $WHC_{dis,serb}$, perioade de impuls - $WHC_{dis,boost}$) consumul de energie auxiliară finală fiind suma celor trei.

În situația în care nu se cunoaște eficiența reală a funcționării reduse, se consideră puterea utilizată ca fiind constantă 30% din puterea electrică proiectată, consumul de energie auxiliară în acest mod calculându-se prin luarea în considerare a unei eficiență medie a pompei de 30%, astfel:

$$W_{HC,dis,serb} = 0{,}3 * P_{HC,dis,serb} * t_{ci} \quad (-) \qquad (3.\ 11)$$

t_{ci} - timpul de funcționare în modul redus (h)

Pentru modul de funcționare în impuls, puterea pompei se consideră puterea electrică de proiectare. Consumul de energie auxiliară ia în considerare eficiența medie a pompei dar și timpul de funcționare alocat acestui mod (t_{ci}), acesta determinându-se cu relația 3.12.

$$W_{HC,dis,boost} = 3{,}3 * P_{HC,hydr,des} * t_{ci} \quad (-) \qquad (3.\ 12)$$

3.1.4. Energii auxiliare recuperabile și recuperate

Energia auxiliară recuperabilă în sistemul de distribuție al instalațiilor de încălzire, se calculează în funcție de factorul de recuperare al energiei auxiliare ($f_{rbl,dis}$), astfel:

$$Q_{H,dis,rbl} = f_{rbl,dis} * W_{H,dis} \quad (kWh) \qquad (3.\ 13)$$

Energia auxiliară recuperată de sistemul de distribuție pentru încălzire, $Q_{H,dis,rvd}$, ca flux termic către fluid, este dată de ecuația:

$$Q_{H,dis,rvd} = \left(1 - f_{rbl,dis}\right) * W_{H,dis} \quad (kWh) \qquad (3.\ 14)$$

Valoarea factorului de recuperare $f_{rbl,dis}$, este conform din Anexa B, SR EN 15316-3, tabel B11, astfel:

- pentru pompe cu izolație termică: $f_{rbl,dis}$ = 0,10
- pentru pompe fără izolație termică: $f_{rbl,dis}$ = 0,25.

3.1.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de generare a agentului termic pentru încălzire, prin arderea combustibilului fosil și a biomasei (SR EN 15316-4-1)

Metoda de calcul a consumului de energie la generator prezentată în acest subcapitol stabilește și modul de evaluare a performanței energetice a subsistemului de generare a agentului termic apă caldă, utilizat pentru alimentarea cu căldură a instalațiilor de încălzire și de preparare a apei calde de consum. Generatoarele de căldură (cazanele) pentru care este valabilă procedura de calcul pot utiliza combustibili fosili dar și biomasă, fiind automatizate. Cazanele pot furniza agent termic numai pentru încălzire, numai pentru apă caldă de consum sau pentru sisteme combinate de încălzire, apă caldă de consum, ventilare și climatizare.

Se determină:

- pierderile termice ale subsistemului de generare a agentui termic pentru încălzire;
- pierderile recuperabile de căldură pentru încălzirea clădirii/zonei (din pierderile de la coș, prin mantaua cazanului și a vaselor de acumulare/boilere și din energia auxiliară) ;
- energia auxiliară necesară funcționării subsistemului de generare.

Valorile rezultate reprezintă date de intrare pentru calculul consumului total de energie pentru încălzire (și apoi total) al clădirii.

Prin subsistemul de preparare (generare) a agentului termic se înțelege ansamblul de echipamente format din: cazane, sistemul de combustie, sistemul de evacuare a gazelor de ardere și dispozitivele de automatizare și reglare aferente.

Metoda ia în calcul pierderile termice și recuperarea acestora pentru următoarele componente:
- pierderile termice la evacuarea gazelor de ardere;
- pierderile termice prin mantaua cazanelor sau a rezervoarelor de stocare, pe întreaga perioadă de funcționare (activ sau stand-by);
- energia auxiliară.

Calculele sunt independente de intervalul de timp.
În ceea ce privește datele de intrare utilizate pentru calculul eficienței energetice a sistemului de generare, teoretic există trei surse:
- valori convenționale specificate în standarde și reglementări;
- valori furnizate de producători, care trebuie să respecte cerințe europene de agrementare a produselor;
- valori obținute prin măsurări asupra instalațiilor existente.

Această metodologie privind calculul performanței energetice a clădirilor se bazează pe ipoteza utilizării clădirii în condiții normale și normate, conform destinației acesteia. În consecință, datele de intrare vor fi cele indicate în reglementările naționale/europene. Pentru calculul performanței energetice a sistemelor de generare a căldurii se vor utiliza indicațiile din standardul SR EN 15316–4–1, în special cele din Anexa B a standardului.

3.1.5.1. Eficiența energetică a generatorului la sarcină integrală și la sarcină parțială în funcție de puterea nominală furnizată

Eficiența energetică a unui cazan la sarcină nominală se calculează după schema următoare:

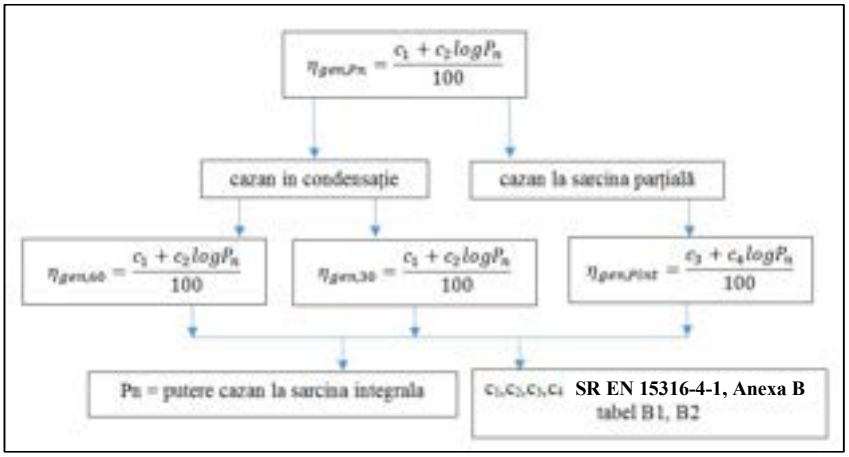


Figura 3.9. Determinarea eficienței energetice a unui cazan

Factorul pierderilor termice în stand-by se calculează în funcție de puterea nominală și coeficienții $c_{5,6}$ din SR EN 15316–4–1 Anexa B, tabel B3, cu relația:

$$f_{gen,ls,P0} = \frac{[c_5 * (P_n)^{c_6}]}{100} \quad (3.\ 15)$$

Factorul pierderilor termice în stand-by reprezintă suma pierderilor prin manta și prin coș:

$$f_{gen,ls,P0} = f_{gen,env} + f_{ch,off} \quad (3.\ 16)$$

unde:

$f_{gen,env}$ - factorul pierderilor termice prin manta

$f_{ch,off}$ - factorul pierderilor termice prin coș la funcționarea în stand-by.

Dacă nu există indicații ale producătorilor sau măsurări, parte din pierderile termice ale generatorului în stand-by sunt atribuite pierderilor prin manta, $f_{gen,env}$, valorile lui fiind date în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B7.

Valorile convenționale, corespunzătoare pierderilor prin coș având arzătorul în stand-by, $f_{ch,off}$, se regăsesc în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B11.

3.1.5.2. Pierderile termice în stand-by, $P_{gen,ls,P0}$, în funcție de puterea nominală furnizată

Factorul pierderilor termice în stand-by reprezintă suma pierderilor prin manta și prin coș:

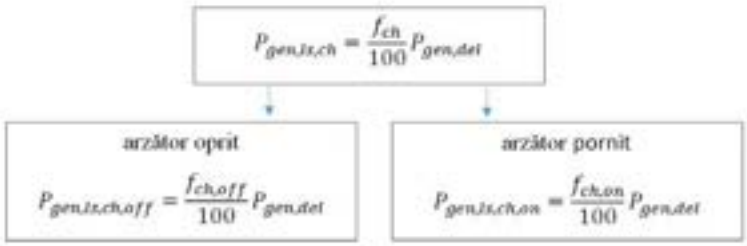


Figura 3.10. Determinarea pierderilor termice ale unui cazan

unde:

$f_{ch,off}$ se determină din tabel A11 și B11 din SR EN 15316–4–1

$P_{gen,del}$ se determină conform SR EN 15316–4–1.

Pierderile termice totale sunt

$$P_{gen,ls,ch,P0} = \frac{f_{gen,env}+f_{ch,off}}{100} P_{gen,del} \quad (3.\ 17)$$

3.1.5.3. Energia auxiliară consumată

Energia electrică consumată de echipamentele auxiliare pentru a asigura furnizarea agentului termic la nivelul sursei de căldură, se calculează cu relația următoare:

$$P_{aux,Px} = \frac{c_7+c_8}{100} P_{n,n} \quad \text{[kW]} \quad (3.\ 18)$$

unde: c7, c8, n – sunt coeficienți prezentați în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B6.

3.1.5.4. Factorul de utilizare a energiei la nivelul cazanelor

Pentru a demonstra eficiența energetică a surselor de căldură se calculează un factor de utilizare, ε_{gen}, în funcție de energia furnizată de cazan $Q_{H,gen,out}$ și de energia introdusă în cazan prin arderea combustibilului $E_{H,gen,in}$, cu relația generală următoare:

$$\varepsilon_{H,gen} = \frac{Q_{H,gen,out}}{E_{H,gen,in}} \quad (3.\ 19)$$

Energia termică obținută prin arderea combustibilului rezultă din bilanțul energetic al cazanului care se calculează în funcție de căldura furnizată de cazan $Q_{H,gen,out}$, de pierderile termice recuperate $Q_{H,gen,ls}$, de pierderi termice ale generatorului $Q_{H,gen,ren}$ și de pierderile termice auxiliare recuperate $Q_{H,gen,aux,rvd}$, cu relația următoare:

$$E_{H,gen,in} = Q_{H,gen,out} - Q_{H,gen,aux,rvd} + Q_{gH,en,ls} - Q_{H,gen,ren} \quad (3.\ 20)$$

Pentru cazane ce produc căldură din surse regenerabile, $Q_{H,gen,ren}$ este zero.

3.1.5.5. Energia auxiliară consumată de subsistemul de generare

Energia auxiliară total consumată este suma consumurilor electrice ale echipamentelor auxiliare de automatizare și reglare care aparțin subsistemului de generare:

$$W_{H,gen} = \sum_i W_{H,gen,i} + \sum_i W_{XY,gen,i} \quad \text{[kWh]} \quad (3.\ 21)$$

unde,H se referă la încălzire și indexul XY se referă la: climatizare C, ventilare V, apă caldă de consum DHW.

3.1.5.6. Pierderi termice ale subsistemului de generare

Pierderile termice însumează pierderile tuturor componentelor subsistemului:

$$Q_{gen,ls} = Q_{H,gen,ls} + \sum_i Q_{XY,gen,ls} + Q_{W,S,ls} \quad \text{[kWh]} \quad (3.\ 22)$$

unde:

$Q_{H,gen,ls}$ sunt pierderi termice aferente încălzirii, în kWh;

$\Sigma Q_{XY,gen,ls}$ sunt pierderi termice aferente altor consumatori, în kWh;

$Q_{W,S,ls}$ sunt pierderi termice ale sistemului de stocare (dacă există)sau ale sistemului de distribuție ale agentului termic dacă sistemul de stocare nu există sau nu e racordat direct la generator, în kWh.

Pentru fiecare cazan, factorul de sarcină specifică pentru încălzire, $\beta_{H,gen}$, se calculează cu relația:

$$\beta_H = \frac{Q_{H,gen,out}}{P_n * t_H} \quad (3.\ 23)$$

unde timpul timpul de încălzire pentru fiecare pe perioada de încălzire este:

$$t_H = \frac{Q_{H,gen,out}}{P_n} \quad [h] \quad (3.\ 24)$$

Dacă $0 \leq \beta_{H,gen} \leq \beta_{Pint}$, P_{int} fiind puterea la sarcină intermediară, pierderile termice ale cazanului aferente încălzirii, $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen}}{\beta_{Pint}}\left(P_{H,gen,ls,Pn} - P_{H,gen,ls,Pint}\right) + P_{H,gen,ls,Pint} \quad [kW] \quad (3.\ 25)$$

În caz contrar, dacă $\beta_{Pint} < \beta_{H,gen} \leq 1$, pierderile termice ale cazanului $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația următoare:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen} - \beta_{Pint}}{\beta_{Pn} - \beta_{Pint}}\left(P_{H,gen,ls,Pn} - P_{H,gen,ls,Pint}\right) + P_{H,gen,ls,Pint} \quad [kW] \quad (3.\ 26)$$

Pierderile termice ale cazanului, $Q_{H,gen,ls}$, pe perioada de timp de funcționare pentru încălzire, $t_{H,use}$, se calculează cu relația:

$$Q_{H,gen,ls} = P_{H,gen,ls,Px} * t_{H,use} \quad [kWh] \quad (3.\ 27)$$

3.1.5.7. Pierderi termice recuperabile și recuperate

Pierderile termice totale, recuperabile de la subsistemul de generare de căldură, $Q_{gen,ls,rbl}$, se calculează cu ecuația următoare:

$$Q_{gen,ls,rbl} = Q_{H,gen,ls,rbl} + Q_{XY,gen,ls,rbl} + Q_{H,gen,aux,rbl} \quad [kWh] \quad (3.\ 28)$$

unde indexul XY se referă la: climatizare C, ventilare V, apă caldă de consum DHW și aux, consumuri auxiliare.

Pierderile termice recuperabile din cele aferente mantalei cazanului, $\Sigma Q_{H,gen,ls,env,rbl}$, se calculează, în funcție de factorul de reducere a temperaturii, f_{brm} și partea de pierderi termice atribuită mantalei cazanului, $f_{gen,env}$:

$$Q_{H,gen,ls,env,rbl} = P_{H,gen,ls,P0,corr} * (1 - f_{brm}) * f_{gen,env} * t_{H,use} \quad [kWh] \quad (3.\ 29)$$

Valorile factorilor $f_{gen,env}$ și f_{brm}, se găsesc în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B7 respectiv B8.

Valoarea convențională pentru partea de energie auxiliară transmisă subsistemului de distribuție de la sistemul de generare, ca energie recuperată, $f_{aux,rvd}$, este specificată în Anexa B.1.3, cu valoarea $f_{aux,rvd} = 0{,}75$.

Partea de energie auxiliară transmisă spațiului încălzit $f_{aux,rbl}$, se calculează cu relația:

$$f_{aux,rbl} = 1 - f_{aux,rvd} \quad (3.\ 30)$$

Energia auxiliară recuperată transmisă agentului termic, $Q_{H,gen,aux,rvd}$, se calculează:

$$Q_{H,gen,aux,rvd} = W_{H,gen} * f_{aux,rvd} \quad (3.\ 31)$$

Energia auxiliară recuperabilă transmisă spațiului încălzit, $Q_{H,gen,aux,rbl}$, se calculează astfel:

$$Q_{H,gen,aux,rbl} = W_{H,gen} * (1 - f_{brm}) * f_{aux,rbl} \quad (3.\ 32)$$

Recuperarea totală de energie auxiliară de la subsistemul de generare se calculează ca sumă între recuperările pentru alimentarea sistemului de încălzire și alimentarea altor tipuri de consumatori de căldură, dacă există și sunt alimentați de la aceeași sursă:

$$Q_{gen,aux,rvd} = \sum Q_{H,gen,aux,rvd} + \sum Q_{XY,gen,aux,rvd} \quad (3.\ 33)$$

3.1.5.8. Energia auxiliară

Puterea medie a energiei auxiliare pentru fiecare cazan, $P_{H,aux,Px}$, se calculează printr-o interpolare liniară, corespunzător factorului de sarcină specifică, $\beta_{H,gen}$, calculat conform relației prezentate anterior, astfel:

Dacă $0 \leq \beta_{H,gen} \leq \beta_{Pint}$, P_{int} fiind puterea la sarcină intermediară, puterea auxiliară necesară cazanului a cazanului, $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația următoare:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen}}{\beta_{Pint}}\left(P_{aux,Pint} - P_{aux,P0}\right) + P_{aux,P0} \quad [\text{kW}] \quad (3.\ 34)$$

În caz contrar, dacă $\beta_{Pint} < \beta_{H,gen} \leq 1$, pierderile termice ale cazanului $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația următoare:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen} - \beta_{Pint}}{1 - \beta_{Pint}}\left(P_{aux,Pn} - P_{aux,Pint}\right) + P_{aux,Pint} \quad [\text{kW}] \quad (3.\ 35)$$

unde:

$$\beta_{Pint} = \frac{P_{int}}{P_n} \quad (3.\ 36)$$

Energia auxiliară totală, $W_{H,gen}$, pe perioada de funcționare pentru încălzire, $t_{H,use}$, se calculează cu relația:

$$W_{H,gen} = P_{H,aux,Px} * t_{H,use} \quad [\text{kW}] \quad (3.\ 37)$$

3.1.5.9. Timpul de funcționare și factorul de sarcină specifică, β

Dacă la sistemul de generare sunt racordate mai multe tipuri de consumatori (încălzire, climatizare, ventilare, a.c.c.) care funcționează cu priorități diferite, se poate calcula timpul de încălzire pentru fiecare pe perioada de încălzire, astfel:

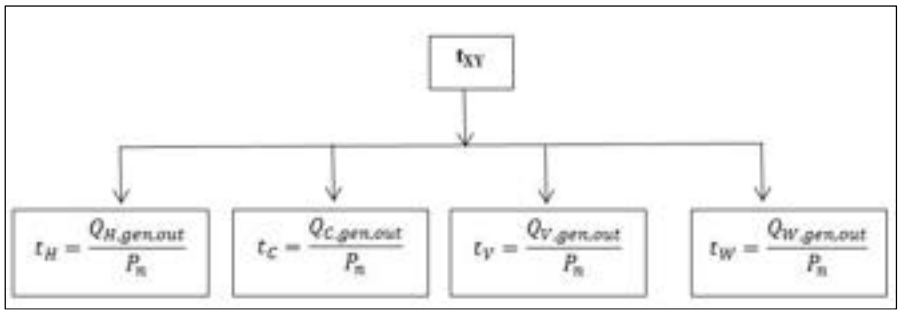


Figura 3.11. Determinarea timpului pe utilităţi

Dacă sunt consumatori în paralel care funcţionează cu aceeași prioritate, timpul de funcționare al cazanului se calculează cu relațiile următoare:

$$t_{H,op} = t_{H,use} * \beta_H - t_{C,use} * \beta_C - t_{V,use} * \beta_V - t_{W,use} * \beta_W \quad (3.\ 38)$$

unde:

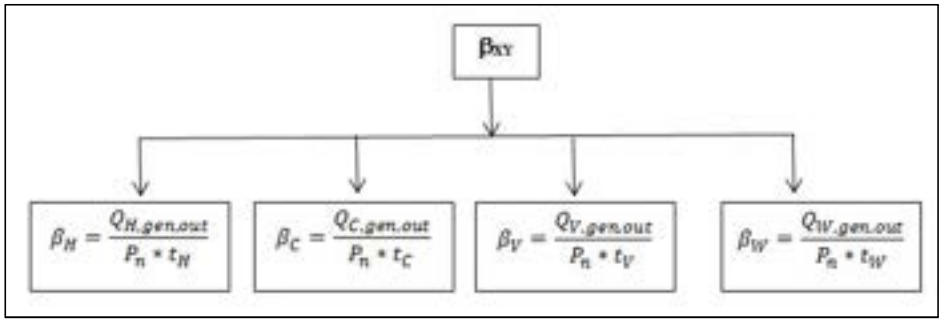


Figura 3.12.Determinarea factorului de sarcină specifică

Energia termică furnizată de cazan este suma necesarului de energie a sistemelor de distribuție pentru diferiți consumatori, racordate la cazan:

$$Q_{gen,out} = f_{ctr,ls} * \sum_i Q_{H,dis,in,i} + \sum_j Q_{XY,dis,in,j} \quad \text{[kWh]} \quad (3.\ 39)$$

Valorile factorului de reglare, $f_{ctr,ls}$, sunt date în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B16.

3.2. Instalații de ventilare hibridă, mecanică și climatizare; cuplarea cu celelalte instalații

3.2.1. Domeniu de aplicare

Acest paragraf tratează:

- Necesarul de energie al sistemelor de ventilare simplă;
- Consumul de energie aferent ventilării mecanice simple și climatizării numai aer; diferenţele esenţiale dintre cele două sisteme fiind precizate mai jos;
- Calculul consumului de energie în sistemele de climatizare aer – apă;
- Calculul energetic al sistemelor de stocare a energiei pentru răcire;
- Calculul energetic al sistemelor de generare a frigului.

Diferenţierea dintre ventilarea mecanică simplă și climatizarea numai aer (figura 3.13) rezultă din următoarele considerente:

- debitul de aer din sistemele de ventilare mecanică simplă este debitul de aer proaspăt necesar, determinat din condiții igienice (sistemul funcţionează numai cu aer proaspăt; din acest motiv nu exită recirculare); acest debit se stabileşte pe baza reglementării tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare; pentru diminuarea sarcinii termice necesată tratării aerului, se recomandă recuperarea prin recuperatoare a căldurii/frigului din aerul extras din încăperi sau preîncălzire/prerăcire sau folosind alte diferite soluţii (conducte în sol, faţade transparente ventilate etc.); aerul de ventilare este introdus în încăperi la temperatura necesară aerului interior și nu contribuie la acoperirea sarcinii termice a încăperii;
- debitul de aer din sistemele de climatizare numai aer se determină din condiţiile de acoperire a sarcinii de răcire/încălzire a încăperilor/zonei climatizate; acest debit poate fi mai mare sau egal cu cel necesar de ventilare (în cazul în care din calcul, debitul de climatizare rezultă mai mic decât cel de ventilare, se adoptă debitul de ventilare din condiții igienice); pentru diminuarea sarcinii termice se recomandă recuperarea căldurii/frigului din aerul extras, inclusiv prin recirculare.

Tratarea aerului din sistemele de ventilare/climatizare numai aer se realizează în centrala de tratare a aerului, CTA. În figura 3.13 se prezintă schema sistemului tratat. Notaţiile utilizate pentru tipurile

de aer sunt cele din Reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuţia și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare și din normele PEC.

Complexitatea și diversitatea sistemelor depinde de modul de tratare a aerului, de procesele și de aparatura aleasă, inclusiv cea de automatizare. În această parte a Metodologiei sunt detaliate problemele referitoare la consumul de energie în aceste sisteme și aparate, la posibilităţile de recuperare a căldurii, la pierderile de aer și de căldură din sistem; nu sunt urmărite variantele de tratare a aerului, nu sunt calculate temperaturile și debitele de aer necesare, probleme care se rezolvă la proiectare. În funcţie de sistemele alese, nu toate calculele prezentate în continuare vor fi necesare, sau pot fi necesare și calcule suplimentare pentru anumite sisteme, mai ales pentru cele care utilizează surse regenerabile de energie. De asemenea, se face observaţia dependenţei puterii și energiei consumate de sisteme, de modul de reglare/automatizare al acestora.

Metoda dezvoltată în continuare, prezintă calculul pentru:

- consumul de căldură pentru încălzire, (inclusiv pentru umidificare și reîncălzire după umidificare adiabatică) și pentru răcire al CTA de ventilare/climatizare;
- energia recuperată la nivelul CTA, prin recircularea aerului sau folosind recuperatoare de căldură;
- puterea consumată de generatoarele de ventilare (energia electrică necesară ventilatoarelor);
- puterea de intrare (necesară) pentru generarea umidităţii;
- pierderile termice pentru încălzire sau răcire recuperabile de la sistemul de ventilare/climatizare pentru încălzire sau răcire;
- pierderile de aer în sistem;
- energia auxiliară pentru ventilare (energie electrică pentru antrenarea dispozitivelor de recuperare de căldură rotative sau a pompelor, a dispozitivelor de reglare, a acţionărilor etc.);
- energia electrică necesară pentru umidificare (pentru tipuri specificate de umidificatoare);
- energia auxiliară de umidificare.

Metodele de calcul se aplică pentru intervale de timp de calcul orar. Pentru utilizarea acestora, se aplică indicii și acronimele din figura următoare.

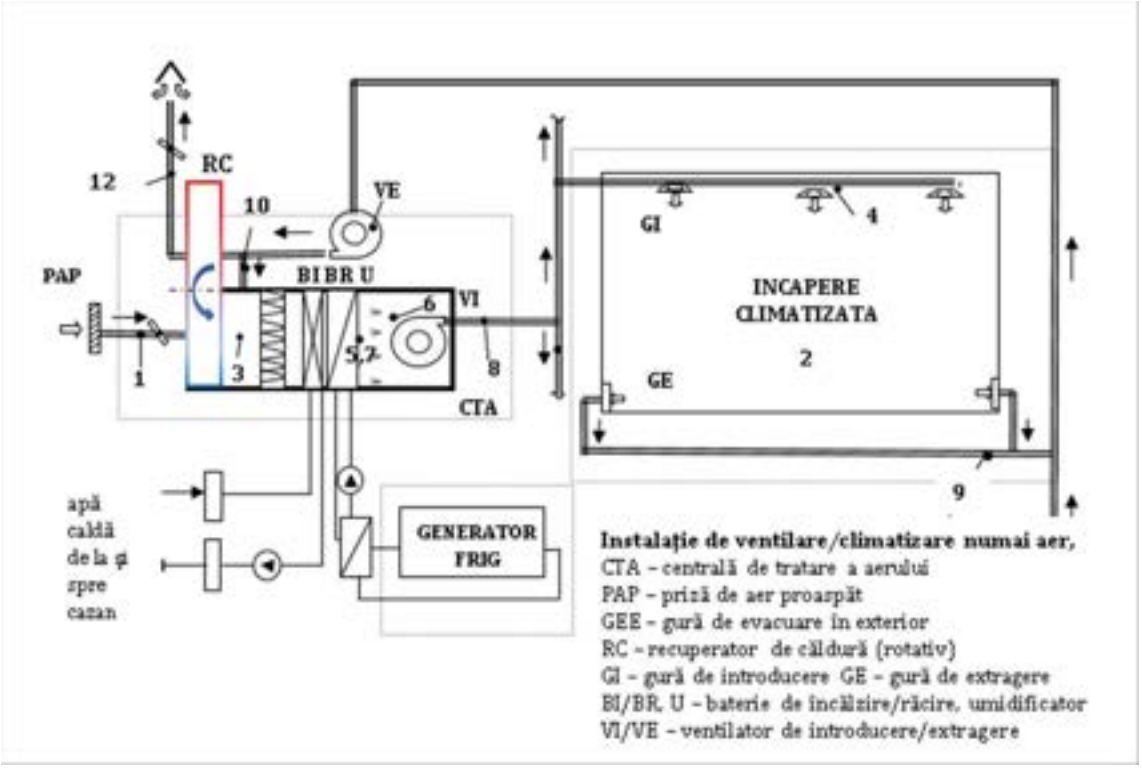


Figura 3.13. Schema instalaţiei de ventilare mecanică/climatizare numai aer

Pentru tipurile de aer se folosesc acronimele din Tabelul 1.2, aceleaşi cu cele din Reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuţia şi exploatarea instalaţiilor de ventilare şi climatizare, identificabile pe schemă după cum urmează:
1 – ODA; 2- IDA; 4 , 8 – SUP; 9 – ETA; 12 – EHA; 10 – RCA

3.2.2. Calculul energetic al generării (al CTA)

<u>Încălzire</u>

- Energia necesară pentru bateria de încălzire, fără recuperare de căldură, în intervalul de timp de calcul t_{ci}, (ore) este egală cu:

$$Q_{H;ahu;in;req} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot (\vartheta_{SUP;H;req} + \Delta\vartheta_{SUP;HU} - \vartheta_e) \cdot t_{ci} \qquad (3.\ 40)$$

unde:

$Q_{H;ahu;int;req}$	- energia necesară pentru bateria de încălzire, fără recuperare de căldură, în kWh;
$q_{V;SUP;ahu}$	- debitul volumic de aer tratat al CTA , în m^3/h;
ρ_a	- densitatea aerului, în kg/m^3;
c_a	- căldura specifică a aerului, în kJ/(kg,K);
$\vartheta_{SUP;\ H;req}$	- temperatura necesară a aerului tratat (încălzit) care iese din CTA, în°C;
$\Delta\vartheta_{SUP;HU}$	- creştere suplimentară de temperatură a aerului necesară în cazul umidificării adiabatice, în °C;
ϑ_e	- temperatura aerului exterior corespunzătoare pasului de timp t_{ci}.

Pentru o perioadă de timp oarecare (o săptămână, o lună etc.) valorile orare calculate cu relaţia (3.40) se vor însuma.

Recuperare de căldură

- Energia transferată prin recuperarea de căldură, sensibilă și latentă, în intervalul de timp de calcul t_{ci} se calculează cu:

$$Q_{hr} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot \left[\left(\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{ODA;preh} \right) + \frac{r_w}{c_{p;a}} \left(x_{SUP;hr} - x_{ODA;preh} \right) \right] \cdot t_{ci} \quad (3.41)$$

unde, în plus faţă de relaţia precedentă:

f_{ODA} - fracţia de aer exterior din aerul tratat (dacă nu există recirculare f_{oda}=1);

$\vartheta_{ODA,preh}$ - temperatura aerului exterior preîncălzit în recuperatorul de căldură, în °C;

$\vartheta_{SUP,hr}$ - temperatura aerului tratat la ieşire din recuperatorul de căldură, în °C ;

$x_{SUP,hr}$ - conţinutul de umiditate al aerului tratat la ieşire din recuperatorul de căldură, în kg/kg ;

$x_{ODA,preh}$ - conţinutul de umiditate al aerului exterior preîncălzit în recuperatorul de căldură, în kg/kg;

Recirculare

- Energia transferată prin recirculare, dacă este cazul, în intervalul de calcul t_{ci}, este egală cu:

$$Q_{RCA} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;ETA;ahu} \cdot (1 - f_{ODA}) \cdot (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_e) \cdot t_{ci} \quad (3.42)$$

unde:

$q_{v;ETA;ahu}$ - debitul volumic de aer tratat al centralei de evacuare a aerului, în m^3/h

$\vartheta_{ETA;hr;in}$ - temperatura aerului extras la intrare în recuperatorul de căldură (sau în recirculare)

Dacă ventilarea este echilibrată, $q_{v;ETA;ahu} = q_{v;SUP;ahu}$.

Notă. Indicii care caracterizează starea aerului: temperatură, conţinut de umiditate, pot fi diferiţi de cei menţionaţi, în funcţiei de schema de tratare complexă a aerului adoptată la proiectare (cu sau fără recirculare, cu recuperare a căldurii în CTA sau prin alte sisteme: cu pompă de căldură, cu schimbătoare cu agent intermediar etc.).

Răcire şi dezumidificare

- Energia extrasă de bateria de răcire în intervalul de calcul t_{ci}:

$$Q_{C;ahu;out;req} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \left[\rho_a c_a \left(\vartheta_{SUP;RCA} - \vartheta_{SUP;C;req} \right) + \rho_a r_w \left(x_{SUP;RCA} - x_{SUP;C;req} \right) \right] \cdot t_{ci} \quad (3.43)$$

- Energia extrasă pentru dezumidificare, în intervalul de calcul t_{ci} :

$$Q_{DHU;ahu;out;req} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \left\{ \begin{array}{c} \rho_a c_a \left[\min\left(\vartheta_{SUP;RCA}; \vartheta_{SUP;ahu;req} \right) - \vartheta_{SUP;C;req} \right] \\ + \rho_a r_w \left(x_{SUP;RCA} - \Delta x_C - x_{SUP;C;req} \right) \end{array} \right\} \cdot t_{ci} \quad (3.44)$$

Notă. Semnificaţia termenilor este aceeaşi ca în relaţiile precedente, dar indicii sunt diferiţi, conform celor din figura 3.13.

Umidificare

- Energia furnizată pentru umidificare în intervalul de timp de calcul, este egală cu:

— Dacă umidificatorul funcţionează cu abur

$$E_{HU;gen;in;cr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a r_w \cdot \left(x_{SUP;HU} - x_{SUP;C} \right) \cdot t_{ci} \quad (3.45)$$

— dacă nu:

$$E_{HU;gen;in;cr} = 0 \quad (3.46)$$

Pierderi termice la generare

- Pierderile termice în centralele de tratare a aerului CTA, în intervalul de timp t_{ci}, se calculează după cum urmează:

— dacă încăperea în care este montată CTA este climatizată, cu temperatura aerului $\vartheta_{IDA;zt}$,

$$Q_{V;ls;gen} = [(A \cdot U)_{ahu;SUP} (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{IDA;zt}) + (A \cdot U)_{ahu;ETA} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{IDA;zt}) + q_{V;lea;ahu;SUP} \rho_a c_a (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{IDA;zt})] \cdot t_{ci} \quad (3.\ 47)$$

— dacă încăperea nu este climatizată, temperatura aerului $\vartheta_{IDA;zt}$ se înlocuieşte cu temperatura din spaţiul neclimatizat $\vartheta_{sur;nc}$:

$$Q_{V;ls;gen} = [(A \cdot U)_{ahu;SUP} (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{sur;nc}) + (A \cdot U)_{ahu;ETA} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{sur;nc}) + q_{V;lea;ahu;SUP} \rho_a c_a (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{sur;nc}) + q_{V;lea;ahu;ETA} \rho_a c_a (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{sur;nc})] \cdot t_{ci} \quad (3.\ 48)$$

unde :

$A_{ahu;SUP}$	- suprafaţa CTA de introducere, în m^2;	
$U_{ahu;SUP}$	- transmitanţa CTA de introducere; valoare prin lipsă $U_{ahu;SUP}$ = 1 W/m^2 K, în kW/m^{2}K;	
$A_{ahu;ETA}$	- suprafaţa CTA extragere, în m^2;	
$U_{ahu;ETA}$	- transmitanţa CTA extras ;valoare prin lipsă $U_{ahu;ETA}$ = 1 W/m^2 K în kW/m^{2}K;	
$\vartheta_{sur;nc}$	- temperatura spaţiului necondiţionat din jurul centralei în °C	
t_{ci}	- intervalul de timp de calcul în h;	
$A_{ahu;SUP}$	m^2	- suprafaţa CTA de introducere;
$U_{ahu;SUP}$	kW/m^2 K	- transmitanţa CTA de introducere; valoare prin lipsă $U_{ahu;SUP}$ = 1 W/m^2 K ;
$A_{ahu;ETA}$	m^2	- suprafaţa CTA extragere;
$U_{ahu;ETA}$	kW/m^2 K	- transmitanţa CTA extras; valoare prin lipsă $U_{ahu;ETA}$ = 1 W/m^2 K;
$\vartheta_{sur;nc}$	°C	- temperatura spaţiului necondiţionat din jurul centralei;
t_{ci}	h	- intervalul de timp de calcul.

Valorile debitelor de aer de introducere şi respectiv de extragere din sistem, $q_{V;SUP;ahu;nom}$ $q_{V;ETA;ahu;nom}$ trebuie cunoscute din proiect sau stabilite prin inspecţia instalaţiilor.

Pierderi termice recuperabile la generare

- Pierderile termice recuperabile $Q_{V;ls;gen;rbl}$ din CTA sunt:

— dacă CTA este amplasată în zona condiţionată:

$$Q_{V;ls;gen;rbl} = Q_{V;ls;gen} \quad (3.\ 49)$$

— dacă zona de amplasare nu este condiţionată:

$$Q_{V;ls;gen;rbl} = 0 \quad (3.\ 50)$$

Ventilatoare

- Creşterea de temperatură a aerului în ventilator, $\Delta\vartheta_{fan}$

Temperatura aerului la trecere prin ventilator este majorată astfel:

— pentru sistemele de ventilare a clădirilor de locuit, dublu flux echilibrate,

$$\Delta\vartheta_{fan;SUP/ETA} = 0 \quad (3.\ 51)$$

— pentru alte sisteme,

$$\Delta\vartheta_{fan;SUP/ETA} = \frac{\Delta p_{fan;SUP/ETA} \cdot f_{fan;rd}}{\rho_a \cdot c_a \cdot \eta_{fan;SUP/ETA} \times 3{,}6 \times 10^6} \quad (3.\ 52)$$

unde

$\Delta p_{fan;SUP\ /\ ETA}$ - diferenţa de presiune a ventilatorului de introducere/extragere, în Pa;

$\eta_{fan;SUP\ /\ ETA}$ - randamentul ventilatorului de introducere/extragere;

$f_{fan;rd}$ - este gradul de recuperare a puterii ventilatorului, în funcţie de poziţia motorului: pentru motor în curentul de aer $f_{fan;rd}$ =1; pentru motor în afara curentului, $f_{fan;rd}$ = 0,6.

- Temperatura aerului folosit pentru recirculare sau care intră în recuperatorul de căldură:

— dacă ventilatorul de extragere este montat în amonte de recuperator sau de racordul de recirculare:

$$\vartheta_{ETA:hr;in} = \vartheta_{ETA;dis;out} + \Delta\vartheta_{fan;ETA} \quad (3.\ 53)$$

— dacă ventilatorul este montat în aval de recuperator:

$$\vartheta_{ETA:hr;in} = \vartheta_{ETA;dis;out} \quad (3.\ 54)$$

- Consumul de energie al ventilatorului pentru un interval de calcul t_{ci}, se calulează cu relația:

$$E_{V;gen;in;el} = \left(P_{el;fan;SUP} + P_{el;fan;ETA}\right) \cdot t_{ci} = \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{\eta_{fan;SUP}} \cdot \Delta p_{fan;SUP} + \frac{q_{V;ETA;ahu}}{\eta_{fan;ETA}} \cdot \Delta p_{fan;ETA}\right) \cdot \frac{t_{ci}}{3.6 \cdot 10^6} \quad (3.\ 55)$$

- Randamentul ventilatorului de introducere/extragere, în intervalul de calcul t_{ci}:

$$\eta_{fan;SUP/ETA} = \eta_{fan;SUP/ETA;nom} \cdot f_\eta(q_V) \quad (3.\ 56)$$

unde:

$\eta_{fan;SUP/ETA;nom}$ - randamentul nominal al ventilatorului de introducere/extragere, din datele de fabricaţie;

$f_\eta(q_V)$ - funcţia de dependenţă a randamentului ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, din datele de fabricaţie.

- Diferenţele de presiune ale ventilatoarelor de introducere și de extragere sunt:

— Dacă sistemul deserveşte o zonă:

➢ dacă nu există reglare a funcționării:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{fan;SUP;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_V) \quad (3.\ 57)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{fan;ETA;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_V) \quad (3.\ 58)$$

➢ dacă există reglare directă al funcționării:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)^2 \quad (3.\ 59)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA;des} \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V,ETA;ahu;nom}}\right)^2 \quad (3.\ 60)$$

— Dacă sistemul deserveşte mai multe zone:

➢ dacă nu există reglare a funcționării:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{fan;SUP;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_V) \quad (3.\ 61)$$

$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{fan;ETA;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_V)$ (3. 62)

- dacă există reglare a funcționării la presiune constantă:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl}\right] \quad (3.\ 63)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl}\right] \quad (3.\ 64)$$

- dacă există reglare a funcționării la presiune minimă:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl} \cdot f_{V;\max}{}^2\right] \quad (3.\ 65)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl} \cdot f_{V;\max}{}^2\right] \quad (3.\ 66)$$

unde

$\Delta p_{SUP/ETA;des}$	- diferenţa de presiune de proiectare a ventilatorului de introducere /extragere, în P;
$\Delta p_{fan;SUP/ETA;nom}$	- diferenţa de presiune nominală a ventilatorului, din datele de fabricaţie, în Pa;
$f_{\Delta p}(q_V)$	- funcţie de dependenţă a diferenţei de presiune a ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, provenind din datele de fabricaţie;
$f_{\Delta p;SUP/ETA;ctrl}$	- partea reglată a diferenţei de presiune totală de introducere/extragere, de proiectare.

<u>Preîncălzire şi prerăcire prin sol</u>

- Energia transferată la preîncălzire prin sol, dacă această soluţie este utilizată, în intervalul de calcul t_{ci} considerat, este egală cu:

$Q_{gnd} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot (\vartheta_{ODA,preh} - \vartheta_e) \cdot t_{ci}$ (3. 67)

<u>Energia auxiliarelor</u>

- Energia auxiliară necesară sistemului de ventilare este egală cu:

$W_{V;aux} = W_{V;aux;hr} + W_{V;preh} + W_{V;aux;ctrl}$ (3. 68)

- Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură în intervalul de calcul t_{ci} este egală cu:

— dacă recuperatorul de căldură este de tip rotativ , indiferent de modul de reglare:

$$W_{V;aux;hr} = P_{hr;rot;\max} \cdot t_{ci} \frac{n_{rot}}{n_{rot;\max}} \quad (3.\ 69)$$

— dacă recuperatorul de căldură este de tipul cu pompe de circulaţie:

$$W_{V;aux;hr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot p_{el;hr;pu;\max} \cdot t_{ci} \cdot \left[\max\left(f_{pl;hr;\min}; \frac{Q_{hr}}{t_{ci} \cdot \Phi_{hr;\max}}\right)\right]^{2.5} \quad (3.\ 70)$$

— pentru alte tipuri de recuperator:

$W_{V;aux;hr} = 0$ (3. 71)

unde:

$n_{rot,max}$ - viteza de rotaţie maximă, în min^{-1};

$P_{hr;rot;max}$ - puterea maximă de antrenare prin rotor, la viteza de rotaţie maximă, în kW;

$p_{el;hr;pu;max}$ - puterea absorbită de pompă, relativă la debitul volumic transportat, la viteza maximă, în kWh/m^3;

$\Phi_{hr;max}$ - puterea maximă de transfer de căldură a dispozitivului de recuperare de căldură, în kW;

$f_{pl;hr;min}$ - factorul minim de sarcină parţială a recuperării de căldură.

- Fracţia din consumul de energie al ventilatorului, pentru pierderea de sarcină în dispozitivul de recuperare de căldură, în intervalul de calcul considerat, este egală cu:

$$E_{V;gen;in;el;hr} = \frac{E_{V;gen;in;el} \cdot \Delta p_{SUP+ETA;des;hr}}{\Delta p_{SUP;des} + \Delta p_{ETA;des}} \quad (3.\ 72)$$

unde:

$\Delta p_{SUP+ETA;des;hr}$ - diferenţa de presiune de proiectare între introducere şi extragere, pentru dispozitivul de recuperare de căldură, în condiţii de proiectare, în Pa.

- Energia furnizată pentru protecţia la îngheţ, în intervalul de calcul considerat, este egală cu:

— dacă dispozitivul de recuperare este dotat cu preîncălzire:

$$W_{V;preh} = [\rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot (\vartheta_{ODA,fp} - \vartheta_e)] \cdot t_{ci} \quad (3.\ 73)$$

— dacă dispozitivul nu are preîncălzire:

$$W_{V;preh} = 0 \quad (3.\ 74)$$

- Consumul de energie auxiliară al elementelor de reglare este:

$$W_{V;aux;ctrl} = \Sigma P_{el;V;ctrl} \cdot f_{op;ctrl} \cdot t_{ci} \quad (3.\ 75)$$

unde:

$\Sigma P_{el,V;ctrl}$ - puterea electrică consumată a dispozitivelor de reglare (captatori, elemente de acţionare, regulatoare);

$f_{op;ctrl}$ - factorul de funcţionare a dispozitivelor de reglare.

- Consumul de energie al pompei de umidificare, în intervalul de calcul considerat, este egal cu:

— dacă umidificarea se realizează prin injecţie de abur:

$$W_{HU;aux} = 0 \quad (3.\ 76)$$

— dacă se utilizează alt tip de umidificator:

$$W_{HU;aux} = q_{V;SUP;HU;des} \cdot p_{el;HU,des} \cdot f_{pl;HU} \cdot t_{ci} \quad (3.\ 77)$$

unde:

$q_{V;SUP;HU;des}$ - debitul volumic de aer de proiectare din sistemul de umidificare, în m^3/h;

$p_{el,HU,des}$ - consumul specific de energie al pompei de umidificare, raportat la debitul volumic, se poate considera cel din tabelul 3.1, în Wh/m^3.

- Factorul de sarcină parţială se calculează în funcţie de reglarea pompei și de tipul de umidificator. Pentru funcţionare fără reglare sau cu reglare cu ventil, valoarea factorului se poate calcula ca în figura 3.14.

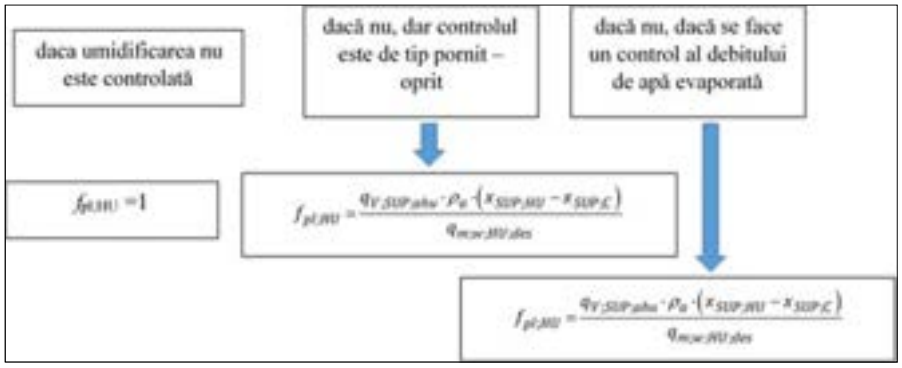


Figura 3.14. Factorul de sarcină parţială

unde :

$q_{m;w;HU,des}$ - debitul masic de apă evaporată, de proiectare a umidificatorului, în kg/h .

Tabel 3.1. Consum de energie specific al pompei pentru umidificare pentru diferite tipuri de umidificator și strategii de reglare

Tip de umidificator	Reglare umidificării	Energie specifică $p_{el,HU,des}$ kWh/m^3	$q_{m;w;HU,des}$ kg/h
prin contact	Fără reglare	0,01	din proiectare sau inspecţie
cu pulverizare	Fără reglare	0,20	
	Reglare închis/deschis	0,20	
	Reglare a debitului	0,20	
de presiune ridicată	Reglare a vitezei	0,04	
hibrid	Reglare închis/deschis	0,02	

3.2.3. Calcul energetic al distribuţiei

3.2.3.1. Pierderi de aer în conducte și în centrala de tratare a aerului

- Factorul de scurgeri de aer pentru conducte, $f_{lea;du}$ este dat de:

$$f_{lea,du}=1+\frac{q_{v,lea,du}}{q_{v,dis,req}} \tag{3. 78}$$

- Debitul de aer care se scurge prin neetanşeităţile conductei este calculat în funcţie de etanşeitatea conductei. Astfel:

$$q_{V,lea,du}=A_{du}\cdot c_{lea,du}\cdot \Delta p_{du}{}^{e_p}\cdot 3600 \tag{3. 79}$$

unde:

$q_{V;lea;du}$ - debitul volumic de aer care trece prin neetanşeităţile conductei, în m^3/h;

A_{du} - suprafaţa conductei, în m^2;

Δp_{du} - diferenţa de presiune între conductă și aerul ambiant, în Pa. Dacă nu există prevederi contrare, această valoare corespunde:

- în reţelele de conducte de aer tratat: mediei dintre diferenţa de presiune la ieşire din CTA și presiunea din amonte de gura de aer;
- în reţelele de conducte de aer recirculat: mediei dintre diferenţa de presiune din aval de gura de aer și presiunea la intrare în CTA;

$c_{lea,du}$ - factorul de etanşeitate la aer a reţelei de conducte, în m^3/(s·m^2), pentru 1 Pa

e_p - exponent al diferenţei de presiune; valoare prin lipsă: 0,65.

Factorii de scurgeri din conducte, în funcţie de clasa de etanşeitate la aer a conductelor, se stabilesc conform tabelului 3.2.

Tabel 3.2 Factori de scurgeri pentru conducte

Clasa de etanşeitate pentru conducte	$f_{lea;du}$
necunoscută	1,45 [a]
A	1,18
B	1,06
C	1,02
D - Aplicaţii speciale (camere curate)	1,0 [b]
[a] Conform SR EN 16798-3, 5 x A.	

Clasa de etanşeitate pentru diverse tipuri de conducte (valori indicative)

- conducte metalice – clasa B
- conducte nemetalice - clasa C sau D

- Factorul de scurgeri al CTA este calculat cu relația:

$$f_{lea;ahu} = 1 + \frac{q_{v;lea;ahu}}{q_{v;dis;in/out}} \cdot \left(\frac{\Delta p_{SUP/ETA}}{\Delta p_{test}} \right)^{0,65} \tag{3. 80}$$

unde

$q_{V;lea;ahu}$ - debitul de scurgeri de aer al CTA, în m^3/h;

$q_{V;dis;in/out}$ - debitul volumic de aer tratat sau recirculat care intră/iese din sistemul de distribuţie, în m^3/h;

$\Delta p_{SUP / ETA}$ - diferenţa de presiune dintre partea cu aer tratat sau recirculat și mediul în care se află CTA, în Pa ;

Δp_{test} - presiunea de încercare, în Pa.

Dacă se cunoaşte clasa de etanşeitate la aer a CTA, factorii de scurgeri sunt conform tabelului 3.3:

Tabel 3.3 Factori de scurgeri pentru centrale de tratare a aerului

Clasa de etanşeitate a CTA	$f_{lea;ahu}$
L3	1,1
L2	1,04
L1	1,01

- Debitele volumice de introducere/extracţie, furnizate de CTA sistemului de conducte:

$$q_{V;SUP;dis;in;req} = \sum_i (f_{lea;du;SUP} \cdot q_{V;SUP;dis;zv;req;i}) \tag{3. 81}$$

$$q_{V;ETA;dis;out;req} = -\sum_i (f_{lea;du;ETA} \cdot q_{V;ETA;dis;zv;req;i}) \tag{3. 82}$$

unde:

$q_{V;SUP;dis;zv;req;i}$ - debitul volumic de introducere necesar pentru zona ventilată i, în m^3/h;
$q_{V;ETA;dis;zv;req;i}$ - debitul volumic extras, necesar pentru zona ventilată i, în m^3/h.

Observaţie: Normele PEC consideră aerul recirculat cu valori negative.

- Debitul volumic de aer tratat care intră într-o zonă ventilată *i*, este:

$$q_{V;SUP;dis;zv;i} = q_{V;SUP;dis;in} \cdot \frac{q_{V;SUP;dis;zv;req;i}}{q_{V;SUP;dis;in;req}} \quad (3.\ 83)$$

- Debitul volumic de aer, extras dintr-o zonă ventilată *i*, este:

$$q_{V;ETA;dis;zv;i} = -q_{V;ETA;dis;out} \cdot \frac{q_{V;ETA;dis;zv;req;i}}{q_{V;ETA;dis;out;req}} \quad (3.\ 84)$$

- Debitul volumic de scurgeri de aer tratat care intră în zona *i*, este:

$$q_{V;lea;SUP;dis;z;i} = (f_{lea;du;z} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;z;i} \quad (3.\ 85)$$

- Debitul volumic de scurgeri de aer recirculat, extras din zona *i*, este:

$$q_{V;lea;ETA;dis;z;i} = (f_{lea;du;z} - 1) \cdot q_{V;ETA;dis;z;i} \quad (3.\ 86)$$

Observaţie: în formulele de mai sus, zona z poate fi o zonă ventilată zv sau o zonă termică zt.

- Debitul volumic de scurgeri care pătrunde în spaţiul necondiţionat este:

$$q_{V;lea;dis;nc} = (f_{lea;du;nc} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;in} \quad (3.\ 87)$$

- Factorul maxim de sarcină parţială a debitului volumic de aer, pentru o zonă este:

$$f_{V;\max} = \max_i \left(\frac{q_{V;SUP;dis;zv;i}}{q_{V;SUP;dis;zv;\max;des;i}} \right) \quad (3.\ 88)$$

unde:

– $q_{V;SUP;dis;zv;max;des;i}$ - debitul volumic maxim de proiectare pentru zona ventilată *i*, în m^3/h.

<u>*Calcul simplificat*</u>

Pentru acest calcul, în locul debitelor volumice de aer tratat/ recirculat în și din zonele termice, sunt luate ca date de intrare, factorul de sarcină parţială și diversitatea debitelor pentru intervalul de calcul considerat.

Debitele volumice ce trebuie tratate în CTA necesare în conductele de distribuţie sunt:

$$q_{V;SUP;dis;in;req} = f_{pl} \cdot q_{V;SUP;ahu;nom} \quad (3.\ 89)$$

$$q_{V;ETA;dis;out;req} = f_{pl} \cdot q_{V;ETA;ahu;nom} \quad (3.\ 90)$$

unde

$q_{V;SUP/ETA;ahu;nom}$ - debitul volumic de aer de introducere şi de aer recirculat al sistemului, (din proiect) în m^3/h.

Factorul maxim de sarcină parţială a debitelor volumice de aer din zonă este:

$$f_{V;\max} = f_{pl} + \Delta f_V \quad (3.\ 91)$$

unde

f_{pl} - factorul de sarcină parţială pentru debitul volumic de aer total (pe toate zonele) (dată de intrare);

Δf_V - diversitatea debitului volumic pentru intervalul de calcul considerat (dată de intrare).

3.2.3.2. Pierderi termice ale conductelor de aer

- Pierderi termice pe distribuţie

Pierderile termice în reţelele de conducte sunt egale cu:

$$Q_{V;ls;dis} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left[q_{V;SUP;dis;in} \cdot \left(\Delta\vartheta_{SUP;du;nc} + \sum_i \Delta\vartheta_{SUP;du;zt;i} \right) + q_{V;ETA;dis;out} \cdot \Delta\vartheta_{ETA;du} + \sum_j q_{V;SUP;lea;du;zv;j} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{IDA;zv;j} \right) + q_{V;lea;dis;nc} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{sur;nc} \right) \right] \cdot t_{ci} \quad (3.\ 92)$$

- Pierderile termice recuperabile, din reţeaua de conducte, către o zonă termică *i*, sunt:

$$Q_{V;ls;dis;rbl;zt;i} = [q_{V;SUP;zt;i} \cdot \dot{n}_a \cdot c_a \cdot \Delta\vartheta_{SUP;du;cnd} + q_{V,SUP,lea,du;zt;i} \cdot \dot{n}_a \cdot c_a \cdot (\vartheta_{SUP,dis,in} - \vartheta_{IDA;zt;i})] \cdot t_{ci} \quad (3.\ 93)$$

unde

$q_{V,SUP,zt;i}$ - debitul volumic de aer introdus în zona termică *i*, în m^3/h;

$q_{V,SUP,lea,du;zt;i}$ - debitul volumic de scurgeri de aer care intră în zona termică *i*, în m^3/h.

Observaţie: Se consideră că pierderile termice sunt recuperate într-o zonă termică.

3.2.3.3. Exemplu de calcul (la paragrafele 3.2.1., 3.2.2., 3.2.3.)

Calculul energetic al generării (CTA) și **Calculul energetic al distribuției pentru instalații de ventilare hibridă, mecanică și climatizare**

Se consideră o instalație de ventilare mecanică ca cea prezentată în figura 3.13. Calculul energetic al generării se realizează pentru o CTA cu toate echipamentele componente și se finalizează cu calculul energetic al distribuției aerului în conducte.

În exemplul prezentat se folosesc următoarele date:

<u>Date de descriere calitative:</u>

- Tip de recuperator de căldură: rotativ, higroscopic (*HEAT_REC_TYPE: ROT_HYG*).
- Tip de protecție la îngheț: temperatura de intrare în recuperatorul de căldură crește la trecerea aerului printr-o baterie de preîncălzire (*DEFR_TYPE: PREH*)
- Tip de umidificator: umidificator prin contact (*HUM_TYPE: CONTACT*).
- Tip de agent pentru umidificarea cu abur: electricitate, gaz, solar, alt tip de agent (*GEN_CRHU;gen:* -).

<u>Date de proiectare a sistemului:</u>

- Poziționarea ventilatorului de introducere: în amonte de dispozitivul de recuperare a căldurii sau al recirculării (*SUP_FAN_LOC: UP_HR*)
- Poziționarea ventilatorului de evacuare/extragere: în amonte de dispozitivul de recuperare a căldurii sau al recirculării (*ETA_FAN_LOC: UP_HR)*
- Poziționarea motorului ventilatorului: motorul ventilatorului este poziționat în exteriorul curentului de aer (*FAN_MOT_LOC: OUTS_AIR*)
- Tip de sistem pentru calculul energiei unui ventilator cu debit volumic de aer variabil: Sistemul deservește o singură zonă (sau este reglat în funcție de o zonă pilot), (*SYS_TYPE: SINGLE_ZONE*)
- Amplasare CTA: într-o zonă neclimatizată (*AHU_LOC: NC*).

Date privind reglarea:

- Reglare a debitului volumic: reglare continuă a debitului volumic variabil (*AIR_FLOW_CTRL: VARIABLE*)
- Reglare de temperatură a aerului introdus: Punct de reglare variabil cu compensare de temperatura exterioară (*SUP_TEMP_CTRL: ODA_COMP*)
- Reglarea aerului recirculat/extras: proporție fixă de aer extras, proporție variabilă de aer extras (*RCA_CTRL: ZONE_BASED*)
- Reglarea recuperării de căldură: Reglare prin schimbarea vitezei de rotație (*HEAT_REC_CTRL: SPEED*)
- Reglarea protecției contra înghețului: înghețul este împiedicat, reglând temperatura de ieșire a recuperatorului de căldură (*DEFR_CTRL: INDIRECT*)
- Reglarea ventilatorului: nicio reglare, ventilatorul răspunde la debitul variabil în funcție de caracteristicile sale (*FAN_CTRL:* -).
- Reglarea umidificatorului: Pornit/oprit (*HUM_CTRL: ON_OFF*).

Se folosesc datele de intrare din tabelul 3.4. Desfăşurarea calculului şi rezultatele sunt date în tabelul 3.5, respectiv tabelul 3.6.

Se precizează că în coloana care indică numărul curent al relaţiilor de calcul, sunt menţionate atât numerele corespunzătoare din standardul SR EN 16798-5-1 cât şi cele din prezenta metodologie.

Tabel 3.4. Date de calcul

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Date privind condițiile de funcționare			
Interval de timp de calcul	t_{ci}	h	1
Temperatură exterioară în intervalul de calcul	ϑ_e	°C	33,2
Conţinut de umiditate a aerului exterior de intervalul de calcul	x_e	kg/kg aer uscat	0,01229
Temperatură a zonei termice în care au loc pierderile conductei sau ale CTA	$\vartheta_{IDA;zt}$	°C	26
Temperatură a spaţiului necondiţionat din jurul conductei	ϑsur;nc	°C	28
Conţinut de umiditate al spaţiului necondiţionat din jurul conductei	xsur;nc	kg/kg aer uscat	0,01229
Putere de intrare a bateriei de încălzire a CTA	$Q_{H;ahu;in}$	kWh	3,323
Putere de ieşire a bateriei de răcire a CTA	$Q_{C;ahu;out;}$	kWh	1,805
Temperatură de intrare în bateria de răcire a CTA	$\vartheta_{C;ahu;in}$	°C	11,113
Semnal de necesitate de funcţionare	$f_{op;V}$	-	1,00
Debit volumic al aerului de introducere necesar în zona de ventilare i	qV;SUP;dis;zv;req;i	m3/h	2400,00
Debit volumic al aerului extras din zonă de ventilare i	qV;ETA;dis;zv;req;i	m3/h	-2400,00
Debit volumic al aerului exterior de introducere, necesar în zonă de ventilare i	qV;ODA;zv;req;i	m3/h	2400,00
Temperatură a aerului de introducere necesară în zona de ventilare	ϑSUP;req;zv	°C	21,00
Conţinut de umiditate minim al aerului de introducere necesar în zona de ventilare	xSUP;zt;min;req	kg/kg aer uscat	0,007
Conţinut de umiditate maxim al aerului de introducere necesar în zona de ventilare	xSUP;zt;max;req	kg/kg aer uscat	0,011
Temperatură a aerului extras pentru zona de ventilare	ϑETA;zv	°C	21,00

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Conţinut de umiditate al aerului extras din zona termică	xETA;zv	kg/kg aer uscat	0,01301
Factor de sarcină parţială al debitul volumic total de aer (pe toate zonele)	fpl	–	0,9
Diferenţă de sarcină parţială (pe toate zonele)	ΔfV	–	0,9
Factor de funcţionare a dispozitivelor de reglare	fop;ctrl	-	1
Date privind produsul			
Tip de recuperator de căldură rezidențial	HEAT_REC_TYPE		ROT_HYG
Tip de protecție la îngheț	DEFR_TYPE		PREH
Tip de umidificator	HUM_TYPE		CONTACT
Tip de agent energetic pentru umidificarea cu abur	GEN_CRHU;gen		-
Date tehnice ale produsului			
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;SUP	-	1,02
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;ETA	-	1,02
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;zv	-	1,02
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;nc	-	1,02
Factor de scurgeri pentru CTA	flea;ahu;SUP	-	1,04
Factor de scurgeri pentru CTA	flea;ahu;ETA	-	1,04
Debit volumic nominal de aer de introducere al CTA	qV;SUP;ahu;nom	m3/h	5000
Debit volumic de aer de introducere al CTA în etapa 1..n	qV;SUP;ahu;st1..stn	m3/h	3000
Debit volumic nominal de aer extras al CTA	qV;ETA;ahu;nom	m3/h	5000

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Debit volumic de aer extras al CTA în etapa 1..n	qV;ETA;ahu;st1..stn	m3/h	3000
Număr de etape	nst	-	1
Grad de recuperare din puterea ventilatorului	ffan;rd	-	0,6
Eficienţă nominală de temperatură a recuperării de căldură, la viteza aerului (de proiectare)	ηhr;nom	-	0,67
Debit maxim de aer de introducere (de proiectare) al sistemului	qV;SUP;hr;nom	m3/h	5000
Viteză nominală a aerului pentru recuperarea de căldură	vhr;nom	m/s	3,5
Constantă pentru dependenţa de viteză, a eficienţei de recuperare a căldurii	C1	-	-0,0684
Constantă pentru dependenţa de viteză a eficienţei de recuperare a căldurii	C2	-	1
Factor de corecție al numărului de rotații pentru schimbătorul de căldură rotativ	fn	-	1,0045
Eficienţă nominală de recuperare a umidităţii, la viteza aerului de proiectare	ηxr;nom	-	0,42
Eficienţă nominală de recuperare a umidităţii, la viteza aerului de proiectare	ΔxODA;nom	kg / kg aer uscat	0,005
Factor de corecţie pentru influenţa diferenţei de umiditate asupra eficienţei de recuperare de umiditate a dispozitivelor rotative	fΔx;x	-	-0,2504
Factor de corecţie pentru influenţa debitului masic asupra eficienţei de recuperare de umiditate, a dispozitivelor rotative	fq;x	-	0,9003
Factor de corecţie pentru influenţa vitezei aerului asupra eficienţei de recuperarea umidităţii, a dispozitivelor rotative	fv;x	-	1,5320
Factor de corecţie pentru influenţa vitezei de rotaţie asupra eficienţei de recuperarea umidităţii a dispozitivelor rotative	fn;x	-	1,0000

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Factor de corecţie pentru alte tipuri de recuperare de căldură	fxr;other	-	0,4000
Eficienţă de recuperare a căldurii, redusă din cauza operaţiei de dezgheţ la ϑe = − 15°C	εD;-15	-	0,4
Eficienţă de recuperare a căldurii, redusă din cauza operaţiei de dezgheţ la ϑe = − 7°C	εD;-7	-	0,7
Constantă pentru conţinutul de umiditate în bateria de răcire	CC;1	-	11,91
Constantă pentru conţinutul de umiditate în bateria de răcire	CC;2	-	4110,34
Constantă pentru conţinutul de umiditate în bateria de răcire	CC;3	-	235,0
Factor de derivaţie pentru bateria de răcire	fC;bp	-	0,1
Randament al bateriei de răcire	ηcoil;C	-	0,8
Eficienţă în temperatură a bateriei de încălzire	ηcoil;H	-	0,8
Randament nominal al ventilatorului de introducere, din datele de fabricaţie, furnizate conform SR EN ISO 5801	ηfan;SUP;nom	–	0,72
Diferenţă de presiune nominală a ventilatorului de introducere, provenind din datele de fabricaţie, după SR EN ISO 5801	Δpfan;SUP;nom	Pa	600,0
Randament nominal al ventilatorului de extragere, provenind din datele de fabricaţie, furnizate conform SR EN ISO 5801	ηfan;ETA;nom	–	0,8
Diferenţă de presiune nominală a ventilatorului de introducere, provenind din datele de fabricaţie, după SR EN ISO 5801	Δpfan;ETA;nom	Pa	600,0
Funcţie de dependenţă a randamentului ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	fη(qV)	-	0,728

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Funcţie de dependenţă a randamentului ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	fη(qV)	-	0,714
Funcţie de dependenţă a diferenţei de presiunea ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	fΔp(qV)	-	1,240
Funcţie de dependenţă a diferenţei de presiunea ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	fΔp(qV)	-	1,247
Suprafaţa CTA de introducere	Aahu;SUP	m2	35
Transmitanţă pentru pierderile de căldură ale CTA de introducere	Uahu;SUP	kW/m2 K	0,0005
Suprafaţă a CTA extras	Aahu;ETA	m2	35
Coeficient de pierderi termice ale CTA extras	Uahu;ETA	kW/m2 K	0,0005
Putere maximă de transfer de căldură a dispozitivului de recuperare a căldurii	Φhr;max	kW	0,50
Viteză maximă de rotaţie a dispozitivului de recuperare a căldurii, rotativ	nrot;max	min-1	20
Putere de antrenare a rotorului, la viteza maximă de rotaţie	Phr;rot;max	kW	0,05
Putere absorbită de pompă, relativă la debitul volumic transportat, la viteză maximă	pel;hr;pu;max	kWh/m3	0,00001
Factor minim de sarcină parţială a recuperării de căldură	fpl;hr;min	-	0,00001
Eficienţă a umidificatorului cu răcire adiabatică	ηhu;ac	-	0,9
Consum de putere electrică a dispozitivelor de reglare (senzori, dispozitive de acţionare, regulatoare)	ΣPel;V;ctrl	kW	0,1
Debit volumic de aer de proiectare al sistemului de umidificare	qV;SUP;HU;des	m3/h	5000

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Consum de energie specific al pompei de umidificare, raportat la debitul volumic	pel;HU;des	kWh/m3	2,00E-04
Debit masic de apă evaporată, de proiectare, al umidificatorului	qm;w;HU,des	kg/h	13,5
Date de proiectare ale sistemului			
Date de Proiectare			
Poziționarea ventilatorului de introducere	SUP_FAN_LOC		UP_HR
Poziționarea ventilatorului de evacuare/extragere	ETA_FAN_LOC		UP_HR
Poziționarea motorului ventilatorului	FAN_MOT_LOC		OUTS_AIR
Tip de sistem pentru calculul energiei unui ventilator cu debit volumic de aer variabil	SYS_TYPE		SINGLE_ZONE
Amplasare CTA	AHU_LOC		NC
Coeficient de transfer termic al conductei de introducere către mediul înconjurător necondiţionat	Hdu;SUP;nc	kW/K	0,01
Coeficient de transfer termic al conductei de introducere către o zonă termică condiţionată specifică i	Hdu;SUP;zt;i	kW/K	0,01
Coeficient de transfer termic al conductei de extragere către mediul înconjurător necondiţionat	Hdu;ETA;nc	kW/K	0,01
Debit volumic maxim de aer de introducere necesar, de proiectare, pentru zona ventilată i	qV;SUP;dis;zv;max;des;i	m3/h	2000,00
Debit volumic de aer exterior de introducere de proiectare pentru zona ventilată i	qV;ODA;zv;req;des;i	m3/h	2000,00
Număr de zone ventilate	nzv	-	1
Punct de reglare a temperaturii aerului de introducere (pentru reglarea temperaturii de introducere constantă)	ϑSUP;set	°C	18
Punct de reglare a temperaturii maxime a aerului de introducere pentru opţiunea de reglare ODA_COMP	ϑSUP;set;max	°C	23
Punct de reglare a temperaturii minime a aerului de introducere pentru opţiunea de reglare ODA_COMP	ϑSUP;set;min	°C	19
Factor de pantă pentru opţiunea de reglare ODA_COMP	fe	-	-0,4

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Compensare de temperatură pentru opţiunea de reglare ODA_COMP	$\Delta\vartheta$off	K	29
Viteza aerului de proiectare, pentru unitatea de recuperare a căldurii	vhr;des	m/s	3,5
Limita 1 de temperatură a aerului exterior pentru calculul unei operaţii de dezgheţ	ϑe;lim1	°C	-10
Limita 2 de temperatură a aerului exterior pentru calculul unei operaţii de dezgheţ	ϑe;lim2	°C	-5
Limita de temperatură a aerului evacuat după recuperarea căldurii	ϑEHA;hr;lim	°C	-5
Diferenţă de presiune de proiectare, pentru ventilatorul de introducere	ΔpSUP;des	Pa	600
Diferenţă de presiune de proiectare, pentru ventilatorul de extragere	ΔpETA;des	Pa	600
Pierdere de sarcină în dispozitivul de recuperarea căldurii pe circuitul de aer de introducere şi extragere, în condiţii de proiectare	ΔpSUP+ETA;des;hr	Pa	500
Parte reglată a diferenţei de presiune de introducere de proiectare	fΔp;SUP;ctrl	-	0,8
Parte reglată a diferenţei de presiune de extragere de proiectare	fΔp;ETA;ctrl	-	0,8
Date privind reglarea			
Reglare a debitului volumic	AIR_FLOW_CTRL		VARIABLE
Reglare de temperatură a aerului introdus	SUP_TEMP_CTRL		ODA_COMP
Reglarea aerului recirculat	RCA_CTRL		ZONE_BASED
Reglarea recuperării de căldură	HEAT_REC_CTRL		SPEED
Reglarea protecţiei contra înghețului	DEFR_CTRL		INDIRECT
Reglarea ventilatorului	FAN_CTRL		-
Reglarea umidificatorului	HUM_CTRL		ON_OFF

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Constante			
Presiunea atmosferică	patm	Pa	101325
Densitatea aerului	ρa	kg/m^3	1,204
Căldura specifică a aerului la presiune constantă	ca	kWh/(kg K)	0,00028
Căldura latentă de vaporizare a apei	rw	kWh/kg	0,68
Corecții ale densității			
Altitudine deasupra nivelului mării	h	m	400
Densitatea aerului la altitudinea h deasupra nivelului mării	ρa	kg/m^3	1,158

Etape de calcul : A – Calculul energetic al distribuției aerului
B – Calculul energetic al generării (pentru toate echipamentele din CTA)

Tabel 3.5 Desfăşurarea calculului

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
A. CALCULUL DISTRIBUȚIEI – *A.1. Calculul condițiilor de funcționare. Calcul detaliat*					
Debitele volumice necesar a fi furnizate de centrala de tratare a aerului, sistemului de conducte de distribuţie	qV;SUP;dis;in;req	m3/h	2448	(4a)/ (3.81)	$q_{V;SUP;dis;\ in;req} = \sum_i (f_{lea;du;SUP} \cdot q_{V;SUP;dis;\ zv;req;i})$
Debitele volumice necesar a fi furnizate de centrala de tratare a aerului, sistemului de conducte de distribuţie	qV;ETA;dis;out;req	m3/h	2448	(5a)/ (3.82)	$q_{V;ETA;dis;out;req} = -\sum_i (f_{lea;du;ETA} \cdot q_{V;ETA;dis;zv;req;i})$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Debitul volumic de aer de introducere care intră într-o zonă ventilată specifică i deservită de sistem	qV;SUP;dis;zv;i	m3/h	2400	(6)/ (3.83)	$q_{V;SUP;dis;zv;i} = q_{V;SUP;dis;in} \cdot \frac{q_{V;SUP;dis;zv;req;i}}{q_{V;SUP;dis;in;req}}$
Debitul volumic de aer extras dintr-o zonă ventilată specifică i deservită de sistem	qV;ETA;dis;zv;i	m3/h	2400	(7)/ (3.84)	$q_{V;ETA;dis;zv;i} = -q_{V;ETA;dis;out} \cdot \frac{q_{V;ETA;dis;zv;req;i}}{q_{V;ETA;dis;out;req}}$
Debitul volumic de scurgeri, de aer de introducere, care intră în zona specifică i	qV;lea;SUP;dis;zv;i	m3/h	48,0	(8)/ (3.85)	$q_{V;lea;SUP;dis;zv;i} = (f_{lea;du;zv} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;zv;i}$
Debitul volumic de scurgeri de aer extras din zona specifică i	qV;lea;ETA;dis;zv;i	m3/h	48,0	(9)/ (3.86)	$q_{V;lea;ETA;dis;zv;i} = (f_{lea;du;zv} - 1) \cdot q_{V;ETA;dis;zv;i}$
Debitul volumic de scurgeri care pătrunde în spaţiul necondiţionat	$q_{V;lea;dis;nc}$	m3/h	48,96	(10)/ (3.87)	qV;lea;dis;nc, = (flea;du;nc -1) · qV;SUP;dis;in
Factorul maxim de sarcină parţială a debitului volumic de aer pentru o zonă	fV;max	-	1,20	(11a)/ (3.88)	$f_{V;\max} = \max_i \left(\frac{q_{V;SUP;dis;zv;i}}{q_{V;SUP;dis;zv;\max;des;i}} \right)$
Calcul simplificat					
Debitele volumice ce trebuie furnizate de centrala de tratare a aerului, necesare în conductele de distribuţie	qV;SUP;dis;in;req	m3/h	-	(4b)/ (3.89)	qV;SUP;dis;in;req = fpl · qV;SUP;ahu;nom
Debitele volumice ce trebuie furnizate de centrala de tratare a aerului, necesare în conductele de distribuţie	$q_{V;ETA;dis;out;req}$	m3/h	-	(5b)/ (3.90)	qV;ETA;dis;out;req = fpl · qV;ETA;ahu;nom

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Factorul maxim de sarcină parţială a debitelor volumice de aer din zonă	fV;max	-	-	(11b)/ (3.91)	fV;max = fpl + ΔfV
Variaţia de temperatură şi umiditate a aerului în reţeaua de conducte					
Temperatura aerului de introducere cerută este modificată în conductă	ϑSUP,dis,in;req	°C	20,9	(12)	$\vartheta_{SUP;dis;in;req} = \vartheta_{SUP;req;zv} + \sum_j \Delta\vartheta_{SUP;du;nc,j} + \sum_k \Delta\vartheta_{SUP;du;cnd,k}$
Temperatura aerului reală de introducere este modificată în conductă	ϑSUP,dis,out	°C	33,1	(13)	$\vartheta_{SUP;dis;out} = \vartheta_{SUP;dis;in} - \sum_j \Delta\vartheta_{SUP;du;nc,j} - \sum_{i,k} \Delta\vartheta_{SUP;du,k;zt,i}$
Căderea de temperatură datorată pierderilor termice în conducta de introducere, către spaţiul necondiţionat	ΔϑSUP;du;nc	°C	-0,088	(14)	$\Delta\vartheta_{SUP;du;nc,j} = (\vartheta_{SUP;du;in,j} - \vartheta_{sur;nc})\left(1 - e^{-\frac{H_{du;SUP;nc,j}}{(\rho c)_a \cdot q_{V;SUP;dis;in}}}\right)$
Căderea de temperatură datorată pierderilor termice în conducta de introducere, către o zonă condiţionată	$\Delta\vartheta_{SUP;du;cnd}$	°C	-0,062	(15)	$\Delta\vartheta_{SUP;du,k;zt,i} = (\vartheta_{SUP;du;in,k} - \vartheta_{IDA;zt;i})\left(1 - e^{-\frac{H_{du;SUP,k;zt;i}}{(\rho c)_a \cdot q_{V;SUP;dis;in}}}\right)$
Conţinutul de umiditate real al aerului de introducere	$x_{SUP,dis,out}$	kg/kg aer uscat	0,00946	(16)	xSUP,dis,out = xSUP,dis,in
Conţinutul de umiditate cerut al aerului de introducere	$x_{SUP,dis,in;min;req}$	kg/kg aer uscat	0,007	(17)	xSUP,dis,in;req = xSUP,dis,out;req
Conţinutul de umiditate cerut al aerului de introducere	$x_{SUP,dis,in;max;req}$	kg/kg aer uscat	0,011	(17)	xSUP,dis,in;req = xSUP,dis,out;req
Temperatura aerului extras	$\vartheta_{ETA,dis,out}$	°C	21,05	(18)	$\vartheta_{ETA;dis;out} = \frac{1}{f_{lea;du}} \cdot \vartheta_{ETA;zv} + \frac{f_{lea;du} - 1}{f_{lea;du}} \cdot \vartheta_{sur;nc} + \Delta\vartheta_{dis;ETA}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Diferenţa de temperatură datorată pierderilor termice în conducta de extragere către spaţiul necondiţionat	$\Delta\vartheta_{du;ETA}$	K	-0,088	(19)	$\Delta\vartheta_{du;ETA} = (\vartheta_{ETA;zv} - \vartheta_{sur;nc})\left(1 - e^{-\frac{H_{du;ETA;nc}}{(\rho c)_a \cdot q_{V;ETA;dis;out}}}\right)$
Conţinutul de umiditate al aerului extras	$x_{ETA,dis,out}$	kg/kg aer uscat	0,01326	(20)	xETA,dis,out = xETA,zv + (flea,du - 1)·xsur;nc
A.2.Calculul energetic *Pierderi termice pe distribuție*					
Pierderile termice în reţelele de conducte	Qls,V,dis	kWh	-0,00313	(21)/ (3.92)	$Q_{V;ls;dis} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left[q_{V;SUP;dis;in} \cdot \left(\Delta\vartheta_{SUP;du;nc} + \sum_i \Delta\vartheta_{SUP;du;zt;i} \right) + q_{V;ETA;dis;out} \cdot \Delta\vartheta_{ETA;du} + \sum_j q_{V;SUP;lea;du;zv;j} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{IDA;zv;j}\right) + q_{V;lea;dis;nc} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{sur;nc}\right) \right] \cdot t_{ci}$
Pierderi de căldura recuperabile pe distribuție					
Pierderile termice recuperabile provenind din reţeaua de conducte, către o zona termică specifică i	Qls,V,dis;rbl;zt;i	kWh	-0,4520	(22)/ (3.93)	QV;ls;dis;rbl;zt;i = [qV;SUP;zt;i · ρa · ca · ΔϑSUP;du;cnd + qV,SUP,lea,du;zt;i · ρa · ca · (ϑSUP,dis,in - ϑIDA;zt;i)] · tci
B. CALCUL AL GENERĂRII – *B.1. Calculul condițiilor de funcționare* *Debite de aer în CTA*					
Debitul volumic de aer introdus (nicio reglare debit volumic, funcţionare continuă)	qV;SUP;dis;in	m3/h	-	(23a)	qV;SUP;dis;in = qV;SUP;ahu;nom

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Debitul volumic de aer introdus (reglarea debitului volumic în funcţie de timp, funcţionare continuă în perioada de ocupare)	qV;SUP;dis;in	m3/h	-	(23b)	qV;SUP;dis;in = fop;V · qV;SUP;ahu;nom
Debitul volumic de aer introdus (reglare multi-nivel, debitul volumic variabil)	$q_{V;SUP;dis;in}$	m3/h	-	(23c)	dacă qV;SUP;dis;in;req < qV;SUP;ahu;st1: qV;SUP;dis;in = fop;V × qV;SUP;ahu;st1
	qV;SUP;dis;in				altfeldacă qV;SUP;dis;in;req < qV;SUP;ahu;st2: qV;SUP;dis;in = fop;V × qV;SUP;ahu;st2
Debitul volumic de aer introdus (reglare debitul volumic variabil continuu)	$q_{V;SUP;dis;in}$	m3/h	2448	(23d)	qV;SUP;dis;in = fop;V · qV;SUP;dis;in;req
Debitul volumic de aer extras (fără reglare)	$q_{V;ETA;dis;out}$	m3/h	-	(24a)	qV;ETA;dis;out = qV;ETA;ahu;nom
Debitul volumic de aer extras (reglare ON/OFF)	$q_{V;ETA;dis;out}$	m3/h	-	(24b)	qV;ETA;dis;out = fop;V · qV;ETA;ahu;nom
Debitul volumic de aer extras (reglare multi-nivel, debit volumic variabil)	$q_{V;ETA;dis;out}$	m3/h	-	(24c)	dacă qV;ETA;dis;out;req < qV;ETA;ahu;st1: qV;ETA;dis;out = fop;V × qV;ETA;ahu;st1
	$q_{V;ETA;dis;out}$				altfeldacă qV;ETA;dis;out;req < qV;ETA;ahu;st2: qV;ETA;dis;out = fop;V × qV;ETA;ahu;st2
Debitul volumic de aer extras (variabil)	$q_{V;ETA;dis;out}$	m3/h	2448	(24d)	qV;ETA;dis;out = fop;V · qV;ETA;dis;out;req
Debitul de aer transportat de ventilatorul de introducere în CTA	$q_{v;SUP;ahu}$	m3/h	2647,76	(25)	qv;SUP;ahu = flea;ahu;SUP · flea;hr;SUP · qv;SUP;dis;in

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Debitul de aer transportat de ventilatorul de extragere în CTA	qv;ETA;ahu	m3/h	2545,92	(26)	qv;ETA;ahu = flea;ahu;ETA · flea;hr;ETA · qv;ETA;dis;out
Debitul de scurgeri de aer de introducere	qv;lea;ahu;SUP	m3/h	97,92	(27)	qv;lea;ahu;SUP = (flea;ahu;SUP -1) · qv;SUP;dis;in
Debitul de scurgeri de aer de extragere	qv;lea;ahu;ETA	m3/h	97,92	(28)	qv;lea;ahu;ETA = (flea;ahu;ETA - 1) · qv;ETA;dis;out
Reglarea temperaturii aerului introdus					
Temperatura aerului introdus (temperatură de introducere constantă)	ϑSUP;ahu;req	°C	-	(29a)	ϑSUP;ahu;req = ϑSUP;set - Δϑfan;SUP
Temperatura aerului introdus (punct de reglare variabil cu compensare a temperaturii exterioare)	ϑSUP;ahu;req	°C	18,834	(29b)	ϑSUP;ahu;req = min[ϑSUP;set;max;; max(ϑSUP;set;min ; fe ·ϑe + Δϑoff)] - Δϑfan;SUP
Temperatura aerului introdus (punct de reglare variabil și compensare care depinde de sarcină)	ϑSUP;ahu;req	°C	-	(29c)	ϑSUP;ahu;req = ϑSUP,dis,in;req - Δϑfan;SUP
Creșterea de temperatură în ventilator					
Creșterea temperaturii aerului în ventilator, pentru sisteme conform SR EN 13141	Δϑfan;SUP	K	-	(30a)/ (3.51)	Δϑfan;SUP/ETA = 0
	Δϑfan;ETA		-		Δϑfan;SUP/ETA = 0
Creșterea temperaturii aerului în ventilator, alte sisteme	Δϑfan;SUP	K	0,17	(30b)/ (3.52)	$\Delta\vartheta_{fan;SUP/ETA} = \frac{\Delta p_{fan;SUP/ETA} \cdot f_{fan;rd}}{\rho_a \cdot c_a \cdot \eta_{fan;SUP/ETA} \times 3{,}6 \times 10^6}$
	Δϑfan;ETA		0,16		$\Delta\vartheta_{fan;SUP/ETA} = \frac{\Delta p_{fan;SUP/ETA} \cdot f_{fan;rd}}{\rho_a \cdot c_a \cdot \eta_{fan;SUP/ETA} \times 3{,}6 \times 10^6}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura aerului după ventilatorul de extragere (dacă ETA_FAN_LOC = UP_HR)	ϑETA:hr;in	°C	21,21	(31a)/ (3.53)	ϑETA:hr;in = ϑETA;dis;out + Δϑfan;ETA
Temperatura aerului după ventilatorul de extragere (dacă nu)	ϑETA:hr;in	°C	-	(31b)/ (3.54)	ϑETA:hr;in = ϑETA;dis;out
Preîncălzire și prerăcire a aerului prin sol					
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă SUP_FAN_LOC = UP_HR, dacă GND_PREH_CTRL = NONE sau SUP_TEMP_CTRL = NO_CTRL	ϑODA;preh	°C	33,366	(32a)	ϑODA;preh = ϑe + Δϑgnd + ΔϑODA;du + Δϑfan;SUP
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă SUP_FAN_LOC = UP_HR, dacă nu, și dacă ϑSUP;ahu;req > ϑe	ϑODA;preh	°C	-	(32b)	ϑODA;preh = min(ϑSUP;ahu;req ; ϑe + Δϑgnd + ΔϑODA;du + Δϑfan;SUP)
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă SUP_FAN_LOC = UP_HR, dacă nu	ϑODA;preh	°C	-	(32c)	ϑODA;preh = max(ϑSUP;ahu;req ; ϑe + Δϑgnd + ΔϑODA;du + Δϑfan;SUP)
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol (dacă nu, dacă GND_PREH_CTRL = NONE sau SUP_TEMP_CTRL = NO_CTRL)	ϑODA;preh	°C	-	(32d)	ϑODA;preh = ϑe + Δϑgnd + ΔϑODA;du
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă nu, dacă ϑSUP;ahu;req > ϑe	ϑODA;preh	°C	-	(32e)	ϑODA;preh = min(ϑSUP;ahu;req ; ϑe + Δϑgnd + ΔϑODA;du)
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă nu,	ϑODA;preh	°C	-	(32f)	ϑODA;preh = max(ϑSUP;ahu;req ; ϑe + Δϑgnd + ΔϑODA;du)

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Continutul de umiditate al aerului după preîncălzirea din sol	xODA;preh	kg/kg aer uscat	0,01229	(33)	xODA;preh = xe + Δxgnd + ΔxODA;du
Recirculare					
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (dacă RCA_CTRL = FIX)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34a)	$\vartheta_{SUP;hr;req} = \frac{\vartheta_{SUP;ahu;req} - (1 - f_{ODA;\min}) \cdot \vartheta_{ETA;hr;in}}{f_{ODA;\min}}$
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel dacă SUP_AIR_TEMP_CTRL = NO_CTRL)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34b)	ϑSUP;hr;req = [1 - (1 – ηhr) · fODA;min] ·ϑETA;hr:in + fODA;min · (1 – ηhr) ·ϑODA;preh
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel dacăϑODA;preh <ϑETA;hr:in and ϑODA;preh <ϑ SUP;ahu;req)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34c)	ϑSUP;hr;req = min{ϑSUP;ahu;req ; [1 - (1 – ηhr) · fODA;min] ·ϑETA;hr:in + fODA;min · (1 – ηhr) ·ϑODA;preh}
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel dacăϑODA;preh >ϑETA;hr:in and ϑODA;preh >ϑ SUP;ahu;req)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	24,405	(34d)	ϑSUP;hr;req = max{ϑSUP;ahu;req ; [1 - (1 – ηhr) · fODA;min] ·ϑETA;hr:in + fODA;min · (1 – ηhr) ·ϑODA;preh}
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34e)	ϑSUP;hr;req = ϑODA;preh
Fracția minimă de aer exterior (dacă RCA_CTRL = VARIABLE)	$f_{ODA;\min}$	-	1	(35a)	$f_{ODA;\min} = \min\left[f_{ODA;hr} ; \max_i\left(\frac{q_{V;ODA;zv;req;i}}{q_{V;SUP;dis;zv;i}}\right)\right]$
Fracția minimă de aer exterior (altfeldacă RCA_CTRL = FIX)	$f_{ODA;\min}$	-	-	(35b)	$f_{ODA;\min} = \min\left[f_{ODA;hr} ; \left(\frac{\sum q_{V;ODA;zv;req;des;i}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)\right]$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Fracția minimă de aer exterior (altfel)	fODA;min	-	-	(35c)	fODA;min = fODA;hr
Temperatura aerului introdus după recirculare (Dacă HEAT_REC_CTRL = NO_CTRL or SUP_AIR_TEMP_CTRL = NO_CTRL)	ϑSUP;RCA	°C	-	(36a)	ϑSUP;RCA = (1 – fODA;min) ·ϑETA;hr:in + fODA;min ·ϑSUP;hr
Temperatura aerului introdus după recirculare (altfel)	ϑSUP;RCA	°C	24,405	(36b)	ϑSUP;RCA = ϑSUP;hr;req
Conținutul de umiditate al aerului introdus după recirculare	xSUP;RCA	kg/kg	0,01215	(37)	xSUP;RCA = (1 – fODA) · xETA;hr;in + fODA · xSUP;hr
Fracția de aer exterior pentru intervalul de calcul considerat	fODA	-	-	(38a)	dacăϑSUP;hr = ϑETA;hr:in fODA = 1
Fracția de aer exterior pentru intervalul de calcul considerat	fODA	-	1	(38b)	altfel $f_{ODA} = \max\left[f_{ODA;\min}\,;\min\left(f_{ODA;hr}\,;\frac{\vartheta_{SUP;RCA} - \cdot\vartheta_{ETA;hr;in}}{\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{ETA;hr;in}}\right)\right]$
Recuperare de căldură					
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (fără reglarea recuperării de căldură)	ϑSUP;hr	°C	-	(39a)	ϑSUP;hr = ϑODA;preh + ηhr (ϑETA;hr;in - ϑODA;preh)
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (altfeldacăϑODA;preh <ϑETA;hr:in and ϑODA;preh <ϑ SUP;ahu;req)	ϑSUP;hr	°C	-	(39b)	ϑSUP;hr = min[ϑSUP;hr;lim ; ϑODA;preh + ηhr (ϑETA;hr;in - ϑODA;fp)]

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (altfeldacăϑODA;preh >ϑETA;hr:in and ϑODA;preh >ϑ SUP;ahu;fp)	ϑSUP;hr	°C	24,405	(39c)	ϑSUP;hr = max[ϑSUP;hr;req ; ϑODA;preh + ηhr (ϑETA;hr;in - ϑODA;fp)]
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (altfel)	ϑSUP;hr	°C	-	(39d)	ϑSUP;hr = ϑODA;fp
Eficiența recuperării căldurii (ca temperatură)	ηhr	-	0,737	(40)	ηhr = ηhr;nom · fq · fv · fn
Factorul de corecţie al raportului de debit masic diferit de 1	fq	-	0,984	(41)	$f_q = \left(\frac{q_{V;ETA;ahu} - q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA;\min}} + 1 \right)^{0.4}$
Factor de corecție a vitezei aerului	fv	-	1,113	(42)	fv = C1 (vhr;eff – vhr;nom) + C2
Viteza aerului	vhr;eff	m/s	1,85	(43)	$v_{hr;eff} = \frac{v_{hr;des} \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA;\min}}{q_{V;SUP;hr;nom}}$
Conținutul de umiditate al aerului de introducere după recuperarea de căldură	xSUP;hr	kg/kg aer uscat	0,01215	(44)	xSUP;hr = xODA;preh + ηxr (xETA;hr;in - xODA;preh)
Eficienţa recuperării de umiditate a schimbătoarelor de căldură rotative	ηxr	-	-0,145	(45a)	ηxr = ηxr;nom · fΔx;x · fq;x · fv;x · fn;x
Eficienţa recuperării de umiditate a schimbătoarelor de căldură, dacă HEAT_REC_TYPE = OTHER	ηxr	-	-	(45b)	ηxr = ηxr;nom · fxr;other

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Eficienţa recuperării de umiditate a schimbătoarelor de căldură, dacă nu	ηxr	-	-	(45c)	ηxr = 0
Protecţie la îngheţ					
Efectul de protecţie la îngheţ la recuperatorul de căldură, dacă DEFR_CTRL = DIRECT	ηhr	-	-	(46)	dacăϑe <ϑe;lim1: ηhr = εD;-15
	ηhr		-		altfeldacăϑe <ϑe;lim2: ηhr = εD;-7
	ηhr		-		altfel ηhr = ηhr
	ϑODA;fp	°C	-	(47a)	ϑODA;fp = ϑODA;preh
	ϑSUP;hr;lim	°C	-	(48a)	ϑSUP;hr;lim = ϑSUP;hr;req
Efectul de protecţie la îngheţ pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, dacă DEFR_TYPE = PREH	ϑODA;fp	°C	33,366	(47b)	$\vartheta_{ODA;fp} = \vartheta_{SUP;hr;req} - \frac{\Delta\vartheta_{ETA;hr} \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA;\min}}{q_{V;ETA;ahu} - q_{V;SUP;ahu} \cdot (1 - f_{ODA;\min})}$
Efectul de protecţie la îngheţ pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, dacă DEFR_TYPE = PREH	ϑSUP;hr;lim	°C	24,405	(48b)	ϑSUP;hr;lim = ϑSUP;hr;req
Efectul de protecţie la îngheţ pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, altfel	ϑODA;fp	°C	-	(47c)	ϑODA;fp = ϑODA;preh

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Efectul de protecție la îngheț pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, altfel	ϑSUP;hr;lim	°C	-	(48c)	$\vartheta_{SUP;hr;\lim} = \vartheta_{ODA;preh} + \frac{\Delta\vartheta_{ETA;hr} \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA;\min}}{q_{V;ETA;ahu} - q_{V;SUP;ahu} \cdot (1 - f_{ODA;\min})}$
Diferența maximă de temperatură la recuperatorul de căldură	ΔϑETA;hr	K	26,21	(49)	ΔϑETA;hr = max(0; ϑETA;hr;in - ϑEHA;hr;lim)
Răcire adiabatică					
Temperatura aerului recirculat introdus	ϑSUP;RCA	°C	18,834	(50)	ϑSUP;RCA = min(ϑSUP;ahu;req; ϑSUP;hr)
Temperatura aerului extras care intră în recuperatorul de căldură	ϑETA;hr;in	°C	21,005	(51)	$\vartheta_{ETA;hr;in} = \max\left[\frac{\vartheta_{SUP;dis;req} - \vartheta_{ODA;preh}}{\eta_{hr}} + \vartheta_{ODA;preh};\ \vartheta_{ETA;dis;out} - \eta_{hr,ac}\left(\vartheta_{ETA;dis;out} - \vartheta_{wb;ETA;dis;out}\right)\right]$
Conținutul de umiditate al aerului extras care intră în recuperatorul de căldură	xETA;hr;in	kg/kg aer uscat	0,01326	(52)	$x_{ETA;hr;in} = x_{ETA;dis;out} + \frac{(x_{wb;ETA;dis;out} - x_{ETA;dis;out})(\vartheta_{ETA;dis;out} - \vartheta_{ETA;hr;in})}{\vartheta_{ETA;dis;out} - \vartheta_{wb;ETA;dis;out}}$
Răcire și dezumidificare					
Temperatura necesară a aerului de introducere, după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat Dacă SUP_AIR_TEMP_CTRL = NO_CTRL	ϑSUP;C;req	°C	-	(53a)	ϑSUP;C;req = ϑSUP;RCA
Temperatura necesară a aerului de introducere, după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat, altfel	ϑSUP;C;req	°C	16,098	(53b)	ϑSUP;C;req = min(ϑSUP;DHU;req; ϑSUP;ahu;req; ϑSUP;RCA)
Conținutul de umiditate al aerului de introducere, după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat	xSUP;C;req	kg/kg aer uscat	0,011	(54)	xSUP;C;req = min(xSUP;dis;in;req; xSUP;RCA - ΔxC)

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Diferenţa de conţinut de umiditate datorată unei dezumidificări necontrolate în bateria de răcire	ΔxC	kg/kg aer uscat	0,00115	(55)	ΔxC = max[0; (xSUP;RCA - xC;coil;req) · (1-fC;bp)]
Conţinutul de umiditate necesar la suprafaţa bateriei de răcire	xC;coil;req	kg/kg aer uscat	0,01087	(56)	$x_{C;coil;req} = e^{C_{C1} - \frac{C_{C2}}{\vartheta_{C;coil;req} + C_{C3}}}$
Temperatura pe suprafaţa bateriei, necesară pentru răcire	ϑC;coil;req	°C	15,175	(57)	$\vartheta_{C;coil;req} = \frac{\vartheta_{SUP;C;req} - f_{C;bp} \cdot \vartheta_{SUP;RCA}}{1 - f_{C;bp}}$
Conţinutul de umiditate la suprafaţa bateriei, necesar pentru dezumidificare	xDHU;coil	kg/kg aer uscat	0,01087	(58)	$x_{DHU;coil} = \frac{x_{SUP;dis;in;\max;req} - f_{C;bp} \cdot x_{SUP;RCA}}{1 - f_{C;bp}}$
Temperatura la suprafaţa bateriei, necesară pentru dezumidificare	ϑDHU;coil	°C	15,175	(59)	$\vartheta_{DHU;coil} = \frac{C_{C2}}{C_{C1} - \ln\left(x_{DHU;coil}\right)} - C_{C3}$
Temperatura aerului de introducere care rezultă în caz de dezumidificare	$\vartheta_{SUP;DHU;req}$	°C	16,098	(60)	Dacă $x_{SUP;zt;max;req} < x_{SUP;RCA}$: $\vartheta_{SUP;DHU;req} = f_{C;bp} \cdot \vartheta_{SUP;RCA} + (1 - f_{C;bp}) \cdot \vartheta_{DHU;coil;req}$ altfel: $\vartheta_{SUP;DHU;req} = \vartheta_{SUP;RCA}$
Temperatura aerului, necesară la intrare în bateria de răcire în intervalul de calcul considerat	$\vartheta_{C;ahu;in;req}$	°C	14,022	(61)	$\vartheta_{C;ahu;in;req} = \frac{\vartheta_{SUP;C;req} - \vartheta_{SUP;RCA}\left(1 - \eta_{coil;C}\right)}{\eta_{coil;C}}$
Temperatura reală a aerului de introducere după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat	$\vartheta_{SUP;C}$	°C	28,858	(62)	$\vartheta_{SUP;C} = \vartheta_{SUP;RCA} - \frac{Q_{C;ahu;out}}{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot c_a} - \frac{r_w}{c_a}\left(x_{SUP;C} - x_{SUP;RCA}\right)$
Conţinutul de umiditate real al aerului de introducere după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat	$x_{SUP;C}$	kg/kg aer uscat	0,00946	(63)	$x_{C;coil} = \min\left\{\left[f_{C;bp} \cdot x_{SUP;RCA} + \left(1 - f_{C;bp}\right) \cdot e^{C_{C1} - \frac{C_{C2}}{\vartheta_{C;coil} + C_{C3}}}\right]; x_{SUP;RCA}\right\}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura reală a bateriei de răcire	$\vartheta_{C;coil}$	°C	12,59	(64)	$\vartheta_{C;coil} = \frac{\eta_{coil;c}\left(\vartheta_{C;ahu;in} - \vartheta_{SUP;RCA}\right)}{1 - f_{C;bp}} + \vartheta_{SUP;RCA}$
Umidificare					
Conţinutul de umiditate al aerului de introducere după umidificator	xSUP;HU	kg/kg aer uscat	0,00946	(65)	xSUP;HU = max[xSUP;dis;in;min;req; xSUP;C]
Variaţia de temperatură a aerului de introducere în umidificator, dacă HUM_TYPE = STEAM	ΔϑSUP;HU	K	-	(66a)	ΔϑSUP;HU = 0
Variaţia de temperatură a aerului de introducere în umidificator, altfel	ΔϑSUP;HU	K	0	(66b)	$\Delta\vartheta_{SUP;HU} = \max\left[0; \frac{r_w}{c_a}\left(x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}\right)\right]$
Încălzire					
Temperatura necesară a aerului de introducere după bateria de încălzire	ϑSUP;H;req	°C	-	(67a)	ϑSUP;H;req = ϑSUP;C;req
Temperatura necesară a aerului de introducere după bateria de încălzire	ϑSUP;H;req	°C	18,834	(67b)	ϑSUP;H;req = max (ϑSUP;ahu;req; ϑSUP;C;req)
Temperatura necesară a aerului la intrare în bateria de încălzire	ϑH;ahu;in;req	°C	19,518	(68)	$\vartheta_{H;ahu;in;req} = \frac{\vartheta_{SUP;H;req} - \vartheta_{SUP;C}\left(1 - \eta_{coil;H}\right)}{\eta_{coil;H}}$
Temperatura reală a aerului de introducere după bateria de încălzire	ϑSUP;H	°C	32,742	(69)	$\vartheta_{SUP;H} = \vartheta_{SUP;C} + \frac{Q_{H;ahu;in}}{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot c_a} - \Delta\vartheta_{SUP;HU}$
Ventilator					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura aerului de introducere, după ventilatorul de introducere, furnizată în sistemul de distribuţie	ϑSUP;dis;in	°C	32,91	(70)	ϑSUP;dis;in = ϑSUP;H + Δϑfan;SUP
Conţinutul de umiditate al aerului de introducere, furnizat în sistemul de distribuţie	xSUP;dis;in	kg/kg aer uscat	0,00946	(71)	xSUP;dis;in = xSUP;HU
B.2.Calcule energetice *Ventilator*					
Consumul de energie al ventilatorului pentru intervalul de calcul considerat, este consumul de energie pentru ventilare	EV;gen;in;el	kWh	0,43384	(72)/ (3.55)	$E_{V;gen;in;el} = \left(P_{el;fan;SUP} + P_{el;fan;ETA}\right) \cdot t_{ci} = \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{\eta_{fan;SUP}} \cdot \Delta p_{fan;SUP} + \frac{q_{V;ETA;ahu}}{\eta_{fan;ETA}} \cdot \Delta p_{fan;ETA}\right) \cdot \frac{t_{ci}}{3.6 \cdot 10^6}$
Randamentul ventilatorului de introducere	ηfan;SUP	-	0,524	(73)/ (3.56)	ηfan;SUP/ETA = ηfan;SUP/ETA;nom · fη(qV)
Randamentul ventilatorului de extragere	ηfan;ETA	-	0,557	(73)/ (3.56)	ηfan;SUP/ETA = ηfan;SUP/ETA;nom · fη(qV)
Diferenţa de presiune a ventilatorului de introducere (o zonă, fără reglare)	Δpfan;SUP	Pa	-	(74a)/ (3.57)	Δpfan;SUP = Δpfan;SUP;nom · fΔp(qV)
Diferenţa de presiune a ventilatorului de extragere (o zonă, fără reglare)	Δpfan;ETA	Pa	-	(75a)/ (3.58)	Δpfan;ETA = Δpfan;ETA;nom · fΔp(qV)
Diferenţa de presiune a ventilatorului de introducere (o zonă, direct)	Δpfan;SUP	Pa	168,25	(74b)/ (3.59)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)^2$
Diferenţa de presiune a ventilatorului de extragere (o zonă, direct)	Δpfan;ETA	Pa	155,56	(75b)/ (3.60)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA;des} \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V,ETA;ahu;nom}}\right)^2$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Diferenţa de presiune a ventilatorului de introducere (multi zonă, fără reglare)	Δpfan;SUP	Pa	-	(74c)/ (3.61)	Δpfan;SUP = Δpfan;SUP;nom · fΔp (qV)
Diferenţa de presiune a ventilatorului de extragere (multi zonă, fără reglare)	Δpfan;ETA	Pa	-	(75c)/ (3.62)	Δpfan;ETA = Δpfan;ETA;nom · fΔp (qV)
Diferenţa de presiune a ventilatorului de introducere (multi zonă, pres. const)	Δpfan;SUP	Pa	-	(74d)/ (3.63)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl}\right]$
Diferenţa de presiune a ventilatorului de extragere (multi zonă, pres. const)	Δpfan;ETA	Pa	-	(75d)/ (3.64)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl}\right]$
Diferenţa de presiune a ventilatorului de introducere (multi zonă, pres. min)	Δpfan;SUP	Pa	-	(74e)/ (3.65)	$\Delta p_{fan,SUP} = \Delta p_{SUP,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl} \cdot f_{V;\max}{}^2\right]$
Diferenţa de presiune a ventilatorului de extragere (multi zonă, pres. min)	Δpfan;ETA	Pa	-	(75e)/ (3.66)	$\Delta p_{fan,ETA} = \Delta p_{ETA,des}\left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl}\right)\left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}}\right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl} \cdot f_{V;\max}{}^2\right]$
Preîncălzire și prerăcire prin sol					
Energia transferată la preîncălzire prin sol, dacă este cazul	Qgnd	kWh	0,14171	(76)/ (3.67)	Qgnd = ρa · ca · qv;SUP;ahu · fODA · (ϑODA,preh – ϑe) · tci
Recuperator de căldură					
Energia transferată prin recuperarea de căldură	Qhr	kWh	-7,66803	(77)/ (3.41)	$Q_{hr} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot \left[\left(\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{ODA;preh}\right) + \frac{r_w}{c_{p;a}}\left(x_{SUP;hr} - x_{ODA;preh}\right)\right] \cdot t_{ci}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Energia necesară furnizată de bateria de încălzire, fără recuperare de căldură	QH;ahu;in;tot;req	kWh	0	(78)	QH;ahu;in;tot;req = max[0 ; ρac a · qv;SUP;ahu · (ϑSUP;H;req + ΔϑSUP;HU – ϑe) · tci]
Recirculare					
Energia transferată prin recirculare, dacă este cazul, în intervalul de calcul considerat	QRCA	kWh	0	(79)/ (3.42)	QRCA = ρaca · qv;ETA;ahu · □□-fODA□ (ϑETA;hr;in – ϑe)·tci
Răcire și dezumidificare					
Energia care trebuie extrasă de bateria de răcire	QC;ahu;out;req	kWh	9,50584	(80)/ (3.43)	$Q_{C;ahu;out;req} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \left[\rho_a c_a \left(\vartheta_{SUP;RCA} - \vartheta_{SUP;C;req}\right) + \rho_a r_w \left(x_{SUP;RCA} - x_{SUP;C;req}\right)\right] \cdot t_{ci}$
Energia care trebuie extrasă pentru dezumidificare	QDHU;ahu;out; req	kWh	- 5,35994	(81)/ (3.44)	$Q_{DHU;ahu;out;req} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \rho_a c_a \left[\min\left(\vartheta_{SUP;RCA}; \vartheta_{SUP;ahu;req}\right) - \vartheta_{SUP;C;req}\right] \\ + \rho_a r_w \left(x_{SUP;RCA} - \Delta x_C - x_{SUP;C;req}\right) \end{array} \right\} \cdot t_{ci}$
Umidificare					
Energia furnizată pentru umidificare (abur)	EHU;cr	kWh	-	(82a)/ (3.45)	$E_{HU;cr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a r_w \cdot \left(x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}\right) \cdot t_{ci}$
Energia furnizată pentru umidificare (alt agent)	EHU;cr	kWh	0	(82b)/ (3.46)	EHU;cr = 0
Consumul de apă pentru umidificare	mw;HU	kg	0	(83)	$m_{w;HU} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot \left(x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}\right) \cdot t_{ci}$
Încălzire					
Energia necesară, furnizată de bateria de încălzire	QH;ahu;in;req	kWh	2,34135	(84)/ (3.40)	QH;ahu;in;req = ρac a · qv;SUP;ahu · (ϑSUP;H;req + ΔϑSUP;HU – ϑ SUP,C) · tci
Pierderi termice la generare					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Pierderile termice în centralele de tratare a aerului (cond)	Qls;V;gen	kWh	-	(85a)/ (3.47)	Qls;V;gen = [(A·U)ahu;SUP (ϑSUP;hr - ϑIDA;zt) + (A·U)ahu;ETA (ϑETA;hr;in - ϑIDA;zt) + qV;lea;ahu;SUP (ρc)a (ϑSUP;hr - ϑIDA;zt)]·tci
Pierderile termice în centralele de tratare a aerului (altfel)	Qls;V;gen	kWh	- 0,51038	(85b)/ (3.48)	Qls;V;gen = [(A·U)ahu;SUP (ϑSUP;hr - ϑsur;nc) + (A·U)ahu;ETA (ϑETA;hr;in - ϑsur;nc) + qV;lea;ahu;SUP (ρc)a (ϑSUP;hr - ϑsur;nc) +qV;lea;ahu;ETA (ρc)a (ϑETA;hr;in - ϑsur;nc)]·tci
Pierderi termice recuperabile la generare					
Pierderile termice recuperabile din CTA(cond)	QV;ls;gen;rbl	kWh	-	(86a)/ (3.49)	QV;ls;gen;rbl = QV;ls;gen
Pierderile termice recuperabile din CTA(altfel)	QV;ls;gen;rbl	kWh	0	(86b)/ (3.50)	QV;ls;gen;rbl = 0
ENERGIA AUXILIARELOR *Ventilare*					
Energia auxiliară cerută de sistemul de ventilare	WV;aux	kWh	0,29171	(87)/ (3.68)	WV;aux = WV;aux;hr + WV;preh + WV;aux;ctrl
Recuperare de căldură					
Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură (ROT_NH or ROT_HYG or ROT_SORP)	WV;aux;hr	kWh	0,05	(88a)/ (3.69)	$W_{V;aux;hr} = P_{hr;\max} \cdot t_{ci} \frac{n_{rot}}{n_{rot;\max}}$
Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură (PUMP_CIRC)	WV;aux;hr	kWh	-	(88b)/ (3.70)	$W_{V;aux;hr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot p_{el;hr;pu;\max} \cdot t_{ci} \cdot \left[\max\left(f_{pl;hr;\min}; \frac{Q_{hr}}{t_{ci} \cdot \Phi_{hr;\max}} \right) \right]^{2.5}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură (altfel)	WV;aux;hr	kWh	-	(88c)/ (3.71)	WV;aux;hr = 0
Fracţia din consumul de energie al ventilatorului, pentru pierderea de sarcină în dispozitivul de recuperare de căldură	EV;gen;in;el;hr	kWh	0,18077	(89)/ (3.72)	$E_{V;gen;in;el;hr} = \frac{E_{V;gen;in;el} \cdot \Delta p_{SUP+ETA;des;hr}}{\Delta p_{SUP;des} + \Delta p_{ETA;des}}$
Protecție la îngheț					
Energia furnizată pentru protecţia la îngheţ (Preh)	WV;preh	kWh	0,142	(90a)/ (3.73)	WV;preh = [ρa · ca · qv;SUP;ahu · fODA · (ϑODA,fp – ϑe)] · tci
Energia furnizată pentru protecţia la îngheţ (altfel)	WV;preh	kWh	-	(90b)/ (3.74)	WV;preh = 0
Reglare					
Consumul de energie auxiliară al componentelor de reglare	WV;aux;ctrl	kWh	0,1	(91)/ (3.75)	WV;aux;ctrl = Σ Pel;V;ctrl · fop;ctrl · tci
Umidificare					
Consumul de energie al pompei de umidificare (abur)	WHU	kWh	-	(92a)/ (3.76)	WHU = 0
Consumul de energie al pompei de umidificare (alt agent)	WHU	kWh	0	(92b)/ (3.77)	WHU = qV;SUP;HU;des · pel;HU,des · fpl;HU · tci
Factorul de sarcină parțială al pompei de umidificare (fără reglare)	fpl;HU	-	-	(93a)	fpl;HU =1
Factorul de sarcină parțială al pompei de umidificare (on-off)	fpl;HU	-	0	(93b)	$f_{pl;HU} = \frac{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C})}{q_{m;w;HU;des}}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Factorul de sarcină parțială al pompei de umidificare (speed)	fpl;HU	-	-	(93c)	$f_{pl;HU} = \left[\frac{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot \left(x_{SUP;HU} - x_{SUP;C} \right)}{q_{m;w;HU;des}} \right]^{2.5}$

Notă pentru semnificaţia (*am) - numerotarea relaţiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

După realizarea calculelor, conform etapelor indicate, vor rezulta următoarele date de ieșire :
Tabel 3.6

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (ca modul)
Date privind fluxurile energetice				
Energia electrică consumată de echipamentul de ventilare	EV;gen;in;el	kWh	0,434	M1-9, M5-4
Energia electrică consumată de generatorul de umidificare	EHU;cr	kWh	0,00	M1-9, M5-4
Agent energetic de generare a umidificării (alegere)	GEN_CRHU;gen	-	-	M1–9, M5–4
Energie auxiliară pentru ventilare	WV;aux	kWh	0,292	M1-9, M5-4
Energie auxiliară pentru umidificare	WHU;aux	kWh	0	M1-9, M5-4
Pierderi termice recuperabile ale conductelor	QV;ls;dis;rbl;zt;i	kWh	-0,452	M2-2
Pierderi termice recuperabile ale CTA	QV;ls;gen;rbl	kWh	0,000	M2-2
Căldura ce trebuie furnizată CTA pentru încălzire	QH;ahu;in;req	kWh	2,341	M3-1
Căldura ce trebuie extrasă în CTA pentru răcirea aerului	QC;ahu;out;req	kWh	9,506	M4-1

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (ca modul)
Căldura transferată prin recuperatorul de căldură	Qhr	kWh	-7,668	M5-4
Căldura cerută aerului de introducere, fără recuperare de căldură	QH;ahu;in;tot;req	kWh	0,000	M5-4
Energia electrică absorbită pentru a acoperi pierderea de sarcină legată de recuperarea de căldură	EV;gen;in;el;hr	kWh	0,181	M5-4
Date privind condițiile de funcționare				
Temperatura apei cerută la intrare în bateria de încălzire	ϑH;ahu;in;req	°C	19,52	M3-1
Temperatura apei cerută la intrare în bateria de răcire	ϑC;ahu;in;req	°C	14,02	M4-1
Temperatura necesara a aerului introdus	ϑSUP;C;req	°C	16,10	M4-1
Debit volumic de aer introdus furnizat într-o zonă ventilată	qV;SUP;dis;zv;i	m3/h	2.400	M5-5
Debit de aer extras dintr-o zonă ventilată	qV;ETA;dis;zv;i	m3/h	-2.400	M5-5
Debit volumic de scurgeri din conducta ce intră în zona ventilată i	qV;lea;SUP;dis;zv;i	m3/s	48	M5-5
Debit volumic extras din zona ventilată i, prin neetanșeități ale conductei	qV;lea;ETA;dis;zv;i	m3/s	48	M5-5
Fracția de aer exterior în aerul introdus	fODA	-	1,000	M5-5
Temperatura aerului introdus	ϑSUP;dis;out	°C	33,06	M5-5
Conținut de umiditate al aerului introdus	xSUP;dis;out	kg/kg aer uscat	0,0095	M6-2, M7-2
Date privind consumurile de energie				
Energia transferată la preîncălzire/răcire prin sol	Qgnd	kWh	0,142	
Energia transferată prin recirculare	QRCA	kWh	0,000	
Pierderile de energie prin conducte	Qls;V;dis	kWh	-0,003	

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (ca modul)
Pierderile de energie ale CTA	Qls;V;gen	kWh	-0,510	
Energia cerută a fi extrasă pentru dezumidificare	QDHU;ahu;out;req	kWh	-5,360	
Cantitate de apă pentru umidificare	mw;HU	kg	0,000	

Obs : Acest exemplu este aplicabil și în cazul sistemelor de climatizare "numai aer" (conform Fig. 3.13), CTA fiind echipată cu diverse echipamente.
(am*) În paranteză este făcută referinţă la numerotarea formulelor din această metodologie)

3.2.4. Consumuri energetice pentru stocarea căldurii/frigului

3.2.4.1. Generalităţi, metode de calcul

Metodele de calcul prezentate se referă la performanța energetică a sistemelor de stocare a energiei de răcire și cuprind:

- metodă detaliată de calcul orar, care poate fi adaptată pentru orice alt pas de timp, în funcție de scenariile utilizate pentru determinarea consumului de energie și energia de răcire furnizată,
- metodă simplificată de calcul lunar sau anual.

Metodele se referă la calculul consumului de energie pentru următoarele soluţii de stocare a energiei:

- stocarea fără schimbare de fază (mediu de stocare, de obicei apa)
- stocarea folosind puterea latentă a apei/gheţii: gheața se formează la exteriorul conductelor prin care circulă fluidul frigorific
- stocarea folosind puterea latentă a unui alt material (decât apa) cu schimbare de fază.

Sistemul de stocare pentru răcire este format din: a) circuitul primar dintre generatorul de frig și unitatea de stocare, b) unitatea de stocare și c) sistemul de distribuție (conducte şi pompa de circulație). O schemă simplificată este dată în figura următoare 3.15:

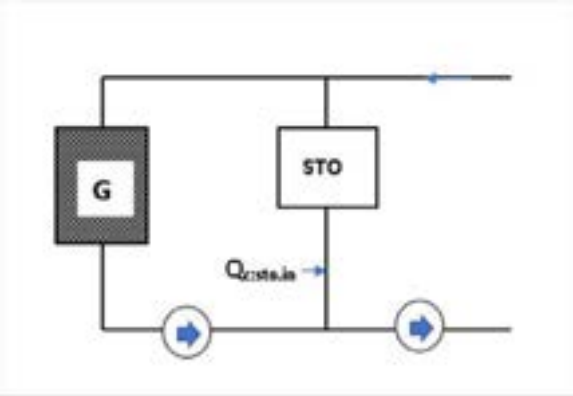


Figura 3.15
Schemă a sistemului de stocare a apei răcite
G – generator de frig
STO – rezervor de stocare
QC;sto,in – conducta prin care circulă apa rece stocată

3.2.4.2. Date de intrare

- Datele de intrare ale echipamentelor trebuie furnizate de producători; în absența lor, se pot utiliza valorile indicate în tabelul 3.7, conform SR CEN/TR 16798 -16 sau valori determinate la nivel național.

Tabel 3.7. Valori pentru diferite tipuri de sisteme de stocare

Caracteristici	Simbol	Unitate de măsură	Stocare apă sau Stocare gheaţă	Cu materiale PCM
Volumul de lichid utilizat pentru transferul de căldură	$V_{C;sto;tot}$	l	în funcție de concepția sistemului	
Coeficientul de pierderi termice	$H_{C;sto;tot;ls}$	W/K	0,01 $W.K^{-1}.L^{-1}$	
Temperatura de tranziție lichid-solid	$\vartheta_{sto,tr}$	°C	0	0

Caracteristici	Simbol	Unitate de măsură	Stocare apă sau Stocare gheață	Cu materiale PCM
Densitatea în faza lichidă	$\rho_{sto;lqd}$	kg/m^3	1 000	560
Capacitatea termică latentă	Q_{lat}	kWh/kg	93	27,1
Capacitatea termică sensibilă în fază solidă	$C_{p,sens,sld}$	kWh/K.kg	0,54	0,392
Capacitatea termică sensibilă în fază lichidă	$C_{p,sens,lqd}$	kWh/K.kg	1,16	0,616
Conductanța pentru materialul care cristalizează	$K_{v,cr}$ λ (apă)	kW/K.m^3	0,55	1,15
Conductanța pentru topitură	$K_{v,fu}$ λ (apă)	kW/K.m^3	2,1	1,85
Densitatea în fază solidă	ρ_{sld}	kg/m^3	900	560
Grosimea maximă (gheață)	$d_{sto,C,max}$	m	0,035	-

- Date privind sistemele de stocare a frigului: stocare apă rece, stocare gheață sau stocare folosind un material cu schimbare de fază, altul decât apa (PCM).
- Date privind concepția procesului și locul de amplasare a sistemului de stocare: într-un spațiu răcit, într-un spațiu nerăcit sau la exterior.
- Date privind sistemul de reglare a stocării frigului, care poate fi: stocare continuă, stocare programată în timp, stocare dependentă de temperatura exterioară, stocare bazată pe previziunea necesarului de frig.

3.2.4.3. Metoda de calcul orar; procedură de calcul, mărimi de ieșire

- Calculul condițiilor de funcţionare;
- Cantitatea de căldură necesară pentru a fi extrasă din sistemul de distribuție a frigului se determină din proiect. Sistemul de reglare determină modul de funcționare pentru stocarea energiei, furnizarea energiei de răcire sau o combinație între acestea.

Temperatura necesară a fluidului la intrarea în sistemul de stocare este:

Dacă $Q_{C;sto;in} < 0$ atunci $\vartheta_{C;sto;in;req} = \vartheta_{C;sto} - \Delta\vartheta_{C;sto;gen;flw}$

Dacă nu : $\vartheta_{C;sto;in;req} = \vartheta_{C;dis;in;req}$ (3. 94)

unde:

$\vartheta_{C;sto}$	[°C]	temperatura de stocare
$\Delta\vartheta_{C;sto;gen;flw}$	[K]	Diferența de temperatură între circuitul primar și temperatura de tranziție (de fază)
$\vartheta_{C;dis;in;req}$	[°C]	Temperatura necesară pentru răcire

<u>Calculul energetic – etape de calcul</u>

- Etapa 0 – Inițializarea

În condiții initiale, toate temperaturile în interiorul unității (unităților) de stocare termică sunt egale cu temperatura setată.

- Etapa 1 – Determinarea energiei stocate

Energia stocată este suma dintre energia sensibilă stocată (în fază lichidă și solidă) și energia latentă, pentru tipul de *mediu de stocare* considerat (apă sau PCM).
Energia sensibilă stocată (fază lichidă) este:

$$Q_{C;sto;sens;lqd} = (m_{C;sto;lqd} \times C_{p,sens;lqd} + \rho_{sto,med} \times V_{sto,med} \times C_{p;sto;med}) \times (\vartheta_{C;sto;exh} - \vartheta_{C;sto}) \text{ [kWh]} \quad (3.\ 95)$$

unde

$m_{C;sto;lqd}$	[kg]	Masa mediului de stocare în fază lichidă;
$C_{p;sens;lqd}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	Masa calorifică specifică;
$\rho_{sto;med}$	[kg.m^{-3}]	Densitatea mediului de stocare;
$V_{sto;med}$	[m^3]	Volumul mediului;
$C_{p;sto;med}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	Masa calorifică specifică a mediului de stocare;
$\vartheta_{C;sto;exh}$	[°C]	Temperatura medie la ieșirea din sistemul de stocare.

Energia latentă stocată este:

$$Q_{C;sto;lat} = c_{p;lat} \times m_{C;sto;sld} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 96)$$

unde

$m_{C;sto;sld}$	[kg]	masa mediului de stocare în fază solidă;
$C_{p;lat}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	puterea calorifică latentă.

$\Delta\theta_{C;sto;flw;in}$ Energia sensibilă stocată (în fază solidă):

$$Q_{C;sto;sens;sld} = m_{C;sto;sld} \times c_{p;sens;sld} \times \frac{(\vartheta_{sto;tr} + \vartheta_{C;sto;gen;out})}{2} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 97)$$

unde:

$C_{p;sens;sld}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	Căldura sensibilă în fază solidă;
$\vartheta_{sto;tr}$	[°C]	Temperatura de tranziție;
$\vartheta_{C;gen;out}$	[°C]	Temperatura de ieșire din unitatea de răcire.

Energia stocată totală este:

$$Q_{C;sto;out} = \min\left[(Q_{C;sto;sens;lqd} + Q_{C;sto;lat} + Q_{C;sto;sens;sld}); f_{C;sto;ctrl} \cdot Q_{C;dis;out;tot;req}\right] \text{ [kWh]} \quad (3.\ 98)$$

Notă: Valoarea maximă $Q_{C;sto;max}$ se atinge atunci când întreaga masă disponibilă a fost transformată în fază solidă și când temperatura la interiorul fazei solide nu poate fi micșorată.
Factorul de comandă pentru operațiunea de stocare se stabileşte în funcție de opțiunile de reglare, prezentat sintetic în figura 3.16.

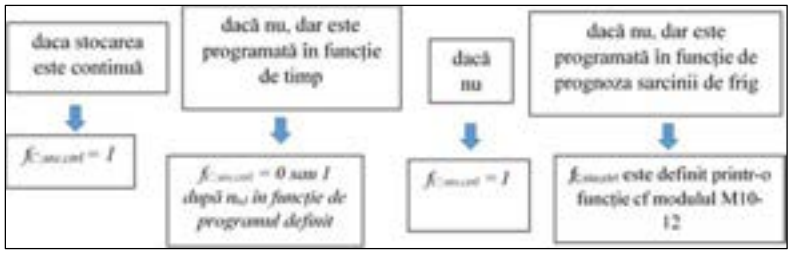


Figura 3.16. Factorul de comandă pentru operațiunea de stocare

- Etapa 2 – Bilanţul energetic după furnizarea energiei de răcire

Energia este furnizată în funcție de comanda sistemului de reglare. Energia furnizată sistemului de distribuție este limitată la energia stocată, și la energia de intrare în sistemul de generare a frigului.

Pierderile termice în porțiunea de generare a sistemului sunt:

$$Q_{C;sto;out;ls} = H_{C;sto;out;ls} \times \left(\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;gen;out}\right) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 99)$$

unde:

$H_{C;sto;out;ls}$	[W.K^{-1}]	Coeficientul de pierderi termice ale circuitului de generare a frigului;
$\vartheta_{sto;amb}$	[°C]	Temperatura ambiantă;
$\vartheta_{C;gen;out}$	[°C]	Temperatura de intrare în sistemul de stocare, de la sistemul de generare frig;
t_{ci}	[h]	Durata intervalului de calcul.

Pierderile termice ale sistemului de distribuție, spre sistemul de emisie a frigului sunt:

$$Q_{C;sto;in;ls} = H_{C;sto;in;ls} \times \left(\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;sto;in}\right) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 100)$$

unde:

$H_{C,sto,,in,ls}$	[W.K^{-1}]	Coeficientul de pierderi termice în circuitul de distribuție;
$\vartheta_{C;sto,in}$	[°C]	Temperatura din sistemul de stocare către sistemul de emisie a frigului

Pierderile termice ale unității de stocare:

$$Q_{C;sto;ls} = H_{C;sto;tot;ls} \times \left(\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;sto}\right) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 101)$$

unde:

$H_{C,sto;tot;ls}$	[W.K^{-1}]	Coeficientul de pierderi termice al unității de stocare.

- Etapa 3 – Evoluția în faza lichidă și solidă după furnizarea energiei de răcire (stocarea gheții și a PCM) și energia absorbită pentru unitatea de generare a frigului

Transferul de masă solidă (solid-lichid) este folosit pentru a echilibra energia utilizată și energia absorbită. Energia considerată este suma diferitelor fluxuri energetice:

$$\Delta Q_{C;sto} = Q_{C;sto;in} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto;out;ls} - Q_{C;sto;gen;out} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 102)$$

O variație pozitivă semnifică o diminuare a masei fazei solide.

<u>Cazul 1 – Stocare gheață</u>

Ipoteza 1: grosimea stratului de gheață este constantă pe toată lungimea conductei.

Ipoteza 2: distribuția de temperatură în faza solidă este liniară.

Grosimea inițială a stratului de gheață se determină cu relația următoare:

$$d_{C,sto;0} = \sqrt[2]{\left(\frac{D_{C,sto}}{4}^{2} + \frac{m_{C,sto,sld;0}}{\rho_{sld}.\Pi.L_{C,sto}}\right)} - \frac{D_{C,sto}}{2} \text{ [m]} \quad (3.\ 103)$$

unde:

$d_{C,sto;0}$	[m]	Grosimea de gheață la începutul intervalului de calcul;
$D_{C,sto}$	[m]	Diametrul exterior al conductei utilizată în schimbul de căldură;
$L_{C,sto}$	[m]	Lungimea conductei;
$m_{C,sto,sld;0}$	[m]	Masa de gheață la începutul intervalului de calcul;
ρ_{sld}	[kg/m^3]	Densitatea gheții (fază solidă).

Diferența de masă a gheții pentru intervalul de calcul curent este:

$$\Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}} = \frac{-\Delta Q_{\mathrm{C;sto}}}{\left(C_{\mathrm{p;lat}} + C_{\mathrm{p;sld}} \times \left(\frac{\vartheta_{\mathrm{sto;tr}} - \vartheta_{\mathrm{C;sto;gen;out;flw}}}{2}\right)\right)} \text{ [kg]} \tag{3. 104}$$

unde:

$\Delta Q_{\mathrm{C,sto}}$	[kWh]	Variația de energie în interiorul rezervorului de stocare;
$C_{\mathrm{p,lat}}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	Căldura latentă a gheții/apei;
$C_{\mathrm{p,sld}}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	Căldura sensibilă în faza solidă (gheață);
$\vartheta_{\mathrm{sto,tr}}$	[°C]	Temperatura de tranziție a gheții (0°C);
$\vartheta_{\mathrm{sto,gen,out}}$	[°C]	Diferența de temperatură de intrare de la generatorul de frig.

În final, grosimea $d_{\mathrm{C,sto}}$ se determină cu relația:

$$d_{\mathrm{C,sto}} = \min\left\{ d_{\mathrm{C,sto;max}} ; \max\left[0; \sqrt[2]{\left(\frac{D_{\mathrm{C;sto}}^{2}}{4} + \frac{m_{\mathrm{C;sto;sld}} + \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}}}{\rho_{\mathrm{sld}} . \Pi . L_{\mathrm{C;sto}}}\right.} - \frac{D_{\mathrm{C;sto}}}{2} \right] \right\} \text{ [m]} \tag{3. 105}$$

unde:

$D_{\mathrm{C,sto}}$	Diametrul exterior al conductei, în m;
$m_{\mathrm{C,sto;sld}}$	Masa solidă la începutul perioadei de calcul, în kg;
$\Delta m_{\mathrm{C,sto;sld}}$	Variația de masă a gheții, în kg;
$d_{\mathrm{C,sto;max}}$	Diametrul maxim al stratului de gheață format, în m.

Masa solidă de ghiaţă corespunzătoare, este:

$$m_{\mathrm{C;sto;sld}} = \mathrm{Max}(0; m_{\mathrm{C;sto;sld,0}} + \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}}) \text{ [kg]} \tag{3. 106}$$

<u>Cazul 2 – Stocare cu materiale PCM</u>

Transferul de masă se realizează la interiorul celulei ce conține PCM.

Ipoteza 1: toate celulele de PCM sunt în stare identică (nu există stratificare termică)

Ipoteza 2: nu se consideră niciun efect histerezis datorat gradientului de temperatură pe durata schimbului de energie.

Transferul de masă între faza lichidă și cea solidă se calculează astfel:

$\Delta Q_{\mathrm{C,sto}} > 0$ (creșterea de masă solidă):

$$\text{dacă } \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}} < m_{\mathrm{C;sto;lqd;0}} \text{ atunci } \Delta m_{\mathrm{C,sto,sld}} = \frac{\Delta Q_{\mathrm{C;sto}}}{\left(c_{\mathrm{p;lat}} + c_{\mathrm{p;sld}} \times \vartheta_{\mathrm{sto;tr}}\right)} \text{ [kg]} \tag{3. 107}$$

$$\text{dacă } \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}} > m_{\mathrm{C;sto;lqd,0}} \text{ atunci } \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}} = m_{\mathrm{C;sto;lqd;0}} \text{ et } m_{\mathrm{C;sto;lqd}} = 0 \text{ [kg]} \tag{3. 108}$$

unde:

$\Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}}$	[kg]	Variația de masă în faza solidă;
$C_{\mathrm{p;lat}}$	[kWh.kg^{-1}]	Căldura latentă a PCM;
$C_{\mathrm{p;sld}}$	[kWh.kg^{-1}.K]	Căldura sensibilă a PCM în faza solidă;
$\vartheta_{\mathrm{sto;tr}}$	[°C]	Temperatura de tranziție a PCM.

Temperatura medie în faza solidă se determină astfel:

$\vartheta_{\mathrm{C;sto;sld}} = \vartheta_{\mathrm{sto;tr}}$ [°C]

$$\text{dacă } \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}} > m_{\mathrm{C;sto;sld}} \text{ atunci } \Delta m_{\mathrm{C;sto;sld}} = m_{\mathrm{C;sto;sld;0}} \quad m_{\mathrm{C;sto;sld}} = 0 \tag{3. 109}$$

$$\vartheta_{C;sto;sld} = \mathrm{Max}(\vartheta_{C;sto;sld,0} + \frac{\Delta Q_{C;sto} - c_{p;sens;sld} \times \Delta m_{C;sto;sld;0} \times (\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;sld})}{c_{p;sens;sld} \times (m_{C;sto;sld} + \Delta m_{C;sto;sld})}; \vartheta_{C;gen;out;flw}) \quad [°C] \qquad (3.\ 110)$$

Partea de energie provenită de la generarea frigului, utilizată pentru stocare în formă sensibilă este:

$$\Delta Q_{C;sto;sens;sld} = \Delta Q_{C;sto} - m_{C;sto;sld} \times C_{p;sens;sld} \times (\vartheta_{C;sto;gen;out;flw} - \vartheta_{sto;tr}) \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 111)$$

Această valoare trebuie să fie pozitivă sau egală cu 0; dacă rezultatul formulei (18) este negativ, partea de energie de intrare este limitată la:

$$\Delta Q_{C;sto} = m_{C;sto;sld} \times c_{p;sld;sens} \times \Delta\vartheta_{C;sto;gen;out;flw} \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 112)$$

$\Delta Q_{C,sto} < 0$ (diminuarea masei solide) :

$$\text{dacă } \Delta m_{C,sto,sld} < m_{C,sto,sld;0} \text{ atunci } \Delta m_{C,sto,sld} = \frac{\Delta Q_{C;sto}}{\left(C_{p;sens;lat} + C_{p;sens;sld} \times \vartheta_{sto;tr}\right)} \ [\mathrm{kg}] \qquad (3.\ 113)$$

Variația masei este limitată la cantitatea de material PCM stocat la începutul intervalului de calcul. Temperatura medie în faza lichidă se obține cu relația:

dacă $m_{C;sto;sld} > 0; \vartheta_{C;sto;lqd} = \vartheta_{tr}$

$$\vartheta_{C;sto;lqd} = \vartheta_{C;sto;lqd;0} + \frac{\Delta Q_{C;sto} - c_{p,sld} \times \Delta m_{C;sto;sld} \times (\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;lqd})}{c_{p;lqd} \times (m_{C;sto;lqd;0} + \Delta m_{C;sto;sld})} \ [°C] \qquad (3.\ 114)$$

unde:

$C_{p;sens;lqd}$	[kWh.kg^{-1}.K^{-1}]	Căldura sensibilă a PCM în faza lichidă;
$\vartheta_{C;sto;lqd}$	[°C]	Temperatura PCM în fază lichidă.

Energia consumată de echipamentele auxiliare se calculează în funcţie de timpul de funcționare a pompelor pentru energia extrasă din sistemul de distribuție (dacă nu a fost considerată la sistem), precum și al pompei pentru energia extrasă din sistemul de stocare, de sistemul de generare și furnizat stocării (dacă nu a fost considerată la sistemul de generare).

$$t_{C;sto;aux;in} = \frac{Q_{sto;dis;in}}{c_{p;sto;sens;med} \times \rho_{sto;med} \times q_{C;sto;v;,pmp;in} \times \left(\vartheta_{C;sto;in} - \vartheta_{C;sto}\right)} \ [\mathrm{h}] \qquad (3.\ 115)$$

unde:

$q_{C;sto;v;pmp,in}$	- debitul de fluid din sistemul de distribuție, în m$^{3/}$h;
$C_{p;sto;sens;med}$	- căldura sensibilă a mediului utilizat pentru stocare, în kWh.kg^{-1}K^{-1};
$\rho_{sto,med}$	- densitatea mediului utilizat pentru stocare, în kg/m^3.

Energia furnizată $W_{C;sto,aux,in}$, depinde de puterea electrică a pompei $\Phi_{C;sto;pmp;in}$, dată in kW:

$$W_{C;sto;aux;in} = t_{C;sto;aux;in} \times \Phi_{C;sto;pmp;in} \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 116)$$

Dacă energia nu a fost considerată la partea de generare a frigului, modul de calcul se repetă similar pentru pompa utilizată pentru extragerea energiei din unitatea de stocare.

$$t_{C;sto;aux;out} = \frac{Q_{C;sto;out}}{C_{p;sto;sens;med} \times \rho_{sto;med} \times q_{C;,sto;v;pmp;out} \times \left(\theta_{C;sto;out;flw} - \theta_{C;sto;out;ret}\right)} \ [\mathrm{h}] \qquad (3.\ 117)$$

unde, în plus:

$q_{C;sto;v;pmp;out}$ - debitul de fluid în sistemul de generare, în $m^3.h^{-1}$;
$\vartheta_{C;sto,out,ret}$ - temperatura de întoarcere în unitatea de răcire, în °C.

Cantitatea de energie furnizată $W_{sto,gen,aux,out}$, în funcție de puterea electrică a pompei din sistemul de generare, $\Phi_{C;sto;pmp;out}$ în kW.

$$W_{C;sto;aux;out} = t_{C;sto;aux;out} \times \Phi_{C;sto;pmp;out} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 118)$$

Energia auxiliară totală:

$$W_{C;sto;aux} = W_{C;sto;gen;aux;out} + W_{C;sto;aux;in} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 119)$$

<u>Pierderi termice recuperabile</u>

Pierderile termice recuperabile ale unității de stocare reprezintă o combinare a pierderilor termice recuperabile ale unității de stocare și energia termică recuperabilă de la echipamentele auxiliare.

$$Q_{C;sto;aux;ls;rbl} = -W_{C;sto;aux} \times f_{aix;rbl} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 120)$$

$$Q_{C;sto;ls;rbl} = -(Q_{C;sto;out;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto;in;ls}) \times f_{C;sto;rbl} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 121)$$

$$Q_{C;sto;ls;tot;rbl} = Q_{C;sto;aux;ls;rbl} + Q_{C;sto;ls;rbl} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 122)$$

Dacă temperatura de stocare este mai mică decât temperatura ambiantă, pierderile termice au semn negativ.

3.2.4.4. Metoda de calcul lunar

Se aplică pe o perioadă de timp lunară sau anuală. Energia care trebuie stocată $E_{C;sto;in}$ este o dată de proiectare.

Pentru calculul lunar și anual, se consideră următoarele ipoteze:

- Pierderile termice sunt constante, și
- Utilizarea zilnică a energiei corespunde unei valori medii a necesarului de energie pentru intervalul de calcul considerat.

Pierderile termice sunt constante cât timp unitatea de stocare conține masă solidă.

Perioada de timp corespunzătoare ($t_{off;max}$) este calculată și considerată separat pentru bilanțul energetic.

- Bilanțul energetic pentru intervalul de calcul

Bilanțul energetic este:

$$Q_{C;sto;gen;out} = -Q_{C;sto} + Q_{C;sto;out} + Q_{C;sto;in;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto;out;ls} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 123)$$

$\Delta Q_{C;sto}$ - variația energiei stocate în intervalul de timp considerat. Această variație este limitată la diferența dintre energia stocată la începutul stocării ($E_{sto} = 0$) și diferența dintre capacitatea maximă a unității de stocare și energia stocată la începutul acestui interval.

$$-Q_{C;sto}(t) < \Delta Q_{C;sto} < Q_{C;sto;max} - Q_{C;sto}(t) \text{ [kWh]} \quad (3.\ 124)$$

Pierderile termice corespunzătoare părții de generare a sistemului de distribuție:

$$Q_{C;sto;out;ls} = H_{C;sto;ls;out} \times \left(\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;sto;out}\right) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.\ 125)$$

Pierderile termice în sistemul de distribuție:

$$Q_{\mathrm{C;sto;in;ls}} = H_{\mathrm{C;sto;ls;in}} \times \left(\vartheta_{\mathrm{sto;amb}} - \vartheta_{\mathrm{C;sto;in}}\right) \times t_{\mathrm{ci}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 126)$$

Pierderile termice în unitatea de stocare:

$$Q_{\mathrm{C;sto;stb;ls}} = H_{\mathrm{C;sto;stb;ls}} \times \left(\vartheta_{\mathrm{sto;amb}} - \vartheta_{\mathrm{C;sto}}\right) \times t_{\mathrm{ci}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 127)$$

Energia extrasă din sistemul de distribuție:

$Q_{\mathrm{C;sto;out}}$ (este calculată pe baza mediei zilnice a energiei utilizate pentru pasul de calcul considerat)

- Calculul energiei auxiliare

Acest calcul se realizează pe baza duratei de funcționare a pompei:

$$t_{\mathrm{C;sto;aux;out}} = \frac{Q_{\mathrm{C;sto;in}}}{\rho_{\mathrm{sto;med}} \times q_{\mathrm{C;v;sto;pmp;out}} \times C_{\mathrm{p;sto;sens}} \times \left(\theta_{\mathrm{C;sto;out}} - \theta_{\mathrm{C;sto}}\right)} \times n_{\mathrm{day}} \ \ [\mathrm{h}] \qquad (3.\ 128)$$

unde:

n_{day} – numărul de zile din intervalul de timp considerat.

Cantitatea de energie furnizată se obține în funcție de puterea electrică a pompei:

$$W_{\mathrm{C;sto;gen;aux;out}} = t_{\mathrm{C;sto;gen;aux;out}} \times \Phi_{\mathrm{C;sto;pmp;out}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 129)$$

Acelaşi tip de calcul se aplică pompei pentru intrarea energiei de răcire în unitatea de stocare.

$$t_{\mathrm{C;sto;gen;aux;in}} = \frac{Q_{\mathrm{C;sto;out}}}{C_{\mathrm{p,sto,sens}} \times \rho_{\mathrm{sto,med}} \times V'_{\mathrm{sto,gen,pmp,in}} \times \left(\vartheta_{\mathrm{C;sto;out;flw}} - \vartheta_{\mathrm{C;sto;out;ret}}\right)} \times n_{\mathrm{day}} \ \ [\mathrm{h}] \qquad (3.\ 130)$$

Energia corespunzătoare furnizată se obține în funcție de puterea electrică a pompei:

$$W_{\mathrm{C;sto;gen;aux;in}} = t_{\mathrm{sto;gen;aux;in}} \times \Phi_{\mathrm{C;sto;pmp;in}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 131)$$

Energia auxiliară totală este:

$$W_{\mathrm{C;sto;aux}} = W_{\mathrm{C;sto;gen;aux;out}} + W_{\mathrm{C;sto;aux;in}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 132)$$

- Pierderile termice recuperabile

Pierderile termice recuperabile ale unității de stocare reprezintă pierderile termice recuperabileproprii unității de stocare și energia termică recuperabilă din energia auxiliară, exprimate prin relaţiile următoare:

$$Q_{\mathrm{C;sto;aux;ls;rbl}} = -W_{\mathrm{C;sto;aux}} \times f_{\mathrm{C;aux;ls;rbl}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 133)$$

$$Q_{\mathrm{C;sto;ls;rbl}} = -(Q_{\mathrm{C;sto;out;ls}} + Q_{\mathrm{C;sto;ls}} + Q_{\mathrm{C;sto;in;ls}}) \times f_{\mathrm{C;sto;ls;rbl}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 134)$$

$$Q_{\mathrm{C;sto;ls;tot;rbl}} = Q_{\mathrm{C;sto;aux;ls;rbl}} + Q_{\mathrm{C;sto;ls;rbl}} \ \ [\mathrm{kWh}] \qquad (3.\ 135)$$

3.2.4.5. Exemplu de calcul

Acest exemplu se referă la determinarea consumurilor energetice pentru stocarea căldurii/frigului. Datele de intrare pentru un sistem de stocare a gheții cu funcționare continuă (CONT) sunt cuprinse în tabelul 3.8 următor. Desfăşurarea calculului este indicată în tabelul 3.9. Tabelul 3.10 cuprinde rezultatele calculului.

Tabelul 3.8

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Domeniu	Origine
Date privind condițiile de funcționare					
Intervalul de calcul	t_{ci}	h	1	0…8760	M1-9
Ora din zi	n_{nd}	h	12	0…8760	M1-9
Temperatura aerului ambiant	ϑ_e	°C	20	0…8760	M1-13
Energia necesară pentru răcire	$Q_{C;dis;out;tot;req}$	kWh	48.29	0 - ∞	M4-9
Temperatura medie necesară pentru răcire	$\vartheta_{C;gen:out;req}$	°C	11.4	-100,100	M4-9
Diferența de temperatură a circuitului primar în raport cu temperatura de tranziție (intrarea în stocare)	$\Delta\vartheta_{C;gen;flw}$	°C	-4	0...∞	M4-9
Temperatura ambiantă	$\vartheta_{sto;amb}$	°C	15	-100,100	M2-2
Temperatura mediului în sistemul de stocare	$\vartheta_{C;sto}$	°C	0	-100,100	
Temperatura medie a schimbătorului de căldură	$\vartheta_{C;sto;exh}$	°C	4	0...∞	Local
Masa în faza solidă	$m_{C;sto;sld}$	kg	50	0...∞	Local
Masa în fază lichidă (PCM)	$m_{C;sto;lqd}$	kg	0	0...∞	Local
Reglarea stocării frigului (CONT-stocare continuă)	*CLG_STO_CTRL*	-	CONT	Listă	Local
Factor de funcționare a reglării stocării	$f_{C;sto;ctrl}$	-	1	0…1	M10-12
Date privind produsul					
Producerea frigului					
Performanța sezonieră a producerii de frig	$COP_{C;sto;gen}$	-	3.25		
Marcaj CE	$COP_{C;gen;stoDATA}$	Logic	1.00		
Pierderi de energie (conducte, schimbător de căldură)	$H_{C;sto;out;ls}$	W/K	5.80	0-1000	
Puterea pompei (generare)	$\phi_{C;sto;pmp;out}$	kW	0.00	0-100	Local
Debitul prin pompă	$q_{C;sto;v;pmp;out}$	m^3/h	0.65	0-500	Local
Date tehnice privind stocarea					

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Domeniu	Origine
Volum	$V_{C;sto;tot}$	l	1200.00	0…100000	Local
Diametrul conductei	$D_{C;sto}$	m	0.03	0-0,1	Local
Lungimea conductei	$L_{C;sto}$	m	40.00	0-10000	Local
Procentul din volum utilizat de PCM	$V_{C;sto;PCM}$	%	60.00	0_100	Local
Căldura specifică sensibilă a fluidului pentru transferul de căldură	$Cp_{sto;sens}$	kWh/°C.m^3	1.16		
Densitatea fluidului	$\rho_{sto;lqd}$	kg/m^3	1000.00		
Coeficientul de pierderi termice al unității de stocare	$H_{C;sto;tot;ls}$	W/K	5.80	0-1000	Local
Tipul de stocare (PCM, gheață, apă)	*TYPE_STO_MAT*	-	Apă	1	
Temperatura de tranziție (lichid-solid)	θ_{tr}	°C	0		
Capacitatea termică latentă	Q_{lat}	kWh/kg	93		
Capacitate termică sensibilă în faza solidă	$Cp_{sens,sld}$	kWh/°C.kg	0.54		
Capacitate termică sensibilă în faza lichidă	$Cp_{sens,lqd}$	kWh/°C.kg	1.16		
Conductanță pentru procesul de cristalizare	$K_{v,cr}$	W/m.°C	0.55		
Conductanță pentru fontă	$K_{v,fu}$	W/m.°C	2.1		
Densitate (fază lichidă)	ρ_{lqd}	kg/m^3	1000		
Densitate (fază solidă)	ρ_{sld}	kg/m^3	900		
Volum utilizat de capsulele PCM	$V_{sto,pcm}$	l	720		
Partea din pierderile termice recuperabile	$f_{rvd,ls}$		1	0… 1	Local
Partea din energia auxiliară recuperabilă	$f_{rvd,aux}$	-	0.75	0…1	Local
Partea din puterea electrică nominală netransmisă către subsistemul de distribuție	$f_{rbl,aux}$	-	0.25	0.1	Local
Date privind sistemul de distribuție pentru stocare					
Puterea pompei (în sistemul de distribuție)	$\phi_{C;sto;pmp;in}$	kW	0.00	0-100	Local
Debitul pompei	$q_{C;sto;v;pmp;in}$	m^3/h	0.90	0-500	Local
Diferența de temperatură a circuitului primar în raport cu temperatura de tranziție (intrarea în stocare)	$\Delta\theta_{C;sto;flw;in}$	K	11.4	-100,100	

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Domeniu	Origine
Pierderi de energie (conducte, schimbător de căldură)	$H_{C;sto;ls;in}$	W/K	5.80	0-1000	
Date privind sistemul proiectat					
Proiectarea procesului					
Temperatura ambiantă (încăperea de stocare)	$\theta_{sto;amb}$	theta_sto_amb	15	-50…+50	Local
Tipul de reglare					
Termostat	$T_{sto,C,set}$	*T*_C_sto_set	0	-50…+50	Local
		d_C_sto_max	0.035	0-1	Local
Constante					
Căldura specifică a apei	$Cp;w$	*Cp_w*	1.16		
Informații privind modelul dispozitivului de stocare					
Număr de straturi pentru modelul de stocare	$N_{STO,vol}$	*N*_STO_vol	1		

Calculul energetic - Etape de calcul

Tabelul 3.9 Desfășurarea calculului referitor la stocarea energiei

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Energia necesară pentru răcire în sistemul de distribuție	$Q_{C;in;tot;req}$	kWh	48.29	-	
Energie netă folosită pentru distribuție	$Q_{C;sto;dis;in}$	kWh	0		
Energie disponibilă din unitatea de producere a frigului	$Q_{C;sto;gen;out}$	kWh	0	-	
Tip de material de stocare	STO_TYPE	-	Apă		

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Un singur sistem de stocare și calcul monozonă					
Etapa 1- Energie stocată					
Masa de lichid	$m_{C;sto;lqd,0}$	kg	0		
Energia sensibilă stocată (lichid)	$Q_{C;sto;sens;lqd}$	kWh	15.87	(2)/ (3.95)	$Q_{C;sto;sens;lqd} = (m_{C;sto;lqd} \times C_{p;sens;lqd} + \rho_{sto;med} \times V_{sto;med} \times C_{p;sto;med}) \times (\vartheta_{C;gen;out;req} - \vartheta_{C;sto})$
Energia latentă disponibilă	$Q_{C;lat}$	kWh	4.65	(3)/ (3.96)	$Q_{C;sto;lat} = C_{p;lat} \times m_{C;sto;sld}$
Energia sensibilă stocată (faza solidă)	$Q_{C;sto;lat}$	kWh	-0.2	(4)/ (3.97)	$Q_{C;sto;sens;sld} = m_{C;sto;sld} \times C_{p;sens;sld} \times \frac{(\vartheta_{sto;tr} + \vartheta_{C;sto;gen;flw})}{2}$
Energia stocată satisface necesarul pentru energia utilizată	$Q_{C;sto;out}$	logic	Adevărat	(5)/ (3.98)	$Q_{C;sto;out} = \min\left\lfloor (Q_{C;sto;sens;lqd} + Q_{C;sto;lat} + Q_{C;sto;sens;sld}); (Q_{C;dis;in;tot;req} - Q_{C;sto;gen;out}) \right\rfloor$
Variația de energie la stocare	$\Delta Q_{C;sto;in}$	kWh	20.3		
Etapa 2- Bilanț energetic când capacitatea de stocare este furnizată schimbătorului de căldură	$Q_{C;gen;out}$				
Temperatura inițială în unitatea de stocare	$\theta_{sto,C}$	°C	0.00	-	
Pierderi termice în partea de generare a sistemului de distribuție	$Q_{sto,C,out,ls}$	kWh	0.11	(7)/ (3.99)	$Q_{C;sto;out;ls} = H_{C;sto;out;ls} \times (\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;sto;flw}) \times t_{ci}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Pierderi termice în sistemul de distribuție către sistemul de emisie a frigului	$Q_{C;sto;in;ls}$	kWh	0.02	(8)/ (3.100)	$Q_{C;sto;in;ls} = H_{C;sto;in;ls} \times \left(\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;sto;in}\right) \times t_{ci}$
Pierderi termice ale unității de stocare (stand-by)	$Q_{C;sto;ls}$	kWh	0.09	(9)/ (3.101)	$Q_{C;sto;ls} = H_{C;sto;tot;ls} \times \left(\vartheta_{sto;amb} - \vartheta_{C;sto}\right) \times t_{ci}$
Durata de funcționare a pompei (schimbător de căldură)	$t_{C;sto;aux;in}$	h	0.00	(23)/ (3.115)	$t_{C;sto;aux;in} = \frac{Q_{sto;dis;in}}{C_{p;sto;sens;med} \times \rho_{sto;med} \times q_{C;sto;v;pmp;in} \times \left(\vartheta_{C;sto;in} - \vartheta_{C;sto}\right)}$
Etapa 3. Caz 1 - Evoluția fazei lichide și solide după alimentarea cu energie pentru răcire (APĂ)					
Energie posibil a fi transformată	$\Delta Q_{C;sto}$	kWh	20.53	(10)/ (3.102)	$\Delta Q_{C;sto} = Q_{C;sto;in} + Q_{C;sto;in;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto;out;ls}$
Etapa 3. Caz 1 Apă (gheață și apă răcită)					
Energie transformată	$Q_{C;sto;in,tmp1}$	kWh	0.80		
Masa maximă a fi stocată	$m_{C;sto;sld;max}$	kg	93.965		$m_{C;sto;sld;\max} = \rho_{sld} \times L_{C;sto} \times \Pi \times \left[\left(D_{C;sto} + d_{C;sto;\max}\right)^2 - \left(D_{C;sto}\right)^2\right]$
Grosimea inițială a stratului de gheață în jurul conductei	$d_{C;sto;0}$	m	0.011	(11)/ (3.103)	$d_{C,sto;0} = \sqrt[2]{\left(\frac{D_{C,sto}}{4}^2 + \frac{m_{C,sto,sld;0}}{\rho_{sld}.\Pi.L_{C,sto}}\right)} - \frac{D_{C,sto}}{2}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Variația masei de gheață pentru intervalul curent de calcul	$\Delta m_{C;sto;sld,tmp1}$	kg	-7.40	(12)/ (3.104)	$\Delta m_{sto,C,sld} = \frac{-\Delta Q_{C;sto}}{\left(C_{p;lat} + C_{p;sld} \times (\frac{\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;gen;out;flw}}{2})\right)}$
Masa solidă nu trebuie să depășească valoarea limită	$\Delta m_{C;sto;sld;tmp2}$	kg	-7.40		$Dm_{sto,C,sld,tmp1} + m_{sto,C,sld,} > 0$
Masa solidă nu poate avea o valoare negativă	$\Delta m_{C;sto;sld}$	kg	-7.40		$Dm_{sto,C,sld,tmp1} + m_{sto,C,sld,} > 0$
Corecție a energiei de intrare dacă masa maximă este atinsă	$\Delta Q_{C;sto}$	kWh	0.76	(12)/ (3.102)	$\Delta Q_{C;sto} = \Delta m_{C;sto;sld} \times \left(C_{p;lat} + C_{p;sld} \times (\frac{\vartheta_{sto;tr} + \vartheta_{C;sto;gen;out;flw}}{2})\right)$
Grosimea stratului de gheață	$d_{C;sto}$	m	0.010	(13)/ (3.105)	$d_{C,sto} = \min\left\{ d_{C,sto;\max} \; ; \; \max\left[0 \; ; \; \sqrt[2]{\left(\frac{D_{C;sto}^{\;2}}{4} + \frac{m_{C;sto;sld} + \Delta m_{C;sto;sld}}{\rho_{sld}.\Pi.L_{C;sto}}\right)} - \frac{D_{C;sto}}{2} \right] \right\}$
Masa în faza solidă după modul 'use' (utilizare)	$m_{C;sto;sld}$	kg	42.60	(14)/ (3.106)	$m_{C;sto;sld;\max} = Max(0; m_{C;sto;sld,0} + \Delta m_{C;sto;sld})$
Temperatura de stocare (lichid)	$\theta_{C;sto}$	°C	0.00		
Etapa 3. Caz 2 Material cu schimbare de fază					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Evoluția masei solide	$\Delta m_{C;sto;sld,tmp1}$	kg	0.00	(15)/ (3.107)	$\Delta m_{C;sto;sld} = \frac{\Delta Q_{C;sto}}{\left(C_{p;lat} + C_{p;sld} \times \vartheta_{sto;tr}\right)}$
Limitare în faza solidă	$\Delta m_{C;sto;sld;tmp1}$	kg	0.00	(16)/ (3.108)	dacă $\Delta m_{C;sto;sld} > m_{C;sto;lqd,0}$ atunci $\Delta m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;lqd;0}$ et $m_{C;sto;lqd} = 0$
Limitare a energiei pentru transformare în faza solidă			0.00	(17)/ (3.109)	dacă $\Delta m_{C;sto;sld} > m_{C;sto;sld}$ atunci $\Delta m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;sld;0}$ $m_{C;sto;sld} = 0$
Masa (fază solidă)	$m_{C;sto;sld}$	kg	50.00		$m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;sld;0} + \Delta m_{C;sto;sld}$
Temperatura (fază solidă)	$\theta_{C;sto;sld}$	°C	0.00	(18)/ (3.110)	$\vartheta_{C;sto;sld} = Max(\vartheta_{C;sto;sld;0} + \frac{\Delta Q_{C;sto} - C_{p;sens;sld} \times \Delta m_{C;sto;sld;0} \times (\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;sld})}{C_{p;sens;sld} \times (m_{C;sto;sld} + \Delta m_{C;sto;sld})}; \vartheta_{C;gen;out;flw})$
Masa (fază lichidă)	$m_{C;sto;lqd}$	kg	0.00		$m_{C;sto;lqd} = m_{C;sto;lqd;0} + \Delta m_{C;sto;lqd}$
Temperatura (fază lichidă)	$m_{C;sto;lqd}$	°C	-	(22)/ (3.114)	$\vartheta_{C;sto;lqd} = \vartheta_{C;sto;lqd;0} + \frac{\Delta Q_{C;sto} - C_{p,sld} \times \Delta m_{C;sto;sld} \times (\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;lqd})}{C_{p;lqd} \times (m_{C;sto;lqd;0} + \Delta m_{C;sto;sld})}$
Energia totală introdusă de unitatea de răcire	$\Delta Q_{C;gen;sto;out}$	kWh	-0.58	(21)/ (3.123)	$\Delta Q_{C,sto} = Q_{C,sto,gen} - Q_{C,sto,out} - Q_{C,sto,in,ls} - Q_{C,sto,ls} - Q_{C,sto,out,ls}$
Timp de operare a echipamentelor auxiliare (circuit primar)	$t_{C;sto,aux;out}$	h	0.00	(25)/ (3.117)	$t_{C;sto;aux;out} = \frac{Q_{C;sto;out}}{C_{p;sto;sens;med} \times \rho_{sto;med} \times q_{C;sto;v;pmp;out} \times \left(\theta_{C;sto;out;flw} - \theta_{C;sto;out;ret}\right)}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Energie auxiliară (intrare)	$W_{C;aux;sto;out}$	kWh	0.00	(26)/ (3.118)	$W_{C;sto;aux;out} = t_{C;sto;aux;out} \times \Phi_{C;sto;pmp;out}$
Masa (faza solidă)	$M_{C;sto;sld}$	kg	42.60		
Masa (faza lichidă)	$M_{C;sto;lqd}$	kg	0.00		
Total energie auxiliară	$W_{C;aux;sto}$	kWh	0.00	(27)/ (3.119)	$W_{C;sto;aux} = W_{C;sto;gen;aux;out} + W_{C;sto;aux;in}$
Pierderi de energie aferente stocării și distribuției	$Q_{C;sto;ls}$	kWh	0.108	(6)+(7)+(8)	$Q_{C;sto;ls;rbl} = -(Q_{C;sto;out;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto;in;ls})$
Pierderi de energie recuperabile aferente stocării și distribuției	$Q_{C;sto;ls;rbl}$	kWh	0.11	(29)/ (3.121)	$Q_{C;sto;ls;rbl} = -(Q_{C;sto;out;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto;in;ls}) \times f_{C;sto;rbl}$
Pierderi de energie recuperabile ale echipamentelor auxiliare	$Q_{C;sto;aux;ls;rbl}$	kWh	0.00	(28)/ (3.120)	$Q_{C;sto;aux;ls;rbl} = -W_{C;sto;aux} \times f_{aux;rbl}$
Total pierderi de energie recuperabile	$Q_{C;sto;ls;tot;rbl}$	kWh	0.11	(30)/ (3.122)	$Q_{C;sto;ls;tot;rbl} = Q_{C;sto;aux;ls;rbl} + Q_{C;sto;ls;rbl}$
Temperatura de stocare	$\theta_{C;sto}$	°C	0.00	(1)	
Energie extrasă din sistemul de distribuție	$Q_{C;sto;in}$	kWh	48.29	(1)/ (3.94)	

Notă: pentru semnificaţia (*am) - numerotarea relaţiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

Metoda de calcul aplicată furnizează datele de ieșire din tabelul următor:

Tabelul 3.10 Date de ieşire calculate

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (modul)
Date privind fluxul de energie				
Căldură extrasă din sistemul de distribuție	$Q_{C;sto;in}$	kWh	48.29	M4-1
Pierderi termice (recuperabile)	$Q_{C;sto;ls;tot;rbl}$	kWh	0.11	M2-2
Energie auxiliară totală	$W_{C;sto;aux}$	kWh	0.00	M4-1; M4-4
Date privind condițiile de funcționare				
Temperatura mediului de stocare din unitatea de stocare	$\vartheta_{C;sto;out}$	°C	0	M4-1
Alte date				
Masa (faza solidă)	$m_{C;sto;sld}$	kg	43	local
Masa (faza lichidă)	$m_{C;sto;lqd}$	kg	0	local
Tipul de material pentru stocare	STO_TYPE	Listă	Apă	-

3.2.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de climatizare de tip aer – apă sau aer - refrigerent

3.2.5.1. Tipuri de sisteme

Metoda se aplică pentru tipurile de sisteme de climatizare menţionate mai jos. O reprezentare a unui sistem aer-apă cu ventiloconvectoare, cu 4 conducte este dată în figura 3.17.

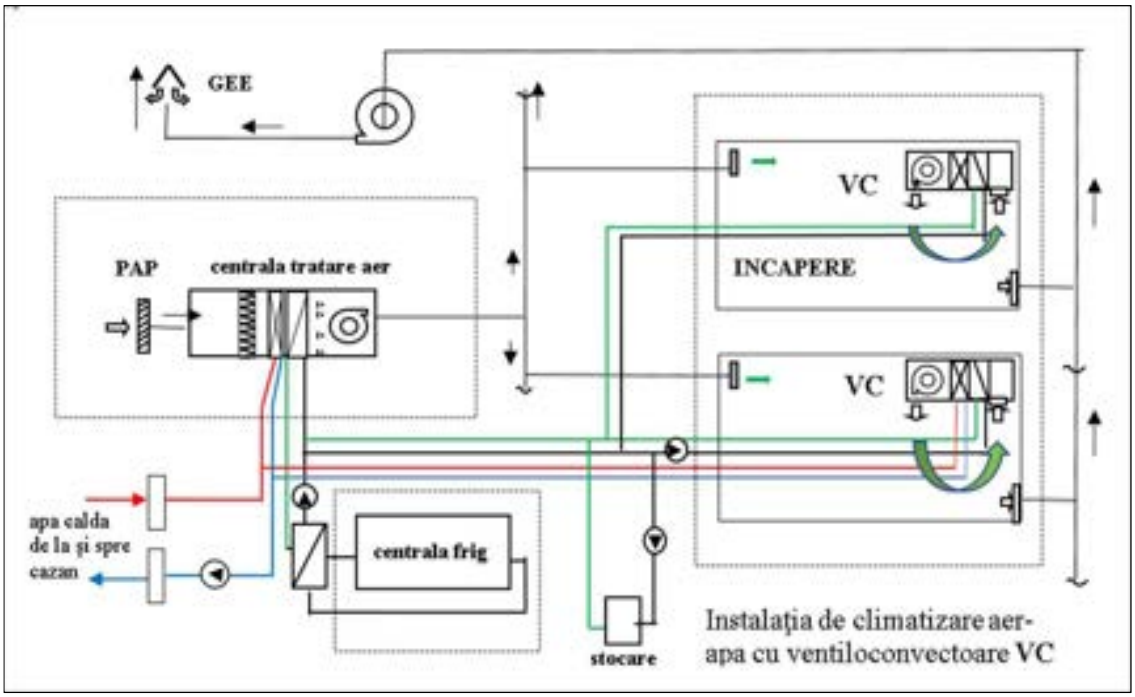


Figura 3.17. Sistem de răcire (climatizare aer-apă) cu ventiloconvectoare cu 4 conducte de apă

Sisteme aer-apă

- Sistem cu ventiloconvectoare, cu 2, 3 sau 4 conducte
- Sistem cu inducție, 2 conducte, cu sau fără comutare, cu 3 sau 4 conducte
- Panou de răcire radiant cu 2 sau 4 conducte (plafoane de răcire și grinzi de răcire pasive)
- Sisteme de răcire integrate (sol, pereți, tavan)
- Sistem de tavan cu grinzi active, cu 2 sau cu 4 conducte
- Sistem cu pompă de căldură în buclă de apă

Sisteme aer-refrigerent

- Unități pentru o încăpere (inclusiv unități cu o conductă)
- Sisteme mono-split cu detentă directă (inclusiv sistemele cu debit de agent frigorific variabil)

Metoda de calcul stabileşte modul de colectare a datelor necesare pentru calculul energiei de răcire din mai multe zone termice (inclusiv a centralelor de climatizare ale sistemelor numai aer) conectate la un sistem de distribuție a frigului și modul de a reuni datele de la mai multe sisteme de distribuție pentru un calcul energetic global al sistemului.

Metoda înglobează calculul pierderilor termice datorate emisiei și distribuției de frig, precum și energia echipamentelor auxiliare. Este luată în considerare şi energia de răcire care trebuie să fie extrasă de sistemul de generare a frigului și energia stocată.

Metoda indică de asemenea modul în care trebuie distribuită energia furnizată de generatorul de frig, diferitelor sisteme și eventuale priorități de funcționare.

Sunt definiţi de asemenea, indicatorii de performanță energetică ai sistemelor de răcire.

Astfel, se indică modul de calcul pentru:

- temperatura de ieșire cerută de generatorul de frig,
- temperaturile apei (tur-retur) în sistemele de distribuție a frigului,
- debitele volumice în sistemul de distribuție,
- energia de răcire care trebuie să fie extrasă de sistemul de generare a frigului, pe baza exigențelor fiecărei zone termice (și a CTA-urilor racordate la aceeaşi distribuţie),
- energia de răcire extrasă de sistemele de distribuție, în funcţie de energia extrasă de generator și de efectele stocării, ținând seama de priorități,
- energia de răcire extrasă de diferite zone termice, ținând seama de pierderile termice ale emisiei și distribuției de frig.
- indicatorii de performanță ai sistemului de răcire.

Pasul de timp de calcul utilizat poate fi anual, lunar sau orar.

Un calcul simplificat care poate fi folosit la clădiri existente și în faza de proiectare, permite evitarea calculelor detaliate, pe bază de factori. Acesta este indicat în mod deosebit pentru intervale de timp mari, o lună sau un an. Metoda furnizează calculul mărimilor indicate în tabelul 3.11.

Tabel 3. 11. Mărimi de ieșire ale metodei de calcul simplificate

Descriere	Simbol
Energia electrică de intrare în generatorul de frig	$E_{C;gen;el;in}$
Energia echipamentelor auxiliare pentru emisia de frig	$W_{C;aux;em}$
Energia echipamentelor auxiliare pentru distribuția de frig	$W_{C;aux;dis}$
Energia echipamentelor auxiliare pentru generarea de frig	$W_{C;aux;gen}$
Energia de răcire extrasă din zona termică j	$Q_{C;out;zt,j}$
Temperatura de ieșire necesară la generator	$\vartheta_{C;gen:out;req}$
Energia de răcire cerută de sistemul de generare a frigului	$Q_{C;gen;in;req}$
Energia furnizată de bateria de răcire a CTApentru sistemul de climatizare k	$Q_{C;ahu;out;k}$

3.2.5.2. Date de intrare

- Date privind concepția sistemului de răcire

În tabelul următor sunt precizate datele referitoare la concepția procesului de răcire.

Tabel 3.12.Date privind concepția procesului

Caracteristici	Simbol	Unitate măsură
Temperatura de ieșire setată pentru generarea de frig	$\vartheta_{C;gen;out;set}$	°C
Temperatura de intrare setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru o temperatură furnizată constantă	$\vartheta_{C;dis;flw;set}$	°C
Temperatura de intrare maximă setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	$\vartheta_{C;dis;flw;set;max}$	°C
Temperatura de intrare minimă setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	$\vartheta_{C;dis;flw;set;min}$	°C
Factor de pantă pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	f_e	—
Temperatura offset pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	$\Delta\vartheta_{off}$	K
Factor al pierderilor termice în sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	$f_{C;ls;dis}$	—
Factor privind energia echipamentelor auxiliare din sistemul de distribuție a frigului (calcul simpldacăicat)	$f_{C;aux;dis}$	—
Factor de ponderare pentru energia termică	$f_{W;th}$	—
Factor de ponderare pentru energia electrică	$f_{W;el}$	—

- Date privind opțiunile de reglare a procesului
  - reglarea temperaturii de ieșire pentru generarea de frig: temperatură constantă în unitatea de generare a frigului sau temperatură variabilă în unitatea de generare a frigului;
  - reglarea temperaturii de ieșire a apei răcite din sistemul de distribuție: temperatură furnizată constantă sau punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare.
- Date privind condițiile de funcționare sau condițiile limită

Datele privind condițiile de funcționare necesare în calculul consumului de energie sunt reunite în tabelul 3.13 următor.

Tabel 3.13. Date privind condițiile de funcționare

Mărimea	Simbol	Unitate măsură
Intervalul de timp de calcul	$t_{c,i}$	h
Temperatura aerului ambiant	ϑ_e	°C
Necesarul energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j	$Q_{C;nd;zt;j}$	kWh
Energia cerută la ieșirea din bateria de răcire a CTA k	$Q_{C;ahu;out;req,k}$	kWh
Temperatura necesară/cerută a aerului introdus	$\vartheta_{SUP;C;req}$	°C
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j	$Q_{C;em,ls;j}$	kWh

Mărimea	Simbol	Unitate măsură
Energia auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j	$W_{C;aux;em;j}$	kWh
Temperatura interioară echivalentă	$\vartheta_{int;inc}$	°C
Partea de energie auxiliară pentru distribuția frigului corespunzătoare apei răcite	$f_{wat;C;dis;aux}$	—
Energia de răcire extrasă de sistemul de generare a frigului	$Q_{C;gen;in}$	kWh
Temperatura apei răcite la ieșire din generatorul de frig	$\vartheta_{C;gen;out}$	°C
Energia electrică la intrare în sistemul de generare frig	$E_{C,gen,el;in}$	kWh
Aportul de căldură pentru generarea de frig prin absorbție	$Q_{H;C;gen;abs;in}$	kWh
Energia auxiliară în sistemul de generare a frigului	$W_{C;aux;gen}$	kWh

3.2.5.3. Calculul mărimilor de ieșire

Calculul condițiilor de funcționare

- Sisteme cu detentă directă

Emisia de căldură în funcție de zona termică: extragerea căldurii se face direct din zonele răcite. Temperatura de ieșire cerută de sistemul de generare este temperatura interioară a zonei termice.

$$\vartheta_{C,gen,out,req} = \vartheta_{C;int;inc} \quad (3.\ 136)$$

Dacă distribuția este realizată printr-un sistem de aer, extragerea căldurii se face prin fluxul de aer considerat. Temperatura de ieșire cerută de sistemul de generare este temperatura aerului introdus:

$$\vartheta_{c,gen,out,req} = \vartheta_{SUP,C;req} \quad (3.\ 137)$$

- Sisteme aer-apă

Temperatura de ieșire cerută de *sistemul de generare* pentru intervalul de calcul considerat este:

— dacă reglarea se face cu temperatură constantă atunci:

$$\vartheta_{C,gen,out,req} = \vartheta_{C;gen,out,set} \quad (3.\ 138)$$

dacă nu:

$$\vartheta_{C,gen,out,req} = \vartheta_{C;dis;in;flw,req} \quad (3.\ 139)$$

unde:

$\vartheta_{C;gen;out;set}$ [°C] Temperatura de ieșire cerută/setată de sistemul de generare; valoare prin lipsă $\vartheta_{C;gen;out;set}$ = 6°C.

Temperatura de intrare cerută de *ansamblul sistemului de distribuție* se determină astfel:

— dacă reglarea se face cu temperatura de intrare constantă:

$$\vartheta_{C;dis;in;flw,req} = \vartheta_{C;dis;flw,set} \quad (3.\ 140)$$

Valoare prin lipsă $\vartheta_{C;dis;flw;set;i}$ = 6°C.

— dacă reglarea se face cu punct de reglare variabil, cu compensarea temperaturii exterioare:

$$\vartheta_{C;dis;in;flw,req} = \min\left[\vartheta_{C;dis;flw,set,max}; \max\left(\vartheta_{C;dis;flw,set,min}; f_e \cdot \vartheta_e + \Delta\vartheta_{off}\right)\right] \quad (3.\ 141)$$

unde:

$\vartheta_{C;dis;in;set}$ °C Temperatura de intrare în sistemul de distribuție, stabilită pentru o temperatură furnizată constantă(la intrare);

$\vartheta_{\mathrm{C;dis;in;set;max}}$	°C	Temperatura maximă de intrare în sistemul de distribuție, stabilită pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare);
$\vartheta_{\mathrm{C;dis;in;set;min}}$	°C	Temperatura minimă de intrare în sistemul de distribuție, stabilită pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare);
f_{e}	—	Factor de pantă al sistemului de distribuție pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare);
$\Delta\vartheta_{\mathrm{off}}$	°C	Valoarea de temperatură a sistemului de distribuție pentru un punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare).

Calculul consumului de energie

- Energia extrasă din zonele termice și din CTA -uri (la sistemele numai aer)

Energia reală extrasă din zona termică *j* și din CTA *k*, pentru un interval de calcul, este:

$$Q_{\mathrm{C;zt},j} = \min\left[Q_{\mathrm{C;nd;zt},j}\,;\frac{Q_{\mathrm{C;nd;zt},j}}{Q_{\mathrm{C;gen;in;req}}}\cdot Q_{\mathrm{C;gen;in}}\right] \tag{3. 142}$$

$$Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out}} = \min\left[Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}}\,;\frac{Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}}}{Q_{\mathrm{C;gen;in;req}}}\cdot Q_{\mathrm{C;gen;in}}\right] \tag{3. 143}$$

unde:

$Q_{\mathrm{C;nd;zt},j}$	Necesarul de energie sensibilă pentru răcire, al zonei termice j, în kWh
$Q_{\mathrm{C;em;ls},j}$	Pierderile termice datorate emisiei de frig în zona termică j, în kWh
$Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}}$	Energia de răcire cerută de CTA, *k* , în kWh
$Q_{\mathrm{C;gen;in}}$	Energia extrasă de sistemul de generare a frigului, în intervalul de calcul considerat, în kWh.

- Sisteme cu detentă directă

Energia care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului în intervalul de calcul considerat, pentru toate zonele *j* și respectiv centralele *k*, este:

$$Q_{\mathrm{C;gen;in;req}} = \sum_j Q_{\mathrm{C;nd;zt},j} + \sum_j Q_{\mathrm{C;em;ls},j} + \sum_k Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}} \tag{3. 144}$$

- Sisteme aer-apă

Energia necesar a fi extrasă de sistemul de generare a frigului în intervalul de calcul considerat, este:

$$Q_{\mathrm{C;gen;in;req}} = \sum_j Q_{\mathrm{C;nd;zt},j} + \sum_j Q_{\mathrm{C;em;ls},j} + \sum_k Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}} + Q_{\mathrm{C;dis;ls}} + f_{\mathrm{wat;C;aux;dis}}\cdot W_{\mathrm{C;aux;dis}} \tag{3. 145}$$

unde, în plus:

$f_{\mathrm{wat;C;aux;dis}}$	—	Partea de energie a echipamentelor auxiliare destinate vehiculării apei răcite.

Notă: Această metodă simplă, nu ține seama de stocarea frigului și realizează calculul pentru un singur sistem de distribuție.

Pierderile termice datorate distribuției frigului și energia echipamentelor auxiliare se determină ca o fracție din necesarul de energie de răcire:

$$Q_{\mathrm{C;ls;dis}} = f_{\mathrm{C;ls;dis}} \left(\sum_j Q_{\mathrm{C;nd;zt},j} + \sum_j Q_{\mathrm{C;em;ls},j} + \sum_k Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}} \right) \quad (3.\ 146)$$

Unde

$f_{\mathrm{C;ls;dis}}$ — factor al pierderilor termice datorate distribuției de frig;

Pentru calculul simplicat al pierderilor termice ale sistemului de distribuție, se pot considera: $f_{\mathrm{C;ls;dis}} = 0{,}05$; $f_{\mathrm{C;aux;dis}} = 0{,}02$.

și

$$W_{\mathrm{C;aux;dis}} = f_{\mathrm{C;aux;dis}} \left(\sum_j Q_{\mathrm{C;nd;zt},j} + \sum_j Q_{\mathrm{C;em;ls},j} + \sum_k Q_{\mathrm{C;ahu},k;\mathrm{out;req}} \right) \quad (3.\ 147)$$

unde

$f_{\mathrm{C;aux;dis}}$ — Factor de energie al echipamentelor auxiliare necesare distribuției de frig;

3.2.6. Generarea frigului

3.2.6.1 Introducere

Metoda se referă la calculul parametrilor de funcționare și la consumul de energie al sistemelor de generare a frigului.

Generarea frigului este realizată folosind:

- generatoare de frig – grupuri frigorifice cu apă răcită, cu comprimare mecanică sau cu absorbție;
- diverse tipuri de generatoare (denumite generice) – apa subterană, apa de suprafață sau utilizarea directă a răcirii în sol;
- diferite tipuri de căldură degajată (uscată, umedă, hibridă cu aerul exterior, alte tipuri de surse de căldură) – pentru sistemele cu absorbţie.

Metoda acoperă calculul pentru:

- Temperatura de intrare/ieşire a apei de răcire (la răcirea cu apă), $\vartheta_{\mathrm{C,wat,hr,in}}$, $\vartheta_{\mathrm{C,wat,hr,out}}$
- Căldura consumată pentru generarea frigului (la sistemele cu absorbţie), $Q_{\mathrm{H;C,gen;in}}$
- Energia electrică necesară pentru generarea frigului (la sistemele cu compresie), $E_{C,gen,el;in}$
- Energia termică extrasă de sistemul de răcire, $Q_{C,gen,in}$
- Consumul de energie auxiliară (de exemplu, puterea sistemului de evacuare a căldurii, consum pentru reglare, senzori și regulatoare), $W_{C;aux,gen;in}$
- Energia termică recuperabilă, $Q_{C,gen,out,rbl}$
- Căldura evacuată, $Q_{\mathrm{hr;out}}$
- Temperatura la care este evacuată căldura, $\vartheta_{\mathrm{C,gen,out,rbl}}$
- Factorul de sarcină parţială a necesarului de energie de răcire asigurată, $f_{C,PL,cvd}$

Pasul de timp de calcul utilizat poate fi lunar sau orar. Efectele dinamice nu sunt luate în considerare. În acest document, se dezvoltă metoda de calcul pentru un pas de calcul lunar sau orar, pentru grupurile cu apă răcită, pentru sistemele split și multi-split și sistemele cu agent frigorific cu debit variabil (VRF), conform standardul SR EN 16798-13:2018.

Metoda tratează întregul circuit termodinamic, referindu-se cu precădere la generatoarele de frig (cu comprimare și absorbţie), dispozitivele de evacuare a căldurii și sistemelor de comandă.

3.2.6.2.Date de intrare

- Datele tehnice necesare în calculul consumului de energie sunt date în tabelul 3.14.

Tabel 3.14. Date tehnice de intrare ale echipamentelor

Denumire	Simbol	Unitate măsură
Puterea termică nominală a sistemului de răcire	$\Phi_{C;gen;n}$	kW
Puterea termică nominală a sistemului de evacuare a căldurii	$\Phi_{hr;n}$	kW
Puterea termică nominală a sistemului de evacuare a căldurii hibrid, la funcționare în regim uscat	$\Phi_{hr;n;dry}$	kW
Randamentul energetic nominal pentru producerea de frig	EER_n	—
Temperatura ambiantă pentru un randament energetic nominal pentru generarea de frig cu un sistem răcit cu aer	$\vartheta_{e;n}$	°C
Temperatura interioară pentru un randament energetic nominal pentru generarea de frig cu un sistem răcit cu aer	$\vartheta_{i;n}$	°C
Raport nominal pentru un sistem cu absorbție	ζ_n	—
Temperatura la intrare a apei de răcire pentru sistemul de evacuare a căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;in;n}$	°C
Temperatura la ieșire a apei de răcire pentru sistemul de evacuare a căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;out;n}$	°C
Energia electrică specifiică pentru sistemul de evacuare a căldurii	$p_{hr;el}$	kW/kW
Energia electrică specifică pentru sistemul de distribuție	$p_{dist;el}$	kW/kW
Puterea electrică pentru sistemul de reglare	$P_{ctrl;el;j}$	kW
Diferența de temperatură în vaporizator	$\Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}$	K
Diferența de temperatură în condensator	$\Delta\vartheta_{\mathrm{cond}}$	K
Coeficient	a_0	—
Coeficient	a_1	1/°C
Coeficient	a_2	1/°C

- Date privind descrierea sistemelor de generare a frigului sunt:
- Date privind tipul sistemului frigorific (climatizoare răcite cu aer, grup de apă răcită, răcit cu aer, grup de apă răcită, răcit cu apă)
- Tipul de generator de frig (cu compresie, cu absorbţie),
- Tipul de compresor și modul de reglare al acestuia

3.2.6.3. Calculul mărimilor de ieşire ale metodei

<u>*Calculul condiţiilor de funcţionare*</u>

- Funcționarea în sarcină parțială

Valoarea în sarcină parțială PLV se determină pentru fiecare interval de calcul cu relația:

$$PLV = f_{\mathrm{C;\,PL,\,k}} \cdot f_{\mathrm{hr;\,PL}} \cdot f_{\mathrm{hr;\,fc}} \cdot f_{\mathrm{C;\,mult}} \qquad (3.\ 148)$$

unde:

$f_{C;PL;k}$ - factor de sarcină parțială al generatorului de frig
$f_{hr;PL}$ - factor de sarcină parțială al sistemului de evacuare a căldurii
$f_{hr;fc}$ - factor de răcire gratuită
$f_{C;mult}$ - factor pentru generatoare de frig multiple

În absența altor date, pentru sistemele frigorifice cu absorbție, valoarea PLV = 0,95.

- Funcționarea generatorului de frig la sarcină parțială a sistemului de răcire

Pentru fiecare interval de calcul, se consideră factorul la sarcină parţială:

$$f_{C;PL} = \frac{Q_{C;gen;in;req}}{t_{C;gen;op}\,\Phi_{C;gen;n}} \tag{3. 149}$$

unde:

$\Phi_{C;gen;in}$ Puterea termică nominală extrasă din sistemul de distribuție, în kW;
$Q_{C;gen;in;req}$ Energia termică necesară a fi extrasă de generatorul de frig în intervalul de calcul considerat, în kWh;
$t_{C;gen;op}$ Intervalul de funcționare a sistemului de generare a frigului, în h.

Factorii de sarcină parțială $f_{C;PL}$ sunt asociați diferitelor treptede funcționare în sarcină parțială k, după cum urmează:

$$\begin{aligned} 0{,}05 \le f_{C;PL} < 0{,}15 \quad &\rightarrow \quad k = 0{,}1; \\ 0{,}15 \le f_{C;PL} < 0{,}25 \quad &\rightarrow \quad k = 0{,}2; \\ \vdots \\ 0{,}95 \le f_{C;PL} \quad &\rightarrow \quad k = 1{,}0; \end{aligned} \tag{3. 150}$$

Factorul de sarcină parțială specific generatorului de frig, pentru o anumită treaptă k de sarcină parțială, este:

dacă $f_{C;PL} < 0{,}05$, $f_{C;PL,k} = 1$ (3. 151)

sau, în funcție de tipul de sistem de răcire, se pot adopta valorile prin lipsă din SR EN 16798-13, reproduse în tabelul 3.15 şi în tabelul 3.16.

Factorii de sarcină partială $f_{C;PL,k}$ pot fi obținuți și din baze naționale de date; trebuie subliniat faptul că acești factori $f_{C;PL,k}$ sunt definiți în condiții nominale de temperatură. Alte temperaturi sunt luate în considerare prin factorul $f_{hr;PL}$.

Dacă $f_{C;PL} \le 1$ $Q_{C;gen;in} = Q_{C;gen;in;req}$ (3. 152)

sau

$$Q_{C;gen;in} = t_{C;gen;op} \cdot \Phi_{C;gen;n} \tag{3. 153}$$

unde:

$Q_{C;gen;in}$ Energia termică extrasă de unitatea de răcire în intervalul de timp considerat, în kWh.

- Factorul de sarcină parțială aferent necesarului de energie de răcire asigurat, este:

$$f_{C;PL;cvd} = \min\left(1{,}0\,;\frac{Q_{C;gen;in}}{Q_{C;gen;in;req}}\right) \tag{3. 154}$$

Factorul $f_{C;PL,cvd}$ poate fi utilizat pentru a caracteriza calitatea și reglarea necesarului de frig.

- Corecția de temperatură pentru randamentul energetic al producerii de frig la generator

Randamentul energetic al producerii frigului EER_n, pentru o unitate de generare a frigului, se definește în condiții particulare de temperatură $\vartheta_{C;gen;req;out;n}$ și $\vartheta_{C;gen;req;in;n}$ conform condiţiilor

normalizate de încercare. Pentru valori diferite de temperatură, se va folosi un factor de corecție dat de relaţia:

$$f_{EER;\mathrm{corr}} = \frac{\dfrac{T_{0;\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C;gen;req;out}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}}{\left(T_{0;\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C;gen;hr;req;in;ref}} + \Delta\vartheta_{\mathrm{cond}}\right) - \left(T_{0;\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C;gen;req;out}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}\right)}}{\dfrac{T_{0;\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C;gen;req;out;n}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}}{\left(T_{0;\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C;gen;hr;req;in;n}} + \Delta\vartheta_{\mathrm{cond}}\right) - \left(T_{0;\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C;gen;req;out;n}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}\right)}}, \qquad (3.\ 155)$$

unde

$T_{0;\mathrm{abs}}$	Temperatura absolută de referință	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;gen;req;out}}$	Temperatura de ieșire cerută pentru producerea de frig (temperatura cerută de apă sau de aerul răcit la ieșirea din vaporizator)	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;gen;hr;req;in;ref}}$	Temperatura de intrare, de referință, cerută pentru evacuarea căldurii (temperatura cerută de apa de răcire sau de aerul ambiant la intrarea în condensator)	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;gen;req;out;n}}$	Temperatura de ieșire cerută pentru generarea de frig în condiții nominale (temperatura cerută de apă sau de aerul răcit la ieșirea din vaporizator)	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;gen;hr;req;in;n}}$	Temperatura de intrare pentru evacuarea de căldură în condiții nominale (temperatura cerută de apa de răcire sau de aerul ambiant la intrarea în condensator)	°C
$\Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}$	Diferența de temperatură în vaporizator	°C
$\Delta\vartheta_{\mathrm{cond}}$	Diferența de temperatură în condensator	°C

Notă: Atunci când temperaturile reale sunt egale cu cele din condiții nominale, relația (155) devine $f_{\mathrm{EER;corr}} = 1{,}0$.

Tabel 3.15 Factori de sarcină parţială $\mathbf{f}_{C;PL;k}$ ***pentru climatizoare de cameră, răcite cu aer***

Tip de sistem	**Etaj (treaptă) de sarcină parţială** k									
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,0**
Sistem split	1,34	1,34	1,34	1,34	1,27	1,23	1,16	1,09	1,02	0,95
Sistem multi-split, cu comanda camerei de evacuare sau cu închidere a cricului	0,68	0,73	0,77	0,80	0,86	0,93	0,95	0,97	0,94	0,90
Sistem multi-split	1,52	1,54	1,57	1,69	1,45	1,31	1,21	1,09	1,03	0,95
Sistem multi-split sau sistem cu fluid refrigerent cu debit variabil	0,77	1,18	1,42	1,55	1,54	1,46	1,35	1,19	1,06	0,92

Tabel 3.16. Factori de sarcină parţială $\mathbf{f}_{C;PL;k}$ ***pentru grupuri de apă răcită, răcite cu aer***

Funcţionare compresor	**Treaptă de sarcină parţială** k									
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,0**
compresor cu piston										
fix	0,83	0,87	0,92	0,95	0,98	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00
programat	0,87	1,03	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,07	1,03	1,00
Inverter -variabil	Nu există date disponibile									
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu spirală										
fix	0,83	0,87	0,92	0,95	0,98	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00
programat	0,87	1,03	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,07	1,03	1,00
inverter variabil	0,43	0,54	0,65	0,75	0,84	0,91	0,97	1,01	1,02	1,00
alt mod variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu şurub										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	1,19	1,19	1,13	1,08	1,05	1,04	1,03	1,03	1,02	1,00
alt mod variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor centrifugal										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	1,40	1,40	1,32	1,24	1,18	1,13	1,09	1,06	1,03	1,00
alt mod variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									

Tabel 3.17. Factori de sarcină parţială $f_{C;PL;k}$ ***pentru grupuri de apă răcită, răcite cu apă***

Funcţionare compresor	**Etaj (treaptă) de sarcină parţială** k									
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,0**
compresor cu piston										
fix	0,96	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00
programat	1,14	1,17	1,19	1,20	1,18	1,16	1,13	1,10	1,05	1,00
inverter variabil	Nu există date disponibile									
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu spirală										

fix	0,96	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00
programat	1,14	1,17	1,19	1,20	1,18	1,16	1,13	1,10	1,05	1,00
inverter variabil	Nu există date disponibile									
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu şurub										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	0,62	0,77	0,88	0,95	0,98	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor centrifugal										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	1,42	1,41	1,38	1,34	1,29	1,24	1,18	1,12	1,06	1,00
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									

Temperaturile utilizate sunt stabilite astfel:

- Pentru climatizoare de cameră și grupuri de apă rece răcite cu aer, dacă evacuarea de căldură se face cu aer, la temperatura aerului exterior:

$$\vartheta_{C;\,gen;\,hr;\,req;\,in;\,ref} = \vartheta_{e;\,ref} \quad \text{și} \quad \vartheta_{C;\,gen;\,hr;\,req;\,in;\,n} = \vartheta_{e;\,n} \tag{3. 156}$$

- sau dacă evacuarea de căldură se face cu aer, la temperatura aerului interior:

$$\vartheta_{C;\,gen;\,hr;\,req;\,in;\,ref} = \vartheta_{e;\,ref} \quad \text{și} \quad \vartheta_{C;\,gen;\,hr;\,req;\,in;\,n} = \vartheta_{i;\,n} \tag{3. 157}$$

sau dacă evacuarea de căldură se face cu apă:

$$\vartheta_{C;\,gen;\,hr;\,req;\,in;\,ref} = \vartheta_{C;\,wat;\,hr:in;\,ref} \quad \text{și} \quad \vartheta_{C;\,gen;\,hr;\,req;\,in;\,n} = \vartheta_{C;\,wat;\,hr;\,in;\,n}\,. \tag{3. 158}$$

unde:

$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref}$ Temperatura de intrarea a apei de răcire în sistemul de evacuare a căldurii, în condiții de referință. °C

$\vartheta_{C;wat;hr;in;n}$ Temperatura apei de răcire ce sosește în sistemul de evacuare a căldurii, la puterea nominală. °C

Valorile prin lipsă ale $\Delta\vartheta_{evap}$ și $\Delta\vartheta_{cond}$, precum și ale $\vartheta_{C;wat;hr;in;ref,}$ sunt indicate în tabelele următoare:

Tabel 3.18 Date privind derularea procesului de răcire

Simbol	Valoare	Condiția	UM
$\Delta\vartheta_{cond}$	4	grup de apă răcită cu răcire cu apă	^{0}C
$\Delta\vartheta_{cond}$	10	climatizoare de cameră și grup de apă răce, răcit cu aer exterior	^{0}C
$\Delta\vartheta_{cond}$	20	grup de apă rece, răcit cu aer interior	^{0}C
$\Delta\vartheta_{evap}$	6	grup de apă rece, răcit cu aer sau cu apă	^{0}C
$\Delta\vartheta_{evap}$	20	climatizoare de cameră răcit cu aer	^{0}C

Tabel 3.19 Temperaturi de referință pentru sistemul de evacuare a căldurii

Situația	sistemul	$\vartheta_{C;gen:hr;req;in;ref}$	$\vartheta_{C;gen:hr;req;out;ref}$
climatizor de cameră, sau grup de apă răcită fără reglare		32	Nu este cazul
grup de apă răcită, cu răcire cu aer cu comandă compresor și destindere comandată termostatic sau electric	generator cu compresie și compresor cu piston sau cu spirală	32	Nu este cazul
	generator cu compresie și compresor cu șurub sau compresor centrifugal	32	Nu este cazul
grup de apă răcită cu răcire cu apă și cu comandă compresor și destindere comandată termostatic sau electric	generator cu compresie și evacuare de căldură - umedă (33/27°C)	$\vartheta_{C;wat:hr;in;ref}$ = 33	$\vartheta_{C;wat:hr;out;ref}$ = 27
	generator cu compresie și compresor cu piston sau compresor centrifugal și evacuare de căldură – uscată (45/40°C, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat:hr;in;ref}$ = 45	$\vartheta_{C;wat:hr;out;ref}$ = 40
	generator cu compresie și compresor cu șurub și evacuare de căldură – uscată (45/40°C, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat:hr;in;ref}$ = 45	$\vartheta_{C;wat:hr;out;ref}$ = 40

- Evacuarea de căldură la funcționarea în sarcină parțială

Factorul de sarcină parțială mediu al energiei termice degajate de sistemul de evacuare a căldurii, $f_{hr,\ PL}$ caracterizează degajarea de căldură în funcție de condițiile ambiante. Este determinat pentru fiecare interval de calcul astfel:

$$f_{hr;PL} = a_2\vartheta^2 + a_1\vartheta + a_0 \qquad (3.\ 159)$$

Valorile coeficienților a_0, a_1 și a_2 , precum și temperaura ϑ depind de sistem. Date privind aceşti coeficienți sunt indicate în tabelul 3.3.14. Dacă $f_{C,PL;k}$ nu este definit în condiții nominale de temperatură, $f_{hr,PL}$ = 1,0.

Tabel 3.20 Valori ale coeficienților și temperatura din relația factorului de sarcină parțială pentru sistemul de evacuare a căldurii

Tip de sistem	Sistemul	ϑ	a_2	a_1	a_0	Validitate
grup de apă răcită cu răcire cu aer, fără reglarea temperaturii		—	0	0	1	permanent

Tip de sistem	Sistemul	ϑ	a_2	a_1	a_0	Validitate
grup de apă răcită cu răcire cu aer, cu reglarea temperaturii	generator cu compresie și (compresor cu piston sau	ϑ_e	0,00083	−0,07753	2,64	12°C $\leq \vartheta_e \leq$ 35°C
	generator cu compresie și (compresor cu șurubsau compresor centrifugal)	ϑ_e	0,00071	−0,08224	2,91	12°C $\leq \vartheta_e \leq$ 35°C
grup de apă răcită cu răcire cu apă și cu reglarea temperaturii	generator cu compresie și evacuare de căldură umedă (33°C/27°C)	$\vartheta_{C;wat:hr;in}$	0	−0,0307	2,0164	12°C $\leq \vartheta_{C;wat:hr;in} \leq$ 40°C
	generator cu compresie și (compresor cu piston sau compresor centrifugal) și evacuare de căldură – uscată (45/40°C, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat:hr;in}$	0	−0,0249	2,1181	15°C $\leq \vartheta_{C;wat:hr;in} \leq$ 50°C
	generator cu compresie și compresor cu șurub și evacuare de căldură – uscată (45/40°C, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat:hr;in}$	0	−0,0486	3,1851	15°C $\leq \vartheta_{C;wat:hr;in} \leq$ 50°C

<u>Calculul pentru un grup de apă răcită, răcit cu aer sau apă</u>

În relația (101), temperatura este:

dacă evacuarea de căldură prin aer se face cu aer exterior

$$\vartheta = \vartheta_e \,. \tag{3. 160}$$

sau (de exemplu, evacuarea de căldură prin aer se face cu aer interior)

$$\vartheta = \vartheta_i \,. \tag{3. 161}$$

unde,

ϑ_e °C Temperatura exterioară (ambiantă)

ϑ_i °C Temperatura interioară.

- Energia termică recuperabilă este:

$$Q_{C;gen;out;rbl} = 0 \tag{3. 162}$$

- Nivelul temperaturii căldurii recuperabile este:

$$\vartheta_{C;gen;out;max} = \text{nedefinit.} \tag{3. 163}$$

- Energia termică degajată prin sistemul de evacuare a căldurii este:

dacă generatorul este cu compresie

$$Q_{hr;out} = Q_{C;gen;in}\left(1 + \frac{1}{EER_n\, f_{C;PL;k}\, f_{EER;corr}}\right) \tag{3. 164}$$

Dacă nu:

$$Q_{\mathrm{hr;out}} = Q_{\mathrm{C;gen;in}} \left(1 + \frac{1}{\zeta_{\mathrm{n}}\, f_{\mathrm{C;PL;k}}} \right) \tag{3. 165}$$

<u>Calculul pentru grup de apă răcită cu răcire cu apă</u>

În relația (101), temperatura este:

$\vartheta = \vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in}}$

Temperaturile apei de răcire $\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in}}$ și $\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;out}}$ trebuie calculate în mod repetat, cu relația:

$$\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in}} = \begin{cases} \vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;out}} + \dfrac{Q_{\mathrm{hr;out}}}{t_{\mathrm{C;gen;op}}\, \Phi_{\mathrm{hr;n}}} \left(\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in;ref}} - \vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;out;ref}} \right) & \mathrm{NO_CTRL} \\ \vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in;ref}} & \mathrm{CNST_TEMP} \\ \max\left(\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in;limit}}, \vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;out}} + \dfrac{Q_{\mathrm{hr;out}}}{t_{\mathrm{C;gen;op}}\, \Phi_{\mathrm{hr;n}}} \left(\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in;ref}} - \vartheta_{\mathrm{C;wat;hr:out;ref}} \right) \right) & \mathrm{VAR_TEMP} \end{cases} \tag{3. 166}$$

și una dintre formulele (108), (109), în funcție de sistemul de evacuare a căldurii.

Acronimele au semnificaţia modului de reglare a evacuării căldurii: NO_CTRL - fără reglare, CNST_TEMP - cu temperatură constantă a apei de răcire și VAR_TEMP - cu temperatură variabilă a apei de răcire.

Termenii din formule au semnificaţia următoare:

$\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;out}}$	Temperatura apei de răcire ce revine din sistemul de evacuare a căldurii, în intervalul de calcul considerat.	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in}}$	Temperatura apei de răcire ce ajunge în sistemul de evacuare a căldurii, în intervalul de calcul considerat	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in;ref}}$	Temperatura de referință a apei de răcire ce ajunge în sistemul de evacuare a căldurii	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;out;ref}}$	Temperatura de referință a apei de răcire ce revine din sistemul de evacuare a căldurii	°C
$\vartheta_{\mathrm{C;wat;hr;in;limit}}$	Limita inferioară a temperaturii de intrare a apei în sistemul de evacuare a căldurii	°C
$\Phi_{\mathrm{hr;n}}$	Puterea nominală a sistemului de evacuare a căldurii	kW
$Q_{\mathrm{hr;out}}$	Energia transferată a sistemului de evacuare a căldurii, în intervalul de calcul considerat definit prin (55).	kWh

- Temperatura de ieșire a apei din sistemul de evacuare a căldurii se calculează după cum urmează:

dacă evacuare de căldură - umedă sau hibridă cu reglare umed:

$$\vartheta_{\mathrm{C;\,wat;\,hr;\,in}} = \vartheta_{\mathrm{C;\,wat;\,hr;\,out}} - \eta_{\mathrm{e}} \left(\vartheta_{\mathrm{C;\,wat;\,hr;\,in}} - \vartheta_{\mathrm{e;\,wb}} \right) \tag{3. 167}$$

sau dacă evacuare de căldură – uscată sau hibridă cu reglare uscat:

$$\vartheta_{\mathrm{C;\,wat;\,hr;\,in}} = \vartheta_{\mathrm{C;\,wat;\,hr;\,out}} - \eta_{\mathrm{e}} \left(\vartheta_{\mathrm{C;\,wat;\,hr;\,in}} - \vartheta_{\mathrm{e}} \right) \tag{3. 168}$$

sau pentru evacuare de căldură – hibridă:

dacă $Q_{\text{hr; out}} > \Phi_{\text{hr; n; dry}} \cdot t_{\text{C; gen; op}}$:

și evacuarea este hibridă și cu reglare umed (se poate utiliza relația (49))

sau:

și evacuarea este hibridă și cu reglare uscat (se poate utiliza relația (50))

unde:

$\vartheta_{e;wb}$	Temperatura umedă medie a aerului exterior, pentru intervalul de calcul considerat	°C
ϑ_e	Temperatura medie a aerului exterior pentru intervalul de calcul considerat	°C
η_e	Raportul temperaturii de vaporizare	-
$\Phi_{hr;n;dry}$	Puterea nominală a sistemului de evacuare a căldurii, la funcționarea în regim uscat	kW

- Energia termică recuperabilă se calculează astfel:

Dacă generaratorul este cu compresie:

$$Q_{\text{C;gen;out;rbl}} = Q_{\text{C;gen;in}} \left(1 + \frac{1}{EER_{\text{n}}\, f_{\text{C;PL;k}}\, f_{EER\text{;corr}}} \right) \tag{3. 169}$$

sau

$$Q_{\text{C;gen;out;rbl}} = Q_{\text{C;gen;in}} \left(1 + \frac{1}{\zeta_{\text{n}}\, f_{\text{C;PL;k}}} \right) \tag{3. 170}$$

- Temperatura căldurii evacuate se obține cu aproximație cu relația:

$$\vartheta_{\text{C; gen; out; max}} = \vartheta_{\text{C; wat; hr; in}} \tag{3. 171}$$

- Energia termică degajată/eliminată prin sistemul de evacuare a căldurii este:

$$Q_{\text{hr; out}} = \max\left(Q_{\text{C; gen; out; rbl}} - Q_{\text{C; gen; out; req}}\ ; 0\right) \tag{3. 172}$$

unde:

$Q_{C;gen;out;req}$ energia termică necesară recuperării, în kWh

- Funcţionarea în regim de răcire gratuită:

Pentru factorii de răcire gratuită, valorile prin lipsă sunt $f_{hr;fc}$=1 și $f_{hr;fc;el}$=1

- Funcționarea de generatoare de frig multiple:

În situația funcționării de generatoare de frig multiple, factorul $f_{C,mult}$ este precizat în tabelul următor.

Tabel 3.21 Factorul* $f_{C;mult}$ *pentru generatoare de frig multiple, pentru diferite clase de reglare în sarcină parțială

Opţiune de reglare	Număr de generatoare	Clase de reglare în sarcină parţială			
		A	B	C	D
unic	1	1,0			
secvențial	2	1,31	1,14	1,03	0,93
	≥ 3	1,38	1,16	1,03	0,91
paralel	≥ 2, dacă $\frac{\Phi_{\text{C, gen, n, min}}}{\Phi_{\text{C, gen, n, max}}} \geq 0{,}25$	1,10	1,07	1,01	0,96

	≥ 2, dacă $\frac{\Phi_{C,gen,n,min}}{\Phi_{C,gen,n,max}} \leq 0,25$	1,28	1,12	1,02	0,94
a Dacă distribuţia sarcinii este inegală, se reglează funcţie de generatorul cel mai mic b Dacă distribuţia sarcinii este inegală, se reglează funcţie de generatorul cel mai mic. c Dacă generatoarele sunt egale, $f_{c;mult}$ = 1,0. d Valori prin lipsă dacă puterile nominale nu sunt cunoscute.					

<u>*Calculul energiei consumate*</u>

- Puterea furnizată pentru generarea frigului

Intrarea de energie de generare a frigului este:

Pentru generatoare cu compresie:

$$E_{C;gen;el;in} = \frac{Q_{C;gen;in}}{PLV \cdot EER_n \cdot f_{EER;corr}} . \quad (3.\ 173)$$

Sau, pentru generatoare prin absorbţie,

$$Q_{H;C;gen;abs;in} = \frac{Q_{C;gen;in}}{PLV \cdot \zeta_n} \quad (3.\ 174)$$

unde:

$Q_{C;gen;in}$	Energia termică extrasă de unitatea de răcire;	kWh
$E_{C;gen;el;in}$	Energia electrică necesară pentru răcire (antrenarea compresorului);	kWh
EER_n	Randamentul energetic nominal pentru producerea de frig;	-
$Q_{H;C;gen;abs;in;req}$	Energia calorifică necesară pentru generarea de frig prin absorbţie;	kWh
ζ_n	Raportul de căldură nominal	-

- Energia echipamentelor auxiliarelor

Energia echipamentelor auxiliare pentru evacuarea căldurii se calculează după cum urmează:

Grup de apă răcită cu răcire cu aer:

$$W_{hr;el;in} = 0 \quad (3.\ 175)$$

sau

$$W_{hr;el;in} = Q_{hr;out} \cdot p_{hr;el} \cdot f_{hr;PL;el} \cdot f_{hr;fc;el} \quad (3.\ 176)$$

unde:

$p_{hr;el}$	Cererea de energie electrică specifică în sistemul de evacuare a căldurii
$f_{hr;PL;el}$	Factor de sarcină parţială pentru evacuarea căldurii
$f_{hr;fc;el}$	Factor de răcire gratuită, electric.

Valorile prin lipsă pentru factorii $p_{hr;el}$, $f_{hr;PL;el}$ şi $f_{hr;fc;el}$ sunt indicate în tabelele 3.22 şi 3.23.

Tabel 3.22. Valori ale consumului de energie electrică pentru evacuarea căldurii

Sistemul de evacuare a căldurii	Consumul de putere electrică specifică $p_{hr;el}$ în kW/kW		
	Pentru sistem umed (include pompele pentru pulverizarea apei)		Pentru sistem uscat
	Circuit deschis	Circuit închis	

Fără atenuator de zgomot suplimentar (ventilatoare axiale)	0,033	0,018	0,045
Cu atenuator de zgomot suplimentar (ventilatoare radiale)	0,040	0,021	—

Tabel 3.23. Factor de sarcină parțială aferent evacuării căldurii, pentru electricitate, $f_{hr;PL;el}$

Reglarea evacuării căldurii	Tip de evacuare de căldură sau reglare pentru evacuare hibridă	
	Uscat sau hibrid uscat	Umed sau hibrid umed
Fără reglare	1	1
Cu temperatura apei de răcire, constantă	0,1	0,1
Cu temperatura apei de răcire, variabilă	0,45	0,8

Cererea de energie electrică pentru comandă, regulatoare, senzori etc., se determină cu relația:

$$W_{\text{ctrl;el;in}} = t_{\text{C;gen;op}} \sum_j P_{\text{ctrl;el;}j} \quad , \qquad (3.\ 177)$$

unde:

$P_{\text{ctrl;el},j}$ Cererea de putere electrică a sistemului de comandă j, în kW

- Necesarul de energie pentru distribuția apei aferentă evacuarii caldurii se calculează astfel:

Dacă grupul de apă răcită este cu răcire cu aer

$$W_{\text{dis;hr;el;in}} = 0 \qquad (3.\ 178)$$

sau

$$W_{\text{dis;hr;el;in}} = Q_{\text{hr;out}} \cdot p_{\text{dis;el}} \qquad (3.\ 179)$$

unde:

$p_{\text{dis;el}}$ Cererea de energie electrică specifică sistemului de distribuție, în kW

Cererea de energie auxiliară este:

$$W_{\text{aux;el;in}} = W_{\text{hr;el;in}} + W_{\text{dist;hr;el;in}} + W_{\text{ctrl;el;in}} \ . \qquad (3.\ 180)$$

- Randamentul energetic al generării de frig

dacă generatorul este cu compresie, randamentul este:

$$EER = \frac{Q_{\text{C;gen;in}}}{E_{\text{C;gen;el;in}} + W_{\text{aux;el;in}}} \qquad (3.\ 181)$$

sau

$$\zeta = \frac{Q_{\text{C;gen;in}}}{Q_{\text{H;C;gen;abs;in}}} \qquad (3.\ 182)$$

3.2.6.4. Exemplu de calcul

Exemplul se referă la consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de climatizare de tip aer-apă sau aer-refrigerent.

Se consideră un sistem de răcire cu detentă directă cu unități de climatizare compacte, având caracteristicile următoare:
Emisia căldurii/frigului se realizează în mai multe zone termice j = 1...4,
Reglarea temperaturii de ieșire din generatorul de frig (DX_CLG_DIS_TYPE: ZONE_BASED).
Reglarea temperaturii de ieșire pentru generarea de frig: temperatură variabilă în unitatea de generare a frigului (CLG_GEN_TMP_CTRL: VARIABLE în cazul nostru, sau CONST)
Reglarea temperaturii de ieșire a apei răcite din sistemul de distribuție: punct de reglare variabil cu compensare a temperaturii exterioare (CLG_DISTR_TMP_CTRL: ODA_COMP în cazul nostru, sau CONST).
Metoda de calcul: simplificată.

Datele de intrare utilizate sunt reunite în tabelul 3.24:

Tabelul 3.24 Date de intrare pentru exemplul de sistem aer-apă (sau aer-refrigerent)

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Origine
Date privind condițiile de funcționare				
Interval de timp de calcul	tc,i	h	744	M1-9
Temperatură a aerului ambiant	ϑe	°C	19	M1-13
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=1	QC;nd;zt;j	kWh	72.81108	M2-2
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=2	QC;nd;zt;j	kWh	25.59999	M2-2
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=3	QC;nd;zt;j;i	kWh	66.13037	M2-2
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=4	QC;nd;zt;j;i	kWh	22.00564	M2-2
Energie la ieșirea din bateria de răcire a CTA (CTA) necesară pentru sistemul de ventilare k=1	QC;ahu,k;out;req;i	kWh	0	M5-8
Energie la ieșirea din bateria de răcire a CTA (CTA) necesară pentru sistemul de ventilare k=2	QC;ahu,k;out;req;i	kWh	0	M5-8
Temperatura necesară a aerului de răcire de introducere	ϑSUP;C;req	°C	16	M5-8
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=1	QC;em,ls;zt,j	kWh	3.64055	M4-5
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=2	QC;em,ls;zt,j	kWh	1.28000	M4-5
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=3	QC;em,ls;zt,j	kWh	3.30652	M4-5
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=4	QC;em,ls;zt,j	kWh	1.10028	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=1	WC;aux;em;j	kWh	0.72811	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=2	WC;aux;em;j	kWh	0.25600	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=3	WC;aux;em;j	kWh	0.66130	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=4	WC;aux;em;j	kWh	0.22006	M4-5
Parte de energie auxiliară pentru distribuția frigului corespunzătoare apei răcite	fwat;C;dis;aux	-	0.5	M4-6
Temperatura interioară echivalentă	ϑint;inc	°C	26	M4-5

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Origine
Energie de răcire extrasă de sistemul de generare a frigului	QC;gen;in	kWh	195.87443	M4-8
Temperatură a apei răcite la ieșire din generatorul de frig	ϑC;gen;out	°C	26	M4-8
Energie electrică de intrare în sistemul de generare a frigului	EC,gen,el;in	kWh	48.96861	M4-8
Intrare de căldură pentru generarea frigului prin absorbție	QH;C;gen;abs;in	kWh	0	M4-8
Energia auxiliară în sistemul de generare a frigului	WC;aux;gen	kWh	0	M4-8
Date privind proiectarea sistemului				
Proiectarea procesului				
Reglarea temperaturii de ieșire din generarea de frig	DX_CLG_DIS_TYPE		ZONE_BASED	
Temperatura de ieșire setată pentru generarea de frig	ϑC;gen;out;set	°C	6	local
Temperatura de intrare maximă setată pentru ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	ϑC;dis;flw;set;max	°C	16	local
Temperatura de intrare minimă setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	ϑC;dis;flw;set;min	°C	8	local
Factor de pantă pentru ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	fe	-	-0.8	local
Temperatura de echilibru pentru ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	Δϑoff	K	28.0	local
Factor pentru pierderile termice în sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	fC;ls;dis	-	0.1	local
Factor pentru energia echipamentelor auxiliare din sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	fC;aux;dis	-	0.01	local
Factor de pondere pentru energia termică	fW;th	-	1	local
Factor de pondere pentru energia electrică	fW;el	-	1	local
Date privind tipul de reglare				
Reglarea temperaturii de ieșire pentru generarea de frig	CLG_GEN_TMP_CTRL		VARIABLE	

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Origine
Reglarea temperaturii de ieșire a apei răcite din ansamblul sistemului de distribuție	CLG_DISTR_TMP_CTRL		ODA_COMP	
Constante	–			
Densitatea apei	ρwat	kg/m3	1000	
Căldura specifică a apei	cwat	kWh/kg K	1.16E-03	

Etapele de calcul descrise în continuare se pot aplica tuturor tipurilor de sisteme de răcire prezentate în Tabelul 3.5. (sisteme de climatizare aer-apă și sisteme aer –refrigerent). În exemplul prezentat se tratează un sistem cu detentă directă.

Tabelul 3.25 Desfășurarea calculului la exemplul de sistem aer-apă (sau aer-refrigerent)

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-9/(*am)	Formula
Calculul condițiilor de funcționare					
Sisteme cu detentă directă					
Temperatura de ieșire necesară generării pentru emisia căldurii în funcție de zona termică	ϑC,gen;out;req	°C	26.0	(1a)/ (3.136)	ϑC,gen;out;req = ϑC;int;inc
Temperatura de ieșire necesară generării pentru distribuție realizată prin sistemul de aer	ϑC,gen;out;req	°C	-	(1b)/ (3.137)	ϑC,gen;out;req = ϑSUP;C;req
Sisteme aer-apă					
Temperatura de ieșire necesară generării dacă CLG_GEN_TMP_CTRL = CONST	ϑC,gen;out;req	°C	-	(1c)/ (3.138)	ϑC,gen;out;req = ϑC;gen;out;set
Temperatura de ieșire necesară generării, condiția dacă nu	ϑC,gen;out;req	°C	-	(1d)/ (3.139)	ϑC,gen;out;req = ϑC;dis;in;flw;req
Temperatura de intrare necesară pentru ansamblul sistemului de distribuție, dacă CLG_DISTR_TMP_CTRL = CONST	ϑC;dis;in;flw;req	°C	-	(2a)/ (3.140)	ϑC;dis;in;flw;req = ϑC;dis;flw;set
Temperatura de intrare necesară pentru ansamblul sistemului de distribuție, dacă CLG_DISTR_TMP_CTRL = ODA_COMP	ϑC;dis;in;flw;req	°C	12.8	(2b)/ (3.141)	ϑC;dis;in;flw;req = min[ϑC;dis;flw;set;max;; max(ϑC;dis;flw;set;min ; fe·ϑe + Δϑoff)]
Calcul energetic					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-9/(*am)	Formula
Energia reală extrasă din zona termică j=1 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	72.81	(3)/ (3.142)	$Q_{C;zt,j} = \min\left[Q_{C;nd;zt,j};\ \frac{Q_{C;nd;zt,j}}{Q_{C;gen;in;req}} \cdot Q_{C;gen;in}\right]$
Energia reală extrasă din zona termică j=2 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	25.60	(3)/ (3.142)	
Energia reală extrasă din zona termică j=3 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	66.13	(3)/ (3.142)	
Energia reală extrasă din zona termică j=4 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	22.01	(3)/ (3.142)	
Energia reală extrasă din CTA k=1	QC;ahu;k;out	kWh	-	(4)/ (3.143)	$Q_{C;ahu,k;out} = \min\left[Q_{C;ahu,k;out;req};\ \frac{Q_{C;ahu,k;out;req}}{Q_{C;dis;in;req}} \cdot Q_{C;gen;in}\right]$
Energia reală extrasă din CTA k=2	QC;ahu;k;out	kWh	-	(4)/ (3.143)	
Sisteme cu detentă directă					
Energia necesară care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului, pentru sistem cu detentă directă	QC;gen;in;req	kWh	195.87	(5a)/ (3.144)	$Q_{C;gen;in;req} = \sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j}$
Energia necesară care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului, pentru sistem cu detentă directă	QC;gen;in;req	kWh	-	(5b)/ (3.144)	$Q_{C;gen;in;req} = \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req}$
Sisteme aer-apă					
Energia necesară care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului	QC;gen;in;req	kWh	-	(6)/ (3.145)	$Q_{C;gen;in;req} = \sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j} + \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req} + Q_{C;dis;ls} + f_{wat;C;aux;dis} \cdot W_{C;aux;dis}$
Pierderile termice datorate distribuției frigului	QC;ls;dis	kWh	-	(7)/ (3.146)	

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-9/(*am)	Formula
					$Q_{C;ls;dis} = f_{C;ls;dis} \cdot \left(\sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j} + \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req} \right)$
energia echipamentelor auxiliare pentru răcire	WC;aux;dis	kWh	-	(8)/ (3.147)	$W_{C;aux;dis} = f_{C;aux;dis} \cdot \left(\sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j} + \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req} \right)$
Calculul performanței energetice					
Eficiența anuală a întregului sistem de răcire	ηC;tot;an	-	3.56	(25)	$\eta_{C;tot;an} = \frac{\sum_{t_{ci}} \sum_i \left(\sum_j Q_{C;zt,j;i} + \sum_k Q_{C;ahu;out;k;i} \right)}{\sum_{t_{ci}} \left(f_{w;el} \cdot E_{C;gen;el;in} + f_{w;th} \cdot Q_{H;C;gen;abs;in} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;gen} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;sto} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;dis} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;em} \right)}$
Energia totală a echipamentelor auxiliare pentru emisia de frig	WC;aux;em	kWh	1.87	(26)	$W_{C;aux;em} = \sum_i \sum_j W_{C;aux;em;j;i}$
Eficiența anuală a sistemului de generare a frigului	ηC;gen;an	-	3.88	(28)	$\eta_{C;gen;an} = \frac{\sum_{t_{ci}} Q_{C;gen;in}}{\sum_{t_{ci}} \left(f_{w;el} \cdot E_{C;gen;el;in} + f_{w;th} \cdot Q_{H;C;gen;abs;in} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;gen} \right)}$

Datele de ieșire ale calculului simplificat adoptat sunt prezentate în tabelul 3.26 de mai jos.

Notă pentru semnificația (*am) - numerotarea relațiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

Tabelul 3.26 Date de ieşire la exemplul de sistem aer-apă (sau aer-refrigerent)

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (modul)
Energie electrică de intrare la generarea frigului	EC;gen;el;in	kWh	48.969	M1-9
Energie a echipamentelor auxiliare pentru emisia de frig	WC;aux;em	kWh	1.865	M1-9
Energie a echipamentelor auxiliare pentru distribuția de frig	WC;aux;dis	kWh	0.000	M1-9
Energie a echipamentelor auxiliare pentru generarea de frig	WC;aux;gen	kWh	0.000	M1-9
Energie de răcire extrasă din zona termică j=1	QC;out;zt,j	kWh	72.811	M2-2, M4-5
Energie de răcire extrasă din zona termică j=2	QC;out;zt,j	kWh	25.600	M2-2, M4-5
Energie de răcire extrasă din zona termică j=3	QC;out;zt,j	kWh	66.130	M2-2, M4-5
Energie de răcire extrasă din zona termică j=4	QC;out;zt,j	kWh	22.006	M2-2, M4-5
Temperatură de ieșire necesară pentru generare	ϑC;gen:out;req	°C	26.0	M4-8
Energie de răcire necesară în sistemul de generare a frigului	QC;gen;in;req	kWh	195.874	M4-8
Energia furnizată de bateria de răcire din centrala de tratare a aerului (CTA) pentru sistemul de ventilare k=1	QC;ahu;out;k	kWh	-	M5-8
Energia furnizată de bateria de răcire din centrala de tratare a aerului (CTA) pentru sistemul de ventilare k=2	QC;ahu;out;k	kWh	-	M5-8
Expresia performanței energetice				
Randamentul anual al întregului sistem de răcire	ηC;tot;an	-	3.56	
Randamentul anual al sistemului de generare a frigului	ηC;gen;an	-	3.88	

Exemplul 2 se referă la un sistem de climatizare pentru o zonă de răcire cu aer, cu capacitate fixă (sistem split sau sistem cu debit de refrigerent variabil - VRV/VRF).

Exemplul de calcul tratează următorul caz:

- tipul sistemului de răcire: climatizoare de încăpere cu răcire cu aer (REFR_TYPE: AIR_CLG_RAC)
- sistem de generare a frigului cu compresie (GEN_TYPE : COMP),
- compresor considerat: cu piston (COMP_TYPE: PSTN),
- tipul de reglare a compresorului: reglare de putere fixă (numai pornit/oprit) (COMP_CTRL_TYPE: FIXED)
- zonarea sistemului de climatizare: o singură zonă (AIR_CLG_RAC_ZONE_TYPE: SINGLE),
- sistem de evacuare a căldurii răcit cu aer: evacuare de căldură în aerul exterior, adică la temperatura aerului exterior (AIR_CLG_HEAT_REJ: EXTERNAL)
- sistem de evacuare a căldurii: în regim uscat (HEAT_REJ_TYPE: DRY),
- reglarea temperaturii de generare a frigului: compresor comandat și supapă de expansiune termostatică sau electrică (CLG_GEN_TMP_CTRL: TRUE)
- număr de generatoare de frig: unul singur (CLG_GEN_ARR: SINGLE),
- reglarea eliminării căldurii: temperatura apei de răcire variabilă (HEAT_REJ_CTRL: VAR_TEMP).
- reglarea eliminării hibride de căldură (HBRD_HEAT_REJ_CTRL: nu se aplică).

Cele mai importante date de intrare sunt prezentate în tabelul 3.27 următor:

Tabelul 3.27 Date de intrare exemplul 2

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare
Date privind condițiile de funcționare			
Energia termică necesară pentru extracție de către unitatea frigorifică	$Q_{C,gen,in,req}$	kWh	10,0
Energie termică necesară pentru recuperare	$Q_{C,gen,out,req}$	kWh	0
Intervalul de timp de funcționare a generării frigului	$t_{C,gen,op}$	h	1
Temperatura aerului înconjurător/exterior	ϑ_e	°C	32
Temperatura aerului înconjurător după termometrul umed	$\vartheta_{e;wb}$	°C	21
Temperatura de ieșire necesară la generarea răcirii	$\vartheta_{C;gen;req;out}$	°C	6
Temperatura interioară a aerului	ϑ_i	°C	20
Puterea electrică pentru reglare, acționări, senzori etc.	$P_{ctrl;el;j}$	kW	0,1
Factor de încărcare parțială la o anumită fază de sarcină parțială	$f_{C,PL,k}$	-	1,27
Factor de răcire liberă	$f_{hr,fc}$	-	1
Factor electric de răcire liberă	$f_{hr,fc,el}$	-	1
Factor de generator multiplu	$f_{C,mult}$	-	1
Factor electric de sarcină parțială de eliminare a căldurii	$f_{hr,PL,el}$	-	1

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare
Valoarea sarcinii parțiale a tipului de sistem de absorbție	PLVabs	-	1
Date despre produs			
Date de descriere a produsului			
Tipul sistemului de refrigerare	REFR_TYPE		AIR_CLG_RAC
Tipul sistemului de generare a răcirii	GEN_TYPE		COMP
Tipul compresorului	COMP_TYPE		PSTN
Tipul de reglare a compresorului	COMP_CTRL_TYPE		FIXED
Zonarea sistemului de climatizare	AIR_CLG_RAC_ZONE_TYPE		SINGLE
Eliminarea căldurii prin răcire cu aer	AIR_CLG_HEAT_REJ		EXTERNAL
Tipul sistemului de eliminare a căldurii	HEAT_REJ_TYPE:		DRY
Date tehnice ale produsului			
Puterea termică nominală a unității frigorifice	ΦC;gen;n	kW	20
Putere termică nominală a sistemului de eliminare a căldurii	Φhr;n	kW	25
Puterea termică nominală a sistemului de eliminare a căldurii în modul de funcționare uscată	Φhr;n;dry	kW	25
Eficiența energetică nominală	EERn	-	3,5
Proporția de căldură nominală (sisteme cu absorbție)	ζn	-	-
Temperatura ambiantă pentru raportul de eficiență energetică nominal al sistemului răcit cu aer	ϑe;n	°C	35
Temperatura interioară pentru eficiența energetică nominală a sistemului răcit cu aer	ϑi;n	°C	20
Temperatura de ieșire de generare a răcirii necesară în condiții nominale	ϑC;gen;req;out;n	°C	7
Temperatura ambiantă de referință pentru sistemul răcit cu aer	ϑe;ref	°C	32
Apă de răcire de intrare de referință pentru eliminarea căldurii	ϑC;wat;hr;in;ref	°C	45
Apă de răcire de ieșire de referință pentru eliminarea căldurii	ϑC;wat;hr;out;ref	°C	40
Apă de răcire de intrare nominală pentru eliminarea căldurii	ϑC;wat;hr;in;n	°C	45
Apă de răcire de intrare de referință pentru eliminarea căldurii	ϑC;wat;hr;in;limit	°C	20
Diferența de temperatură a vaporizatorului	Δϑevap	°C	20
Diferența de temperatură a condensatorului	Δϑcond	°C	10
Energie electrică specifică pentru eliminarea căldurii	phr;el	kW/kW	0,018
Energie electrică specifică pentru distribuție	pdist;el	kW/kW	0,025
Coeficient	a0	-	1
Coeficient	a1	1/°C	0
Coeficient	a2	1/°C^2	0
Coeficient pentru eliminarea căldurii	b0	-	0,417
Coeficient pentru eliminarea căldurii	b1	1/°C	0

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare
Date de proiectare a sistemului			
Proiectarea procesului			
Reglarea temperaturii de generare a răcirii	CLG_GEN_TMP_CTRL		TRUE
Dispozitiv multiplu generator de răcire	CLGL_GEN_ARR		SINGLE
Reglarea eliminării căldurii	HEAT_REJ_CTRL		VAR_TEMP
Date privind tipul de reglare			
Reglarea eliminării hibride de căldură	HBRD_HEAT_REJ_CTRL		-
Constante			
Temperatura absolută	T0,abs	K	273,15

Etapele de calcul pentru acest exemplu sunt sintetizate în tabelul 3.28 de mai jos.

Tabelul 3.28 Desfăşurarea calculului la exemplul 2

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Calculul condițiilor de funcționare					
Valoarea de sarcină parțială	PLV		1,270	29/ (3.148)	$PLV = f_{\mathrm{C,PL,k}} f_{\mathrm{hr,PL}} f_{\mathrm{hr,fc}} f_{\mathrm{C,mult}}$
Funcționare de sarcină parțială de generare a răcirii					
Factorul de sarcină parțială al cerinței de energie de răcire necesară	fC;PL		0,500	30/ (3.149)	$f_{\mathrm{C,PL}} = \frac{Q_{\mathrm{C,gen,in,req}}}{t_{\mathrm{ci}} \Phi_{\mathrm{C,gen,n}}}$
Fază de sarcină parțială	k		0,500	31/ (3.150)	$0.05 \le f_{C,PL} < 0.15 \rightarrow k = 0.1;$ $0.15 \le f_{C,PL} < 0.25 \rightarrow k = 0.2;$ $0.95 \le f_{C,PL} \rightarrow k = 1.0;$
Factor de sarcină parțială	fC;PL;k		1,270	32/ (3.151)	$f_{C,PL} < 0.05 \rightarrow f_{C,PL} = 1$
Energia termică extrasă de unitatea frigorifică	QC;gen;in	kWh	10,000	33, 34/ (3.152-153)	$Q_{\mathrm{C,gen,in}} = Q_{\mathrm{C,gen,in,req}}$ $Q_{\mathrm{C,gen,in}} = t_{\mathrm{C,gen,op}} \Phi_{\mathrm{C,gen,n}}$
Factor de sarcină parțială al cerinței de energie de răcire acoperită	fC;PL;cvd		1,000	35/ (3.154)	$f_{C,PL,cvd} = \min\left(1.0; \frac{Q_{\mathrm{C,gen,in}}}{Q_{\mathrm{C,gen,in,req}}}\right)$
Corecția de temperatură a eficienței energetice al generatorului de răcire					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Factorul de corecție a temperaturii corespunzătoare eficiențe energetice a generatorului de răcire	fEER;corr		1,032	36/ (3.155)	$f_{EER,\mathrm{corr}} = \dfrac{\dfrac{T_{0,\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C,gen,req,out}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}}{\left(T_{0,\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,ref}} + \Delta\vartheta_{\mathrm{cond}}\right) - \left(T_{0,\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C,gen,req,out}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}\right)}}{\dfrac{T_{0,\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C,gen,req,out,n}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}}{\left(T_{0,\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,\,req,in,n}} + \Delta\vartheta_{\mathrm{cond}}\right) - \left(T_{0,\mathrm{abs}} + \vartheta_{\mathrm{C,gen,req,out,n}} - \Delta\vartheta_{\mathrm{evap}}\right)}}$
Relația logică pentru răcirea cu aer			TRUE		
Relația logică pentru răcirea cu apă			FALSE		
Temperatura de intrare necesară pentru eliminarea căldurii	ϑC;gen;hr; req;in;ref	°C	32,000	37–39/ (3.156-158)	$\vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,ref}} = \vartheta_{\mathrm{e,ref}}$ $\vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,ref}} = \vartheta_{\mathrm{e,ref}}$ $\vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,ref}} = \vartheta_{\mathrm{C,\,wat,hr,in,ref}}$
Temperatura de intrare necesară pentru eliminarea căldurii la condiții nominale	ϑC;gen;hr; req;in;n	°C	35,000	37–39/ (3.156-158)	$\vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,n}} = \vartheta_{\mathrm{e,n}}$ $\vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,n}} = \vartheta_{\mathrm{i,n}}$ $\vartheta_{\mathrm{C,gen,hr,req,in,n}} = \vartheta_{\mathrm{C,\,wat,hr,in,n}}$
Funcționare în sarcină parțială de eliminare a căldurii					
Factorul de sarcină parțială al sistemului de eliminare a căldurii	fhr,PL		1,000	40/ (3.159)	$f_{hr,PL} = a_2\vartheta^2 + a_1\vartheta + a_0$
Temperatura care trebuie introdusă în formula de calcul (34)	ϑ	°C	32,000	41, 47/ (3.160)	$\vartheta = \vartheta_e$ $\vartheta = \vartheta_{\mathrm{C,wat,hr,out}}$
Sisteme răcite cu aer					
Energie termică recuperabilă	QC;gen;out;rbl	kWh	0,000	43/ (3.162)	$Q_{\mathrm{C,gen,out,rbl}} = 0$
Nivelul de temperatură al căldurii recuperabile	ϑC;gen;out;rbl	°C	nu este definită	44/ (3.163)	$\vartheta_{\mathrm{C,gen,out,rbl}}$ = not defined

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Energia termică ce trebuie transferată prin sistemul de eliminare a căldurii	Qhr;out	kWh	12,181	45, 46/ (3.164-165)	$Q_{\mathrm{hr.out}} = Q_{\mathrm{C,gen,in}}\left(1+\frac{1}{\zeta_{\mathrm{n}} f_{\mathrm{C,PL,k}}}\right)$ $Q_{\mathrm{hr,out}} = Q_{\mathrm{C,gen,in}}\left(1+\frac{1}{EER_{\mathrm{n}} f_{\mathrm{C,PL,k}} f_{EER,\mathrm{corr}}}\right)$
Sisteme răcite cu apă – nu este cazul în acest exemplu					
Temperatura de admisie a apei de răcire (HEAT_REJ_CTRL = ”NO_CTRL ”	ϑW;hr;in	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire (HEAT_REJ_CTRL = ”CNST_TEMP”	ϑW;hr;in	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire (HEAT_REJ_CTRL = ”VAR_TEMP”)	ϑW;hr;in	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire	ϑW;hr;in	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire	ϑW;hr;out	°C	nu este disponibilă	49, 50/ (3.167-168)	$\vartheta_{\mathrm{W,hr,out}} = \vartheta_{\mathrm{W,hr,in}} - \eta_{\mathrm{e}}\left(\vartheta_{\mathrm{W,hr,in}} - \vartheta_{\mathrm{e,wb}}\right)$ $\vartheta_{\mathrm{W,hr,out}} = \vartheta_{\mathrm{W,hr,in}} - \eta_{\mathrm{e}}\left(\vartheta_{\mathrm{W,hr,in}} - \vartheta_{\mathrm{e}}\right)$
Relația logică pentru eliminarea căldurii uscate					HEAT_REJ_TYPE = WET sau (HEAT_REJ_TYPE = HBRD și HBRD_HEAT_REJ_CTRL = HBRD_WET)

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Relația logică pentru eliminarea căldurii umede					HEAT_REJ_TYPE = DRY sau (HEAT_REJ_TYPE = HBRD și HBRD_HEAT_REJ_CTRL = HBRD_DRY)
Modulul de reglare a eliminării hibride de căldură					
Diferența de temperatură la evacuarea apei de răcire					
Temperatura de admisie a apei de răcire	ϑW;hr;in	°C	20,000		
Energia termică recuperabilă	QC;gen;out;rbl	kWh		52, 53/ (3.169-170)	$Q_{\mathrm{C,gen,out,rbl}} = Q_{\mathrm{C,gen,in}}\left(1+\frac{1}{EER_{\mathrm{n}} f_{\mathrm{C,PL,k}} f_{EER,\mathrm{corr}}}\right)$ $Q_{\mathrm{C,gen,out,rbl}} = Q_{\mathrm{C,gen,in}}\left(1+\frac{1}{\zeta_{\mathrm{n}} f_{\mathrm{C,PL,k}}}\right)$
Nivelul de temperatură al căldurii recuperabile	ϑC;gen;out;rbl	°C	nu este disponibilă	54/ (3.171)	$\vartheta_{\mathrm{C,gen,out,max}} = \vartheta_{\mathrm{C,wat,hr,in}}$
Energia termică ce trebuie transferată prin sistemul de eliminare a căldurii	Qhr;out	kWh		55/ (3.172)	$Q_{\mathrm{hr,out}} = \max\left(Q_{\mathrm{C,gen,out,rbl}} - Q_{\mathrm{C,gen,out,req}};0\right)$
Proporția de temperatură a evaporării	ηe			Tabelul B.9	
Calculul energiei: pe interval de timp					
Intrare de energie de răcire electrică (pentru sistemele de tip compresie)	EC;gen;el;in	kWh	2,181	56/ (3.173)	$E_{\mathrm{C,gen,el,in}} = \frac{Q_{\mathrm{C,gen,in}}}{PLV\ EER_{\mathrm{n}} f_{EER,\mathrm{corr}}}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Intrare de energie de răcire termică (pentru sistemele de tip absorbție)	QH;C;gen;in	kWh	nu este disponibilă	57/ (3.174)	$W_{\mathrm{hr,el,in}} = Q_{\mathrm{hr,out}}\, p_{\mathrm{hr,el}}\, f_{\mathrm{hr,PL,el}}\, f_{\mathrm{hr,fc,e}}$ $W_{\mathrm{hr,el,in}} = 0$
Cerință de energie pentru eliminarea căldurii	Whr,el,in	kWh	0,000	58, 59/ (3.175-176)	
Cerință de energie pentru reglare, acționări, senzori etc.	Wctrl,el,in	kWh	0,100	60/ (3.177)	$W_{\mathrm{ctrl,el,in}} = t_{c,i} \sum_j P_{\mathrm{ctrl,el},j}$
Cerință de energie pentru distribuția apei de eliminare a căldurii	Wdist,hr,el,in	kWh	0,000	61, 62/ (3.178-179)	$W_{\mathrm{dist,hr,el,in}} = 0$ $W_{\mathrm{dist,hr,el,in}} = Q_{\mathrm{hr,out}}\, p_{\mathrm{dist,el}}$
Cerință de energie auxiliară	Waux,el,in	kWh	0,100	63/ (3.180)	$W_{\mathrm{aux,el,in}} = W_{\mathrm{hr,el,in}} + W_{\mathrm{dist,hr,el,in}} + W_{\mathrm{ctrl,el,in}}$
Eficiența energetică	EER	-	4,385	64/ (3.181)	$EER = \frac{Q_{\mathrm{C,gen,in}}}{E_{\mathrm{C,gen,el,in}} + W_{\mathrm{aux,el,in}}}$
Proporția de căldură	ς	-	nu este disponibilă	65/ (3.182)	$\zeta = \frac{Q_{\mathrm{C,gen,in}}}{Q_{\mathrm{H,C,gen,in}}}$

Datele de ieșire sunt rezumate în tabelul 3.29 următor:

Tabelul 3.29. Date de ieşire la exemplul 2

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație prevăzută
Date privind fluxul de energie				
Energia termică ce trebuie extrasă prin sistemul frigorific	QC,gen,in	kWh	10,00	M4–6
Consumul de energie electrică de generare a frigului	EC,gen,el;in	kWh	2,181	M1–9, M4–4
Energie termică recuperabilă	QC,gen,out,rbl	kWh	0,00	M4–1
Nivel de temperatură al căldurii de evacuat	ϑC,gen,out,max	°C	-	M3–1
Consumul de căldură pentru generarea răcirii	QH;C,gen;abs;in;req	kWh	-	M3–1
Consumul de energie electrică auxiliară	WC;aux,gen;in	kWh	0,10	M1–9, M4–4
Căldură de eliminat	Qhr;out	kWh	12,181	M4–1
Eficiența energetică	EER	—	4,385	M4–1
Date privind condițiile de funcționare				

Factor de sarcină parțială al cerinței de energie de răcire acoperită	fC,PL,cvd	—	1,00	M4–1
Reglarea eliminării hibride de căldură	HBRD_HEAT_REJ_CTRL		-	M4–1

Notă pentru semnificaţia (*am) - numerotarea relaţiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

3.2.7. Sinteză a calculului energetic al sistemelor de încălzire, răcire, ventilare şi răcire

Structura generală a sistemelor de încălzire, răcire, ventilare și răcire și calculele energetice ale acestor sisteme au fost prezentate în cap. 3.2. Se poate aprecia că sistemele de răcire şi cele de încălzire au în general o structură de calcul similară. Funcţiile de răcire şi de încălzire pot fi combinate în cadrul componentelor sistemului de distribuţie şi de emisie a căldurii (conducte, ventiloconvectoare) şi în cadrul dispozitivelor de generare (sisteme monosplit de răcire şi de încălzire, aparate de răcire reversibile). În majoritatea sistemelor, fluidele care realizează transferul şi distribuţia de căldură şi de frig sunt aerul şi apa. Fluxul termic este transferat de apă aerului, prin intermediul schimbătoarelor de căldură sau la nivelul echipamentelor de emisie a căldurii, utilizând de exemplu ejectoconvectoare/ventiloconvectoare, radiatoare etc.

În continuare se prezintă două scheme recapitulative, utile calculului energetic:
- pentru un sistem aer-apă cu ventiloconvectoare (figura 3.18) şi
- pentru un sistem de climatizare "numai aer" (figura 3.19)

Pentru calculele detaliate specifice fiecărui subsistem (emisie, distribuție, stocare, generare a căldurii și frigului) în schemele prezentate sunt menţionate paragrafele din textul metodologiei de faţă. Se face menţiunea că în figurile de mai jos nu s-au considerat situațiile în care sunt utilizate surse regenerabile de energie. De asemenea, nu este reprezentată și considerată energia exportată E_{exp} către un sistem exterior.

Limita sistemului pentru încălzire se poate situa în diferite locuri, în funcţie de tipul sistemului de încălzire; generarea şi stocarea căldurii se realizează întotdeauna în exteriorul limitei pentru sistemul de încălzire. Fiecare subsistem poate avea pierderi şi poate utiliza o putere auxiliară. Generatoarele de frig şi de căldură sunt consumatoare de energie electrică sau de combustibil. La rândul lor, sistemele de emisie a căldurii şi componentele sistemului de distribuţie pot avea pierderi de energie prin interacţiunea lor, datorită răcirii şi încălzirii simultane, precum şi amestecului de flux cald/rece. Pierderile de căldură prin interacţiune între toate componentele sistemului de emisie şi de distribuţie a căldurii şi frigului pot fi neglijate în calcule și de aceea nu au mai fost reprezentate în scheme.

Săgețile cu linie continuă semnifică sensul de derulare a calculelor în cadrul fiecărui subsistem analizat și direcția fluxului de energie. Săgețile cu linie întreruptă arată consumul de energie al echipamentelor auxiliare pentru încălzire și răcire. De asemenea au fost reprezentate pierderile de căldură aferente sistemelor de producere, stocare, distribuție și emisie a căldurii și frigului. Calculul energetic va începe de fiecare dată cu determinarea necesarului de energie pentru încălzirea și răcirea clădirilor prezentat în paragraful 3.2.

Pentru o perioadă dată, energia furnizată (primită din exterior) pentru încălzire $Q_{H,gen,in}$ şi pentru răcire $Q_{C,gen,in}$ se obţine într-o formă generală, utilizând formulele:

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,nd} + Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,sto,ls} + Q_{H,gen,ls} \text{ [kWh]} \quad (3.183)$$

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,nd} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,sto,ls} + Q_{C,gen,ls} \text{ [kWh]} \quad (3.184)$$

unde:

$Q_{H,nd}$ necesarul de energie pentru încălzire, în kWh;
$Q_{C,nd}$ necesarul de energie pentru răcire, în kWh;
$Q_{H,em,ls}$ pierderile termice în sistemul de transmisie (emisie) a căldurii, în kWh;
$Q_{C,em,ls}$ pierderile termice în sistemul de transmisie (emisie) a frigului, în kWh;
$Q_{H,dis,ls}$ pierderile termice în sistemul de distribuţie a căldurii, în kWh;
$Q_{C,dis,ls}$ pierderile termice în sistemul de distribuţie a frigului, în kWh;
$Q_{H,sto,ls}$ pierderile termice în sistemul de stocare a căldurii, în kWh;
$Q_{C,sto,ls}$ pierderile termice în sistemul de stocare a frigului, în kWh;
$Q_{H,gen,ls}$ pierderile termice în sistemul de generare a căldurii, în kWh;
$Q_{C,gen,ls}$ pierderile termice în sistemul de generare a frigului, în kWh;

În general, sistemele de utilităţi utilizează vectori energetici diferiţi pentru generarea de frig şi de căldură. De aceea, energia furnizată din exterior trebuie **calculată separat** pentru fiecare vector energetic.

Se menţionează în mod special **necesitatea utilizării coeficienţilor EER (eficienţa energetică) şi COP (coeficientul de performanţă)**, la stabilirea consumurilor de energie electrică pentru generarea energiei termice pentru răcire.

Cumularea fluxurilor de energie se face pentru fiecare agent energetic separat. Consumul total de energie al echipamentelor auxiliare pentru sistemul de încălzire $W_{H,in,tot}$ şi cel de răcire $W_{C,in,tot}$, este în general un **consum de energie electrică** şi se determină cu relaţiile:

$$W_{H,in,tot} = W_{H,aux,em,ls} + W_{H,aux,dis,in} + W_{H,aux,sto,in} + W_{H,aux,gen,in} \quad \text{[kWh]} \tag{3.185}$$

$$W_{C,in,tot} = W_{C,aux,em,in} + W_{C,aux,dis,in} + W_{C,aux,sto,in} + W_{C,aux,gen,in} \quad \text{[kWh]} \tag{3.186}$$

unde:

$W_{H,in,tot}$ consumul de energie auxiliară totală pentru încălzire, în kWh;
$W_{H,aux,em,ls}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de emisie a căldurii, în kWh;
$W_{H,aux,dis,in}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de distribuţie a căldurii, în kWh;
$W_{H,aux,sto,in}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de stocare a căldurii, în kWh;
$W_{H,aux,gen,in}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de generare a căldurii, în kWh;
$W_{C,in,tot}$ consumul de energie auxiliară totală pentru răcire, în kWh;
$W_{C,aux,em,in}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de emisie a frigului, în kWh;
$W_{C,aux,dis,in}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de distribuţie a frigului, în kWh;
$W_{C,aux,gen,in}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de stocare a frigului, în kWh;
$W_{c,in,g}$ consumul de energie auxiliară din sistemul de generare a frigului în kWh.

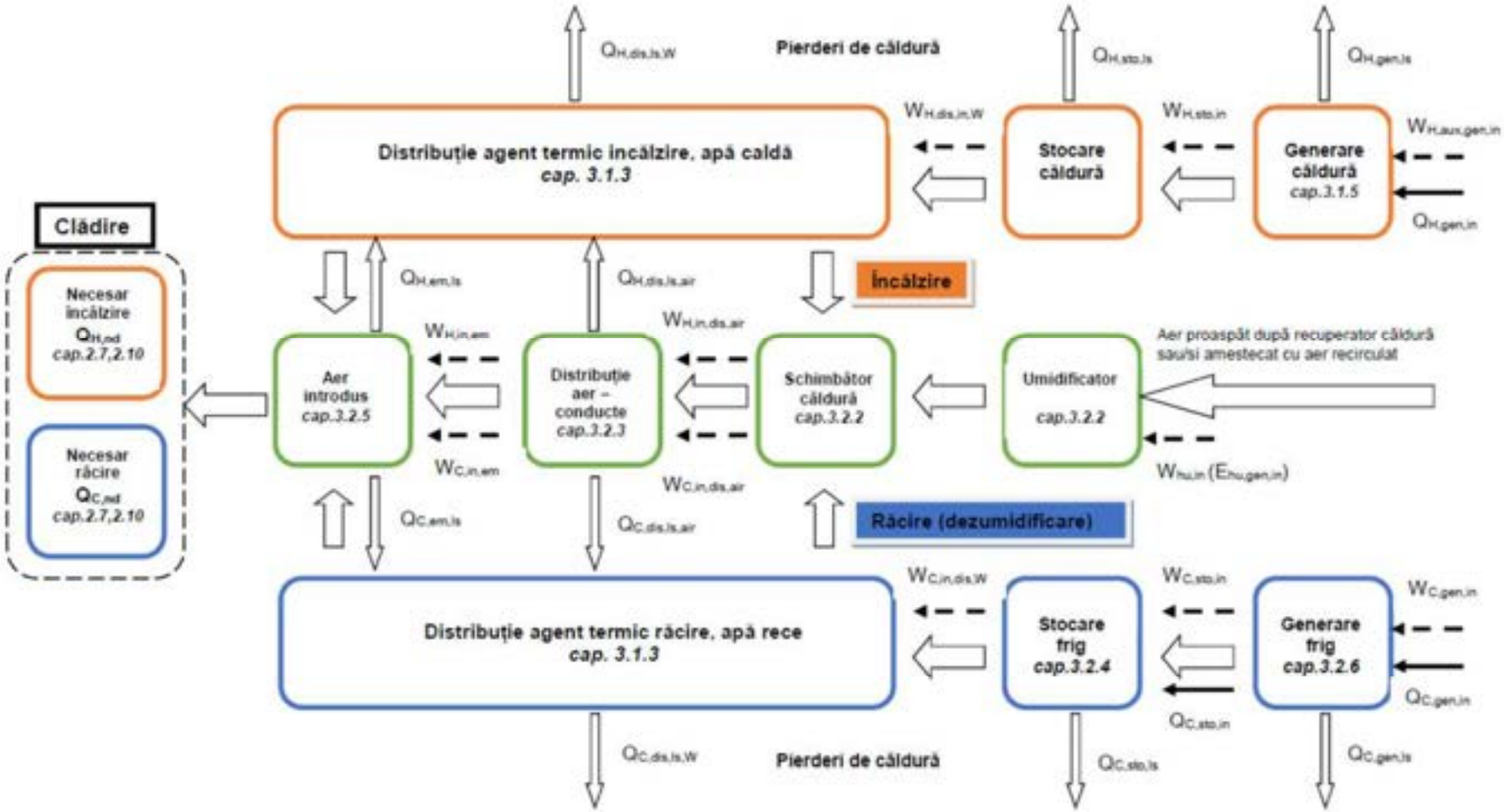


Figura 3.18. Sistem de climatizare "aer-apă" cu ventiloconvectoare (cu 2, 3 sau 4 conducte)

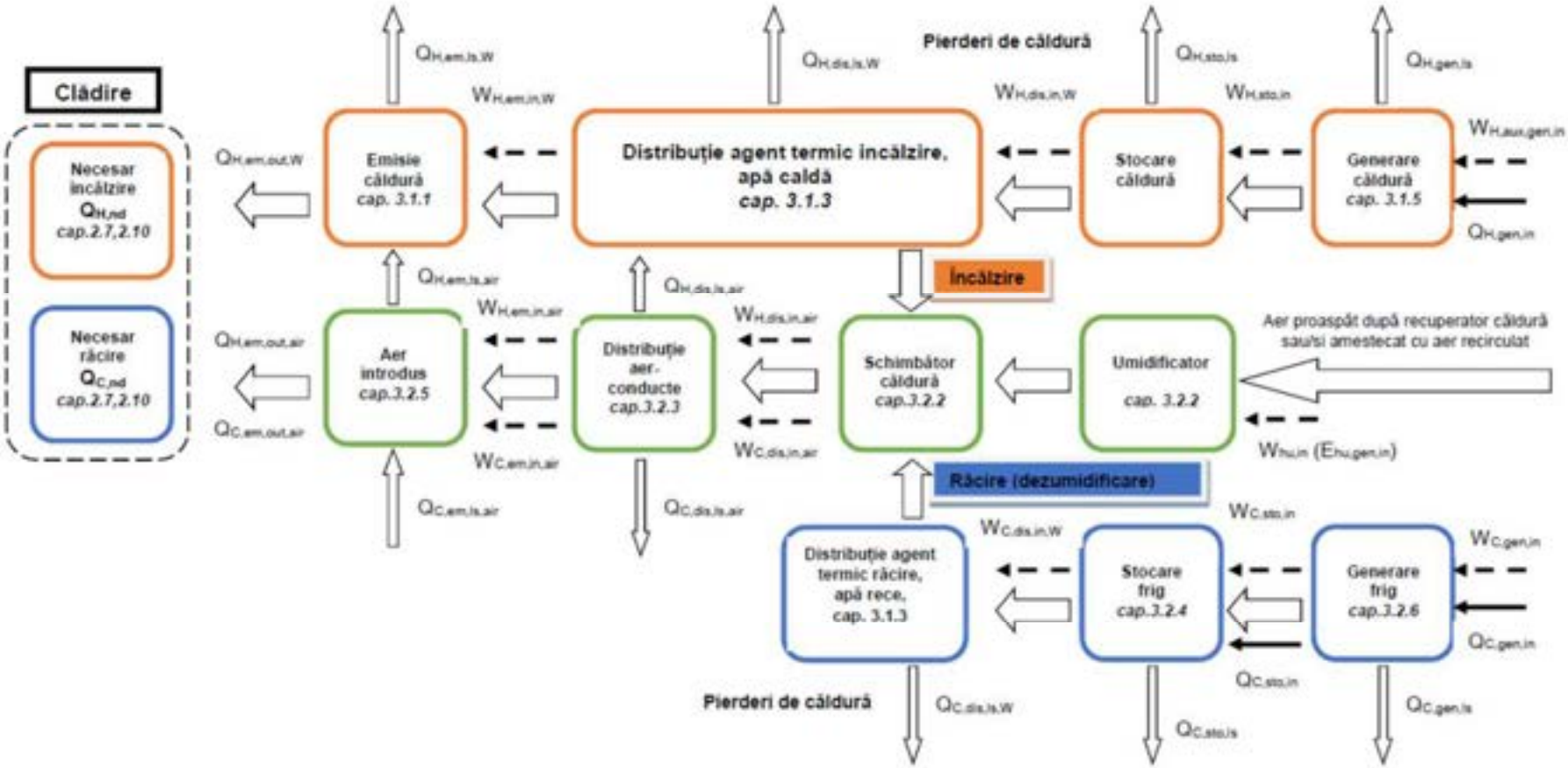


Figura 3.19. Sistem de climatizare "numai aer", cu o conductă de aer

3.3. Instalații pentru apă caldă de consum

3.3.1 Obiect şi domeniu de aplicare

Acest capitol își propune să precizeze metodele pentru calculul necesarului şi consumului de energie pentru sistemele de apă caldă de consum.

3.3.2 Clasificarea instalaţiilor (sistemelor) de apă caldă de consum

3.3.2.1 Definirea subsistemelor aferente instalației (sistemului) de apă caldă de consum

Energia corespunzătoare sistemului de apă caldă de consum poate fi apreciată, separat, pentru fiecare din cele patru subsisteme constitutive, respectiv:

- subsistemul de furnizare a apei calde de consum (respectiv punctele de consum – bateriile amestecătoare etc.);
- subsistemul de distribuție a apei calde de consum, inclusiv recircularea;
- subsistemul de preparare/acumulare a apei calde de consum;
- subsistemul de producere a energiei termice necesare preparării apei calde de consum (ex: cazane, panouri solare, pompe de căldură, unități de cogenerare).

3.3.2.2 Schemele de preparare a apei calde de consum adoptate

Echipamentele pentru prepararea apei calde de consum pot fi:

- cu acumulare cu serpentină de tip boilere;
- fără acumulare de tip schimbătoare tubulare, schimbătoare cu plăci;
- cu acumulare fără serpentină (rezervor de acumulare fără serpentină) și schimbătoare de căldură de tip recuperativ (tubulare sau cu plăci).

3.3.2.3 Zonarea instalațiilor/sistemelor de apă caldă de consum

În cazurile în care clădirea are mai multe funcțiuni (spaţii cu destinaţii diferite) sau există în clădire mai multe sisteme de apă caldă de consum, va fi necesară zonarea instalaţiei.

Conform SR EN ISO 52000-1, capitol 10, tabel 10, definirea zonelor pentru sistemele de apă caldă de consum se face în funcție de:

- Condiții diferite de consum (în funcție de destinația spațiilor), zone notate WNZ;
- Tipuri diferite de sisteme si subsisteme de alimentare cu apă caldă, utilizate în clădire notate WSZ;
- Sisteme diferite de alimentare cu apă caldă prezente în clădirea analizată, notate WSZ.

3.3.3 Consumul de energie pentru instalațiile de apă caldă de consum (denumit sistem)

Determinarea consumului de energie se bazează pe ecuația de bilanț în care intervine energia introdusă în sistem precum și pierderile de energie aferente acestui sistem. Ecuația generală pentru consumul de energie este prezentată în capitolul 3.1, particularizată după cum urmează:

$$Q_{W,Y,in} = Q_{W,Y,out} + Q_{W,Y,ls} - Q_{W,Y,ls,rvd}$$

și se aplică pentru fiecare dintre subsistemele componente ale sistemului de apă caldă de consum, considerându-se în calcul și zonarea sistemului.

Calculul necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum (a.c.c.), livrat la consumator, $Q_{w,nd}$, pe zone

Într-o prima etapă, se determină necesarul de energie termică pentru prepararea apei calde de consum, ţinându-se seama de împărţirea sistemului în zone, în funcţie de categoria de consum (WNZ) sau de tipul de subsistem (WSZ), prin aplicarea metodei din capitolul 6.4 din SR EN 15316-1. Modul de determinare a termenului $\mathbf{Q_{w,nd}}$ pentru o zonă este prezentat în capitolele următoare.

Recuperarea pierderilor de căldură

Când se analizează o clădire sau o parte a clădirii, nu toate pierderile termice ale instalației de apă caldă de consum reprezintă pierderi efective; acest fapt se datorează recuperărilor parțiale. De exemplu, pierderile termice ale conductelor de a.c.c. sunt pierderi efective în cazul în care conductele de a.c.c. sunt amplasate în exteriorul clădirii. Dacă conductele sunt amplasate în interiorul spațiilor încălzite, degajarea de căldură de la conductele de a.c.c. poate contribui la încălzirea spațiului; în acest caz, pierderile termice sunt considerate recuperate și pot fi luate în considerare pentru reducerea necesarului de căldură pentru încălzire. În mod similar, în cazul în care clădirea studiată are un sistem de răcire, pierderile termice ale instalației de apă caldă de consum pot majora sarcina de răcire corespunzătoare.

Energia auxiliară totală necesară pentru instalaţia de apă caldă de consum

Energia auxiliară este energia necesară echipamentelor electrice prezente în instalația de apă caldă, respectiv pompele de distribuție, recirculare, vanele și echipamentele de reglare și automatizare. Necesarul de energie auxiliară se calculează pentru fiecare sistem component al instalației de apă caldă de consum. Totalul energiei auxiliare se obține prin însumarea energiei utilizate în fiecare element component a instalației. Energia auxiliară este exprimată în kWh/an sau în kWh/lună. O parte din energia auxiliară poate fi recuperată sub formă de căldură.

3.3.4 Perioadele de calcul

În cazul în care există profile de consum pentru sistemul de apă caldă, acesta poate fi considerat în calcul, pasul de timp devenind o oră, determinându-se în final consumuri zilnice, lunare și apoi anuale. Scopul final îl reprezintă stabilirea consumului anual de energie pentru instalația de apă caldă de consum.

3.3.5 Temperaturi specifice sistemului de apă caldă de consum

$\theta_{W,c}$ - temperatura apei reci de consum se consideră egală cu 10°C, conform SR EN 12831-3, anexa B, tabel B.6; se poate considera ca variantă alternativă, în vederea realizării unui calcul mai exact, ipoteza că valoarea temperatura apei reci de consum este egală cu valoarea temperaturii medii anuale a aerului exterior considerată pentru poziţia geografică a clădirii/sistemului analizat, conform capitolului 6.5.2.3 din SR EN 12831-3.

θ_W - temperatura apei calde de consum în rețelele de distribuție, valoare medie aferentă pasului de timp adoptat (cuprins în intervalul 1-8760 h). Conform cap 6 din SR EN 15316-3, respectiv M8-1, se poate considera o valoare în intervalul 30-70 °C. Se recomandă utilizarea valorii de 60°C.

$\theta_{W;sto}$ – temperatura apei calde de consum, în echipamentul de acumulare a apei calde, se consideră conform tabel 4, SR EN 15316-1, respectiv 60 °C.

$\theta_{W;dloop}$ - temperatura apei calde de consum, în subsistemul de distribuţie, se consideră conform tabel 4, SR EN 15316-1, respectiv 60 ºC

$\Delta\theta_{W;dloop}$ – diferenţa de temperatura admisă în circuitul de apă caldă de consum (constituit din traseele de distribuție și recirculare a apei calde de consum). Se poate considera o valoare în intervalul 2-10 ºC (conform M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 5ºC (sau K), conform tabel 4, SR EN 15316-1.

$\Delta\theta_{W}$ – diferenţa de temperatură între temperatura apei calde de consum livrate la punctul de consum și traseele de recirculare a apei calde de consum). Se poate considera o valoare în intervalul 2-10 ºC (conform M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 5ºC (sau K), conform tabel 4, SR EN 15316-1.

$\theta_{W,draw}$ - temperatura apei calde de consum $\theta_{W,draw}$ livrată la baterie, în urma amestecului cu apă rece; valoarea acestei temperaturi depinde de tipul de consumator; conform SR EN 12831-3, anexa B, tabel B.6, se poate considera la punctul de consum o temperatură de utilizare minimă a apei calde de consum de 42ºC ($\theta_{W,draw}$.= min 42 ºC, se recomandă utilizarea valorii de 45 ºC).

3.3.6 Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum furnizată utilizatorului, $Q_{w,nd}$

În acest capitol se descriu metode de calcul a energiei termice necesare pentru încălzirea apei calde furnizate la consumatori, $\mathbf{Q_{w,nd}}$.

Există situații în care în clădirea analizată apa caldă de consum se asigură în mod precar, prin încălzirea apei reci pe plită, la aragaz, pe sobă etc. În aceste cazuri se va considera necesarul de a.c.c. normat în condiții de confort fiziologic, iar consumul final de energie se va calcula ținând cont de randamentul sursei reale de căldură (40% pentru preparare pe plită, sobă, aragaz). În lipsa oricărei instalații de furnizare a a.c.c., deși destinația clădirii/unității de clădire/apartamentului impune consum de a.c.c., se va considera o instalație virtuală de alimentare care să asigure necesarul normat de a.c.c. în condiții de confort fiziologic și care funcționează cu un randament global de 40% (ca și în cazul preparării pe plită).

Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum reprezintă energia necesară încălzirii volumului de apă caldă furnizat la consumator, care poate fi determinat în funcție de numărul şi tipul consumatorilor, pe de o parte, precum şi de consumurile specifice de apă caldă aferente acestora. Energia totală pentru încălzirea apei calde de consum se determină prin însumarea cerințelor individuale.

Necesarul de energie pentru apa caldă de consum furnizată utilizatorului $Q_{W,nd}$ depinde de volumul livrat și de temperaturile apei; se determină valori zilnice, obţinute ori direct, utilizând volume specifice zilnice sau dacă se realizează calcule detaliate, se vor utiliza volume orare de consum orare, cumulate ulterior pentru durata unei zile. Necesarul de energie se determină cu relația:

$$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_W \cdot \rho_W \cdot \left(\vartheta_{W;draw} - \vartheta_{W;c}\right) \cdot \frac{1}{1.000} \qquad \text{[kWh/zi] sau [kWh/h]} \qquad (3.\ 188)$$

$V_t = V_{W,day}$, [l/zi], dacă se realizează calculul pentru valori medii zilnice ale consumului de apă,

sau

$V_t = V_{W,day} \cdot x_h$, [l/oră], dacă se utilizează valori orare ale consumurilor de apă,

în care:

$Q_{W;nd}$ Energia termică necesară, pentru un pas de timp egal cu t (zi sau oră) [kWh/zi sau kWh/h]

V_t	Necesar volumic de apă caldă de consum, pe durata pasului de timp t (zi sau oră)	[l/zi sau l/h]
$V_{W,day}$	Necesar volumic zilnic de apă caldă de consum, valoare corectată pentru temperatura de utilizare a apei calde, $\theta_{W,draw}$	[l/zi]
c_W	Căldura specifică a apei	[kWh/kgK]
ρ_W	Densitatea apei (se poate considera valoarea 1000 kg/m^3)	[kg/m^3]
$\theta_{W,draw}$	Temperatura de utilizare a apei calde la punctul de consum, (rezultată în urma amestecului apei reci cu apa caldă la punctul de furnizare, de exemplu, baterie)	[°C]
$\theta_{W;c}$	Temperatura pentru apa rece de consum	[°C]
x_h	Coeficient de repartiție orară a consumului de apă caldă, conform specificațiilor din anexa B, tabel B.2.din SR EN 12831-3; acest tabel conține coeficienți de repartiție orară pentru clădiri de locuit individuale, apartamente, cămin pentru bătrâni, cămine de studenți, spital.	[%]

Necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum $V_{W;day}$ se determină:

- pentru clădiri de locuit, în funcţie de necesarul specific zilnic de apă caldă de consum și numărul de consumatori echivalenți;
- pentru celelalte tipuri de clădiri, în funcţie de necesarul specific zilnic de apă caldă de consum și numărul real de consumatori.

3.3.6.1 Necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum $V_{W;day}$ calculat cu ajutorul necesarului specific [de exemplu, l/om, zi, l/unitate consum, zi] şi număr de consumatori

Necesarul volumic zilnic de apă caldă se determină în funcție de: necesarul specific zilnic de apă caldă, notat $\mathbf{V_{P,W;day}}$ sau $\mathbf{V_{f,W;day}}$ (notația depinde de destinația clădirii, de tipul consumatorului de apă caldă de consum) şi de numărul de utilizatori / unități de folosință, conform următoarelor relații de calcul:

- pentru clădiri de locuit:

$$V_{W,day} = V_{W,P,day} \cdot n_P \quad \text{[l/zi]} \qquad (3.\ 189)$$

- pentru celelalte tipuri de clădiri:

$$V_{W,day} = V_{W,f,day} \cdot f \quad \text{[l/zi]} \qquad (3.\ 190)$$

$\mathbf{V_{P,W;day}}$ reprezintă necesarul specific zilnic de apă caldă de consum, pentru un consumator echivalent, într-o clădire de locuit. $\mathbf{V_{f,W;day}}$ este notaţia pentru necesarul specific zilnic de apă caldă de consum, pentru un consumator, pentru celelalte tipuri de clădiri.

Pentru determinarea valorii $\mathbf{V_{P,W;day}}$ se utilizează relaţii de calcul (în funcţie de aria locuibilă şi numărul de consumatori echivalenţi, pentru temperaturile de referinţă $\theta_{W,draw}$ = 60°C şi $\theta_{W,c}$ = 13,5°C) iar pentru $\mathbf{V_{f,W;day}}$ se adoptă valorile necesarului specific zilnic de apă caldă prezentate în tabelul 3.3.1; valorile din tabel sunt exprimate pentru θ_W = 60°C şi $\theta_{W,c}$ = 10°C.

Va fi necesară o corecţie a necesarului specific de apă caldă pornind de la temperaturile indicate în norme, pentru temperaturile adoptate în calcul pentru $\vartheta_{W,draw}$ şi $\vartheta_{W,c}$.

De exemplu, valorile pentru necesarul specific zilnic din tabelul 3.3.1 sunt exprimate pentru temperaturile θ_W = 60°C şi $\theta_{W,c}$ = 10°C (notate , de exemplu $V_{f,W,day}^{din\ norme}$); dacă în calcul se consideră temperaturile $\theta_{W,draw}$ = 45°C şi $\theta_{W,c}$ = 10°C, va fi necesară corecţia necesarului specific zilnic de apă caldă, utilizând următoarea relaţie:

$$V_{f,W,day} = V_{f,W,day}^{din\ norme} \frac{\theta_W - \theta_{W,c}}{\theta_{W,draw} - \theta_{W,c}} = V_{f,W,day}^{din\ norme} \frac{60-13{,}50}{45-10} \qquad (3.\ 191)$$

Necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum aferente persoanelor $V_{W,day}$ în clădiri de locuit

Se aplică relaţia de calcul (3.189):

$$V_{W,day} = V_{W,P,day} \cdot n_P \cdot \qquad [l/zi]$$

în care:

$V_{W;day}$	necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum, la temperatura specificată de utilizare $\theta_{W,draw}$	[l/zi]
$V_{W;P;day}$	necesarul volumic specific de apă caldă de consum, la temperatura de utilizare, $\theta_{W,draw}$, pentru o persoană, pe durata unei zile, determinat prin calcul	[l/om, zi]
n_P	numărul de consumatori echivalenți în clădirea/zona analizată, cu notaţia $n_{P,eq}$	[–]

Necesarul specific de apă caldă de consum, $V_{W,P,day}$, aferent persoanelor, în clădiri de locuit, se stabileşte prin calcul, în funcție de aria locuibilă A_h şi de numărul de consumatori echivalenţi, conform prevederilor din SR EN 12831-3, anexa B.2.2, aplicând următoarea metodologie, expusă în etapele următoare 1 şi 2.

<u>Etapa 1</u>

Determinarea numărului de consumatori echivalenţi $n_{P,eq}$ (în funcţie de aria locuibilă A_h)

Se determină numărul de consumatori echivalenţi $n_{P,eq}$; acest număr se determină în funcție de $n_{P,eq,max}$; $n_{P,eq,max}$ se determină în funcție de aria locuibilă A_h.

A. Calculul $n_{P,eq}$ pentru locuințe unifamiliale/înşiruite

Aria locuibilă A_h este utilizată pentru determinarea termenului $n_{P,eq,\max}$, cu relația de calcul următoare:

$$n_{P,eq,max} = \begin{cases} 1 & \text{dacă} \quad A_h < 30\ m^2 \\ \{1{,}75 - 0{,}01875 \cdot (70 - A_h) & \text{dacă} \quad 30\ m^2 \le A_h < 70\ m^2 \\ 0{,}025 \cdot A_h & \text{dacă} \quad A_h \ge 70\ m^2 \end{cases} \qquad (3.192)$$

Ulterior, numărul de consumatori echivalenţi $n_{P,eq}$ se stabilește cu relația următoare:

$$n_{P,eq} = \begin{cases} n_{P,eq,max} & \text{dacă} \quad n_{max} < 1{,}75 \\ 1{,}75 + 0{,}3 \cdot \left(n_{P,eq,max} - 1{,}75\right) & \text{dacă} \quad n_{max} \geq 1{,}75 \end{cases} \qquad (3.\ 193)$$

B. Calculul $n_{P,\,eq}$ pentru pentru apartamente

Aria locuibilă A_h este utilizată pentru determinarea termenului $n_{P,eq,\max}$, cu relația de calcul următoare:

$$n_{P,eq,max} = \begin{cases} 1 & \text{dacă} \quad A_h < 10\ m^2 \\ \{1{,}75 - 0{,}01875 \cdot (50 - A_h) & \text{dacă} \quad 10\ m^2 \leq A_h < 50\ m^2 \\ 0{,}035 \cdot A_h & \text{dacă} \quad A_h \geq 50\ m^2 \end{cases} \qquad (3.194)$$

Ulterior se determină numărul de consumatori echivalenţi $n_{P,eq}$ cu relația:

$$n_{P,eq} = \begin{cases} n_{P,eq,max} & \text{dacă} \quad n_{P,eq,max} < 1{,}75 \\ 1{,}75 + 0{,}3 \cdot \left(n_{P,eq,max} - 1{,}75\right) & \text{dacă} \quad n_{P,eq,max} \geq 1{,}75 \end{cases} \qquad (3.\ 195)$$

Etapa 2 – se determină necesarul specific de apă caldă de consum, cu următoarea relație:

$$V_{W,P,day} = \min\left(x; \left(y \cdot \frac{A_h}{n_{P,eq}}\right)\right) \qquad (3.\ 196)$$

în care:

A_h Arie locuibilă [m^2]

$n_{P,eq}$ Numărul de consumatori echivalenţi

$n_{P,eq,max}$ Numărul maxim de consumatori echivalenţi, corespunzător zonei sau a unei părți din zona alimentată cu apă caldă de același echipament de preparare a apei calde de consum (echipament pentru preparare individuală sau preparare comună pentru locuințe colective)

x, y Coeficienți; valori implicite sunt: $x = 40{,}71$; $y = 3{,}26$

Valoarea obţinută reprezintă un necesar specific de apă caldă, pentru temperaturile de calcul: θ_W = 60ºC şi $\theta_{W,c}$ = 13,50ºC. Ulterior, va fi necesară corecţia valorilor consumului în funcţie de temperaturile de calcul adoptate, $\vartheta_{W,draw}$ şi $\vartheta_{W,c}$.

Necesarul de apă caldă de consum $V_{W,day}$ pentru clădiri terțiare, în funcție de numărul de unități de consum

Se aplică relația de calcul (3.190):

$V_{W,day} = V_{W,f,day} \cdot f \cdot$ [l/zi]

în care:

$V_{W;day}$ necesar volumic zilnic de apă caldă de consum, la temperatura specificată de utilizare $\theta_{W,draw}$ [l/zi]

$V_{W;f;day}$ necesarul specific de apă caldă de consum, la temperatura de utilizare, $\theta_{W,draw}$, pentru o persoană, pe durata unei zile; se consideră valorile din tabelul 3.3.1. [l/om, zi]

f numărul mediu anual de unități zilnice de consum în clădirea/zona analizată, se obține de la beneficiarul sau administratorul clădirii [–]

Tabel 3.3.1 Valorile pentru necesarul specific de apă caldă de consum, în funcţie de destinaţia clădirii

Nr. crt.	Destinaţia clădirii	Necesar specific, [*l/unitate,zi*] la 60^0C
1.	Locuinte unifamiliate/înşiruite, se calculează (pentru un consumator echivalent)	Conform cap 3.3.6.1
2.	Apartamente, se calculează (pentru un consumator echivalent)	Conform cap 3.3.6.1
3.	Birouri (pentru un funcţionar pe schimb)	5
4.	Cluburi, case de cultură şi teatre - actori (pentru o persoană pe zi) - spectatori, vizitatori (pentru 1 m^2, suprafaţă utilă)	 15 0,03
5.	Spaţii comerciale, centre comerciale, magazine (pentru 1 m^2, suprafaţă utilă)	0,03
6.	Cantine, restaurante, bufete: - Catering, 2 mese pe zi - Catering, 2 mese pe zi (autoservire, tip bufet). - Catering, 1 masă pe zi. - Catering, 1 masă pe zi (autoservire, tip bufet) - Cantine şi restaurante (pentru o persoană, o masă la prânz pe zi) - Cantine şi restaurante (pentru o persoană, trei mese pe zi)	 21 8 10 4 10 30
7.	Clădiri pentru cazare elevi, studenţi, persoane în vârstă (pentru un ocupant pe zi) - cu obiecte sanitare în grupuri sanitare comune - cu lavoare în camere - cu grupuri sanitare pentru fiecare cameră - cu nivel de dotare superior (cu sauna, jacuzzi etc.)	 30 40 50 80
8.	Clădiri pentru copii (creşe, grădinişe): - creşe, grădinişe cu program redus - creşe, grădinişe cu program prelungit – fără cazare - creşe, grădinişe – cu cazare	 8 10 40
9.	Hoteluri şi pensiuni (pentru un loc cazare): - Hostel pentru studenți (clădire turism cazare pentru tineri, cu buget restrâns) - Hotel, 1-stea, fără spălătorie - Hotel, 1-stea, cu spălătorie - Hotel, 2-stele, fără spălătorie - Hotel, 2-stele, cu spălătorie - Hotel, 3-stele, fără spălătorie - Hotel, 3-stele, cu spălătorie - Hotel, 4-stele, fără spălătorie - Hotel, 4-stele, cu spălătorie	 40 56 70 76 90 97 111 118 132
10.	Dispensare, policlinici (pentru un bolnav, pe zi)	3
11.	Clădire sănătate (pentru un pacient, pentru o zi): - Clădire sănătate, tratament ambulatoriu (fără cazare) - Clădire sănătate, tratament cu cazare, fără spălătorie - Clădire sănătate, tratament cu cazare, cu spălătorie	 10 56 88
12.	Sanatorii, centre recuperare (pentru un pacient pe zi): - cu căzi de baie şi duşuri în grupuri sanitare - cu căzi de baie pentru fiecare cameră, pentru bolnavi - cu căzi de baie pentru fiecare cameră, pentru tratamente balneologice	 115 165 225

Nr. crt.	Destinaţia clădirii	Necesar specific, [*l/unitate,zi*] la 60^0C
13.	Şcoli (pentru un elev pe program) fără duşuri sau băi	5
14.	Clădire de sport pentru elevi: - fără duşuri în grupurile sanitare, pentru un utilizator - cu duşuri în grupurile sanitare, pentru un duş instalat	 5 101
15.	Grupuri sanitare pentru terenuri de sport, stadioane (pentru o manifestare sportivă) - pentru spectatori (pentru 1 m^2, suprafaţă utilă) - pentru un sportiv	 0,03 20
16.	Clădiri pentru transport: gări, aeroporturi (pentru 1 m^2, suprafaţă utilă)	0,03
17.	Spălătorii (pentru un kilogram de rufe uscate) - cu spălare semimecanizată - cu spălare mecanizată	 25 30
18.	Cladiri industriale (pentru un muncitor pe schimb, pentru consum menajer personal, igiena) cu procese tehnologice din grupa: I II III a) b) IV V VI a) b) Nota – grupele tehnologice sunt definite conform STAS 1478-90, tabel 2	 20 25 25 30 30 40 25 30

Volumul de apă caldă de consum corespunzător pierderilor şi risipei de apă, $V_{W,ls,day}$, calculat cu coeficienţi adimensionali

Pierderile de apă caldă de consum pot fi estimate cu ajutorul unor coeficienţi de penalizare f_1 şi f_2 ; aceşti coeficienţi majorează valoarea $V_{W,day}$, în funcţie de timpul de aşteptare pentru furnizare la punctele de consum (din cauza lipsei subsistemelor de recirculare a apei calde) şi în funcţie de starea tehnică (necorespunzătoare) a armăturilor:

$$V_{W,day} + V_{W,ls,day} = V_{W,day} \times f_1 \times f_2 \qquad (3.197)$$

Se propune adoptarea următoarelor valori pentru coeficienţii f_1 şi f_2:
- f_1 = 1, 30 pentru obiective alimentate în sistem centralizat, fără recirculare
- f_1 = 1, 20 pentru obiective alimentate în sistem local centralizat
- f_1 = 1, 10 pentru obiective alimentate în sistem local
- f_2 = 1, 10 pentru instalaţii echipate cu baterii clasice
- f_2 = 1, 05 pentru instalaţii echipate cu baterii monocomandă

în care:
f_1 depinde de tipul instalaţiei la care este racordat punctul de consum
f_2 depinde de starea tehnică a armăturilor la care are loc consumul de apă caldă

3.3.6.2 Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum furnizată utilizatorului, determinat în funcţie de zonarea sistemului de apă caldă de consum

Atunci când clădirea analizată are mai multe spaţii cu destinaţii diferite, sau există în clădire mai multe sisteme de apă caldă de consum, va fi necesară zonarea instalaţiei, conform SR EN ISO 52000-1, capitol 10, tabel 10.

Definirea zonelor pentru sistemele de apă caldă de consum se face în funcție de:

- Condiții diferite de consum (în funcție de destinația spațiilor), zone notate WNZ;
- Tipuri diferite de sisteme și subsisteme de alimentare cu apă caldă, utilizate în clădire notate WSZ;
- Sisteme diferite de alimentare cu apă caldă prezente în clădirea analizată, notate WSZ.

Dacă o clădire are mai multe sisteme de alimentare cu apă caldă de consum, se va calcula necesarul de căldură pentru fiecare sistem, denumit zonă definită WSZ, respectiv $\mathbf{Q_{w,nd,wsz}}$. Dacă sistemele componente deservesc, la rândul lor, spaţii cu destinaţii diferite (condiții diferite de consum), atunci se vor considera sub-zone, notate WNZ.

În final se aplică următoarea relaţie de calcul:

$$Q_{W,nd,wsz,i} = \sum_k Q_{W,nd,wnz,j} \quad (3.\ 198)$$

unde

$Q_{W;nd;wsz,i}$ reprezintă necesarul de căldură pentru apa caldă de consum, furnizată consumatorului, pentru fiecare sistem prezent în clădirea analizată;

$Q_{W;nd;wnz,j}$ reprezintă necesarul de căldură pentru apă caldă de consum furnizată consumatorului, pentru fiecare zonă k din cadrul unui sistem de alimentare cu apă caldă de consum;

WNZ reprezintă zona cu necesar de apă caldă de consum, dintr-un sistem de alimentare cu apă (de exemplu, spaţii cu destinaţii diferite, aşadar cu condiţii diferite de consum);

WSZ este zona reprezentată de fiecare sistem de preparare a apei calde de consum prezent în clădire

Dacă o zonă cu aceleaşi caracteristici ale consumului (o zonă wnz) este deservită de mai multe sisteme de alimentare cu apă caldă de consum (wsz), necesarul pentru fiecare zonă a sistemului de preparare $Q_{W;nd;wzs,i}$ este dat atunci de:

$$Q_{W,nd,wsz,i} = Q_{W,nd,wnz,j} \frac{X_{wsz,i}}{\sum_k X_{wsz,k}} \quad (3.\ 199)$$

unde

$Q_{W;nd;wnz,j}$ reprezintă necesarul de căldură pentru apă caldă de consum furnizată consumatorului amplasat în zona j de consum wnz;

$X_{wsz,i}$ coeficient de pondere pentru zona i a sistemului de preparare a apei calde de consum (wsz) care aparţine zonei cu necesar de apă caldă de consum (wnz).

$X_{wsz,k}$ reprezintă coeficient de pondere pentru fiecare zonă a sistemului de preparare a apei calde de consum (k zone de tip wsz) care aparţine zonei cu necesar de apă caldă de consum j (wnz).

Coeficienţii de repartiţie trebuie să fie specificaţi conform tabelului B.2 din SR EN 15316-1.

3.3.7 Metoda de calcul a consumurilor de energie pentru conductele de distribuţie a apei calde de consum

Această metodă de calcul se referă la determinarea pierderilor termice și a consumurilor de energie aferente subsistemelor de distribuție a apei calde de consum. Un subsistem de distribuție reprezintă ansamblul traseelor de apă caldă de consum, inclusiv conductele de recirculare, împreună cu pompele care asigură circulația fluidului și cu dispozitivele de automatizare și reglare aferente. Din aceste circuite fac parte distribuția orizontală, coloanele și racordurile către consumatorii de apă caldă de consum, inclusiv conductele de recirculare. Se aplică standardele SR EN 15316-1 şi SR EN 15316-3.

Metoda de calcul este utilizată pentru:

- calculul pierderilor termice suplimentare a subsistemelor de distribuție pentru apa caldă de consum;
- calculul consumurilor auxiliare de energie electrică (pentru acționarea pompelor, cabluri încălzitoare etc.).

Se menţionează faptul că pierderile termice aferente subsistemului de distribuţie pot fi recuperabile (cu indice rbl), recuperate (cu indice rvd) sau nerecuperabile (cu indice nrvd). De aceea, ca variante, se consideră conductele de distribuţie amplasate în spaţiu încălzit, spaţiu neîncălzit sau în afara clădirii. Condiţii suplimentare de calcul sunt indicate în capitolul 5.1.6 din SR EN 15316-1.

Pentru calculul consumurilor de energie auxiliară, se aplică condiţiile din capitolul 5.1.7, SR EN 15316-1; o abordare simplificată pentru determinarea acestor termeni constă în operaţia de înmulţire între puterea electrică a echipamentelor auxiliare si durata de funcţionare a acestora. Termenii, definițiile, simbolurile și abrevierile sunt în concordanță cu SR EN ISO 52000-1, SR EN 15316-1 și SR EN 15316-3. Detalii suplimentare privind funcționarea sistemelor de reglare se găsesc în standardul SR EN 15232-1, Performanța energetică a clădirilor. Partea 1: Impact al automatizării, reglării și managementului tehnic al clădirii.

3.3.7.1 Calculul pierderilor termice şi a energiei auxiliare aferente subsistemului de distribuție a apei calde de consum

În urma aplicării procedurilor de calcul, se vor obține următorii termeni, după cum urmează:

- pierderile termice ale subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum: $Q_{W,dis,ls,total}$ [kWh];
- pierderile termice recuperabile ale subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum: $Q_{W,dis,rbl}$ [kWh];
- energia auxiliară consumată pentru distribuția apei calde de consum, $W_{W,dis}$ [kWh];
- energia auxiliară recuperabilă, sub formă de căldură, aferentă distribuției agentului termic pentru încălzire, $Q_{H,dis,rbl}$ [kWh];
- energia auxiliară recuperabilă, sub formă de căldură, aferentă distribuției apei calde de consum, $Q_{W,dis,rbl}$ [kWh];
- energia auxiliară recuperată, sub formă de căldură, aferentă distribuției apei calde de consum, $Q_{W,dis,rvd}$ [kWh].

Intervalul de timp considerat pentru analiză poate fi orar, lunar sau anual, în funcție de modul de introducere în calcul a parametrilor de intrare.

Toate valorile de intrare și de ieșire sunt valori medii pe intervalul de timp utilizat. Această metodă de calcul este o metodă staționară și nu ia în considerare niciun efect dinamic. Această metodă nu este recomandabilă pentru simulări dinamice ale fenomenelor de transfer de căldură.

În cazul în care nu se cunoaște lungimea conductelor din instalația de distribuție a apei calde de consum, se pot face aproximări ale acestor lungimi, pornind de la elementele caracteristice clădirii/unității analizate, conform anexei B2.3 din SR EN 15316-3.

3.3.7.2 Determinarea pierderilor termice ale subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{W,dis,ls,total}$

Determinarea pierderilor termice ale unui subsistem de distribuție se realizează cu ajutorul următorilor termeni: temperatura medie a agentului vehiculat, temperatura zonei ambiante, transmitanța termică a conductelor, lungimea conductelor și timpul de funcționare.

A. Calculul temperaturii medii a apei vehiculate

Temperatura medie a apei in sistemul de distribuție a apei calde de consum $\vartheta_{W,mean}$ este dată de relația:

$$\vartheta_{W,mean} = \vartheta_W - \frac{\Delta\vartheta_W}{2} \quad [°C] \qquad (3.200)$$

In care

ϑ_W	*[°C]*	Temperatura apei calde de consum în rețelele de distribuție, valoare medie aferentă pasului de timp adoptat. Pasul de timp adoptat poate fi cuprins în intervalul 1-8760 h. Se poate considera o valoare în intervalul 30-70 ºC (conform cap 6 din SR EN 15316-3, respectiv M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 60ºC.
$\Delta\vartheta_W$	*[°C]*	Diferența de temperatură între temperatura apei calde de consum furnizată la punctul de consum, și temperatura de întoarcere a apei calde de consum pe traseul de recirculare, valoare medie, pentru pasul de timp considerat. Se poate considera o valoare în intervalul 2-10 ºC (conform M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 5ºC.

Se face distincția între o conductă de distribuție apă caldă de consum însoțită de o conductă de recirculare, făcând parte dintr-un sistem inelar, și o conductă de distribuție neînsoțită de recirculare, ca de exemplu legătura de la rețeaua inelară (compusa din distribuție și recirculare) către consumatorul de apă caldă, denumită, în standardele europene, „stub”, denumire care se menține ca indice, în notațiile termenilor corespunzători acestor tipuri de conducte.

B. Calculul transmitanței termice a conductelor

Transmitanța termică liniară pentru țevi izolate, Ψ, amplasate în spații deschise, cu un coeficient total de transfer termic incluzând convecția și radiația pe partea exterioară, se calculează cu relația următoare:

$$\Psi = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_D}\ln\frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a d_a}} \quad [W / mK] \qquad (3.201)$$

în care:

d_i, d_a - sunt diametrul interior și diametrul exterior al țevii fără izolație, [m]
h_a - este coeficientul global de transfer termic (convecție și radiație), [W/m^{2}K]
λ_D - este conductivitatea termică a izolației, [W/m K]
Transmitanța termică liniară pentru țevi îngropate, Ψ_{em}, este:

$$\Psi em = \frac{\pi}{\frac{1}{2}\left[\frac{1}{\lambda_D}\ln\frac{d_a}{d_i}+\frac{1}{\lambda_{em}}ln\frac{4z}{d_a}\right]} \quad [W / mK] \quad (3.202)$$

unde:
z - este adâncimea de îngropare a țevii față de suprafața terenului, [m];
λ_{em} - este conductivitatea termică a materialului de îngropare, [W/mK]
Transmitanța termică liniară pentru țevi neizolate, Ψ_{non}, se calculează:

$$\Psi_{non} = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_p}ln\frac{d_{p,a}}{d_{p,i}}+\frac{1}{h_a d_{p,a}}} \quad [W / mK] \quad (3.203)$$

unde:
$d_{p,i}$, $d_{p,a}$- sunt diametrul interior și diametrul exterior al țevii neizolate, [m]
h_a - este coeficientul global de transfer termic (convecție și radiație), [W/m^{2}K]
λ_p - este conductivitatea termică a țevii, [W/mK]

Un calcul aproximativ pentru transmitanța termică liniară a țevilor neizolate, Ψ_{non} , se poate face cu relația următoare:

$$\Psi_{non} = h_a \cdot \pi \cdot d_{p,a} \quad [W/ mK] \quad (3.204)$$

Anexa B a standardului SR EN 15316-3, tabel B4, indică valori convenționale ale transmitanței termice liniare a țevilor, în funcție de vechimea clădirii și caracteristicile de montaj ale rețelei de distribuție.

C. Calculul pierderilor termice aferente conductelor de distribuție cu recircularea apei calde de consum, $Q_{W,dis,ls}$

Pierderea termică aferentă unor conducte de distribuție a apei calde de consum însoțite de recirculare se obține cu ecuația următoare:

$$Q_{W,dis,ls} = \frac{1}{1000}\sum_0^{t_{w,op}}\sum_j \psi_j\left(\theta_{W,mean} - \theta_{W,amb,j}\right)\left(L + L_{equip}\right)_j t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.205)$$

unde:
$\theta_{W,mean}$ – temperatura medie a apei în conductele de distribuție și recirculare a apei calde de consum, [°C];
j - index pentru zona ambiantă pentru conducta de distribuție (zona climatizată sau neclimatizată);
$\theta_{W,amb,j}$ - temperatura ambiantă în încăpere sau în spațiul zona de amplasare a conductei de distribuție apă caldă de consum [°C], pentru pasul de timp considerat;
L - lungimea conductei de distribuție, în zona j (zona climatizată sau neclimatizată), [m];
L_{equip} - lungimea echivalentă a conductei, în zona j (zona climatizată sau neclimatizată), corespunzătoare pierderilor de sarcină locale (vane, flanșe, armături etc.), [m];
t_{ci} - intervalul pasului de timp de calcul, [h];
$t_{W,op}$ - timpul total de operare pentru recirculare a apei calde de consum, [h]
Ψ - transmitanța termică liniară pentru conducta j, [W/mK]

D. Calculul pierderilor termice aferente conductelor de distribuție fără recircularea apei calde de consum, $Q_{W,dis,ls,stub}$

Suplimentar față de termenul anterior, când apa caldă stagnează în conductă între 2 utilizări succesive, se determină pierderea termică aferentă porțiunii de conducte de distribuție a apei calde de consum neînsoțite de recirculare, $Q_{W,dis,ls,stub}$, considerată pentru pasul de timp, pe durata furnizării apei la punctul de consum, care se determină cu relația de calcul:

$$Q_{W,dis,ls,stub} = (\sum_j V_{stub\ j} * \rho_w * n_{tap,j}) * c_w * (\theta_w - \theta_{w,amb,j}) * t_{ci} \quad \text{[kWh]} \qquad (3.206)$$

În care:

c_W	[kWh/kgK]	Căldura specifică a apei
$V_{stub,j}$	[m^3]	Volumul conductelor din circuitul deschis, pentru fiecare zonă j definită (zone cu notația „stub”);
ρ_W	[kg/m^3]	Densitatea apei
$n_{tap,j}$	[1/h]	Numărul de utilizări la punctul de consum, pentru fiecare zonă j și pas de timp.

E. Calculul pierderilor termice aferente conductelor de distribuție cu recirculare DHW, în absenţa consumului de apă caldă, $Q_{W,dis,ls,nom}$

Pierderile termice aferente conductelor de distribuție a apei calde de consum cu recirculare $Q_{w,dis,ls,nom}$, în absența unui consum de apă caldă, se determină cu relația de calcul

$$Q_{W,dis,ls,nom} = \frac{1}{1000}\sum_0^{t_{w,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{W,avg} + \vartheta_{W,amb,j}) \cdot (L + L_{equi})_j \cdot t_{ci} \ \text{[kWh]} \qquad (3.207)$$

Relația este similară cu relația calculului $Q_{W,dis,ls,stub}$ dar în care apare temperatura $\theta_{W,avg}$ în locul termenului $\theta_{W,mean}$. Calculul lui $\theta_{W,avg}$ este indicat în continuare.

$\vartheta_{W,avg}$	[°C]	Valoarea medie a temperaturii apei calde de consum intr-un sistem de distribuție și recirculare a apei calde, fără consum de apă, pe durata pasului de timp considerat.

Determinarea temperaturii $\vartheta_{W,avg}$, după un interval de timp de neutilizare a instalației

Caz 1 - Determinarea temperaturii $\vartheta_{W,avg}$

Etapa 1 - Se calculează *qi*, pierderea termică specifică liniară, cu relația:

$$q_i = \Psi_i \cdot (\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,j}) \qquad \text{[W/m]} \qquad (3.208)$$

Etapa 2 - Se determină valoarea coeficientului exponențial *Ci*

Exponentul C_i, necesar evaluării scăderii temperaturii apei calde de consum după o operație de utilizare, este dat de relația:

$$C_i = \frac{q_i \cdot L_i}{c_W \cdot \rho_W \cdot V_i + c_p \cdot m_{p,i}} \cdot \frac{t_{atap}}{(\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,i})} \qquad (3.209)$$

V_i	[m^3]	Volumul de apă conținut de tronsonul i al sistemului de distribuție apă caldă de consum
c_P	[kWh/kgK]	Căldura specifică a materialului din care este realizată conducta
$m_{P,i}$	[kg]	Masa efectivă a tronsonului i al rețelei de distribuție apă caldă de consum, exclusiv apa conținută
t_{atap}	[h]	Durata între utilizări (furnizări ale apei calde de consum) (1 h)

q_i [W/m] Pierderea termică specifică pe lungime unitară (calculată la etapa 1)

Etapa 3 - Cu ajutorul coeficientului exponențial C_i se determină $\vartheta_{W,dis,atap}$, respectiv valoarea temperaturii apei calde de consum după un interval de timp de neutilizare a instalației:

$$\vartheta_{W,dis,atap,i} = \vartheta_{W,ah,j} + \left(\vartheta_{W\,avg,begin} - \vartheta_{W,amb,j}\right) \cdot e^{-C_i} \quad [°C] \quad (3.210)$$

Caz 2 - Determinarea temperaturii $\theta_{W,avg}$ considerând cunoscute profilele de consum DHW

Această metodă poate fi utilizată în cazul în care se cunoaște profilul de consum pentru apa caldă. În acest caz, valoare medie a temperaturii apei calde de consum $\vartheta_{W,avg}$ utilizată în relația de determinare a pierderii termice aferente unui sistem de distribuție a apei calde de consum cu recirculare, în absența consumului de apă caldă, poate fi determinată cu relația:

$$\vartheta_{W,avg} = \frac{\vartheta_{W\,avg,begin} + \vartheta_{W,dis,atap}}{2} \quad [°C] \quad (3.211)$$

Se poate adopta o metoda simplificată pentru pierderea termică aferentă unor conducte de distribuție a apei calde de consum, fără recirculare (formula 3.201) în care temperatura medie a apei calde de consum $\theta_{W,avg}$ este dată de relația:

$$\theta_{W,avg} = 25 \cdot \Psi^{-0,2} \quad [°C] \quad (3.212)$$

Această metodă simplificată se utilizează în cazul în care se adoptă în calcul un pas de timp orar.

În final, pierderile termice aferente unui sistem de distribuție a apei calde de consum cu recirculare se determină cu relația:

$$Q_{W,dis,ls,total} = Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,nom} + Q_{W,dis,ls,stub} \quad [kWh] \quad (3.\ 213)$$

in care:

- $Q_{W,dis,ls}$ - pierderile termice aferente inelului distribuţie şi recirculare, în timpul furnizării apei calde de consum;
- $Q_{w,dis,ls,nom}$ - pierderile termice aferente inelului distribuţie şi recirculare, între utilizări ale apei calde de consum;
- $Q_{W,dis,ls,stub}$ - pierderile termice aferente conductelor de distribuție fără recirculare (stub), în timpul utilizării apei calde de consum.

3.3.7.3 Determinarea pierderilor termice recuperabile ale subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{W,dis,rbl}$

Pierderile termice recuperabile ale subsistemului de distribuție pentru apă caldă de consum $Q_{W,dis,rbl}$ se determină numai pentru lungimea conductelor care traversează spații climatizate (încălzite sau răcite), prin aplicarea relației de calcul pentru pierderea termică aferentă unor conducte de distribuție a apei calde de consum însoțite de recirculare, în care L este lungimea conductelor de distribuție amplasate în spații climatizate, $L_{condispace}$:

$$Q_{W,dis,ls,condispace} = \frac{1}{1000} \sum_{0}^{t_{w,op}} \sum_{j} \psi_j \left(\theta_{W,mean} - \theta_{w,amb,j}\right)\left(L_{condispace} + L_{equip}\right)_j \; t_{ci} \quad [kWh] \quad (3.214)$$

În aceste condiții, se poate calcula un factor de recuperare a pierderilor termice, $f_{W,dis,ls,rbl}$ astfel:

$f_{W,dis,ls,rbl} = Q_{W,dis,ls,condispace} / Q_{W,dis,ls,total}$ [-] (3.215)

Energia termică recuperabilă din pierderile termice ale distribuției pentru apă caldă de consum este:

$Q_{W,dis,ls,rbl} = f_{W,dis,ls,rbl} \cdot Q_{W,dis,ls,total}$ [kWh] (3.216)

3.3.7.4 Calculul consumului de energie auxiliară al subsistemului de distribuție pentru apa caldă de consum

Calculul consumului de energie auxiliară se bazează pe puterea proiectată a pompelor de recirculare, pe pierderile de sarcină în sistem, pe debitele de fluid proiectate, pe factorul de utilizare a energiei corespunzător funcționării pompelor și pe timpul de funcționare. Consumul auxiliar de energie reprezintă consumul electric al pompelor de recirculare care asigură debitele de fluid în rețeaua de distribuție (cu recirculare).

Determinarea puterii proiectate a pompelor de recirculare, $P_{W,hydr,des}$

În primul rând, se determină puterea proiectată a pompelor de recirculare, $P_{W,hydr,des}$, care este dată de relația următoare:

$P_{W,hydr,des} = \Delta p_{W,des} \cdot \dot{V}_{W,des}/3600$ [kW] (3.217)

unde:

$\Delta p_{W,des}$ - pierderea de sarcină pe circuitul de distribuție și recirculare apă caldă de consum, cel mai dezavantajat (înălțimea de pompare furnizată de pompă, valoare proiectată), [kPa];

$\dot{V}_{W,des}$ - debitul de apă caldă de consum, valoare proiectată [m^3/h].

Pierderea de sarcină a unui sistem de conducte în circuit închis, $\Delta p_{W,des}$

Pierderea de sarcină a unui sistem de conducte în circuit închis, $\Delta p_{W,des}$, se calculează cu relația:

$\Delta p_{W,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{W,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{W,add}$ [kPa] (3.218)

unde:

f_{comp} - este factorul de rezistență al componentelor în sistemul de distribuție, [-], conform anexei B.5.2.2, SR EN 15316-3, respectiv

- pentru rețele de distribuție obișnuite, $f_{comp} = 0,3$
- pentru rețele de distribuție cu multe schimbări de direcție, $f_{comp} = 0,4$

$R_{W,max}$ - este pierderea de sarcină liniară pe circuitul cel mai dezavantajat, [kPa/m], conform anexei B.5.2.1, SR EN 15316-3, tabel B8;

L_{max} - este lungimea maximă a circuitului de distribuție cel mai dezavantajat, [m];

$\Delta p_{W,add}$ - este pierderea de sarcină locală aferentă rezistențelor hidraulice suplimentare locale, [kPa], conform anexei B, SR EN 15316-3, tabel B9;

Necesarul de energie electrică al pompei de recirculare, $W_{W,dis,hydr,an}$

Necesarul de energie al pompei de recirculare, $W_{W,dis,hydr,an}$, este dat de relația:

$W_{W,dis,hydr,an} = P_{W,hydr,des} \cdot \beta_{W,dis} \cdot t_{W,op,an} \cdot f_{W,corr}$ [kWh] (3.219)

unde:

$P_{W,hydr,des}$ - puterea pompelor proiectate, de recirculare, determinată anterior

$\beta_{W,dis}$ - este factor de funcționare (încărcare) la sarcina parțială a sistemului de distribuție, cu valori între (0....1);

$t_{W,op,an}$ - este timpul de funcționare a sistemului de distribuție, [h];

$f_{W,corr}$ - factorul de corecție pentru condiții speciale de proiectare a sistemului de distribuție, conform Anexa C, SR EN 15316-3; $f_{W,corr} = f_{HB} \cdot f_{special}$
f_{HB} - este factor pentru echilibrarea hidraulică și valoarea lui este:
f_{HB} = 1,0 dacă sistemul este echilibrat hidraulic
f_{HB} = 1,15 dacă sistemul este dezechilibrat hidraulic
$f_{special}$ = 1,0 pentru distribuție

Consumul de energie auxiliară, $W_{W,dis,hydr,an}$, este:
$W_{W,dis,an} = W_{W,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{W,dis}$ [kWh] (3.220)
unde:
$W_{W,dis,hydr,an}$ – calculat anterior
$\varepsilon_{W,dis}$ - este factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, [-]

Factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, $\varepsilon_{W,dis}$, se calculează astfel:
$\varepsilon_{W,dis} = f_{W,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{W,dis}^{-1}) \cdot EEI/0,25$ [-] (3.221)
unde:
$f_{W,e}$ - factor de eficiență, [-];
C_{P1}, C_{P2} - constantă în funcție de sistemul de reglare a pompei, pentru distribuție apă caldă de consum, [-], conform Anexei B, SR EN 15316-3, tabel B7;
EEI - indexul eficienței energetice, [-], din anexa B

Factorul de eficiență, $f_{W,e}$
Factorul de eficiență, $f_{W,e}$, este dat în general, de raportul următor:
$f_{W,e} = P_{W,ref} / P_{W,hydr,des}$ [-] (3.222)
unde:
$P_{W,ref}$ - este puterea de referință a pompei, [kW]
Pentru pompe de recirculare (wet running meter) cu puterea hidraulică proiectată $0,001 < P_{W,hydr,des} < 2,5$ kW, puterea de referință este, conform EU – Regulation Nr. 622/2012, calculată cu:
$P_{W,ref} = [1,7 \cdot P_{W,hydr,des} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot PW,hydr,des})] \cdot 10^{-3}$ [kW] (3. 223)
Pentru instalații existente, se poate considera ca putere de referință, $P_{W,ref}$, puterea electrică înscrisă pe etichetă, $P_{el,pmp}$.

Energie auxiliară pentru cablurile electrice încălzitoare
Consumul de energie auxiliară aferentă cablurilor electrice încălzitoare utilizate în distribuțiile instalațiilor de apă caldă de consum, $Q_{W,dis,rbl}$ este dat de relația de calcul:
$W_{W,dis,rib} = Q_{W,dis,ls}$ [kWh] (3. 224)
în care:
$Q_{W,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{w,op}} \sum_j \psi_j (\theta_{W,mean} - \theta_{w,amb,j}) (L + L_{equip})_j t_{ci}$ [kWh] (3. 225)
considerându-se doar lungimea conductelor pentru apa caldă de consum, protejate cu cablu încălzitor.

Energii auxiliare recuperabile și recuperate
Energia auxiliară recuperabilă pentru subsistemul de distribuție al instalațiilor de distribuție apă caldă de consum este considerat un aport termic către zona ambiantă și se calculează astfel:
$Q_{W,dis,rbl} = f_{rbl,dis} \cdot W_{W,dis}$ [kWh] (3. 226)

unde $f_{rbl,dis}$ este factor de recuperare a energiei auxiliare din subsistemul de distribuție.

Energia auxiliară recuperată în aer de la subsistemul de distribuție pentru apă caldă de consum, $Q_{W,dis,rvd}$, ca aport termic către zona ambiantă, este dată de ecuația:

$$Q_{W,dis,rvd} = f_{rbl,dis} \cdot W_{W,dis} \quad \text{[kWh]} \qquad (3.\ 227)$$

Valoarea factorului de recuperare $f_{rbl,dis}$, este menționată în anexa B.6, SR EN 15316-3, tabel B11, respectiv:

- pentru pompe cu izolație termică: $f_{rbl,dis} = 0{,}10$
- pentru pompe fără izolație termică: $f_{rbl,dis} = 0{,}25$

3.3.8 Pierderi termice aferente rezervoarelor de acumulare din sistemul de apă caldă de consum

Informații referitoare la metodă

În vederea realizării calculului, rezervorul de acumulare este împărțit în volume care reflectă stratificarea termică a apei în rezervor. Ipoteza consideră o temperatură ambientală constantă în spațiul de amplasare a rezervorului.

Sursa de agent termic primar aferent rezervorului poate fi amplasată în afara rezervorului de acumulare (de exemplu, cazane, pompe de căldură) sau în interior pentru cazuri specifice (de exemplu, rezistențe electrice).

Temperatura oricărui volum de calcul din rezervor reprezintă rezultatul bilanțului energetic pentru volumul considerat (consum de energie, transfer de masă, pierderi termice prin anvelopă).

Pierderi termice la nivelul rezervorului de acumulare

Calculul pierderilor termice aferente rezervorului poate fi realizat utilizând fie **metode detaliate** (cu condiții de calcul dinamic, cu variația În timp a temperaturii în rezervor, considerând volume de calcul multiple) fie **metode simplificate (metoda B)**, care utilizează un model de calcul cu volum unic și temperatură uniformă (fără stratificare termică). **Această metodă este descrisă în continuare (metoda anuală, denumită metoda B, respectiv modelul cu un volum unic).**

Metoda anuală (metoda B, modelul cu un volum unic)

Numărul volumelor de calcul din rezervor poate fi redus la 1 (model fără stratificare termică) atunci când temperatura la nivelul întregului rezervor este considerată omogenă. Nu se consideră o variație a temperaturii în funcție de timp.

În aceste ipoteze, pierderile termice la nivelul mantalei rezervorului se calculează cu relația:

$$Q_{sto;ls;tot} = f_{sto;bac;acc} \times f_{sto;dis;ls} \times \frac{H_{sto;ls}}{1000} \times \left(\vartheta_{sto;set} - \vartheta_{sto;amb}\right) \times t_{ci} \quad \text{[kWh]} \qquad (3.228)$$

Semnificația termenilor este următoarea:

$f_{sto;bac;acc}$ - coeficient de corecție ale cărui valori depind de tipul de automatizare și de dimensiunile rezervorului de acumulare. Acest coeficient de corecție ține cont de faptul că, în interiorul rezervorului de acumulare, apa se va stratifica, ceea ce duce la diminuarea pierderilor termice către mediul exterior, deoarece, în anumite zone ale rezervorului, temperatura apei este mai scăzută. Acest coeficient de corecție poate avea valori între 0 și 1. Pentru modelul ce presupune un volum unic de acumulare și având o temperatura uniformă, $f_{sto;bac;acc}$ este

considerat egal cu 1. Se utilizează valori mai mici decât 1 ale $f_{sto;bac;acc}$, dacă acest parametru este calculat cu procedura prezentată în Anexa D din SR CEN/TR 15316-6-10.

$f_{sto;dis;ls}$ - coeficient de corecție ce ține cont de pierderile termice aferente distribuției agentului termic primar. Acest coeficient depinde de numărul de racorduri ale rezervorului, de tipul de conexiune al acestora, tipurile izolației termice la nivelul conductelor și al vanelor; acest coeficient poate lua valori între 1 și 5.

$f_{sto;dis;ls}$ - egal cu 1, în situația în care nu există întreruperi ale izolației și nu există pierderi de agent termic pe traseul către rezervorul de acumulare. În acest caz ideal, pierderile de energie termică sunt prezente doar pe distribuție.

$f_{sto;dis;ls}$ - egal cu 3 (valoare recomandată pentru calcule) corespunde situației celei mai des întâlnită în realitate, anume izolația este prezentă doar pe traseele rectilinii ale conductelor de agent termic primar, nu și pe celelalte racorduri, iar teurile, coturile și vanele nu sunt izolate.

$H_{sto;ls}$ - reprezintă transmitanța la nivelul pereților rezervorului de acumulare, exprimată în W/K și poate lua orice valoare de la 0 la infinit. Acest parametru va fi specificat de către furnizorul/ producătorul rezervorului.

$\vartheta_{sto;set}$ - reprezintă temperatura apei în interiorul rezervorului de acumulare în °C considerat ca volum de calcul unic, cu temperatură constantă (poate avea valori până la 110 °C, în funcție de aplicație).

ϑ_{amb} - temperatura mediului înconjurător în °C (de exemplu 15 °C).

t_{ci} - timpul considerat în calcul, respectiv numărul de ore dintr-un an, 8760 de ore.

3.3.9. Pierderi termice aferente subsistemului de generare din sistemul de apă caldă de consum

Metoda de calcul a consumului la generator, inclusiv a pierderilor de energie și a performanței subsistemului de generare a agentului termic pentru prepararea apei calde de consum, preluată din SR EN 15316-4-1 și valabilă atât pentru cazane automatizate pe combustibili fosili cât și pe biomasă, a fost descrisă în detaliu la & 3.1.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de generare a agentului termic pentru încălzire, prin arderea combustibilului fosil și a biomasei.

Procedura de calcul este valabilă atât în cazul generării simultane a agentului termic pentru încălzire și preparare a.c.c. (spre exemplu în sezonul rece), cât și pentru generarea agentului termic doar pentru prepararea a.c.c. (spre exemplu în sezonul cald, când nu este nevoie de încălzire).

Se determină și în aceste cazuri:

- pierderile termice ale subsistemului de generare;
- pierderile recuperabile de căldură pentru încălzirea clădirii/zonei (din pierderile de la coș, prin mantaua cazanului și a vaselor de acumulare/boilere și din energia auxiliară);
- energia auxiliară necesară funcționării subsistemului de generare.

În situația specială a utilizării boilerelor de preparare a a.c.c. cu ardere directă (rezistență electrică sau gaze naturale), se va utiliza procedura diferită de calcul descrisă în SR EN 15316-4-1 (&6.11).

ANEXA 3.3.A Exemplu de calcul - Necesarul de căldură pentru apa caldă de consum livrată la consumator, $Q_{W,nd}$

Să se determine necesarul de căldură pentru apa caldă de consum, livrată la consumator (termenul $Q_{W,nd}$) pentru un apartament situat într-o clădire de locuit, având aria suprafeţei locuibile 75 m^2. Apa caldă este preparată centralizat. Apartamentul este renovat, fiind dotat cu armături eficiente la punctele de consum.

Acest exemplu de calcul se va realiza pentru o zonă a unei clădiri. O zonă este definită ca o clădire sau o parte a clădirii cu funcțiune distinctă, pentru care se va determina $Q_{W,nd}$. Criteriile de definire a zonelor sunt stabilite conform SR EN ISO 52000-1, tabel 10.

Pașii pentru stabilirea necesarului de căldură aferent preparării apei calde în zona de furnizare, $Q_{W,nd}$ sunt prezentați mai jos.

Relația generală pentru necesarul de căldură pentru apa caldă de consum, livrată la consumator (termenul $Q_{W,nd}$) este următoarea:

$$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_W \cdot \rho_W \cdot \left(\vartheta_{W;draw} - \vartheta_{W;c}\right) \cdot \frac{1}{1.000} \quad \text{[kWh/h]}$$

Semnificația termenilor este prezentată mai jos.

$V_t = V_{W,day}$

şi

c_W	Căldura specifică a apei	[kWh/kgK]
ρ_W	Densitatea apei (se poate considera valoarea 1000 kg/m3)	[kg/m3]
$\theta_{W,draw}$	Temperatura de utilizare a apei calde la punctul de consum, rezultată în urma amestecului apei reci cu apa caldă, la punctul de furnizare (de exemplu, baterie); se consideră $\theta_{W,draw}$ =45°C	[°C]
$\theta_{W;c}$	Temperatura apei reci de consum; se consideră $\theta_{W;c}$ =10°C	[°C]

1. Pornind de la aria locuibilă A_h = 75 m^2, se determină $n_{P,eq,\max}$, cu relația de calcul următoare:

$$n_{P,eq,max} = \begin{cases} 1 & \text{dacă} \quad A_h < 10\ m^2 \\ 1{,}75 - 0{,}01875 \cdot (50 - A_h) & \text{dacă} \quad 10\ m^2 \le A_h < 50\ m^2 \\ 0{,}035 \cdot A_h & \text{dacă} \quad A_h \ge 50\ m^2 \end{cases}$$

Ulterior se determină numărul de consumatori echivalenţi $n_{P,eq}$ cu relația:

$$n_{P,eq} = \begin{cases} n_{P,eq,max} & \text{dacă} \quad n_{P,eq,max} < 1{,}75 \\ 1{,}75 + 0{,}3 \cdot \left(n_{P,eq,max} - 1{,}75\right) & \text{dacă} \quad n_{P,eq,max} \ge 1{,}75 \end{cases}$$

În consecinţă, pentru Ah = 75 m^2, se obţine:

$n_{P,eq,max} = 0{,}035 \cdot A_h = 2{,}625$, număr maxim de consumatori echivalenţi

Pentru $n_{P,eq}$ se adoptă formula:

$n_{P,eq} = 1{,}75 + 0{,}3 \cdot \left(n_{P,eq,max} - 1{,}75\right) = 2{,}0125 \cong 2{,}02$, număr consumatori echivalenţi.

2. Se determină necesarul specific de apă caldă de consum, cu următoarea relație:

$$V_{W,P,day} = \min\left(x; \left(y \cdot \frac{A_h}{n_{P,eq}}\right)\right)$$

Aşadar,

$$V_{W,P,day} = \min\left(x; \left(y \times \frac{A_h}{n_{P,eq}}\right)\right) = \min\left(40{,}71; \left(3{,}26 \times \frac{75}{2{,}0125}\right)\right) = \min(40{,}71; 121{,}49) =$$

40,71 l/om,zi = $V_{f,W,day}^{din\ norme}$

Această valoare reprezintă necesarul specific de apă caldă de consum pentru temperaturile θ_W = 60°C şi $\theta_{W,c}$ = 13,50°C.

3. Se realizează corecţia necesarului specific pentru temperaturile $\theta_{W,draw}$ = 45°C şi $\theta_{W,c}$ = 10°C, utilizând următoarea relaţie:

$$V_{P,W,day} = V_{P,W,day}^{din\ norme} \frac{\theta_W - \theta_{W,c}}{\theta_{W,draw} - \theta_{W,c}} = V_{P,W,day}^{din\ norme} \frac{60 - 13{,}50}{45 - 10}$$

$$= 40{,}71\ {}_{P,W,day}^{din\ norme} \frac{60 - 13{,}50}{45 - 10} = 54{,}08 \frac{l}{om, zi}$$

4. In final, se obţine necesarul total de apă caldă de consum pentru apartament:

$$V_{W,day} = V_{W,P,day} \cdot n_P = V_{W,P,day} \cdot n_{P,eq} = 54{,}08 \cdot 2{,}02 = 109{,}25 \qquad \text{[l/zi]}$$

5. Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum livrată la consumator se determină utilizând relația:

$$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_W \cdot \rho_W \cdot (\vartheta_{W,draw} - \vartheta_{W,c}) \qquad \text{[kWh/zi]}$$

In această relaţie de calcul, $V_t = V_{W,day}$

$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_W \cdot \rho_W \cdot (\vartheta_{W,draw} - \vartheta_{W,c}) = 109{,}25\ l/zi \cdot 4{,}186\ kJ/Kg, K \cdot 1\ kg/dm3 \cdot (45 - 10)K =$ 16006,22 kJ/zi = 16006,22 kJ / (24x3600) s x 24 h = 4.45 kWh/zi

S-a considerat ipoteza de calcul conform căreia acest necesar de apă se livrează în 24 ore/zi.

ANEXA 3.3.B Determinarea pierderilor termice aferente conductelor de distribuție

Etapa 1

Se selectează date de intrare privind clădirea și rețeaua de distribuție pentru încălzire/răcire sau apă caldă de consum.

Nume parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Interval de valori recomandat
Date de intrare				
Lungimea clădirii	L_L	m	15	4…100
Lățimea clădirii	L_W	m	10	4…20
Număr de niveluri	N_{lev}	-	3	1…10
Înălțimea nivelului	h_{fl}	m	2,9	2…5

Nume parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Interval de valori recomandat
Lungime (conform B1.1 – din SR EN 15316-3)	l_c	m	0	0 / 6
Transmitanța termică liniară pentru conducte izolate, în interiorul clădirii	Ψ	W/(m·K)	0,2	0,05..0,5
Diametrul interior al conductei (fără izolație)	d_i	m	0,02	0,01…1,00
Diametrul exterior al conductei (cu izolație)	d_a	m	0,06	0,01…1,00
Conductivitatea termică a izolației	λ_D	W/(m·K)	0,04	0,01..0,08
Conductivitatea termică a materialului de îngropare	λ_{em}	W/(m·K)	1	0,01….5,0
Adâncimea de îngropare a țevii față de suprafața terenului	z	m	0,15	0,05..2,0
Conductivitatea termică a materialului conductei	λ_P	W/(m·K)	380	10..500
Diametrul interior al conductei	$d_{p,i}$	m	0,019	
Diametrul exterior al conductei	$d_{p,a}$	m	0,022	
Căldura specifică a materialului conductei	c_p	kWh/(kg·K)	0,106	0,02…0,25
Densitatea materialului conductei	ρ_p	kg/m³	8900	1000…20000

Etapa 2 –

În cazul în care nu se cunosc traseele exacte ale distribuției, se pot adopta lungimi aproximative, obținute cu formula de calcul care utilizează geometria clădirii.

Instalația analizată	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Formula de calcul (anexa B2.3 din SR EN 15316-3)	Explicații suplimentare
Încălzire/răcire spațiu					
Lungimea conductelor de legătură de la radiator (echipament) la coloane;	l_A	m	247,50	$l_A = 0{,}55 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev}$	
Lungimea coloanelor;	l_S	m	32,63	$l_S = 0{,}025 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev} \cdot h_{lev}$	
Lungimea distribuției/colectorului inferioare a conductelor;	l_V	m	54,38	$l_V = 2 \cdot l_L + 0{,}01625 \cdot l_L \cdot l_W{}^2$	
Lungimea maximă a traseului de la generatorul de căldură către cel mai îndepărtat corp de încălzire/răcire	L_{max}	m	57,40	$L_{max} = 2 \cdot \left(L_L + \frac{L_W}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right)$	
Apa caldă de consum					
Lungimea conductelor din circuitul deschis (denumit cu indicele „stub”)	l_A	m	22,50	$l_A = 0{,}05 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev}$	
Lungimea conductelor verticale	l_S	m	97,88	$l_S = 0{,}075 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev} \cdot h_{lef}$ $l_V = 2 \cdot l_L + 0{,}0125 \cdot l_L \cdot l_W$	Lungimea conductelor verticale, însoțite de recirculare Sau * (0,5) Lungimea conductelor verticale, fără recirculare
Lungimea conductelor aferente distribuției	l_V	m	31,88		Lungimea conductelor verticale, însoțite de recirculare

Instalația analizată	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Formula de calcul (anexa B2.3 din SR EN 15316-3)	Explicații suplimentare
					Sau * (0,5) Lungimea conductelor verticale, fără recirculare
Lungimea maximă a conductelor, într-un circuit închis (distribuție și recirculare)	L_{max}	m	57,40	$L_{max} = 2 \cdot \left(L_L + \frac{L_W}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right)$	

Etapa 3 –

Se determină o serie de parametri, care caracterizează pierderile termice de-a lungul distribuției. Acești parametri sunt utilizați ulterior în calcul.

Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Referință formulă	Formula de calcul	Explicații suplimentare
Factorul de corecție pentru condiții speciale de proiectare a sistemului de distribuție	$f_{X,corr}$		1,00			Anexa
Transmitanța termică liniară pentru conducte izolate, în interiorul clădirii	Ψ	W/(m·K)	0,20	Formula (3)	$\Psi = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a \cdot d_a} \right)}$	
Transmitanța termică liniară pentru conducte îngropate	Ψ_{em}	W/(m·K)	0,21	Formula (4)	$\Psi_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2}\left[\frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_{bw}} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{d_a} \right]}$	

Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Referință formulă	Formula de calcul	Explicații suplimentare
Transmitanța termică liniară pentru conducte neizolate	Ψ_{non}	W/(m·K)	0,97	Formula (5)	$\Psi_{non} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_p} \cdot \ln \frac{d_{p,a}}{d_{p,i}} + \frac{1}{h_a \cdot d_{p,a}}}$	Formula de calcul exact
Transmitanța termică liniară pentru conducte neizolate	Ψ_{non}	W/(m·K)	0,97	Formula (6)	$\Psi_{non} = h_a \cdot \pi \cdot d_{p,a}$	aproximare
Volumul conductelor din circuit deschis, definit pe zone	V_P	m³	0,0064		$V_p = d_{p,i}^{\ 2} \cdot \pi / 4 \cdot L_p$	
Masa conductelor	m_P	kg	56,75		$m_p = \rho_p \cdot V_p$	
Factor de eficiență, pentru instalația X (încălzire/răcire, apa caldă de consum)	$f_{X,e}$		4,332	Formula (23)	$f_{X,e} = \left(1{,}25 + \left(\frac{0.2}{P_{X,hydr,des}}\right)^{0,5}\right) \cdot b$	
Factor utilizat în selecția pompei	b		1			constant
Constantă care depinde de sistemul de reglare (automatizare) a pompei	C_{P1}		0,90			HEAT_DISTR_CTRL_PMP 0 / 3 / 4
Constantă care depinde de sistemul de reglare (automatizare) a pompei	C_{P2}		0,10			HEAT_DISTR_CTRL_PMP 0 / 3 / 4
Factor de cheltuieli pentru energia pompelor de distribuție	$\varepsilon_{X,dis}$		4,80	Formula (22)	$\varepsilon_{X,dis} = f_{X,e} \cdot \left(C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{X,dis}^{\ -1}\right)$	
Factor f_{EEI}	f_{EEI}		0,43	Formula (28)	$f_{EEI} = \frac{EEI}{C_E}$	

Valori pentru coeficientul eficiența energetică EEI		
Încălzire		0,25
Răcire		0,25
Apa caldă de consum		0,30

Etapa 4 –

Determinarea și adoptarea altor parametri, necesari în calculul termic

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
Condiții inițiale							
Temperatura agentului termic, de intrare în echipamentul de emisie energie termică (încălzire)	$\theta_{H,em,in}$	°C	68	0..110	M3-5	Da	
Temperatura agentului termic, de ieșire din echipamentul de emisie energie termică (încălzire)	$\theta_{H,em,out}$	°C	58	0..110	M3-5	Da	
Debit, în circuitul de încălzire	$\dot{V}_H$	m³/h	3.5	0…..µ	M3-5	Da	
Temperatura agentului termic, de intrare in echipamentul de răcire (de exemplu, ventiloconvector)	$\theta_{C,em,in}$	°C	6	0..110	M4-5	Da	
Temperatura agentului termic, de ieșire din echipamentul de răcire	$\theta_{C,em,out}$	°C	12	0..110	M4-5	Da	
Debit in circuitul de răcire	$\dot{V}_C$	m³/h	0.8	0…..µ	M4-5	Da	
Temperatura DHW (a apei calde de consum)	θ_W	°C	50	30..70	M8-1	Da	
Diferența de temperatură între temperatura de consum a apei	$\Delta\theta_W$	K	5	2..10	M8-1	Da	Doar pentru distribuții însoțite de recirculare

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
calde și temperatura pe conducta de recirculare							
Intervalul de calcul, pas de timp	t_{ci}	h	1	1…8760	M1-9	Da	
Durata de operare totală	t_{op}	h	1	0…8760	M1-6	Da	Suma intervalelor de calcul, a pașilor de timp
Temperatura mediului ambiant, pe durata intervalului de calcul, pe durata de încălzire	$\theta_{ah,H}$	°C	13	-30…+30	M2-2	Da	
Temperatura mediului ambiant, pe durata intervalului de calcul, pe durata de răcire	$\theta_{ah,C}$	°C	22	-30…+30	M2-2	Da	
Temperatura mediului ambiant, pe durata intervalului de calcul, pe durata de consum apă caldă	$\theta_{ah,W}$	°C	13	-30…+30	M2-2	Da	
Intervalul de timp între două utilizări ale armăturii, în vederea consumului	t_{atap}	h	2	0..24	M8-1	Da	
Timpul de operare a sistemului de distribuție	$t_{X,op}$	h	1	0…8760		Da	
Date utilizate în proiectarea sistemului							
Date considerate în documentația tehnicăa aferentă instalației							
Profil consum, exprimat prin frecvența de utilizare a armăturilor pentru apa caldă	n_{tap}	1/h	0,5	1..30	M8-1	Da	

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
Număr de operații (utilizări) ale pompei de recirculare	n_{nom}	1/d	2	0…24	M8-1	Da	
Temperatura medie a apei calde de consum în sistem închis, fără utilizare, considerată pentru pasul de timp	$\theta_{W,avg}$	°C	25	20…70	M8-1	Da	Se determină prin calcul
Factorul de rezistență al componentelor în sistemul de distribuție	f_{comp}		0.3	0…0,8			Se aplică LOCAL
Pierderea de sarcină liniară unitară	$R_{X,max}$	kPa/m	0.1	0,05...0,50			
Pierderea de sarcină locală	$\Delta p_{X,add}$	kPa	3	0…100		Da	
Sarcina termică determinată prin calcul, pentru încălzire (H) pentru o zonă	$F_{H,em.out}$	kW	50	1…..µ			
Sarcina termică determinată prin calcul, pentru răcire (C), pentru o zonă	$F_{C,em.out}$	kW	50	1…..µ			
Diferența de temperatură, de calcul, pentru circuitul de încălzire	$\Delta\theta_{H,dis,des}$	K	15	1…50			
Diferența de temperatură, de calcul, pentru circuitul de răcire	$\Delta\ \theta_{C,dis,des}$	K	6	1…20			
Diferența de temperatură, de calcul, pentru circuitul aferent apei calde de consum (distribuție + recirculare)	$\Delta\theta_{W,circ}$	K	5	1…10			
Factor de energie primară, pentru transport energie termică	$f_{X,Y}$		1,1				
Factor de energie primară, pentru transport energie electrică	$f_{X,Z}$		2,4				

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
Tipul de reglare a sistemului							
Tipul de reglare/automatizare a debitului	HEAT_DISTR _CTRL_PMP			0, 3, 4			
Tipul de reglare/automatizare a turației	HEAT_DISTR _CTRL			0, 2, 3			
Constante							
(căldură specifică x densitatea) apei	$c_w \cdot \rho_w$	kWh/(m³·K)	1,15				
Căldura specifică a apei	c_w	kWh/(kg·K)	1,163				
Densitatea apei	ρ_w	kg/m³	990				
Factor de selecție a pompei	b	-	1				Selecție la parametrii calculați ai instalației
Factor de selecție a pompei	b	-	2				Selecție la parametrii diferiți de cei calculați ai instalației
Coeficientul global de transfer termic (convecție și radiație)	h_a	W/(m²K)	8		Local	NU	Valoare pentru conducte izolate
	h_a	W/(m²K)	14				Valoare pentru conducte neizolate

Etapa 5 –

Se determină, prin calcul, parametrii necesari, cuprinși în tabelul următor, respectiv pierderile termice aferente sistemului de distribuție.

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare
Temperatura medie a apei, în sistemul de distribuție pentru încălzire	$\theta_{H,em,mean}$	°C	63,0	Formula (1)	$\theta_{X,em,mean} = \frac{\theta_{X,em,in} + \theta_{X,em,out}}{2}$	Indice X: încălzire H
Temperatura medie a apei, în sistemul de distribuție pentru răcire	$\theta_{C,em,mean}$	°C	9,0	Formula (1)	$\theta_{X,em,mean} = \frac{\theta_{X,em,in} + \theta_{X,em,out}}{2}$	Indice X: răcire C
Temperatura medie a apei, în sistemul de distribuție pentru apa caldă de consum	$\theta_{W,em,mean}$	°C	47,5	Formula (2)	$\theta_{W,em,mean} = \theta_W - \frac{\Delta\theta_W}{2}$	
Pierderile termice aferente sistemelor de distribuție a agentului termic apă, pentru încălzire	$Q_{H,dis,ls}$	kWh	0,54	Formula (7)	$Q_{X,dis,ls} = \frac{1}{1000}\sum_{0}^{t_{X,op}}\sum_{j}\Psi_j \cdot (\theta_{X,em,mean} - \theta_{X,ah,j}) \cdot L_j \cdot t_{ci}$	Pierdere termică în pasul de timp t_{ci}
Pierderile termice (aporturi) aferente sistemelor de distribuție a agentului termic apă, pentru răcirea spațiilor	$Q_{C,dis,ls}$	kWh	-0,64	Formula (7)	$Q_{X,dis,ls} = \frac{1}{1000}\sum_{0}^{t_{X,op}}\sum_{j}\Psi_j \cdot (\theta_{X,em,mean} - \theta_{X,ah,j}) \cdot L_j \cdot t_{ci}$	Pierdere termică(aport de căldură) in pasul de timp t_{ci}
Pierderile termice aferente sistemelor de distribuție apă caldă de consum	$Q_{W,dis,ls}$	kWh	0,225	Formula (7)	$Q_{X,dis,ls} = \frac{1}{1000}\sum_{0}^{t_{X,op}}\sum_{j}\Psi_j \cdot (\theta_{X,em,mean} - \theta_{X,ah,j}) \cdot L_j \cdot t_{ci}$	Pierdere termică în pasul de timp t_{ci} pentru lungimea conductelor de distribuție și recirculare
Debit masic pentru apa caldă de consum, în sistem deschis (de la circuitul distribuție - recirculare către armături, neînsoțit de recirculare)	$m_{w,dis,stub}$	kg/h	3,16	Formula (9)	$\dot{m}_{W,dis,stub} = \sum V_{stub,j} \cdot \rho_W \cdot n_{tap,j}$	

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare
Pierderi suplimentare termice pentru conductele de distribuție neînsoțite de recirculare	$Q_{W,dis,stub}$	kWh	135.8	Formula (8)	$Q_{W,dis,ls,stub} = \dot{m}_{W,dis,stub} \cdot c_w \cdot \left(\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,j}\right) \cdot t_{ci}$	
Debit masic pentru conductele de recirculare	$m_{w,dis,nom}$	kg/h	0.53	Formula (11)	$\dot{m}_{W,dis,nom} = \frac{1}{24} \cdot \sum_j V_j \cdot \rho_W \cdot n_{nom,j}$	
Pierderi termice în sisteme de recirculare, în absența consumului	$Q_{w,dis,nom}$	kWh	7.3	Formula (10)	$Q_{W,dis,nom} = \dot{m}_{W,dis,nom} \cdot c_w \cdot \left(\theta_{W,avg} - \theta_{W,ah,j}\right) \cdot t_{ci}$	
Temperatura apei calde de consum, pe perioada lipsei de consum, între utilizările apei calde	$\theta_{W,dis,atap}$	°C	31.9	Formula (12)	$\theta_{W,dis,atap,i} = \theta_{W,ah,j} + (\theta_W - \theta_{W,ah,j}) \cdot e^{-C_i}$	
Exponent C_i utilizat pentru calculul scăderii temperaturii apei calde în conducte de distribuție, după o utilizare, în secțiunea i	C_i		0.674	Formula (13)	$C_i = \frac{q_i \cdot L_i \cdot t_{atap}}{c_W \cdot \rho_W \cdot V_i + c_p \cdot m_{p,i}} \cdot \frac{1}{(\theta_W - \theta_{W,ah,i})}$	
Flux de căldură specific liniar	q_i	W/m	7.4	Formula (14)	$q_i = \Psi_i \cdot (\theta_W - \theta_{W,ah,j})$	
Factor/pondere a energiei termice recuperabile aferente sistemului de distribuție	$f_{H,dis,rbl}$		0.65	Formula (17)	$f_{H,dis,rbl} = \frac{Q_{H,dis,ls,heatedspace}}{Q_{H,dis,ls,total}}$	ipoteza
Pierderi termice recuperabile ale sistemului de distribuție pentru	$Q_{H,dis,rbl}$	kWh	0.35	Formula (18)	$Q_{HW,dis,rbl} = f_{HCW_dis_rbl} \cdot Q_{HW,dis,ls,total}$	

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare
încălzirea în zona de amplasare a distribuției					$Q_{C,dis,rbl} = -f_{HCW_dis_rbl} \cdot Q_{C,dis,ls,total}$	
Energie termică necesară la intrarea în sistemul de emisie	$Q_{X,em}$	kWh	40.25	Formula (37)	$Q_{X,em} = \dot{V}_X \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\theta_{X,em,in} - \theta_{X,em,out}) \cdot t_{ci}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Factor de cost pentru energie	$\varepsilon_{X,dis}$		1.014	Formula (36)	$\varepsilon_{X,dis} = \frac{Q_{X,em} + Q_{X,dis,ls}}{Q_{X,em}} = 1 + \frac{Q_{X,dis,ls}}{Q_{X,em}}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Factor de cost pentru energia primară	$\varepsilon_{P,X,dis}$		0.018	Formula (38)	$\varepsilon_{P,X,dis} = \frac{f_{X,Y} \cdot Q_{X,dis,ls} + f_{X,Z} \cdot W_{X,dis,aux}}{Q_{X,em}}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldaă de consum W
Energie termică necesară la intrarea în sistemul de distribuţie	$Q_{H,dis,in}$	kWh	40.794	Formula(39)	$Q_{X,dis,in} = \varepsilon_{X,dis} \cdot Q_{X,em}$ sau $Q_{X,dis,in} = Q_{X,em} + Q_{X,dis,ls}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Temperatura medie a apei calde de consum	$\theta_{W,avg}$	°C	40.93	Formula(15)	$\theta_{W,avg} = \frac{\theta_W + \theta_{W,dis,stop}}{2}$	
Temperatura medie a apei calde de consum, în sisteme deschise, forma simplificată	$\vartheta_{W,em,mean}$	°C	34.49	Formula(16)	$\theta_{W,em,mean} = 25 \cdot \Psi^{-0,2}$	

Etapa 6 –

Se determină, prin calcul, parametrii necesari, cuprinși în tabelul următor, respectiv energiile auxiliare consumate, aferente sistemului de distribuție.

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formula	Note suplimentare
Diferența de presiune aferentă unei zone din sistemul de distribuție	$\Delta_{pX,des}$	kPa	10,46	Formula (20)	$\Delta p_{X,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{X,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{X,add}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Debit volumic utilizat în proiectarea sistemelor de încălzire și răcire	$\dot{V}_{X,des}$	m³/h	7,25	Formula (21)	$\dot{V}_{X,des} = \frac{\Phi_{X,em,out}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta\theta_{X,dis,des}}$	Indice X: încălzire H, răcire C
Debit volumic utilizat în proiectarea sistemelor de distribuție apă caldă de consum	$\dot{V}_{W,des}$	m³/h	0,04	Formula (22)	$\dot{V}_{W,des} = \frac{Q_{W,dis,ls}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta\theta_{circ}}$	
Puterea proiectată a pompelor de recirculare a apei calde de consum	$P_{X,hydr,des}$	kW	0,021	Formula (19)	$P_{X,hydr,des} = \frac{\Delta p_{X,des} \cdot \dot{V}_{X,des}}{3600}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W
Energie auxiliară necesară pentru cabluri electrice încălzitoare	$W_{W,dis,aux,rib}$	kWh	0,225	Formula (19)	$W_{W,dis,aux,rib} = Q_{W,dis,ls}$	Se calculează cu lungimea conductelor de apă caldă și pe durata unui an
Factor de încărcare la sarcină parțială a sistemului de distribuție	$\beta_{X,dis}$		0,483	Formula (25)	$\beta_{X,dis} = \frac{\dot{V}_{X,dis}}{\dot{V}_{X,des}}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formula	Note suplimentare
Necesar de energie al pompei din rețeaua de distribuție	$W_{X,dis,hydr}$	kWh	0,01	Formula (24)	$W_{X,dis,hydr,an} = P_{X,hydr,des} \cdot \beta_{X,dis} \cdot t_{X,op,an} \cdot f_{X,corr}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W
Necesarul de energie auxiliară	$W_{X,dis,aux}$	kWh	0,049	Formula (26)	$W_{X,dis,aux,an} = W_{X,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{X,dis}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energia auxiliară recuperabilă aferentă distribuției, utilizată pentru încălzirea zonei considerate	$Q_{X,dis,aux,rbl}$	kWh	0,012	Formula (34)	$Q_{X,dis,aux,rbl} = 0,25 \cdot W_{X,dis,aux}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energia auxiliară recuperată aferentă distribuției, utilizată pentru încălzirea zonei considerate	$Q_{X,dis,aux,rvd}$	kWh	0,037	Formula (35)	$Q_{X,dis,aux,rbl} = 0,75 \cdot W_{X,dis,aux}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energie auxiliară, consumată pe durata de funcționare în mod redus (setback operation)	$W_{X,dis,aux,setb}$	kWh	0,021	Formula(30)	$W_{X,dis,aux,setb} = P_{X,hdr,des} \cdot t_{ci}$	HEAT_DISTR_CTRL = 2
Energie auxiliară, consumată pe durata de funcționare în mod impuls (boost mode operation)	$W_{X,dis,aux,setb}$	kWh	0,069	Formula(31)	$W_{X,dis,aux,boost} = 3,3 \cdot P_{X,hydr,des} \cdot t_{ci}$	HEAT_DISTR_CTRL = 3

3.4. Instalații pentru iluminat; cuplarea cu lumina naturală

3.4.1. Informații generale; alte referințe tehnice aplicabile

Metoda de calcul prezentată în acest capitol și care are ca obiectiv determinarea consumului global sau specific de energie pentru iluminarea unei clădiri/zone de clădire rezidențială sau nerezidențială urmează procedurile prezentate în standardul SR EN 15193-1 Performanţa energetică a clădirilor. Cerinţe energetice pentru iluminat. Partea 1: Specificaţii, Modul M9.

Se presupune că atât clădirile existente cât și cele noi sau renovate sunt echipate cu sisteme de iluminat care respectă bunele practici și cerințele de proiectare prezentate în:

- SR EN 12464-1 pentru spațiile din clădirile nerezidențiale noi sau renovate destinate activităților lucrative;
- SR EN 12193 pentru clădirile nerezidențiale noi sau renovate, destinate activităților sportive;
- SR EN 1838 pentru iluminatul de siguranță din clădirile nerezidențiale noi sau renovate;
- SR EN 15193-1 pentru sistemul de iluminat din clădirile rezidențiale.

Pentru înțelegerea completă și aplicarea corectă a procedurilor prezentate în acest capitol sunt utile și următoarele documente tehnice aplicabile domeniului ”iluminat”:

- SR EN 12665 Lumină și iluminat.Termeni de bază și criterii pentru specificarea cerințelor de iluminat;
- SR EN 60598 (toate părțile) – Corpuri de iluminat;
- SR EN 62722-1 Performanţa corpurilor de iluminat. Partea 1: Cerințe generale;
- SR EN 50470 (toate părțile) Echipamente de măsurare a energiei electrice (c.a.);
- ISO 10916. Calcularea impactului utilizării luminii naturale asupra rețelei electrice și necesarul final de energie pentru iluminat.

Metoda de calcul ia în considerare cuplarea în orice proporție a luminii provenite de la sistemul de iluminat cu cea naturală.

3.4.2. Metode de calcul al indicatorului LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)

Se vor prezenta în continuare metoda complexă și respectiv cea simplificată de calcul pentru determinarea performanței energetice a sistemelor de iluminat în diverse situații. Ambele metode țin cont de puterea electrică instalată pentru iluminat, nivelul de ocupare și nivelul iluminatului natural.

Notă: cu ajutorul procedurilor de estimare prin calcul al consumului de energie pentru iluminat se pot determina suplimentar valorile cu care sistemul de iluminat contribuie la necesarul de energie pentru încălzire și respectiv răcire (WL din anexa P obținut cu formula P.4 din SR EN 15193-1 care semnifică $q_{int,L}$ din modulele M1-9, M2-7 și M4-3 din setul de standarde EPB) în vederea stabilirii performanței energetice totale a unei clădiri/zone dintr-o clădire.

3.4.2.1. Metoda complexă de calcul

Această metodă se aplică pentru determinarea consumului de energie al sistemelor de iluminat din clădirile/zone din clădirile rezidențiale și nerezidențiale, existente, noi sau renovabile, în cazul în care există informații detaliate despre aceste sisteme de iluminat.

Calculul se poate realiza anual, lunar sau orar în funcție de pasul de timp al setului de date necesare utilizate ca intrări în fomulele de calcul. Rezultatul final al calculului este consumul de energie pentru pasul de timp ales, exprimat în kWh/an,pas de timp, respectiv coeficientul de performanță al sistemului de iluminat, coeficientul $LENI_{sub}$ (LENI pentru o zonă și/sau un pas de timp subanual) sau LENI, exprimat în kWh/an,m^2 (consumul total normalizat la suprafața unitară utilă a clădirii).

Datele de intrare necesare calculului atât pentru clădirile noi sau renovate cât și pentru clădirile existente, sunt:

- tipul de corpuri de iluminat, identificate fiecare cu un cod unic și respectiv caracterizate de date tehnice;
- numărul din fiecare tip de corp de iluminat;
- tipul de dispozitive de reglare a nivelului de iluminat;
- factorul de mentenanță MF utilizat în procesul de proiectare sau în planul de întreținere.

Pentru fiecare tip de corp de iluminat sunt necesare următoarele valori declarate de producător în baza standardelor aplicabile și ajustate ulterior în funcție de regimul de operare al sistemului de iluminat:

- puterea electrică Pi (W) – valoare conform documentației tehnice a corpurilor de iluminat utilizate sau anexa B, tabelul B.10 din SR EN 15193-1 pentru cazul clădirilor rezidențiale;
- puterea electrică Pci (W) absorbită în mod standby de către dispozitivele de reglare;
- puterea electrică Pei (W) necesară încărcării bateriilor pentru iluminatul de siguranță.

În cazul corpurilor de iluminat din clădirile existente pentru care nu sunt disponibile datele tehnice de mai sus, se va folosi metoda de testare în situ descrisă în anexa D a SR EN 15193-1.

Determinarea consumului total anual de energie al unui sistem de iluminat (pentru o zonă de clădire sau întreaga clădire) se face utilizând ecuațiile 1…13 din SR EN 15193-1 prin care se determină, în ordinea indicată mai jos:

1. timpul t_D în care se asigură iluminatul clădirii/zonei de clădiri utilizând și lumină naturală, conform anexei B, tabel B.2 din SR EN 15193-1
2. timpul t_N în care se asigură iluminatul clădirii/zonei de clădiri utilizând doar lumină artificială, conform anexei B, tabel B.2 din SR EN 15193-1
3. puterea electrică instalată totală a corpurilor de iluminat (include puterea lămpilor, a balastului și altor componente când funcționează la putere maximă), Pn conform ecuației (1)

$$P_n = \sum_{i=1}^{i=n} P_i [W] \qquad (1)$$

4. puterea electrică totală instalată pentru încărcarea bateriilor din corpurile de iluminat de siguranță, Pem conform ecuației (2) și anexa eventual H din SR EN 15193-1

$$P_{em} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{ei} \left[W \right] \tag{2}$$

5. puterea electrică totală a dispozitivelor de automatizare a funcționării corpurilor de iluminat, Ppc conform ecuației (3) și eventual anexa H din SR EN 15193-1

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{ci} \left[W \right] \tag{3}$$

6. factorul de ocupare a spațiilor Fo, conform ecuațiilor 4-6 și anexei E din SR EN 15193-1
7. factorul de utilizare al luminii naturale FD, conform ecuației 7 și anexei F din SR EN 15193-1

$$F_D = 1 - (F_{D,S} \times F_{D,C}) \tag{7}$$

8. factorul de dependență de nivelul constant de iluminare FC, conform ecuației (8) și anexei G din SR EN 15193-1

$$F_C = 1 - \frac{1}{2} F_{CC} (1 - MF) \tag{8}$$

9. consumul de energie electrică necesară pentru îndeplinirea funcției de iluminare într-o zonă a clădirii, pentru pasul de timp utilizat ts, WL,t (kWh/ts), conform ecuației (10) din SR EN 15193-1

$$W_{L,t} = \sum [(P_n \times F_D) \times F_o [(t_D \times F_D) + t_N]]/1\,000 \; [\mathrm{kWh} / t_s] \tag{10}$$

10. consumul de energie electrică necesară în perioadele în care nu este necesar iluminatul pentru bateriile corpurilor de iluminat de siguranță și pentru menținerea activă a dispozitivelor de reglare într-o zonă a clădirii, pentru pasul de timp utilizat ts, WL,t (kWh/ts), conform ecuației (11) din SR EN 15193-1

$$W_{P,t} = \sum [(P_{pc} \times t_s) + (P_{em} \times t_s)]/1\,000 \; [\mathrm{kWh} / t_s] \tag{11}$$

11. consumul total de energie pe intervalul de timp ts pentru corpurile de iluminat, bateriile corpurilor de iluminat de siguranță și dispozitivelor de reglare dintr-o clădire/zonă a clădirii, conform ecuației (9) din SR EN 15193-1

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \; [\mathrm{kWh} / t_s] \tag{9}$$

12. consumul anual total de energie electrică W (kWh/an) pentru iluminatul unei clădiri, conform ecuației (12) din SR EN 15193-1

$$W = \sum (8\,760 / t_s \times W_t) \; [\mathrm{kWh} / \mathrm{an}] \tag{12}$$

13. LENI (kWh/m^{2}xan), conform ecuației (13) din SR EN 15193-1.

$$LENI = W/A \; [\mathrm{kWh}/(\mathrm{m}^2 \times \mathrm{an})] \tag{13}$$

Notațiile utilizate în formule, în afara celor menționate sunt:

- F_c Factor de iluminare constantă;
- F_{cc} Factor pentru eficiența sistemului de reglare a iluminării constante;
- F_D Factor de dependență de iluminat natural;
- $F_{D,C}$ Factor al sistemului de reglare a iluminatului;
- $F_{D,S}$ Factor de acces la iluminat natural;
- F_o Factor de dependență de ocupare (egal cu 1 pentru comanda centralizată a sistemului de iluminat, sau subunitar și calculat cu formulele 4, 5 sau 6 din SR EN 15193-1 funcție de F_A- proporția de timp cât spațiul iluminat rămâne neocupat și de F_{oc} – parametru determinat funcție de tipul sistemului de control al iluminatului; detalii despre F_o, F_A and F_{oc} se găsesc în anexa E a standardului SR EN 15193-1);
- P_{ci} Putere în așteptare a sistemului de reglare a aparatului de iluminat, W;
- P_{ei} Putere în așteptare a sistemului de iluminat de urgență al aparatului de iluminat, W;
- P_i Putere a aparatului de iluminat pentru iluminare,W;
- P_j Densitate de putere a zonei, W/m^3;
- t_N Timp de utilizare în absența iluminatului natural, h;
- t_s Perioada de timp, oră / lună / an;
- W Energie auxiliară (electrică), kWh;
- $W_{L,t}$ Energie totală pentru iluminat, kWh;
- $W_{P,t}$ Energie totală pentru așteptare, kWh.

3.4.2.2. Metoda simplificată de calcul

Această metodă se aplică doar în faza conceptuală a clădirilor rezidențiale și nerezidențiale, noi sau renovate, pentru determinarea consumului de energie al sistemelor de iluminat, în cazul în care există doar informații sumare despre aceste sisteme de iluminat.

Calculul se realizează doar pentru pas de timp anual, utilizează valori prestabilite, rezultatul final fiind consumul acoperitor anual de energie exprimat în kWh/an, respectiv coeficientul de performanță al sistemului de iluminat, coeficientul LENI, exprimat în kWh/an,m^2 (consumul total normalizat la suprafața unitară utilă a clădirii).

Metoda simplificată folosește valori predefinite fie la nivel național (anexa normativă A), fie conform propunerilor din anexa B a standardului SR EN 15193-1 și urmărește etapele de mai jos:

1. se estimează puterea instalată totală a corpurilor de iluminat, Pn, pentru o clădire/zonă de clădire; se poate folosi procedura din anexa C a standardului SR EN 15193-1 pentru clădirile nerezidențiale, iar pentru clădirile rezidențiale valorile din tabelul B.10, anexa B a standardului SR EN 15193-1
2. se utilizează valori predefinite pentru Wpe (energia consumată de corpurile de iluminat de siguranță) și Wpc (energia consumată de dispozitivele de reglare) conform anexei B, tabelul B.1 din standardul SR EN 15193-1
3. se determină factorul de ocupare Fo conform anexei B, tabel B.7 din standardul SR EN 15193-1
4. se calculează factorul de utilizare a luminii naturale FD conform formulelor 25…31 din standardul SR EN 15193-1 și anexelor F și B (F.2, F.3.1, tabele B.3, B.4 și B.5) din standardul SR EN 15193-1

5. se alege factorul de dependență de nivelul constant de iluminare FC din anexa B, tabelul B.8 din standardul SR EN 15193-1
6. se calculează factorul LENI pentru clădire/zona de clădire conform ecuațiilor (32) și (34) din SR EN 15193-1.

$$LENI_{sub} = \{F_C \times (P_l / 1\,000) \times F_O\,[(t_D \times F_D) + t_N]\} + 1{,}0 + 1{,}5 \quad [\text{kWh/(m}^2\text{ an)}] \tag{32}$$

$$LENI = \frac{\sum_{i=1}^{n}(LENI_{sub,i} \times A_i)}{A} \quad [\text{kWh/(m}^2\text{ an)}] \tag{34}$$

CAPITOLUL 4. EVALUAREA ENERGIEI PRODUSE CU SISTEME DE INSTALAȚII UTILIZÂND SURSE REGENERABILE

4.1. Pompe de căldură (sursa - SR EN 15316-4-2)

4.1.1. Generalități

În acest capitol sunt prezentate metodele de calcul al consumurilor de energie pentru încălzirea spaţiilor şi pentru producerea apei calde de consum în clădirile prevăzute cu pompe de căldură. Sunt analizate următoarele tipuri de sisteme:

- pompe de căldură acționate electric, cu ciclu de compresie a vaporilor;
- pompe acționate cu motor termic cu ciclu de compresie a vaporilor;
- pompe de căldură cu ciclu de absorbție a vaporilor.

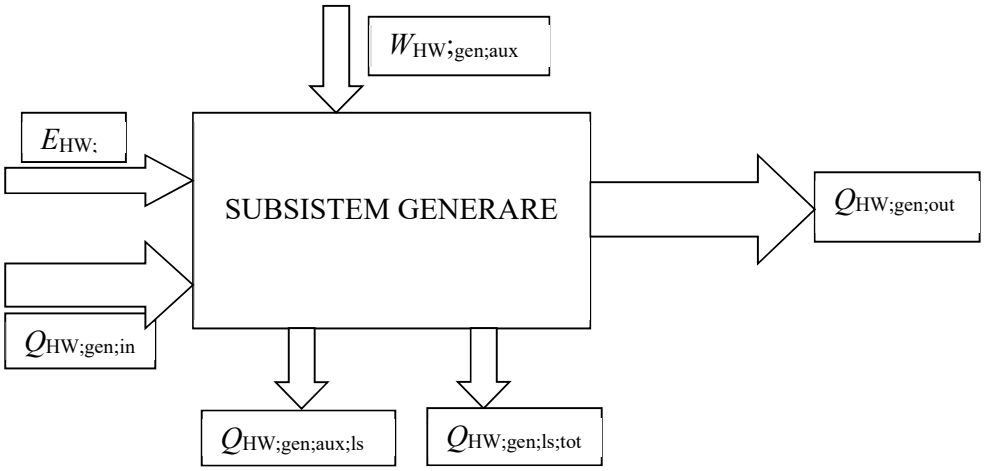


Figura 4.1 Bilanțul energetic al subsistemului de generare pentru încălzire

Legendă

1 Aport de energie pentru acoperirea necesarului de energie termică (energie electrică, combustibil) $E_{HW;gen;in}$

2 Căldura preluată de pompa de căldură din sursa de căldură $Q_{HW;gen;in}$

3 Căldură furnizată de subsistemul de generare care acoperă necesarul de energie termică $Q_{HW;gen;out} = Q_{HW;gen;dis;out}$

4 Pierderi termice ale subsistemului de generare $Q_{HW;gen;ls;tot}$

5 Pierderi termice recuperabile ale subsistemului de generare $Q_{H;gen;ls;rbl}$

6 Pierderi termice nerecuperabile ale subsistemului de generare $Q_{HW;gen;ls;nrbl}$

7 Pierderi termice recuperabile totale ale subsistemului de generare $Q_{H;gen;ls;rbl;tot}$

8 Aport de energie auxiliară $W_{HW;gen;aux}$

9 Pierdere termică recuperată a componentelor auxiliare $Q_{HW,gen,aux,ls,rvd}$

10 Pierdere termică nerecuperată a componentelor auxiliare $Q_{HW;gen;aux;ls}$

11 Pierdere termică recuperabilă a componentelor auxiliare $Q_{H,gen;aux;ls;rbl}$

12 Pierdere termică nerecuperabilă a componentelor auxiliare $Q_{HW;gen;aux;ls;nrbl}$

13 Subsistem de generare

Bilanţul energetic pentru pompa de căldură acţionată electric (prezentat schematic în figura 4.1), în mod de încălzire, este exprimat prin relaţia:

$$E_{HW;gen;in} \times COP_{HW;gen} = Q_{HW;gen;out} + Q_{HW;gen;ls;tot} - Q_{HW;gen;in} - f_{gen;auxls;rvd} \times W_{HW;gen;aux} \quad (4.1)$$

unde s-au folosit notaţiile:

$E_{HW;gen;in}$ - aportul de energie provenit din energie electrică, combustibil sau aportul de căldură pentru a acoperi necesarul de energie termică al subsistemului de distribuţie pentru încălzire (H) şi apă caldă de consum (W), în kWh;

$COP_{HW;gen}$ - coeficientul de performanţă mediu pentru încălzire şi apă caldă de consum;

$Q_{HW;gen,out}$ - energia termică furnizată;

$Q_{HW;gen;ls,out}$ - pierderile termice totale ale subsistemului de generare;

$Q_{HW;gen;in}$ - energia termică ambiantă preluată de pompa de căldură, din sursa de căldură;

$f_{gen;aux;ls;rvd}$ - fracţia de energie termică auxiliară recuperată (dacă nu este inclusă în COP);

$W_{HW;gen;aux}$ - consumul de energie auxiliară necesar pentru subsistemul de generare.

4.1.2. Mod de calcul (metoda lunară/anuală)

Scopul metodei este de a determina aportul de energie $E_{HW,gen,in}$, conform relaţiei (4.1). Este dezvoltată o metodă lunară/anuală bazată pe BIN-uri.

Deoarece puterea termică şi COP-ul pompei de căldură depind de condiţiile de funcţionare, (temperatura sursei şi cea de disipare), calculul va fi efectuat pentru un număr de perioade *j,* în care temperatura sursei şi temperatura de disipare sunt constante, iar rezultatele sunt însumate. Trebuie cunoscute (din calcule anterioare sau estimate) sarcina termică pentru încălzirea spaţiilor şi cea pentru prepararea apei calde de consum.

Metoda de calcul prezentată foloseşte BIN-uri ceea ce necesită evaluarea frecvenţei cumulate a temperaturii aerului exterior care utilizează datele climatice naţionale, medii orare ale unui an.

Conform Anexei A din SR EN 15316-4-2, sunt necesare următoarele date de intrare:

<u>A.1 Date referitoare la descrierea pompei de căldură</u>

- tipul pompei de căldură (aer-apă, apă-apă, saramură-apă);
- tipul utilităților deservite (încălzire, apă caldă de consum, stocare apă);
- combustibilul utilizat de pompa de căldură (electricitate, gaz, biomasă etc.);
- combustibilul utilizat de sistemul de back-up al pompei de căldură (electricitate, gaz, biomasă)
- datele tehnice ale pompei de căldură (capacitatea termică în condiții standard de evaluare la sarcina maximă/sarcini intermediare, COP în condiții standard de evaluare la sarcina maximă/sarcini intermediare, energia de intrare în condiții standard de evaluare la sarcina maximă/sarcini intermediare, temperatura de intrare în condiții standard de evaluare la sarcina maximă/sarcini intermediare, ecartul de temperatură la vaporizator în condiții standard de evaluare la sarcina maximă, temperatura de ieșire în condiții standard de evaluare la sarcina maximă, ecartul de temperatură la condensator în condiții standard de evaluare la sarcina maximă, factorul de încărcare/ raportul de sarcină parțială la diverse sarcini intermediare,

coeficient de depreciere/degradare, puterea electrică a echipamentelor auxiliare, constanta de timp pentru funcționarea în modul ON-OFF);

- coeficient de adaptare a COP-ului la condițiile de funcționare;
- coeficient de adaptare a capacității termice la condițiile de funcționare;
- factor de calcul pentru energia auxiliară;
- coeficienți de funcționare la sarcină parțială (funcționare ON-OFF sau cu inverter).

A.2 Date de proiectare a sistemului

- temperatura de calcul, temperatura bivalentă, temperatura maximă de funcționare, temperatura maximă/minimă pentru sistemul de back-up;
- locul de amplasare al pompei de căldură;
- prioritatea de funcţionare a subsistemelor (încălzire, apă caldă de consum, stocare).

A.3 Date privind condițiile de funcționare

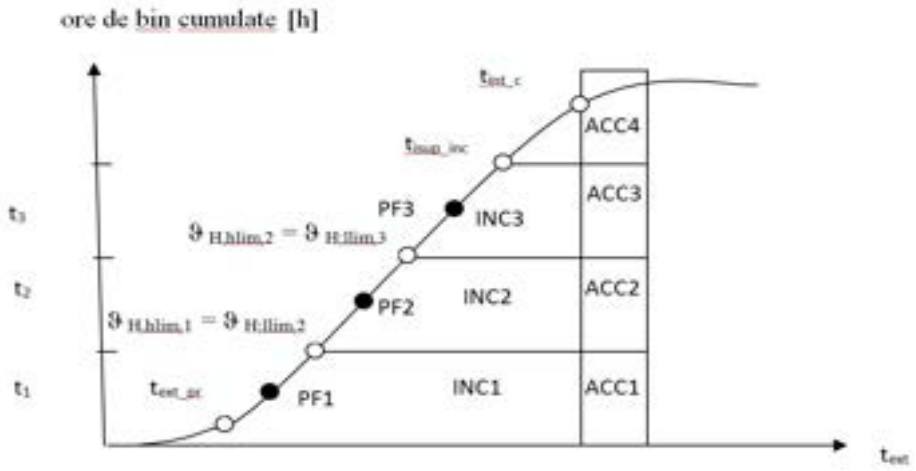
- energia termică necesară şi temperatura necesară pentru încălzire;
- idem pentru prepararea apei calde de consum;
- energia termică necesară pentru stocare;
- diferența de temperatură la intrare (vaporizator);
- diferența de temperatură la ieșire (condensator);
- intervalul de timp de calcul;
- temperatura interioară;
- numărul de ore (pe lună/pe an) în care se regăseşte fiecare valoare a temperaturii exterioare;
- numărul de ore din lună (metoda lunară) sau an (metoda anuală) în care temperatura exterioară este inferioară celei de la pasul următor de timp;
- factor privind aporturile datorate sistemului de reglaj;
- factor pentru alte aporturi (interne, solare).

Pașii de calcul sunt următorii:
a) Construcția BIN-urilor;
b) Stabilirea cerinţelor energetice pentru intervalele/bin-urile unice;
c) Calculul performanţei termice a pompei de căldură;
d) Calculul necesarului de energie de rezervă ale BIN-urilor unice;
e) Calculul energiei auxiliare consumate;
f) Calculul pierderilor recuperabile ale subsistemului de generare;
g) Calculul energiei sursei de căldură ;
h) Calculul energiei mecanice totale consumate pentru acoperirea cerinţelor.

a) Construcţia BIN-urilor

Numărul de bin-uri se alege în funcţie de:
- tipul pompei de căldură,
- informaţiile disponibile referitoare la caracteristicile pompei de căldură, stabilite conform încercărilor standardizate,
- perioada de calcul.

Criteriile de alegere a bin-urilor sunt:
- punctele de funcţionare trebuie repartizate relativ uniform pe domeniul de funcţionare;
- punctele de funcţionare trebuie alese apropiate de punctele de încercare, pentru ca să se beneficieze de informaţii corecte privind caracteristicile pompei de căldură. Limitele bin-urilor sunt stabilite aproximativ în mijlocul punctelor de funcţionare;
- numărul de bin-uri trebuie să reflecte variaţiile de temperatură ale sursei de căldură şi ale sistemului de disipare a căldurii (un singur bin este suficient dacă temperaturile sursei de căldură şi ale sistemului de disipare a căldurii sunt constante pe tot domeniul de funcţionare; în cazul variaţiilor mari, trebuie să se aleagă un număr mai mare de bin-uri).



Legendă

t_{ext_pr} = temperatura exterioară de proiectare
t_{isup_inc} = temperatura ambiantă superioară pentru încălzire
t_{int_c} = temperatura interioară de calcul
t_{ext} = temperatura aerului exterior
PF = punct de funcționare
INC = încălzire, ACC = apă caldă de consum

Figura 4.2 – Ore de bin în funcţie de temperatura aerului exterior – Exemplu cu 3 bin pentru încălzirea spaţiilor şi cerinţe zilnice constante de energie termică pentru preparea apei calde de consum (4 bin pentru preparea apei calde de consum) (Sursa: SR EN 15316-4-2*).*

Această figură este reprodusă cu acordul ASRO nr. LUC/19/353/25.04.2019. Orice încălcare a dreptului de autor asupra standardelor constituie infracțiune și se pedepsește conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe.

Frecvenţa cumulată depinde numai de temperatura aerului exterior şi deci nu ia în considerare aporturile termice. Deşi cantitatea de energie este corectă prin utilizarea necesarului de energie termică ale subsistemului de distribuţie, redistribuirea energiei pe bin-uri depinde şi de aporturile termice (interne şi solare).

Pentru o perioadă de calcul lunară, frecvenţa cumulată trebuie calculată ca diferenţa timp-temperatură cumulată, conform SR EN ISO 15927-6, luând o valoare de bază a temperaturii interioare de calcul (de obicei de 20 °C). Pentru fiecare lună, calculul se efectuează pentru bin-uri alese în funcţie de informaţiile disponibile din încercări, privind caracteristicile pompei de căldură.

Pentru o perioadă de calcul anuală, este necesară o redistribuire pe bin-uri, stabilind o limită superioară a temperaturii pentru încălzire, care depinde de aporturile solare şi interne. Aceasta poate fi limita regulatorului de temperatură sau se poate stabili în funcție de aporturile utilizate şi de tipul clădirii (cu cât aporturile utilizate sunt mai mari, cu atât limita aleasă va fi mai scăzută).

Pentru fiecare bin, puterea termică şi COP-ul pompei de căldură se vor evalua pe baza încercărilor standardizate efectuate.

b) Determinarea cerinţelor energetice pentru bin-urile unice

b1) Încălzirea spaţiilor

Necesarul de energie termică al subsistemului de distribuţie a încălzirii $Q_{H,dis,in}$ poate fi calculat conform cap. 3.1 din această Metodologie.

Cantităţile de energie necesare pentru fiecare bin sunt specificate în tabelul 14 din SR EN 15316-4-2. Aceste cantităţi rezultă din sarcinile termice datorate condiţiilor climatice exterioare, sistemelor de reglare şi sarcinilor interne provenite de la oameni, iluminat şi echipamente.

Se poate folosi şi o metodă alternativă pentru determinarea necesarului de căldură pentru încălzire, care foloseşte sistemul grade-ore, prezentată în continuare.

Necesarul de energie pentru încălzire rezultat din diferenţa de temperatură dintre interior şi exterior este calculat cu ajutorul unui factor de ponderare obţinut din evaluarea frecvenţei cumulate a temperaturii aerului exterior, dedus din numărul gradelor-oră de încălzire cumulate (DH_H):

$$f_{H,j} = \frac{Q_{H;gen;out,j}}{Q_{H,gen,out}} = \frac{NB_DH_{H,\theta ext;lim;low,j} - NB_DH_{H,\theta ext;lim;low,j}}{NB_DH_{H,tot}} \ [\ -\ ] \qquad (4.2)$$

Necesarul de energie pentru încălzire, pentru fiecare bin este calculat cu relaţia:

$$Q_{H;gen;out,j} = Max\left[f_{H,j} \times f_{H;ctrl} \times Q_{H;gen;out} - Q_{H;rvd,i}; 0\right] \ [\text{kWh}] \qquad (4.3)$$

în care s-au folosit notaţiile:

$f_{H,j}$	- factorul de ponderare al funcţionării pompei de căldură pentru încălzire, în bin-ul *j;*	(-)
$f_{H,ctrl}$	- factorul de ponderare care ia în considerare impactul sistemelor de reglare asupra necesarului de energie pentru încălzire, în bin-ul *j;*	(-)
$Q_{H,gen,out,j}$	- necesarul de energie termică al sistemului de distribuţie a încălziri, în bin-ul *j;*	[kWh]
$Q_{H,gen,out}$	- necesarul total de energie termică al sistemului de încălzire;	[kWh]
$Q_{H;rvd;i}$	- energia recuperată pentru încălzirea spaţiilor a bin-ului *j;*	[kWh]
$DH_{H,\theta hlim,j}$	- grade-oră de încălzire cumulate până la limita temperaturii superioare a bin-ului *j* (preluate din datele climatice naţionale);	[°Ch]
$DH_{H,\theta llim,j}$	- grade-oră de încălzire cumulate până la limita temperaturii inferioare a bin-ului *j* (preluate din datele climatice naţionale);	[°Ch]
$DH_{H,tot}$	- gradelor-oră de încălzire totale cumulate până la limita temperaturii superioare pentru încălzirea spaţiilor;	[°Ch]
NB_DH	- număr de grade-oră	

Gradele-oră de încălzire cumulate pentru diferite zone climatice, trebuie preluate din datele climatice naţionale.

Durata t_j a bin-ului *j*, în [s], rezultă din relaţia:

$$t_j = \left(N_{ho;\vartheta hlim,j} - N_{ho;\vartheta llim,j}\right).3600 \quad (4.4)$$

unde:

$N_{ho,\theta hlim,,j}$	- numărul cumulat de ore până la limita temperaturii superioare a bin-ului *j*	[h]
$N_{ho,\theta llim,,j}$	- numărul cumulat de ore până la limita temperaturii inferioare a bin-ului *j*	[h]

Durata sezonului de încălzire se obține prin însumarea tuturor duratelor t_j pentru încălzire.

Durata efectivă a bin-ului se obține scăzând perioada de întrerupere zilnică din durata bin-ului:

$$t_{\mathrm{eff,j}} = t_{\mathrm{j}} \cdot \frac{24h - t_{\mathrm{co}}}{24h} \quad (4.5)$$

unde:

$t_{\mathrm{eff,j}}$	- durata efectivă a binului *j;*	[s]
t_{j}	- durata binului *j;*	[s]
t_{co}	- număr de ore de întrerupere/zi;	[h/zi]

b2) Prepararea apei calde de consum

Necesarul de energie termică al sistemului de apă caldă de consum, $Q_{W,dis,in}$ se calculează în conformitate cu cap. 3.3 din prezenta Metodologie. Pentru bin-ul *j* necesarul poate fi calculat folosind un factor de ponderare pentru prepararea apei calde de consum conform relaţiei:

$$k_{\mathrm{W,j}} = \frac{Q_{\mathrm{W,gen,out,j}}}{Q_{\mathrm{W,gen,out}}} = \frac{t_j}{t_{\mathrm{tot}}} \quad (4.6)$$

Rezultă necesarul de energie $Q_{W,gen,out,j}$ pentru prepararea apei calde de consum pentru bin-ul *j*:

$$Q_{\mathrm{W,gen,out,j}} = k_{\mathrm{W,j}} \cdot Q_{\mathrm{W,gen,out}} \quad [\mathrm{kWh}] \quad (4.7)$$

unde:

$k_{W,j}$	- factorul de ponderare pentru prepararea apei calde de consum în bin-ul *j;*	[-]
$Q_{W,gen,out}$	- necesarul de energie termică al sistemului de distribuţie a apei calde de consum;	[kWh]
t_j	- durata bin-ului *j;*	[s]
t_{tot}	- durata totală a preparării apei calde de consum;	[s]

c) Calculul performanţei termice a pompei de căldură
(Sursa: paragrafele 6.7.2.2 şi 6.7.2.3 din SR EN 15316-4-2)

Calculul COP-ului şi al puterii termice se face pornind de la valoarea de referinţă stabilită la sarcină totală, din datele de intrare specifice şi din condiţiile de ieşire.

COP la sarcină totală

Matricea care prezintă coeficienţii impliciţi de calcul al COP şi al puterii termice la sarcină totală se bazează pe valoarea de referinţă corespunzătoare condiţiilor nominale ale temperaturilor de intrare şi de ieşire ale pompei de căldură, în funcţie de tipul surselor de căldură (aer, apă, apă glicol).

Valorile pentru COP şi energia (puterea) consumată la puterea termică maximă pentru condiţiile de funcţionare se bazează pe interpolare pronind de la matricea reprezentând tipul pompei de căldură. Dacă sunt disponibile, pot fi utilizate valori specifice în locul valorilor implicite.

Un astfel de principiu este prezentat în tabelele 11 şi 12 din SR EN 15316-4-2.

Valoarea de referinţă a COP ($COP_{gen,ref}$) se înmulţeşte cu factorul de ponderare specific $f_{COP;i,j}$.

Matricea care prezintă coeficienţii de corecţie ai *COP* pentru temperatura de intrare la nivelul vaporizatorului şi temperatura de ieşire la nivelul condensatorului, aşa cum au fost definiţi anterior, este obţinută cu ajutorul factorilor de ponderare care iau în considerare doar variaţiile temperaturii de intrare la temperatura de ieşire de referinţă (ultima linie) şi doar variaţiile temperaturii de ieşire la temperatura de intrare de referinţă (ultima coloană).

În anexa B şi anexa C din SR EN 15316-4-2 sunt daţi coeficienţi recomandaţi pentru diferitele tehnologii de pompe de căldură la care se referă standardul.

Atunci când aceşti coeficienţi sunt cunoscuţi, ceilalţi coeficienţi de corecţie pentru variaţiile combinate ale temperaturilor de intrare şi de ieşire sunt calculaţi astfel:

$$f_{COP;k+1,l+1} = f_{COP;k,l} \times f_{COP;k+1,l} \times f_{COP;k,l+1} \text{ [-]} \quad (4.8)$$

unde:

k	reprezintă indicele pentru coloană;
l	reprezintă indicele pentru linie;
$f_{COP;k,l}$	reprezintă factorul de ponderare pentru COP pentru coloana k şi linia l

Deoarece temperatura de intrare şi temperatura de ieşire pentru pasul de timp considerat pot fi diferite de cele utilizate pentru stabilirea matricei, valorile dorite pentru COP la ϑ_{in} şi $\vartheta_{w;out}$ sau ϑ_{in} şi $\vartheta_{H;out}$ se calculează prin interpolare între valorile tabelare vecine.

Valorile implicite pentru coeficientul $f_{COP;k;l}$ pentru diferite tipuri de pompe de căldură sunt introduse în anexa B din SR EN 15316-4-2. Aceste valori pot fi altfel calculate conform anexei D din SR EN 15316-4-2 (sau anexa naţională).

$$COP_{gen;LR100;k,l} = f_{COP;k,l} \times COP_{gen;Pn,ref} \text{ [-]} \quad (4.9)$$

unde:

$COP_{gen,\ Pn,ref}$	reprezintă valoarea COP în condiţii de performanţă nominală şi la sarcină totală;
$f_{COP;k,l}$	reprezintă coeficientul de multiplicare pentru COP în condiţiile k,l

Se calculează următorii coeficienţi de multiplicare (l: indicele liniei, indicele coloanei k):

$$C_{COP}(\vartheta_{gen;in}) = \frac{\vartheta_{gen;in} - \vartheta_{gen;in,l}}{\vartheta_{gen;in,l+1} - \vartheta_{gen;in,l}} \text{ şi } C_{COP}(\vartheta_{gen;out}) = \frac{\vartheta_{gen;out} - \vartheta_{gen;out,k}}{\vartheta_{gen;out,k+1} - \vartheta_{gen;out,k}} \text{ [-]} \quad (4.10)$$

unde:

$\vartheta_{gen;in,l+1} \geq \vartheta_{gen;in} \geq \vartheta_{gen;in,l}$ şi $\vartheta_{gen;out,k+1} \geq \vartheta_{gen;out} \geq \vartheta_{gen;out,k}$

Valoarea *COP*-ului pentru condiţiile dorite de intrare şi de ieşire se calculează cu relaţia:

$$COP_{gen,LR100}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{gen;out}) = \left(1 - C_{COP}(\vartheta_{gen;in})\right) \times \left(1 - C_{COP}(\vartheta_{gen;out})\right) \times COP_{gen;LR100;k,l} + C_{COP}(\vartheta_{gen;in}) \times \left(1 - C_{COP}(\vartheta_{gen;out})\right) \times COP_{gen;LR100;k+1,l} + C_{COP}(\vartheta_{gen;out}) \times \left(1 - C_{COP}(\vartheta_{gen;in})\right) \times COP_{gen;LR100;k,l+1} + C_{COP}(\vartheta_{gen;in}) \times C_{COP}(\vartheta_{gen;out}) \times COP_{gen;LR100;k+1,l+1} \quad (4.11)$$

Putere termică disponibilă la sarcină totală

Valorile puterii termice utilizate de sistemul de încălzire cu pompă de căldură sunt obţinute cu valori interpolate pornind de la temperaturile utilizate pentru calculul COP-ului la puterea de intrare maximă.

Valoarea de referinţă a $COP_{Pn;inref;outref}$ este multiplicată cu factorul de ponderare specific $f_{P;in;\theta out}$

Matricea este obţinută cu aceleaşi principii descrise la calculul COP.

$$\Phi_{\text{gen;LR100;k,l}} = f_{\text{gen;Pn;LR100;k,l}} \times \Phi_{\text{gen;Pn,ref}} \text{ [kW]} \tag{4.12}$$

unde:

$\Phi_{\text{gen,;Pn,ref}}$	Puterea termică în condiţiile de performanţă nominală şi la sarcină totală;
$f_{\text{gen;PnLR100}}(k,l)$	Coeficientul de multiplicare pentru condiţiile termice la condiţiile k, l. În tabelul 4.4 acest coeficient este utilizat în versiune abreviată $f_{\text{P;k,l}} = f_{gen;\text{Pn;LR100;k,l}}$

Valoarea puterii termice a pompei de căldură pentru condiţiile dorite de intrare şi ieşire se obţine utilizând coeficientul de corelaţie obţinut cu relaţia (4.10), relaţia (4.12) şi cu următoarea:

$$\Phi_{\text{gen;LR100}}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{gen;out}) = \left(1 - C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{in}})\right) \times \left(1 - C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{out}})\right) \times \Phi_{\text{gen;LR100,k,l}}$$
$$+C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{in}}) \times (1 - C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{out}}) \times \Phi_{\text{gen;LR100,k+1,l}}$$
$$+C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{out}}) \times (1 - C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{in}}) \times \Phi_{\text{gen;LR100},k,l+1} + C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{in}}) \times C_{\text{COP}}(\vartheta_{gen;\text{out}}) \times \Phi_{\text{gen;LR100},k+1,l+1} \tag{4.13}$$

Energia mecanică corespunzătoare este calculată sub forma unei combinaţii a COP şi a puterii termice la sarcină totală pentru combinaţia dintre temperatura de intrare şi cea de ieşire pentru apa caldă de consum, încălzirea spaţiilor şi stocării.

$$E_{\text{gen;LR100}}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{gen;out}) = \frac{\Phi_{\text{gen;LR100}}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{gen;out})}{COP_{gen;LR100}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{gen;out})} \times t_{ci} \text{ [kWh]} \tag{4.14}$$

unde:

t_{ci}	reprezintă durata pasului de timp pentru calcul (h)

Atunci când nu este disponibilă din modul de lucru al încercării, energia electrică necesară funcţionării pompei de căldură (pompă, reglare, dispozitive electrice) este dedusă din puterea energiei intoduse la sarcină totală.

$$W_{\text{gen;LR100;aux;el}} = E_{\text{gen;LR100}} \times f_{\text{gen;Pn;aux;int}} \text{ [kWh]} \tag{4.15a}$$

Exprimarea energiei şi a puterii termice a pompei de căldură la sarcină totală pentru diferitele tipuri de utilizare

Deoarece energia mecanică şi puterea termică depind de temperaturile de intrare şi de ieşire, expresia energiei mecanice şi a puterii termice la sarcină totală sunt exprimate astfel:

$$\Phi_{\text{gen;LR100;X}}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{X;gen;out})$$
$$COP_{gen;LR100;X}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{X;gen;out}) = f_{gen;LR100;\Delta\vartheta}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{X;gen;out}) \times COP_{gen;LR100}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{gen;out})$$
$$E_{\text{gen;LR100;X}}(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{X;gen;out}) = \frac{\Phi_{X;\text{gen;LR100;X}}}{CO\ \ gen;LR100;X(\vartheta_{gen;in}, \vartheta_{X;gen;out})} \times t_{ci} \tag{4.15b}$$

unde:

X = W, H sau sto;

$\vartheta_{X;gen;out} = \vartheta_{gen;X;flw}$ reprezintă temperatura de ieşire necesară pentru apa caldă de consum, încălzire sau stocare.

Compararea energiei la sarcină totală şi cerinţele energetice

Energia termică furnizată de pompa de căldură la sarcină totală este comparată cu energia termică necesară pentru diferitele subsisteme energetice.

Dacă energia primită de pompa de căldură este mai mică sau egală cerinţelor energetice, pompa de căldură funcţionează la sarcină totală. Energia suplimentară este furnizată de sistemul de rezervă sau de un alt sistem de generare conform autorizaţiei furnizate de sistemul de reglare.

În caz contrar, energia primită de pompa de căldură reprezintă completarea energiei termice primite de diferitele subsisteme (apă caldă de consum, încălzire şi stocare).

Energie primită şi timpul de funcţionare pentru prepararea apei calde de consum

Puterea termică a pompei de căldură este calculată pentru condiţiile necesare conform relaţiei 4.15.

Timpul de funcţionare corespunzător al pompei de căldură t_W se obţine după cum urmează cu condiţia $t_w/t_{ci} < 1$.

$$t_W = Min\left(\frac{Q_{\text{gen;W;out}}}{\Phi_{\text{gen,LR100,}}(\vartheta_{gen;\text{in}},\vartheta_{gen;\text{out}})}; t_{\text{ci}}\right) \text{ [h]} \quad (4.16)$$

Energia mecanică primită de pompa de căldură şi energia termică se calculează după cum urmează:

$$E_{\text{gen;in;W}} = \frac{\Phi_{\text{gen;LR100;W}}(\vartheta_{\text{gen;in}},\vartheta_{gen;\text{out}})}{COP_{gen;W;LR100}(\vartheta_{gen;\text{in}},\vartheta_{gen;\text{out}})} \times t_W \text{ [kWh]} \quad (4.17)$$

$$Q_{\text{gen;in;W}} = \Phi_{\text{gen;LR100;W}}(\vartheta_{gen;\text{in}}, \vartheta_{gen;\text{out}}) \times t_W \text{ [kWh]} \quad (4.18)$$

Calculul sarcinii parţiale (LR). Parametrii care influenţează performanţa la sarcină parţială.

Energia utilizată la sarcină parţială este rezultatul unor fenomene diferite:

— energia utilizată de grupul compresor după stabilirea condiţiilor termice, $E_{\text{gen,in,comp}}$;

— energia corespunzătoare utilizată rezultată din acţiunea de pornire şi oprire, $E_{\text{gen,in,ON_OFF}}$;

— energia utilizată de dispozitivele auxiliare (pompe etc.), $E_{\text{gen,in,aux}}$.

Intrare: $\vartheta_{\text{gen,in}}$, $\vartheta_{\text{gen,H,aut}}$, $\vartheta_{\text{gen,W,aut}}$, $Q_{\text{gen;HW,aut}}$, $E_{\text{gen,LR100}}$;$\text{COP}_{\text{gen,LR100}}$.

Evaluarea COP-ului şi a energiei la sarcina parţială depinde de tehnologia utilizată pentru pompele de căldură:

— reglarea PORNIT/OPRIT: pompa de caldură funcţionează cu cicluri PORNIT/OPRIT la sarcină totală pentru tot domeniul sarcinii parţiale;

— compresorul funcţionează cu ciclu PORNIT/OPRIT la putere maximă sau la nivelul sarcinii minime;

— un invertor sau modularea vitezei compresorului va determina adaptarea vitezei compresorului la sarcină; dacă sarcina este sub nivelul minim al sarcinii, pompa de căldură va reacţiona cu un ciclul PORNIT/OPRIT, dar la o putere termică minimă.

Sunt luate în considerare două moduri pentru sarcina parţială atunci când:

— compresorul funcţionează continuu;

— compresorul funcţionează cu cicluri PORNIT/OPRIT la putere maximă.

Ipoteză: pentru energia primită de sistemul de distribuţie a apei calde de consum, se consideră că pompa de căldură funcţionează la sarcină totală, dacă este necesară încălzirea pe parcursul aceluiaşi pas de timp al calculului, atunci sarcina parţială este luată în considerare pentru perioada de timp rămasă.

- Calculul factorului de sarcină parţială (LR)

Calculul factorului de sarcină parţială se bazează pe durata necesară de funcţionare pentru a răspunde consumului de energie pentru diferite subsisteme (încălzire şi stocare) şi comparată cu durata de timp rămasă după funcţionarea pentru apa caldă de consum.

Durata necesară de funcţionare a pompei de căldură pentru încălzire, respectiv stocare, este:

$$t_H + t_{sto} = \frac{Q_{\mathrm{H;gen;H;dis;out}}}{\Phi_{H;\mathrm{gen,LR100}}} + \frac{Q_{\mathrm{H;gen;sto;dis;out}}}{\Phi_{sto;\mathrm{gen,LR100}}} \text{ [h]} \quad (4.19)$$

Cu $\Phi_{\mathrm{H;gen;LR100}}$ şi $\Phi_{\mathrm{sto;gen;LR100}}$ obţinute din relaţiile 4.12-4.13.

Factorul de sarcină parţială corespunzător LR este obţinut din relaţia 4.20 şi este limitat la 1:

$$LR(t) = \frac{t_H + t_{sto}}{t_{ci} - t_W} \text{ [-]} \quad (4.20)$$

Calculul COP-ului şi al energiei consumate la sarcină parţială pentru pompele de căldură cu compresor (pentru încălzire şi stocare)

- Sarcină parţială atunci când compresorul funcţionează continuu

Acest mod apare pentru pompa de căldură cu invertor atunci când energia necesară este mai mică decât energia primită de pompa de căldură la sarcină totală pentru temperaturile de intrare şi de ieşire la pasul de timp considerat. Raportul de sarcină este mai mare decât factorul de sarcină minim pentru compresor (LR > $\mathrm{LR}_{;\mathrm{cont;min}}$).

$$Q_{\mathrm{H;gen;out}} \geq Q_{\mathrm{gen,H,LR100}} \times LR_{cont;min} \text{ [kWh]} \quad (4.21)$$

Putere termică la sarcină parţială pentru modul continuu

Valoarea aportului de energie corespunde energiei necesare grupului compresor ($E_{\mathrm{gen,in,comp}}$) şi dispozitivelor auxiliare ($E_{\mathrm{gen,in,aux}}$) pe parcursul întregului mod de funcţionare continuă.

$$E_{H;\mathrm{gen;in}} = \left(P_{\mathrm{gen;comp}} + f_{\mathrm{gen;aux}} \times E_{H;\mathrm{gen;in;ref}}\right) \times t_H \text{ cu } f_{\mathrm{gen;aux}} = \frac{P_{\mathrm{gen;aux}}}{P_{\mathrm{gen;comp}} + P_{\mathrm{gen;aux}}} \text{ [kWh]} \quad (4.22)$$

COP-ul la sarcină parţială se calculează pe baza energiei utilizate de grupul compresor (fără nici un dispozitiv auxiliar) sub forma unei funcţii a sarcinii termice (necesară) pe parcursul modului continuu.

Valoarea minimă pentru modul continuu LR_{contmin}, şi coeficientul de performanţă corespunzător, $f_{\mathrm{COP,LRcont,min}}$, pentru compresor şi dispozitivele auxiliare pot fi obţinute pornind de la performanţele încercării la sarcină parţială sau pe baza valorilor declarate de producător.

NOTĂ - Energia pentru compresor nu poate fi separată de energia utilizată pentru dispozitivele auxiliare.

COP la sarcină parţială pentru modul continuu

Valorile pentru $COP_{\text{gen,net}}$ şi $f_{\text{COP,net}}$ corespunzător, fără influenţa dispozitive auxiliare, se determină separat. $f_{\text{gen;LRcont,min;net}}$ este deci o funcţie obţinută din valoarea minimă pentru o funcţionare modulantă continuă pentru un domeniu al factorului de sarcină de la $LR_{\text{cont,min}}$ la 1 (sarcină totală).

$$\text{COP}_{\text{gen;LR100;net}} = \frac{Q_{\text{gen;out;LR100}}(t)}{P_{\text{comp;LR100}} \times t_{ci}} = \frac{CO_{\text{gen;LR100}}(t) \times Q_{H;\text{gen,;LR100}}(t)}{Q_{H;\text{gen;LR100}}(t) - P_{\text{gen;aux}} \times t_{ci} \times CO_{\text{gen;LR100}}} \text{ [-]} \quad (4.23)$$

$$f_{\text{gen;LR;cont;min;net}} = \frac{LR_{\text{cont;}min} \times P_{\text{comp;LR100}} \times t_{ci}}{LR_{\text{cont;}min} \times P_{\text{gen;LR100}}(t) - P_{\text{gen;aux}} \times t_{ci}} \text{ [-]} \quad (4.24)$$

unde:

$$P_{\text{comp,LR100}} = P_{\text{gen,LR100}}(t) - P_{\text{gen,aux}} \quad (4.25)$$

Valoarea COP-ului la un raport de sarcină parţială ($LR_{\text{cont,}min} < LR \leq 1$) se calculează după cum urmează:

$$\text{COP}_{\text{gen;LR;net}} = \text{COP}_{\text{gen;LR100;net}} \times \left(1 + \left[\left(f_{\text{gen;LRcont;min;net}} - 1\right) \times \frac{(1 - LR\ \ )}{(1 - LR_{cont,min})}\right]\right) \text{ (-)} \quad (4.26)$$

$$P_{\text{comp,LR}} = \frac{Q_{\text{H,gen,out}}(t)}{\text{COP}_{\text{gen,LR,net}} \times t_H} \text{ [kW]} \quad (4.27)$$

$$E_{\text{gen,in}}(t) = \left(P_{\text{comp,LR}} + P_{\text{gen,aux}}\right) \times t_{\text{ci}} \text{ [kWh]} \quad (4.28)$$

$$\text{COP}_{\text{LR}}(t) = \frac{Q_{\text{H,gen,out}}(t)}{E_{\text{gen,in}}(t)} \text{ [-]} \quad (4.29)$$

Sarcină parţială atunci când compresorul funcţionează în modul PORNIT/OPRIT

Acest mod se produce:

— pentru o pompă de căldură care funcţionează în modul PORNIT/OPRIT;

— pentru o pompă de căldură cu invertor atunci când raportul de sarcină este mai mic decât sarcina minimă aplicabilă compresorului.

Compresorul funcţionează în modul PORNIT/OPRIT:

1 - Pe parcursul pasului de timp al calculului în modul de încălzire şi stocare t_H+t_{sto}, energia utilizată este o funcţie liniară pornind de la 0 (modul PORNIT/OPRIT) sau $P_{\text{gen;LR;cont,min}}$ (pentru pompa de căldură cu invertor) sau de la valoarea maximă în condiţiile de funcţionare.

cu:

$$P_{\text{gen;comp;LR}} = P_{\text{gen;LR;cont;min}} \times \left(1 - \frac{LR_{\text{cont;min}} - LR(t)}{LR_{\text{cont;}min}}\right) \text{ [kW]} \quad (4.30)$$

cu $P_{gen;LRcont;min} = P_{gen;LR100}(t) \times LR_{cont;min}$ [kW]
(4.31)

2 - Energia electrică utilizată de dispozitivele auxiliare se calculează pornind de la puterea utilizată de căldură la sarcină totală pentru condiţiile pasului de timp:

$$W_{\text{gen,aux}}(t) = \frac{P_{\text{gen,aux}}}{E_{\text{gen,Pn,ref}}} \times E_{\text{gen,in,LR100}}(t) \times (t_H + t_{sto}) \text{ [kWh]} \quad (4.31)$$

3 - Puterea utilizată datorită nereversibilităţii pompei de căldură (inerţie) $P_{\text{gen,comp,ONOF}}$ este egală cu 0 la limita intervalului (LR = 0;LR = $LR_{;\text{cont;min}}$) şi în interiorul acestui interval este egală cu ce urmează:

$$P_{\text{gen;comp;ONOF;LR}} = P_{\text{gen;LR;comp;min}} \times \frac{\tau_{\text{eq}} \times LR \times (1 - LR)}{\tau_{\text{out,em,type}}} \text{ [kWh]} \quad (4.32)$$

τ_{eq} este un parametru caracteristic al pompei de căldură, datorită inerţiei pe parcursul regimului tranzitoriu PORNIT/OPRIT. Valorile implicite sunt propuse în anexa B din SR EN 15316-4-2.

$\tau_{out,em,type}$ reprezintă timpul de funcţionare pentru a atinge condiţiile necesare ale sistemului de distribuţie. Această valoare depinde de categoria emiţătorilor pentru încălzire şi de temperatura apei calde de consum. Valorile implicite sunt propuse în tabelul 13 din SR EN 15316-4-2.

Pentru pasul de timp considerat, energia utilizată de pompa de căldură şi COP-ul corespunzător sunt calculate după cum urmează:

$$E_{H;\mathrm{gen,in}}(t) = \left(P_{\mathrm{gen,comp,LR}} + P_{\mathrm{gen,aux}} + P_{\mathrm{gen,comp,ONOF,LR}}\right) \times t_H \text{ [kWh]} \quad (4.33)$$

$$\mathrm{COP}_{H;gen;\mathrm{LR}}(t) = \frac{Q_{\mathrm{H;gen;out}}(t)}{E_{H;\mathrm{gen;in}}(t)} \text{ [-]} \quad (4.34)$$

Funcţionare atunci când cererea de energie este zero ($Q_{\mathrm{gen,out}}(t) = 0$)

Pompă de căldură alimentată: $E_{\mathrm{gen;in;LR0}}(t) = P_{\mathrm{gen,aux}} \times t_{\mathrm{ci}}$ [kWh] (4.35)

Pompă de căldură nealimentată: $E_{\mathrm{gen,in;LR0}}(t) = 0$ [kWh] (4.36)

Energie auxiliară ($W_{H;gen;aux}$)

Energia utilizată de dispozitivele auxiliare se calculeaza cu relația:

$$W_{\mathrm{H;gen;aux}} = \left(f_{\ \mathrm{gen,aux}} + f_{\mathrm{gen,Pn,aux,el}}\right) \times E_{H+\mathrm{W,gen,in}} + LR_{\mathrm{sto}} \times P_{\mathrm{sto,aux}} \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (4.37)$$

Energie utilizată provenită de la sursa de căldură

Energia utilizată provenită de la sursa de căldură corespunde diferenţei dintre energia primită şi energia utilizată pentru funcţionarea pompei de căldură (unde pierderile energetice prin anvelopa pompei de căldură sunt neglijate):

$$Q_{\mathrm{H;gen;ren;in}} = \sum_{H,W,Sto} \quad Q_{\mathrm{H,gen,out},j}(t) - \sum_{H,W,Sto} \quad E_{\mathrm{H,gen,in},i}(t) \text{ [kWh]} \quad (4.38)$$

Calculul încălzitorului de rezervă

Energia de rezervă se calculează cu relația:

$$Q_{\mathrm{gen,bu,out}} = Q_{\mathrm{H,gen,dis,out}} + Q_{\mathrm{W,gen,dis,out}} - Q_{\mathrm{H,gen,out}} - Q_{\ \mathrm{W,gen,out}} + Q_{\mathrm{gen,ls}} \text{ [kWh]} \quad (4.39)$$

unde

$Q_{\mathrm{gen;bu;out}}$ reprezintă energia termică de rezervă furnizată la limita de funcţionare a pompei de căldură la momentul j;

$Q_{\mathrm{H;gen;out}}$ corespunde cerinţelor de energie termică ale subsistemului de distribuţie pentru încălzire;

$Q_{\mathrm{W;gen;out}}$ corespunde cerinţelor de energie termică ale subsistemului de distribuţie a apei calde de consum;

$Q_{\mathrm{H;gen;out}}$ reprezintă energia termică furnizată de pompa de căldură în condiţiile de funcţionare pentru încălzire;

$Q_{\mathrm{W;gen;out}}$ reprezintă energia termică furnizată de pompa de căldură în condiţiile de funcţionare pentru apa caldă de consum.

Temperatura limită de funcţionare trebuie să provină din datele producătorului sau să fie evaluată pe baza fluidului de răcire.

Pierderi totale şi recuperabile ale subsistemului de generare

Pierderi termice recuperabile din consumul dispozitivelor auxiliare

Pierderile termice prin intermediul agentului termic se calculează cu relația:

$$Q_{\mathrm{HW,gen,aux,rvd}} = \sum_k \quad W_{\mathrm{gen,aux,k}} \cdot f_{\mathrm{gen,aux,ls,rvd,k}} \text{ [kWh]} \tag{4.40}$$

unde:

$Q_{\mathrm{HW,gen,aux,rvd}}$	reprezintă energia auxiliară total recuperată;
$W_{\mathrm{gen,aux,k}}$	reprezintă consumul de energie auxiliară a componentei auxiliare *k;*
$f_{\mathrm{gen,aux,ls,rvd,k}}$	reprezintă fracţiunea de energie auxiliară total recuperată sub formă de energie termică a componentei *k;*

$f_{\mathrm{gen,aux,ls,rvd,k}} = 0$ pentru pompa de căldură acţionată electric.

Pierderile termice ale dispozitivelor auxiliare în mediul ambiant pot fi calculate conform relaţiei:

$$Q_{\mathrm{HW,gen,aux,ls}} = \sum_k W_{\mathrm{gen,aux,k}} \cdot f_{\mathrm{gen,aux,ls,k}} \text{ [kWh]} \tag{4.41}$$

iar pierderile termice în mediul ambiant sunt presupuse a fi recuperabile.

Pierderile termice recuperabile se calculează cu relația:

$$Q_{\mathrm{H,gen,aux,ls,rbl}} = \sum_k W_{\mathrm{gen,aux,k}} \cdot f_{\mathrm{gen,aux,ls,k}} \cdot \left(1 - b_{\mathrm{gen,aux,k}}\right) \text{ [kWh]} \tag{4.42}$$

unde

$Q_{\mathrm{HW,gen,aux,ls}}$	corespunde pierderilor termice ale componentelor auxiliare în mediul ambiant;
$Q_{\mathrm{H,gen,aux,ls,rbl}}$	corespunde pierderilor termice recuperabile ale componentelor auxiliare în mediul ambiant;
$W_{\mathrm{gen,aux}}$	corespunde pierderilor termice ale componentelor auxiliare;
$f_{\mathrm{gen,aux,ls,k}}$	reprezintă fracţiunea de energie electrică transmisă mediului ambiant; Aceste valori trebuie definite într-o anexă naţională. Dacă nu există nicio valoare naţională, valorile implicite sunt date în anexa A.
$b_{\mathrm{gen,aux,k}}$	reprezintă factorul de reducere a temperaturii pentru componenta *k,* legat de amplasamentul componentei; Valorile $b_{\mathrm{gen,aux,k}}$ trebuie date într-o anexă naţională. Dacă nu există valori naţionale, valorile implicite sunt date în anexa A.

Pierderi totale ale subsistemului de generare

Pierderile termice totale prin anvelopa subsistemului de generare obţin prin însumarea pierderilor diferitelor componente (prin anvelopa pompei de căldură, pierderile datorate motorului pompelor de căldură acţionate cu ajutorul unui motor cu ardere internă, pierderile de stocare pentru încălzirea spaţiilor şi prepararea apei calde de consum, pierderile datorate conductelor de racordare dintre generator şi stocare), conform relaţiei:

$$Q_{\mathrm{HW,gen,ls,tot}} = \sum_k Q_{\mathrm{gen,ls,k}} + Q_{\mathrm{HW,gen,aux,ls}} \text{ [kWh]} \tag{4.43}$$

unde:

$Q_{HW,gen,ls,tot}$	corespunde pierderilor termice totale ale subsistemului de generare în mediul ambiant;	[kWh]
$Q_{gen,ls,k}$	corespunde pierderilor termice în mediul ambiant ale componentei k a subsistemului de generare;	[kWh]
$Q_{HW,gen,aux,ls}$	corespunde pierderilor termice ale componentelor auxiliare în mediul ambiant.	[kWh]

Pierderi termice recuperabile datorate pierderilor prin anvelopa subsistemului de generare

Pierderile prin anvelopă (considerate recuperabile) se calculează cu relația:

$$Q_{\mathrm{H,gen,ls,rbl}} = \sum_k Q_{\mathrm{gen,ls,k}} \cdot \left(1 - b_{\mathrm{gen,k}}\right) \text{ [kWh]} \tag{4.44}$$

unde:

$Q_{H,gen,ls,rbl}$	corespunde pierderilor termice recuperabile totale ale subsistemului de generare;	[kWh]
$Q_{gen,ls,k}$	corespunde pierderilor termice în mediul ambiant ale componentei k a subsistemului de generare;	[kWh]
$b_{gen,k}$	reprezintă factorul de reducere a temperaturii pentru componenta *k,* legat de amplasamentul componentei; Valorile $b_{gen,aux,k}$ trebuie date într-o anexă națională. Dacă nu există valori naţionale, valorile implicite sunt date în anexa A.	[-]

Pierderi termice recuperabile totale ale subsistemului de generare

Pierderile recuperabile totale pot fi obţinute prin însumarea pierderilor prin anvelopa subsistemului de generare şi a pierderilor dispozitivelor auxiliare în mediul ambiant, conform relaţiei:

$$Q_{\mathrm{H,gen,ls,rbl,tot}} = Q_{\mathrm{H,gen,ls,rbl}} + Q_{\mathrm{H,gen,aux,ls,rbl}} \text{ (kWh)} \tag{4.45}$$

unde:

$Q_{H,gen,ls,rbl,tot}$	corespunde pierderilor termice totale recuperabile ale subsistemului de generare;	[kWh]
$Q_{H,gen,ls,rbl}$	corespunde pierderilor termice recuperabile ale subsistemului de generare;	[kWh]
$Q_{H,gen,aux,ls,rbl}$	corespunde pierderilor termice recuperabile ale dispozitivelor auxiliare.	[kWh]

Căldură ambiantă utilizată de subsistemul de generare

Cantitatea de căldură ambiantă utilizată pentru energia termică produsă de pompa de căldură pentru acoperirea cerinţelor pentru încălzirea spaţiilor şi/sau prepararea apei calde de consum cât şi a pierderilor subsistemului de generare, se calculează cu relaţia (4.1), în care energia dispozitivelor auxiliare recuperată trebuie stabilită la $f_{gen,Aux,ls,rvd}$ = 0 pentru pompele de căldură acţionate electric, supuse încercării în conformitate cu standardele SR EN 14511. Pentru pompele de căldură acţionate cu ajutorul motorului cu ardere internă sau cu gaz, $f_{gen,Aux,ls,rvd}$ depinde de fracţiunea luată în considerare pe parcursul încercărilor.

Energie regenerabilă (sau recuperată) utilizată de pompa de căldură

Cantitatea de energie regenerabilă (sau recuperată, dacă sursa de intrare este sistemul de recuperare a aerului) se calculează cu relația:

$$E_{\mathrm{H;gen;ren;in}} = Q_{\mathrm{HW;gen;dis;out}} - \left(E_{\mathrm{HW;gen;in}} + E_{\mathrm{HW;gen;bu;in}}\right) \text{ [kWh]} \quad (4.46)$$

d) Determinarea energiei de rezervă a bin-urilor unice

$$E_{\mathrm{H,gen;bu;in}} = \sum_{i=1}^{BIN_NB} \left[Nb_h(j) \times E_{\mathrm{H;gen;bu;in}}(j)\right] \text{ [kWh]} \quad (4.47)$$

unde:

$Nb_h(j)$	reprezintă numărul de ore pentru bin-ul *j;*
$E_{\mathrm{H;gen;bu;in}}(j)$	reprezintă aportul de energie de rezervă pentru bin-ul *j*

e) Calculul aportului de energie auxiliară

Dacă este necesar, plecând de la relația 4.37, rezultatele sunt aplicate, pentru numărul de ore *Nb_h*(*j*) ale bin-ului:

$$W_{\mathrm{H,gen;aux}} = \sum_{i=1}^{BIN_NB} \left[Nb_h(j) \times W_{\mathrm{H;gen;aux}}(j)\right] \text{ [kWh]} \quad (4.48)$$

unde:

$W_{\mathrm{H;gen;bu;in}}(j)$ - aportul de energie de rezervă pentru bin-ul *j* [kWh]

f) Calculul pierderilor subsistemului de generare recuperabile

Ca şi în cazul energiei de rezervă, rezultatele din relaţiile 4.43-4.45 pot fi aplicate, dacă este necesar, pentru numărul de ore ale bin-ului, *Nb_h*(*j*).

$$Q_{\mathrm{H,gen;ls;rbl}} = \sum_{i=1}^{BIN_NB} \left[Nb_h(j) \times Q_{\mathrm{H;gen;ls;rbl}}(j)\right] \text{ [kWh]} \quad (4.49)$$

unde:

$Q_{\mathrm{H;gen;ls;rbl}}(j)$ reprezintă aportul de energie de rezervă pentru bin-ul *j* [kWh]

g) Calculul energiei din sursa de căldură

Calculul prezentat anterior, a fost efectuat în funcţie de datele utilizate pentru caracterizarea performanţei pompei de căldură. Pe urmă, rezultatele pot fi multiplicate, pentru numărul total de ore ale bin-ului *j, Nb_h(j).*

În funcţie de pompa de căldură, energia adăugată energiei primite de la exterior poate fi considerată o energie recuperată, de exemplu pentru pompele de căldură aer/apă care funcţionează cu aer recuperat şi indicele „ren" din relaţia 4.50 devine „rvd".

$$Q_{\mathrm{H,gen;ren;in}} = \sum_{i=1}^{BIN_NB} \left[Nb_h(j) \times Q_{\mathrm{H;gen;ren;in}}(j)\right] \quad \text{[kWh]} \quad (4.50)$$

unde:

$Q_{\mathrm{H;gen;ren;in}}(j)$ reprezintă aportul de energie regenerabilă pentru bin-ul *j* [kWh]

h) Calculul energiei mecanice totale consumate pentru acoperirea cerinţelor

Calculul prezentat pentru fiecare bin *j* a fost efectuat cu datele disponibile pentru caracterizarea performanţei pompei de căldură. Pe urmă, rezultatele pot fi multiplicate, pentru numărul total de ore ale bin-ului *j, Nb_h(j).*

$$E_{\mathrm{H,gen,in}} = \sum_{i=1}^{BIN_NB} \left[Nb_h(j) \times E_{\mathrm{H,gen,in}}(j) \right] \text{ [kWh]} \tag{4.51}$$

unde:

$E_{\mathrm{H,gen,in}}(j)$ reprezintă aportul de energie mecanică pentru bin-ul *j* [kWh]

Acelaşi principiu se aplică pierderilor de energie recuperabile $Q_{\mathrm{H;gen;ls;rbl}}$, aportului de energie regenerabilă $Q_{\mathrm{H;gen;ren;in}}$, energiei auxiliare $E_{\mathrm{H,gen,aux}}$ şi energiei de rezervă $Q_{\mathrm{H;gen;bu;in}}$ care sunt calculate în conformitate cu relaţia 4.50.

4.1.3. Metoda orară de calcul

În cele ce urmează se prezintă doar pașii de calcul ai metodei; prezentarea completă se găseşte în standardul SR EN 15316-4-2. Etapele care trebuie parcurse sunt următoarele:
a) Determinarea necesarului de energie pentru încălzirea spațiilor și pentru prepararea apei calde de consum pentru perioadele de timp considerate - conform cap. 6.6 din SR EN 15316-4-2

b) Calculul COP și a capacității termice la sarcină totală pentru pasul de timp considerat - conform cap. 6.7 din SR EN 15316-4-2

c) Calculul energiei livrate de sistemul cu pompă de căldură funcție de condițiile climatice și de necesarurile de energie la sarcină totală pentru fiecare utilizare (încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum)

d) Verificarea necesității unui încălzitor de rezervă

e) Calculul raportului de sarcină a pompei de căldură în diferite moduri de funcționare conform subcap. 6.7.2.6.2, din SR EN 15316-4-2

f) Calculul consumului de energie auxiliară - conform cap. 6.8 din SR EN 15316-4-2

g) Calculul pierderilor recuperabile ale subsistemului de generare - conform cap. 6.11 din SR EN 15316-4-2

h) Calculul energiei totale de intrare care să acopere necesarurile conform subcap. 6.7.2.7, din SR EN 15316-4-2

i) Calculul energiei de back-up- conform cap. 6.10 din SR EN 15316-4-2

j) Sumarul valorilor de ieșire necesare și opționale

Metoda se bazează pe calculul cantităților de energie livrate şi cedate de pompa de căldură, în funcție de datele de produs obţinute prin încercări standardizate.
Rezultatele obţinute prin aplicarea metodei orare sunt:

- pierderile totale de căldură recuperate ($Q_{\mathrm{HW,gen,aux,rvd}}$)
- pierderile de căldură de la sursa auxiliară ($Q_{\mathrm{HW,gen,aux,ls}}$)
- pierderile totale de căldură recuperate de la sursa auxiliară ($Q_{\mathrm{H,gen,aux,ls,rbl}}$)

- consumul de energie din surse regenerabile ($Q_{HW,gen,ren,în}$)
- energia auxiliară totală ($W_{Hw,gen,aux}$)
- energia de back up ($Q_{gen,bu,out}$)
- COP-ul sistemului
- energia livrată pentru încălzire ($Q_{H,gen,dis,out}$)
- energia livrată pentru prepararea apei alde de consum ($Q_{W,gen,dis,out}$)

Schema logică a modului de calcul (pompa de căldură pentru încălzire și preparare apă caldă de consum) este prezentată în figura 4.3.

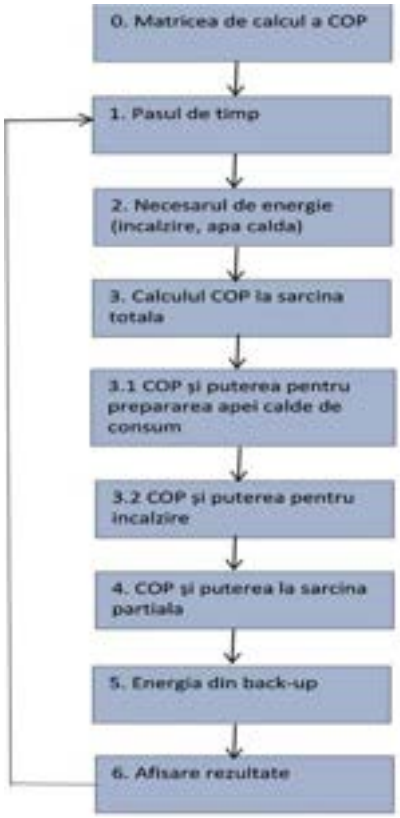


Figura 4.3. Evaluarea consumului de energie pentru instalații de încălzire, climatizare, ventilare mecanică, apă caldă de consum și iluminat în situația utilizării surselor regenerabile de energie

În situația utilizării surselor regenerabile de energie, consumul de energie pentru încălzire și/sau prepararea apei calde de consum, se diminuează cu valorile determinate pentru $Q_{H,gen,dis,out}$ și $Q_{W,gen,dis,out}$.

4.2. Sisteme solare termice

4.2.1. Domeniu de aplicare

Metoda de calcul se aplică în cazul clădirilor rezidențiale sau nerezidențiale dotate cu instalații de captare și utilizare a energiei solare pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum.

Instalația de captare și utilizare a energiei solare este compusă de regulă dintr-o buclă conținând suprafața de captare a energiei solare și un schimbător de căldură imersat într-un rezervor de acumulare sau plasat exterior rezervorului. Dacă schimbătorul de căldură al buclei solare este plasat la partea inferioară a rezervorului, la partea superioară a acestuia se află schimbătorul de căldură al sursei de rezervă bazată pe combustibil clasic. Agentul termic preparat în rezervorul de acumulare este agentul termic utilizat în instalația de încălzire centrală a consumatorului dacă utilitatea este încălzirea spațiilor consumatorului sau apa caldă livrată consumatorului.

Captatoarele solare utilizate pot fi captatoare plane cu placă absorbantă sau captatoare solare cu tuburi vidate. Rezervorul de acumulare are, în general, un volum care să permită consumatorului fructificarea întregii energii termice captate zilnic, de bucla solară.

4.2.2. Descrierea metodei

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare este o așa numită metodă lunară care permite, pe fiecare lună din an și pe întreg anul sau sezonul respectiv, să se evalueze performanțele energetice.

Metoda presupune în prima etapă prelevarea unei serii de informații de natură constructiv-funcțională despre suprafața de captare a energiei solare, pompa și schimbătorul de căldură din cadrul buclei solare. De asemenea sunt necesare informații despre consumatorul de apă caldă sau de încălzire a spațiilor, informații cum ar fi consumurile zilnice, suprafața de încălzire și temperaturile de dimensionare a instalației etc. O categorie importantă și distinctă de date necesare sunt datele climatice referitoare la temperaturile exterioare și intensitățile radiației solare.

Odată cunoscute aceste date se trece la etapa a doua - aplicarea metodei propriu-zise, prin evaluarea unor parametri intermediari care vor permite în continuare evaluarea efectivă a performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare pe fiecare lună din an și pe fiecare sezon și întreg anul. Etapa a treia constă în evaluarea performanțelor energetice ale sistemului care sunt reprezentate de randamentul de captare al buclei solare, gradul de acoperire energetică oferit consumatorului și energiile lunare, sezoniere și anuale captate.

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru încălzirea spațiilor și metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru prepararea apei calde de consum au o serie de elemente comune în fiecare din cele trei etape menționate însă în continuare se vor prezenta independent.

Termeni specifici și definiții

- F' – Factorul geometric de corecție al fluxului termic – este o caracteristică a captatorului solar care depinde de geometria acestuia prin raportul între diametrul țevilor și lățimea aripioarei longitudinale prin materialul plăcii absorbante etc;
- E_C – modului termic al suprafeței de captare reprezintă un factor sintetic care conține toate elementele constructiv-funcționale aferente suprafeței de captare care condiționează captarea energiei solare și transformare în energie termică – și este un parametru univoc dependent de numărul de unități de transfer termic aferent suprafeței de captare cu utilitate directă în evaluările energetice;

- E_S – modului termic al suprafeței schimbătorului de căldură dintre suprafața de captare și rezervorul de acumulare reprezintă un factor sintetic care conține toate elementele constructiv-funcționale aferente acestui schimbător de căldură care condiționează puterea termică transferată agentului termic secundar din rezervorul de acumulare – este un parametru univoc dependent de numărul de unități de transfer termic aferent suprafeței acestui echipament cu utilitate directă în evaluările energetice;
- E_{CS} – modului termic al buclei solare compuse din suprafața de captare și schimbătorul de căldură imersat în rezervorul de acumulare sau exterior acestuia și reprezintă un factor sintetic care conține toate elementele constructiv-funcționale aferente acestei secțiuni, care condiționează puterea termică captată și transferată agentului termic secundar din rezervorul de acumulare – și este un parametru stabilit pe baza modulilor termici aferenți suprafeței de captare și a schimbătorului de căldură din cadrul buclei cu utilitate directă în evaluările energetice;
- F_R^B – factor de corecție a fluxului termic captat aferent buclei solare – suprafața de captare solară și schimbător de căldură;
- H – capacitate de transfer termic a anvelopei clădirii – este un parametru care reflectă atât transferul termic prin anvelopa clădiri cât și transferul termic prin infiltrații sau prin ventilare, raportat la 1 grad diferență de temperatură între spațiul interior și mediul exterior;
- F_R^C – factor de corecție a fluxului termic transferat instalației de încălzire a consumatorului;
- R_{INC} – rezistența termică a instalației de încălzire a consumatorului – este inversul coeficientului global de transfer termic aferent suprafeței instalației de încălzire a consumatorului;
- F_R^{BC} – factor de corecție a fluxului termic captat de întreg sistemul captare -consumator;
- β_{REF} – parametrul termic sintetic la care este supus ansamblul compus din bucla solară de captare și consumator – este raportul dintre diferența temperaturilor de intrare în sistemul captare-consumator și intensitatea radiației solare;
- η_{BC} – randamentul ansamblului buclă de captare solară și instalație consumator; reprezintă raportul dintre puterea termică captată-livrată și intensitatea radiației solare.

Simboluri și abrevieri

φ_I – unghiul de înclinare al captatorilor solari față de planul orizontal, ^{o};

φ_A – unghiul azimutal – unghiul între orientarea cardinală a captatorului solar față de orientarea sud, ^{o};

α - coeficientul de absorbție al plăcii captatorului, -;

τ - coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatorului, -;

S_c – suprafața totală a captatoarelor solare utilizate de sistem, m^2;

k_C – coeficientul global de transfer termic al captatorilor solari, $W/m^2.K$;

F' – factor geometric de corecție al performanțelor captatorilor solari, -;

S_S - suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, m^2;

k_S – coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură al buclei solare, $W/m^2.K$;

G_C – debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, l/h;

V_a – volumul rezervorului de acumulare, l;

G_{CONS} – debitul orar mediu zilnic de consum de apă caldă, l/h;

S_{INC} – suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, m^2;

G_{INC} – debitul de agent termic vehiculat în instalația de încălzire, l/h;

t_r – temperatura apei reci, ^oC;

t_c – temperatura apei calde, ^oC;

t_{T0} – temperatura nominală a agentului termic la intrarea în instalația de încălzire centrală a consumatorului, ^oC;
t_{R0} – temperatura nominală a agentului termic la ieșirea din instalația de încălzire centrala a consumatorului, ^oC;
t_{m0} – media temperaturilor nominale ale agentului termic din instalația de încălzire a consumatorului, ^oC;
t_T – temperatura agentului termic la intrarea în instalația de încălzire centrală a consumatorului, ^oC;
t_R – temperatura agentului termic la ieșirea din instalația de încălzire centrală a consumatorului, ^oC;
t_m – media temperaturilor agentului termic din instalația de încălzire, ^oC;
t_{e0} – temperatura exterioară nominală, ^oC;
t_e – temperatura exterioară, ^oC;
t_{em} – temperaturi exterioare medii lunare, ^oC;
I – intensitatea globală a radiației solare pe planul suprafeței de captare, W/m^2;
I_O – intensitatea globală a radiației solare pentru un plan orizontal W/m^2, W/m^2;
a – debitul specific de agent termic în bucla solară, $l/h.m^2$;
F_R^B – factor de corecție a fluxului termic captat de bucla solară, -;
F_R^C – factor de corectie al fluxului termic captat datorat consumatorului, -;
f_{cap} – factor de corecție al intensității globale a radiației solare datorat unghiului de înclinare al captatorilor solari și unghiului de deviație de la orientarea SUD al captatorilor solari, -;
F_R^{BC} – factor de corecție a fluxului termic captat de sistemul compus din bucla solară și consumator, -;
β_{REF} – parametrul termic sintetic la care este supus ansamblul compus din bucla solară de captare și consumator, $m^2.K/W$;
η_{BC} – randamentul buclei de captare solară, -;
f_u – factorul de utilizare al energiei captate, -;
G_{AET} – gradul de acoperire energetică termic al buclei solare, %;
G_{AE} – gradul de acoperire energetică al buclei solare, %;
RND – randamentul de captare al sistemului, %;
P_{CP} – puterea termică captată și livrată consumatorului, W;
P_{CONS} – puterea termică solicitată de consumator, W;
E_I – energia solară incidentă pe suprafața de captare, kWh;
E_{CP} – energia termică captată de bucla solară, kWh;
E_{CONS} – energia solicitată de consumator, kWh;
Φ_{NEC0} – necesarul de căldură de calcul al clădirii consumatorului, W;
Nzl – numărul de zile din lună, zi/lună;
P_P – puterea pompei din bucla solară, W;
P_{EL} – puterea medie zilnică a pompei din bucla solară, W;
R_{INC} – rezistența termică a instalației de încălzire a consumatorului, $m^2.K/W$; este inversul coeficientului global de transfer termic aferent suprafeței instalației de încălzire a consumatorului;
F_{INC} – factor adimensional de corecție;
H – capacitatea de transfer termic a cladirii, W/K.

4.2.3. Metoda lunară

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare este o metodă lunară care permite, pentru fiecare lună din an și pe întreg anul sau pe un sezon, să se evalueze performanțele energetice.

Metoda presupune în prima etapă prelevarea unei serii de informații de natură constructiv-funcțională despre suprafața de captare a energiei solare, pompa și schimbătorul de căldură din cadrul buclei solare. De asemenea sunt necesare informații despre consumatorul de apă caldă sau de încălzire a spațiilor, informații cum ar fi consumurile zilnice, suprafața de încălzire și temperaturile de dimensionare a instalației etc. O categorie importantă și distinctă de date necesare sunt datele climatice referitoare la temperaturile exterioare și la intensitățile radiației solare.

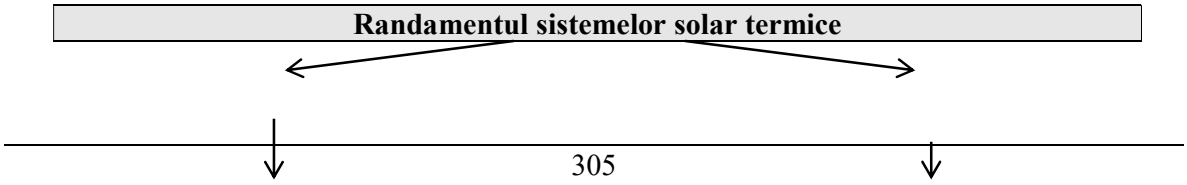
Odată cunoscute aceste date se trece la etapa a doua - aplicarea metodei propriu-zise, prin evaluarea unor parametri intermediari care vor permite în continuare evaluarea efectivă a performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare. Etapa a treia constă în evaluarea performanțelor energetice ale sistemului care sunt reprezentate de randamentul de captare al buclei solare, gradul de acoperire energetică oferit consumatorului și energiile lunare, sezoniere și anuale captate.

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru încălzirea spațiilor și metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru prepararea apei calde de consum au o serie de elemente comune în fiecare din cele trei etape menționate însă în continuare se vor prezenta independent.

Valori recomandate ale parametrilor implicați în relațiile metodei:

- Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, F'
- 0,9 – pentru captatoarele solare cu placa plană absorbantă;
- 0,95 – pentru captatoarele solare cu tuburi vidate;
- Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, k_S:
- 600 W/m^2.K – pentru instalațiile solare noi cu schimbătoare de căldură imersate în rezervorul de acumulare;
- 400 W/m^2.K – pentru instalațiile solare vechi cu schimbătoare de căldură imersate în rezervorul de acumulare;
- 2000 W/m^2.K – pentru instalațiile solare cu schimbătoare de căldură cu plăci plasate în exteriorul rezervorului de acumulare;
- Rezistența termică a sistemului de încălzire centrală – R_{INC}
- 0,145 m^2.K/W - instalație cu corpuri statice de încălzire;
- 0,48 m^2.K/W – încălzire de joasă temperatură prin pardoseală.

Etapizarea calculelor este următoarea:



a. pentru încălzirea spațiilor	b. pentru prepararea apei calde de consum
Etapa 1: Prelevarea datelor de configurare ale sistemului de captare și consum	Etapa 1: Prelevarea datelor de configurare ale sistemului de captare și consum
Etapa 2: Evaluarea parametrilor intermediari de calcul	Etapa 2: Evaluarea parametrilor intermediari de calcul
Etapa 3: Determinarea parametrilor energetici	Etapa 3: Determinarea parametrilor energetici

Figura 4.4. Schema etapelor metodei lunare

Pentru încălzirea spațiilor

A. Etapa 1: Prelevarea datelor de configurare ale sistemului de captare și consum

a. Suprafața de captare solară S_C;
b. Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, F';
c. Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, k_C;
d. Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, α;
e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, τ;
f. Unghiul înclinare față de planul orizontal, al captatoarelor, φ_I;
g. Unghiul deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, φ_A;
h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, S_S;
i. Volumul rezervorului de acumulare, V_a;
j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, k_S;
k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, G_C;
l. Suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, S_{INC};
m. Temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalației, t_{T0}, t_{R0};

Notă : În cazul în care temperaturile nominale ale agentului termic nu sunt cunoscute, acestea vor fi determinate pe baza evaluării necesarului de căldură de calcul Φ_{NEC0}, al clădirii consumatorului și a suprafeței stabilite pentru instalația de încălzire centrală a acestuia.

n. Intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare orizontală, IO, pentru lunile sezonului rece din an, conform anexei cu date climatice;
o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru lunile sezonului rece, te;

B. Etapa 2: Evaluarea parametrilor intermediari de calcul:

a. Se stabilește modulul termic al suprafeței de captare:

$$E_C = exp\left(-\frac{F' \cdot k_C \cdot S_C}{1.163 \cdot G_C}\right) \tag{4.52}$$

b. Se stabilește modulul termic al schimbătorului de căldură al buclei solare:

$$E_S = exp\left(-\frac{k_S \cdot S_S}{1.163 \cdot G_C}\right) \tag{4.53}$$

c. Se stabilește modulul termic al buclei de captare:

$$E_{CS} = \frac{E_C \cdot (1-E_S)+E_S \cdot (1-E_C)}{1-E_C \cdot E_S} \tag{4.54}$$

d. Se stabilește capacitatea de transfer termic a clădirii:

i. Dacă se cunosc temperaturile nominale ale agentului termic:

$$R_{t1} = \frac{t_{m0}-t_{i0}}{t_{i0}-t_{e0}} \tag{4.55}$$

$$R_{t2} = \frac{t_{m0}-t_{i0}}{t_{T0}-t_{R0}} \tag{4.56}$$

$$H = \frac{S_{inc}}{R_{INC}} \cdot R_{t1} \tag{4.57}$$

$$G_{INC} = \frac{S_{inc}}{R_{INC}} \cdot \frac{R_{t2}}{1.163} \tag{4.58}$$

unde:

$$t_{m0} = \frac{t_{T0}+t_{R0}}{2} \tag{4.59}$$

ii. Dacă nu se cunosc temperaturile nominale ale agentului termic:

$$H = \frac{\Phi_{NEC0}}{t_{i0}-t_{e0}} \tag{4.60}$$

$$t_{m0} = \left(1 + \frac{H}{S_{INC}/R_{INC}}\right) \cdot t_{i0} - \frac{H}{S_{INC}/R_{INC}} \cdot t_{e0} \tag{4.61}$$

$$\delta_{t0} = \frac{H \cdot (t_{i0}-t_{e0})}{1.163 \cdot G_{INC}} \tag{4.62}$$

$$t_{T0} = t_{m0} + \frac{\delta_{t0}}{2} \tag{4.63}$$

$$t_{R0} = t_{m0} - \frac{\delta_{t0}}{2} \tag{4.64}$$

e. Se stabilește factorul de corecție aferent buclei solare, F_R^B:

$$F_R^B = \frac{1.163 \cdot G_C}{k_C \cdot S_C} \cdot (1 - E_{CS}) \tag{4.65}$$

f. Se stabileste factorul de corectie aferent consumatorului F_R^C:

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{H}{S_C \cdot k_C} \cdot \frac{t_{i0}-t_{e0}}{t_{T0}-t_{R0}} \tag{4.66}$$

g. Se stabilește factorul de corecție al ansamblului buclă captare – consumator F_R^{BC}:

$$F_R^{BC} = \left(\frac{1}{F_R^B} + \frac{1}{F_R^C}\right)^{-1} \quad (4.67)$$

h. Se stabilește factorul adimensional F_{INC}:

$$F_{INC} = \frac{t_{R0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}}$$

sau cu:

$$F_{INC} = 1 + \frac{H}{S_{INC}/R_{INC}} - \frac{0.43 \cdot H}{G_{INC}}$$

sau cu:

$$F_{INC} = 1 + \left(1 - \frac{0.5}{R_{t2}}\right) \cdot \frac{H}{S_{INC}/R_{INC}} \quad (4.68)$$

i. Se stabilește factorul de utilizare al energiei captate în funcție de valoarea raportului $V_a/(75 \cdot S_C)$:

$$f_u = 0.35 + 0.71836 \cdot exp\left[-0.1/\left(\frac{V_a}{75 \cdot S_C}\right)\right] \quad (4.69)$$

Dacă $f_u > 1$ atunci $f_u = 1$

C. Etapa 3-a: Determinarea parametrilor energetici

a. Se stabilește factorul de corecție de unghi de înclinare și unghi de deviere de la orientarea SUD – f_{cap}, conform Anexei 1, pentru fiecare lună din an;

b. Se stabilesc valorile intensității radiației medii lunare pentru lunile sezonului rece:

$$I = f_{cap} \cdot I_0 \quad (4.70)$$

Valorile intensității solare în plan înclinat se pot calcula folosind modele validate de calcul, cum ar fi Klein and Theilacker (Duffie and Beckman, 1991). Aceste modele sunt integrate în diverse programe de calcul recunoscute internațional (RETSCREEN, TRNSYS, DesignBuilder).

c. Se stabilește valoarea parametrului β_{REF} pentru fiecare lună a sezonului rece:

$$\beta_{REF} = \frac{t_{i0} - t_e}{f_S \cdot I} \quad (4.71)$$

unde f_s – factor solar având valorile :Luna	ian	feb	mar	apr	mai	iun	iul	aug	sep	oct	noi	dec
f_s	4,5	4,0	3,4	3,0	2,7	2,5	2,5	2,7	3,0	3,4	4,0	4,5

d. Se stabilește randamentul buclei solare pentru fiecare lună a sezonului rece:

$$\eta_{BC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot F_{INC} \cdot \beta_{REF}] \quad (4.72)$$

e. Se stabilește puterea termică necesară pentru încălzirea spațiilor în fiecare lună:

$$P_{CONS} = H \cdot (t_{i0} - t_e) \tag{4.73}$$

f. Se stabilesc puterile termice medii lunare incidente:

$$P_I = S_C \cdot I \tag{4.74}$$

g. Se stabilesc puterile termice medii lunare captate:

$$P_{CP} = S_C \cdot I \cdot \eta_{BC} \cdot f_u \tag{4.75}$$

Dacă $P_{CP} < 0$ atunci se va considera $P_{CP} = 0$

Dacă $P_{CP} > P_{CONS}$ atunci se va considera $P_{CP} = P_{CONS}$.

h. Se stabilesc randamentele de captare medii lunare:

$$RND = \frac{P_{CP}}{P_I} \cdot 100 \tag{4.76}$$

i. Se stabilesc gradele de acoperire energetică termică medii lunare:

$$G_{AET} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS}} \cdot 100 \tag{4.77}$$

j. Se stabilesc energiile incidente pe suprafața de captare în fiecare lună:

$$E_I = \frac{P_I \cdot 24 \cdot N_{zi}}{1000} \tag{4.78}$$

k. Se stabilesc energiile necesare la consumator în fiecare lună:

$$E_{CONS} = \frac{P_{CONS} \cdot 24 \cdot N_{zi}}{1000} \tag{4.79}$$

l. Se stabilesc energiile captate și livrate consumatorului de bucla solară în fiecare din lunile sezonului rece:

$$E_{CP} = \frac{P_{CP} \cdot 24 \cdot N_{zi}}{1000} \tag{4.80}$$

m. Se evaluează puterea medie zilnică a pompei din cadrul buclei solare:

$$P_{EL} = 0.25 \cdot P_P \tag{4.81}$$

n. Se stabilesc gradele de acoperire energetică medii lunare totale:

$$G_{AE} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS} + P_{EL}} \cdot 100 \tag{4.82}$$

Pentru prepararea apei calde de consum

Etapa 1: Prelevarea datelor de configurare ale sistemului de captare și consum

a. Suprafața de captare solară SC;
b. Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, F';
c. Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, kC;

d. Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, α;
e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, τ;
f. Unghiul de înclinare fată de planul orizontal, al captatoarelor, φI;
g. Unghiul de deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, φA;
h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, SS;
i. Volumul rezervorului de acumulare, Va;
j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, kS;
k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, GC;
l. Debitul orar mediu zilnic de apă caldă de consum, Gcons;
m. Temperatura apei reci și a apei calde, tr, tc;
n. Intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare situată în plan orizontal pentru toate lunile anului, Io, conform anexei cu date climatice;
o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru toate lunile anului, te.

Etapa 2: Evaluarea parametrilor intermediari de calcul:

a. Se stabilește modulul termic al suprafeței de captare:

$$E_C = exp\left(-\frac{F' \cdot k_C \cdot S_C}{1.163 \cdot G_C}\right) \tag{4.83}$$

b. Se stabilește modulul termic al schimbătorului de căldură al buclei solare:

$$E_S = exp\left(-\frac{k_S \cdot S_S}{1.163 \cdot G_C}\right) \tag{4.84}$$

B. c. Se stabilește modulul termic al buclei de captare:

$$E_{CS} = \frac{E_C \cdot (1 - E_S) + E_S \cdot (1 - E_C)}{1 - E_C \cdot E_S} \tag{4.85}$$

C. Se stabilește factorul de corecție aferent buclei solare, F_R^B:

$$F_R^B = \frac{1.163 \cdot G_C}{k_C \cdot S_C} \cdot (1 - E_{CS}) \tag{4.86}$$

D. Se stabilește factorul de corecție aferent consumatorului, F_R^C:

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{1.163 \cdot G_{CONS}}{S_C \cdot k_C} \tag{4.87}$$

E. Se stabilește factorul de corecție al ansamblului buclă captare – consumator, F_R^{BC}:

$$F_R^{BC} = \left(\frac{1}{F_R^B} + \frac{1}{F_R^C}\right)^{-1} \tag{4.88}$$

F. Se stabilește factorul de utilizare al energiei captate în funcție de valoarea raportului $V_a/(75 \cdot S_C)$:

$$f_u = 0.35 + 0.71836 \cdot exp\left[-0.1/\left(\frac{V_a}{75 \cdot S_C}\right)\right] \quad (4.89)$$

Dacă $f_u > 1$ atunci $f_u = 1$

Etapa 3: Determinarea parametrilor energetici

a. Se stabilește factorul de corecție de unghi de înclinare și unghi de deviere de la orientarea SUD – f_{cap}, conform Anexei 1, pentru fiecare lună din an;

b. Se stabilesc valorile intensității radiației medii lunare pentru lunile anului:

$$I = f_{cap} \cdot I_0 \quad (4.90)$$

Valorile intensității solare în plan înclinat se pot calcula folosind modele validate de calcul, cum ar fi Klein and Theilacker (Duffie and Beckman, 1991). Aceste modele sunt integrate în diverse programe de calcul recunoscute internațional (RETSCREEN, TRNSYS, DesignBuilder).

c. Se stabilește valoarea parametrului β_{REF} pentru fiecare lună din sezonul rece:

$$\beta_{REF} = \frac{t_r - t_e}{f_s \cdot I} \quad (4.91)$$

unde f_s – factor solar având valorileLuna	ian	feb	mar	apr	mai	iun	iul	aug	sep	oct	noi	dec
fs	4,5	4,0	3,4	3,0	2,7	2,5	2,5	2,7	3,0	3,4	4,0	4,5

d. Se stabilește randamentul buclei solare pentru fiecare lună din sezonul rece:

$$\eta_{BC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot \beta_{REF}] \quad (4.92)$$

e. Se stabilește puterea termică necesară pentru prepararea apei calde de consum în fiecare lună:

$$P_{CONS} = 1.163 \cdot G_{CONS} \cdot (t_c - t_r) \quad (4.93)$$

f. Se stabilesc puterile termice medii lunare incidente:

$$P_I = S_C \cdot I \quad (4.94)$$

g. Se stabilesc puterile termice medii lunare captate:

$$P_{CP} = S_C \cdot I \cdot \eta_{BC} \cdot f_u \quad (4.95)$$

Dacă $P_{CP} < 0$ atunci se va considera $P_{CP} = 0$

Dacă $P_{CP} > P_{CONS}$ atunci se va considera $P_{CP} = P_{CONS}$.

h. Se stabilesc randamentele de captare medii lunare:

$$RND = \frac{P_{CP}}{P_I} \cdot 100 \quad (4.96)$$

i. Se stabilesc gradele de acoperire energetică termică medii lunare:

$$G_{AET} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS}} \cdot 100 \quad (4.97)$$

j. Se stabilesc energiile incidente pe suprafața de captare în fiecare lună:

$$E_I = \frac{P_I \cdot 24 \cdot N_{zi}}{1000} \quad (4.98)$$

k. Se stabilesc energiile necesare la consumator în fiecare lună:

$$E_{CONS} = \frac{P_{CONS} \cdot 24 \cdot N_{zi}}{1000} \quad (4.99)$$

l. Se stabilesc energiile captate și livrate consumatorului de buclă solară în fiecare lună:

$$E_{CP} = \frac{P_{CP} \cdot 24 \cdot N_{zi}}{1000} \quad (4.100)$$

m. Se evaluează puterea medie zilnică a pompei din cadrul buclei solare:

$$P_{EL} = 0.25 \cdot P_P \quad (4.101)$$

n. Se stabilesc gradele de acoperire energetică medii lunare totale:

$$G_{AE} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS} + P_{EL}} \cdot 100 \quad (4.102)$$

4.2.4. Exemple de calcul pentru metoda lunară

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare, atât pentru încălzirea spațiilor cât și pentru prepararea apei calde poate fi implementată într-un program de calcul tabelar. Se prezintă în continuare, în acest sens, un exemplu pentru încălzirea spațiilor și un alt exemplu pentru prepararea apei calde de consum. Rezervorul de acumulare are, în general, un volum care să permită consumatorului fructificarea întregii energii termice captate diurn de bucla solară.

a. Pentru încălzirea spațiilor

Date Configuratie Sistem Captare, Consumator, Date Clima			
	Suprafata de Captare		
1	Unghi inclinare suprafata captare (φi) (°) =		40
2	Unghi azimut suprafata captare (φa) (°) =		0° SUD
3	Coeficient transfer termic captatoare (kc) (W/m2.K)	prospect	3
4	Suprafata de captare solara (Sc) (m2) =		85.1
5	Coeficient absorbtie captatoare (α) (-) =	prospect	0.9
6	Coeficient transparenta captatoare (tau) (-) =	prospect	0.85
7	Factor geometric captatoare (F') (-) =	prospect	0.9
	Serpentina rezervor acumulare		
1	Suprafata serpentina rezervor (Ss) (m^2) =		8.51
2	Coeficient transfer termic serpentina (ks) ($W/m^2.K$) =		800
3	Volum rezervor acumulare (Va) (l) =		4256
4	Debit agent termic bucla captatoare-serpentina (Gc) (l/h) =		4256
	Consumator		
1	Suprafata instalatiei de incalzire centrala (Sinc) (m2) =		216
2	Temperaturi nominala tur incalzire (t_{T0}) (°C) =		60
3	Temperatura nominala retur incalzire (t_{R0}) (°C) =		40
4	Temperatura interioara normata (ti0) (°C) =		20
5	Temperatura exterioara nominala (te0) (°C) =		-15
6	Rezistenta termica instalatie incalzire (Rinc) ($m^2.K/W$) =		0.145
7	Coeficient transfer de caldura al instalatiei k_{INC} (W/m^2K) =		6.90
Etape de Calcul			
1	Modulul termic al suprafetei de captare (Ec) (-) =		0.955
2	Modulul termic al suprafetei serpentinei (Es) (-) =		0.253
3	Modulul termic al buclei de captare (Ecs) (-) =		0.955
4	Raportul diferentelor de temperaturi (Rt1) (-) =		0.857
5	Raportul diferentelor de temperaturi (Rt2) (-) =		1.500
6	Debit agent termic instalatie incalzire (Ginc) (l/h) =		1921.3
7	Factorul adimensional FRB (-) =		0.866
8	Factorul adimensional FRC (-) =		17.5
9	Factorul adimensional FRBC (-) =		0.825
10	Factorul adimensional FINC (-) =		1.571
11	Factor de utilizare a energiei solare (fu) (-) =		0.968

Date Climatice	Localitatea		Bucuresti										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Luna	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	iul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	AN
I_O (W/m^2)	49.6	85	124.8	167.2	205.6	233.5	200.8	233.2	175.5	114.2	54.2	41.3	
te (°C)	-1.2	1.2	5.6	11.3	17.5	21.4	23.4	22.5	16.8	11.1	5.2	-0.2	
Stabilirea parametrilor intermediari de calcul													
Zile	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
fcap (-)	1.71	1.43	1.25	1.07	0.97	0.91	0.93	1.05	1.22	1.44	1.58	1.63	
I (W/m^2)	84.816	121.55	156	178.904	199.432	212.485	186.744	244.86	214.11	164.448	85.636	67.319	
Nh (ore)	744	672	744	720	744				720	744	720	744	
fs (-)	4.5	4	3.4	3	2.7	2.5	2.5	2.7	3	3.4	4	4.5	
Performanta Energetica													
β_{REF} (m^2.K/W)	0.056	0.039	0.027	0.016	0.005	-0.003	-0.007	-0.004	0.005	0.016	0.043	0.067	
η_{BC} (-)	0.42	0.48	0.53	0.57	0.61	0.64	0.66	0.65	0.61	0.57	0.46	0.37	
Pi (W)	7220	10347	13279	15229						13998	7290	5730	
Pcons (W)	27069	24005	18387	11109	0	0	0	0	0	11364	18897	25792	
Pcp (W)	2903	4818	6760	8380	0	0	0	0	0	7718	3270	2064	
P_{CT} (W)	24166	19187	11627	2729	0	0	0	0	0	3646	15627	23729	
GAet (-)	10.72	20.07	36.77	75.44						67.92	17.30	8.00	33.746
RND (%)	40.208	46.566	50.905	55.027						55.137	44.856	36.013	46.959
Ei (kWh)	5372	6953	9880	10965						10415	5249	4263	53096
Ecp (kWh)	2160	3238	5029	6034						5742	2354	1535	26092
Econs (kWh)	20139	16131	13680	7998						8455	13606	19189	99199

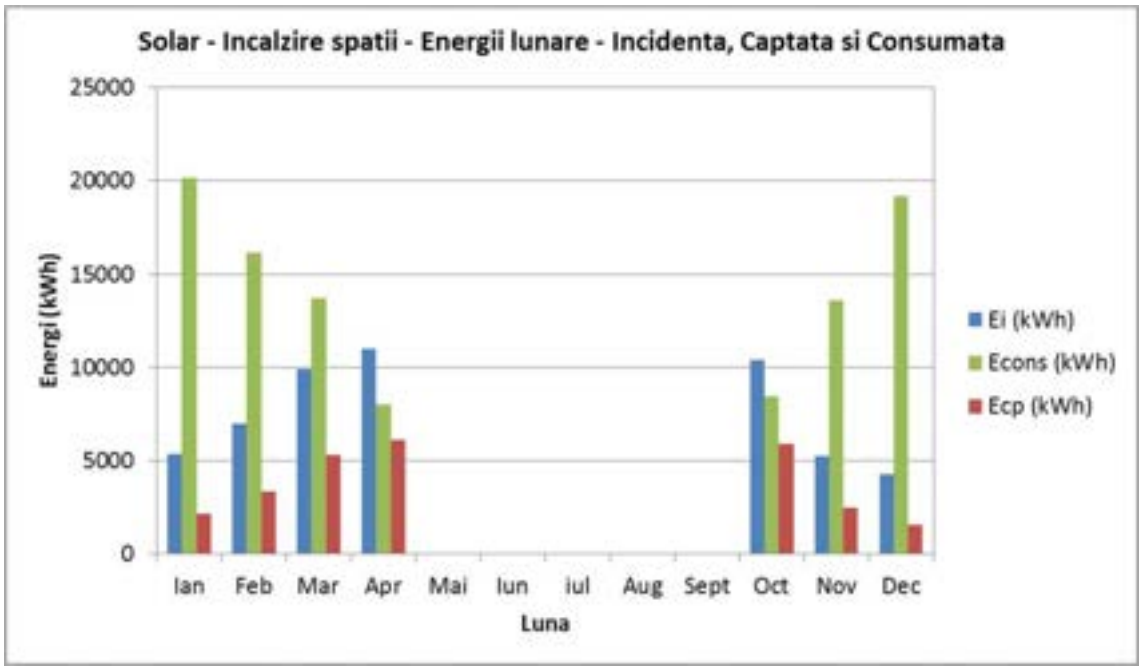


Figura 4.5. *Energii lunare pentru încălzirea spațiului: Incidentă (Ei), Captată (Ecp) și Consumată (Econs)*

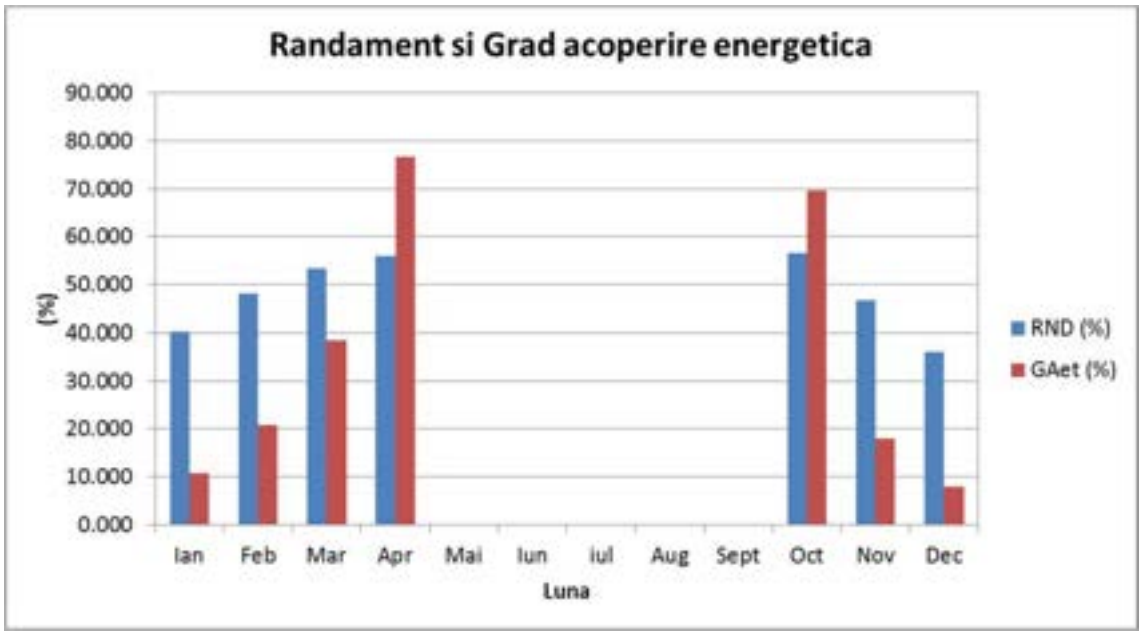


Figura 4.6 *Randament și Grad acoperire energetică*

b. Pentru prepararea apei calde de consum

Date Configuratie Sistem Captare, Consumator, Date Clima			
	Suprafata de Captare		
1	Unghi inclinare suprafata captare fata de planul orizontal (ϕi) (^{o}) =		40
2	Unghi azimut suprafata captare (ϕa) (θ) =		0° SUD
3	Suprafata de captare solara (Sc) (m^2) =		22.5
4	Coeficient absorbtie captatoare (α) (-) =		0.9
5	Coeficient transparenta captatoare (τ) (-) =		0.85
6	Coeficient transfer termic captatoare (kc) ($W/m^2.K$) =	prospect	3.5
7	Factor geometric captatoare (F') (-) =		0.9
	Serpentina rezervor acumulare		
1	Suprafata serpentina rezervor (Ss) (m2) =		1.5
2	Coeficient transfer termic serpentina (ks) (W/m2.K) =		800
3	Volum rezervor de acumulare (Va) (l) =		1687.5
4	Debit agent termic bucla captatoare-serpentina (Gc) (l/h) =		1575
	Consumator		
1	Debit orar de apa calda de consum (Gcons) (l/h) =		93.75
2	Temperaturi apa calda consum (θac) (oC) =	variabila lunar	55
3	Temperatura apa rece (θar) (oC) =	variabila lunar	15

Etape de Calcul		
1.	Modulul termic al suprafetei de captare (Ec) (-) =	0.962
2.	Modulul termic al suprafetei serpentinei (Es) (-) =	0.519
3.	Modulul termic al buclei de captare (Ecs) (-) =	0.964
4.	Factor corectie sistem (FRB) (-) =	0.848
5.	Factor corectie consumator (FRC) (-) =	2.769
6.	Factor corectie bucla captare consumator (FRBC) (-) =	0.649
7.	Factor de utilizare (fu) (-) =	1.000

Localitatea	Bucuresti

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Date Climatice	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
I_O (W/m^2)	49.6	85	124.8	167.2	205.6	233.5	200.8	233.2	175.5	114.2	54.2	41.3	
te (^{o}C)	-1.2	1.2	5.6	11.3	17.5	21.4	23.4	22.5	16.8	11.1	5.2	-0.2	
tar (^{o}C)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Stabilirea parametrilor intermediari de calcul													AN
fcap (-)	1.71	1.43	1.25	1.07	0.97	0.91	0.93	1.05	1.22	1.44	1.58	1.63	
I (W/m^2)	84.816	121.55	156	178.904	199.432	212.485	186.744	244.86	214.11	164.448	85.636	67.319	
Nh (ore)	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8760
fs (-)	4.5	4	3.4	3	2.7	2.5	2.5	2.7	3	3.4	4	4.5	
Performanta Energetica													
β_{REF} (m^2.K/W)	0.042	0.028	0.018	0.007	-0.005	-0.012	-0.018	-0.011	-0.003	0.007	0.029	0.050	
η_{BC} (-)	0.400	0.432	0.456	0.481	0.507	0.524	0.538	0.522	0.503	0.481	0.432	0.383	
Pi (W)	1908.36	2734.875	3510	4025.34	4487.22	4780.913	4201.74	5509.35	4817.475	3700.08	1926.81	1514.678	3593.07
Pcons (W)	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250	4361.250
P_{CP} (W)	763.724	1181.876	1601.873	1936.105	2275.887	2505.289	2258.547	2878.197	2423.243	1778.977	831.681	579.566	1751.247
$P_{ELECL\ POMPA}$ (W)	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
RND (%)	40.020	43.215	45.637	48.098	50.719	52.402	53.753	52.242	50.301	48.079	43.164	38.263	47.158
G_{AET} (%)	17.51	27.10	36.73	44.39	52.18	57.44	51.79	65.99	55.56	40.79	19.07	13.29	40.15%
GAE (%)	17.40	26.93	36.50	44.11	51.85	57.08	51.46	65.57	55.21	40.53	18.95	13.20	39.90%
Ei (kWh)	1419.82	1837.836	2611.44	2898.245	3338.492	3442.257	3126.095	4098.956	3468.582	2752.86	1387.303	1126.92	31508.81
Ecp (kWh) - **RECUPERAT**	568.2109	794.2209	1191.793	1393.995	1693.26	1803.808	1680.359	2141.378	1744.735	1323.559	598.8105	431.1968	15365.33
Econs (kWh)	3244.77	2930.76	3244.77	3140.1	3244.77	3140.1	3244.77	3244.77	3140.1	3244.77	3140.1	3244.77	38204.55
$E_{ELEC\ POMPA}$ (kWh)	20.832	18.816	20.832	20.16	20.832	20.16	20.832	20.832	20.16	20.832	20.16	20.832	245.28

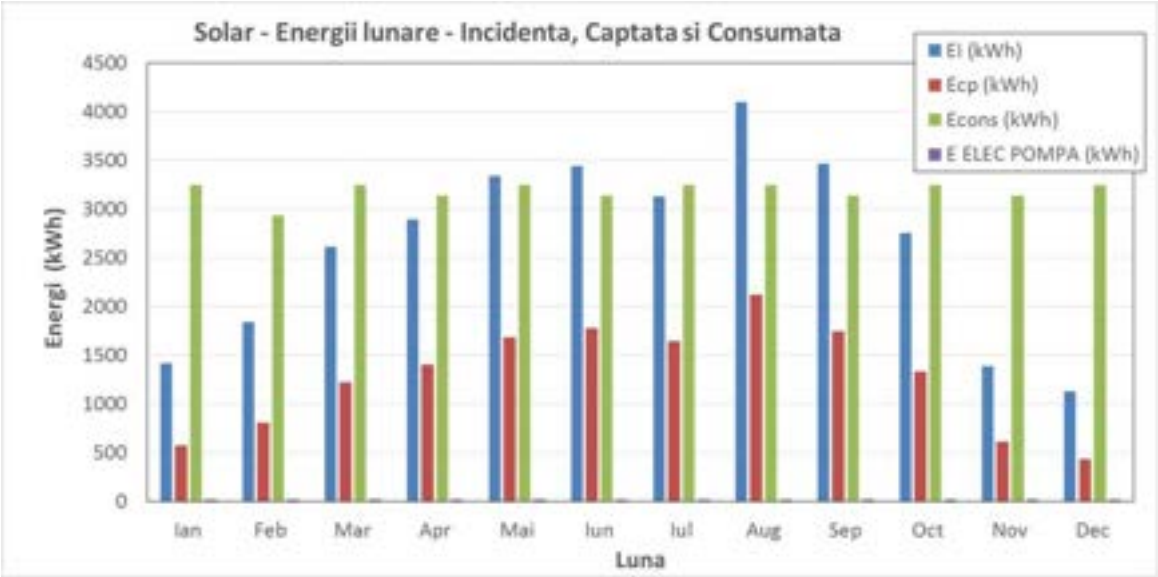


Figura 4.7 *Solar - Energii lunare : Incidență, Captată și Consumată*

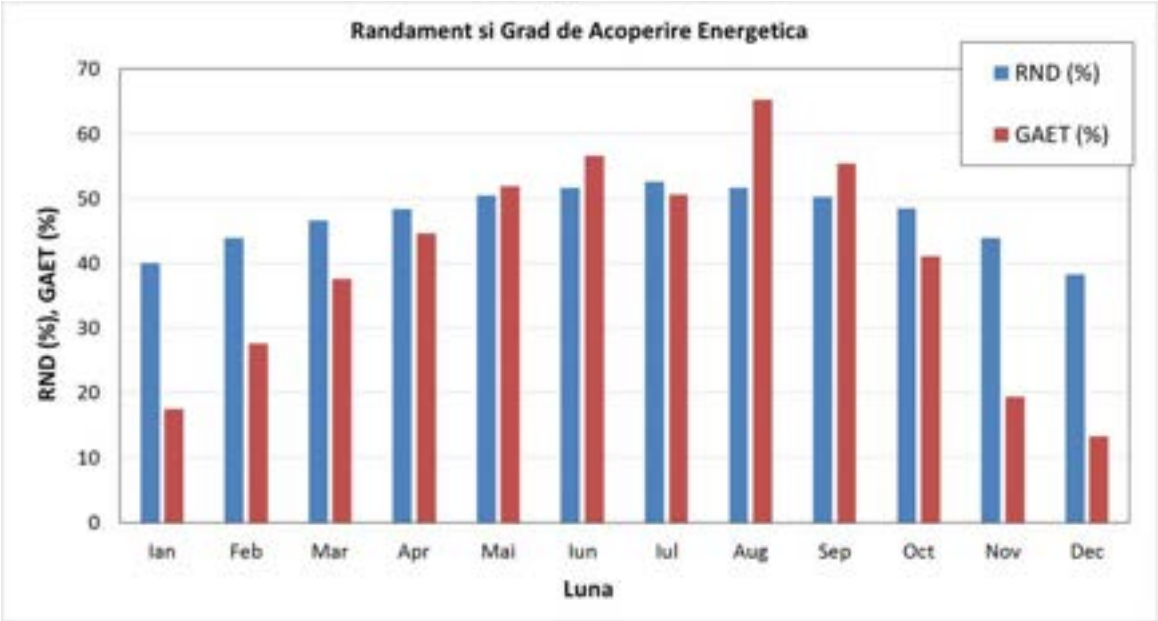


Figura 4.8 *Randament și Grad de Acoperire Energetică*

Anexa A1 (informativă)

Valorile factorului de corecție, f_{cap}, funcție de unghiul de înclinare și orientarea față de axa Sud – Nord

φi	30°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.94	1.23	1.48	1.59	1.51	1.29	0.99
feb	0.93	1.13	1.30	1.37	1.32	1.17	0.97
mar	0.92	1.06	1.17	1.22	1.20	1.11	0.97
apr	0.94	1.02	1.07	1.09	1.07	1.02	0.94
mai	0.94	0.99	1.01	1.01	1.00	0.97	0.92
iun	0.93	0.96	0.97	0.97	0.96	0.95	0.92
iul	0.91	0.95	0.97	0.98	0.99	0.98	0.95
aug	0.94	1.02	1.06	1.08	1.05	1.00	0.92
sep	0.95	1.09	1.18	1.21	1.17	1.07	0.93
oct	0.96	1.16	1.32	1.37	1.31	1.15	0.95
nov	0.94	1.19	1.40	1.49	1.42	1.23	0.97
dec	0.96	1.23	1.45	1.52	1.43	1.20	0.94

φi	35°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.93	1.25	1.53	1.66	1.57	1.31	0.99
feb	0.92	1.14	1.32	1.40	1.35	1.18	0.96
mar	0.91	1.06	1.18	1.24	1.21	1.11	0.96
apr	0.92	1.01	1.06	1.08	1.06	1.01	0.92
mai	0.92	0.97	0.99	0.99	0.98	0.95	0.90
iun	0.91	0.94	0.95	0.94	0.94	0.93	0.90
iul	0.89	0.93	0.95	0.96	0.97	0.96	0.93
aug	0.92	1.01	1.06	1.07	1.04	0.99	0.90
sep	0.94	1.08	1.19	1.22	1.17	1.06	0.91
oct	0.94	1.17	1.34	1.41	1.34	1.16	0.93
nov	0.92	1.20	1.44	1.54	1.47	1.25	0.96
dec	0.95	1.25	1.49	1.58	1.47	1.22	0.92

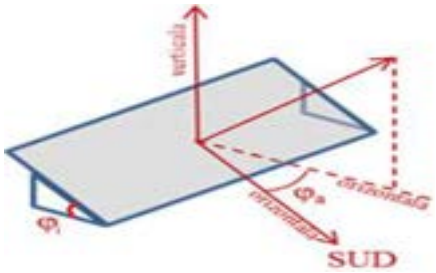
φi	40°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.91	1.26	1.57	1.71	1.62	1.33	0.98
feb	0.90	1.14	1.34	1.43	1.37	1.18	0.95
mar	0.89	1.05	1.18	1.25	1.21	1.10	0.94
apr	0.90	1.00	1.05	1.07	1.05	1.00	0.90
mai	0.90	0.95	0.97	0.97	0.96	0.93	0.87
iun	0.88	0.92	0.92	0.91	0.92	0.91	0.88
iul	0.87	0.91	0.93	0.93	0.95	0.94	0.90
aug	0.90	0.99	1.04	1.05	1.03	0.97	0.87
sep	0.92	1.08	1.19	1.22	1.17	1.06	0.89
oct	0.93	1.17	1.36	1.44	1.35	1.16	0.91
nov	0.91	1.21	1.47	1.58	1.50	1.26	0.95
dec	0.94	1.27	1.54	1.63	1.51	1.23	0.91

φi	45°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.90	1.27	1.61	1.76	1.66	1.35	0.97
feb	0.88	1.13	1.35	1.45	1.38	1.18	0.93
mar	0.87	1.04	1.18	1.25	1.21	1.09	0.92
apr	0.88	0.98	1.04	1.05	1.04	0.98	0.88
mai	0.88	0.93	0.95	0.94	0.94	0.91	0.85
iun	0.86	0.89	0.89	0.88	0.89	0.88	0.85
iul	0.84	0.89	0.90	0.90	0.92	0.92	0.88
aug	0.88	0.97	1.02	1.03	1.00	0.95	0.85
sep	0.90	1.07	1.18	1.22	1.17	1.04	0.87
oct	0.91	1.17	1.37	1.45	1.36	1.16	0.90
nov	0.89	1.21	1.49	1.62	1.53	1.26	0.93
dec	0.92	1.27	1.57	1.67	1.54	1.23	0.89

φi	50°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.88	1.26	1.63	1.80	1.69	1.35	0.95
feb	0.86	1.12	1.35	1.46	1.39	1.18	0.91
mar	0.84	1.02	1.17	1.24	1.20	1.08	0.90
apr	0.86	0.96	1.01	1.03	1.01	0.96	0.86
mai	0.85	0.91	0.92	0.91	0.91	0.88	0.82
iun	0.83	0.86	0.86	0.84	0.85	0.85	0.82
iul	0.81	0.86	0.87	0.87	0.89	0.89	0.85
aug	0.86	0.95	0.99	1.00	0.98	0.92	0.82
sep	0.87	1.05	1.17	1.21	1.15	1.02	0.85
oct	0.89	1.16	1.38	1.46	1.37	1.15	0.88
nov	0.87	1.20	1.51	1.65	1.55	1.26	0.92
dec	0.90	1.27	1.59	1.70	1.56	1.23	0.87

φi	55°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.86	1.26	1.64	1.82	1.70	1.35	0.94
feb	0.84	1.11	1.35	1.47	1.39	1.17	0.89
mar	0.82	1.00	1.15	1.23	1.19	1.06	0.88
apr	0.83	0.93	0.99	1.00	0.99	0.93	0.83
mai	0.82	0.88	0.89	0.87	0.87	0.85	0.79
iun	0.80	0.83	0.82	0.80	0.81	0.82	0.79
iul	0.78	0.83	0.83	0.83	0.85	0.86	0.83
aug	0.83	0.92	0.96	0.96	0.95	0.89	0.79
sep	0.85	1.03	1.15	1.19	1.13	1.00	0.82
oct	0.87	1.15	1.37	1.46	1.36	1.13	0.85
nov	0.85	1.19	1.51	1.66	1.55	1.25	0.90
dec	0.88	1.27	1.60	1.72	1.57	1.22	0.85

φi	60°						
φa	Vest 90°	Vest 60°	Vest 30°	0°	Est 30°	Est 60°	Est 90°
ian	0.84	1.25	1.65	1.84	1.71	1.34	0.92
feb	0.81	1.09	1.34	1.46	1.38	1.15	0.87
mar	0.80	0.98	1.13	1.21	1.17	1.04	0.85
apr	0.81	0.91	0.96	0.96	0.95	0.91	0.81
mai	0.79	0.85	0.85	0.83	0.83	0.82	0.76
iun	0.77	0.80	0.78	0.75	0.77	0.79	0.76
iul	0.75	0.79	0.79	0.78	0.81	0.83	0.80
aug	0.80	0.89	0.93	0.92	0.91	0.86	0.77
sep	0.82	1.00	1.12	1.17	1.11	0.98	0.80
oct	0.85	1.13	1.36	1.45	1.34	1.11	0.83
nov	0.83	1.18	1.51	1.67	1.55	1.24	0.87
dec	0.86	1.25	1.61	1.73	1.57	1.21	0.82



4.3. Sisteme de cogenerare

4.3.1. Obiective și domenii de aplicare

În acest capitol se descrie o metodă de evaluare a performanțelor unităților de cogenerare integrate în clădiri. Aceste unități sunt cunoscute sub numele de unități de microcogenerare, minicogenerare sau unități de cogenerare de mică putere (respectiv de puteri electrice mai mici de 1 MWe). Metoda se bazează pe calculul producției de energie electrică, al producției de căldură utilă și al pierderilor termice recuperabile.

O unitate de cogenerare integrată în clădire este o unitate de cogenerare instalată cu scopul de a furniza diverse servicii (ex. încălzire, preparare apă caldă pentru consum menajer și eventual, răcirea într-o clădire - ceea ce conduce la conceptul de trigenerare).

Unitatea de cogenerare poate funcționa individual, ca sursă unică de producere a energiei termice în clădire sau, așa cum se întâmplă de cele mai multe ori, asociată și cu alte surse de producere a energiei termice/frigului (cum ar fi cazane, mașini frigorifice cu absorbție sau compresie mecanică).

Spre deosebire de sistemele de încălzire centralizată în care căldura și energia electrică sunt produse la nivelul instalațiilor centrale și apoi transmise printr-un ansamblu de rețele la consumatorii situați la distanțe mai mici sau mai mari față de sursă, o unitate de cogenerare integrată în clădire produce căldură utilă care va fi utilizată local, chiar în interiorul clădirii.
Energia electrică produsă de unitatea de cogenerare integrată poate fi la rândul ei utilizată integral în clădire, sau poate fi și exportată în rețeaua de distribuție a energiei electrice (în SEN- sistemele naționale de distribuție a energiei electrice).

Calculul se bazează pe caracteristici de performanță ale unităților de cogenerare în condițiile de funcționare bazate pe cererea de căldură a consumatorilor. Aceste caracteristici de performanță trebuie să fie în acord cu reglementările europene și cu Regulamentul 305/2011 privind condițiile armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții.

Unitatea de cogenerare poate fi de orice tip (ex. motor termic, pilă de combustie etc.) de cele mai multe ori incluzând o sursă de vârf suplimentară și un rezervor de acumulare a energiei termice. Pentru calcule, sunt necesare datele de intrare, deci sistemul să fi fost testat în ansamblul său și să existe valori ale parametrilor caracteristici, pentru a avea toate informațiile necesare privind performanța energetică.

Primul pas este acela de a se realiza o schemă care definește limitele sistemului și fluxurile energetice. În Figura 4.9. este ilustrat un exemplu de configurare a unui sistem - ansamblu de instalații, utilizând un motor termic.

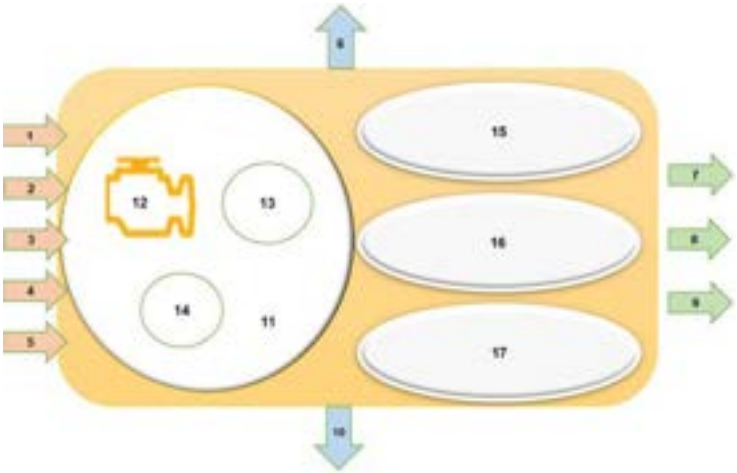


Figura 4.9. Configurarea limitelor pentru un sistem cu o unitate de cogenerare de mică putere cu motor cu ardere internă

1- energia primară introdusă prin combustibilul utilizat; 2- energie electrică aferentă echipamentelor auxiliare;3- alimentare cu aer; 4- alimentare cu gaz; 5- sursă de apă rece de consum;6- produse de ardere; 7- agent termic de încalzire; 8- energie electrică; 9- apă caldă de consum;10- condensat;11- ansamblul echipamentelor unității de cogenerare; 12- motor cu ardere internă;13- generator de energie electrică; 14- sistem de control al producției de energie termică și electrică; 15- sursă de vârf pentru căldură; 16-modulul de reglare (management) a furnizării căldurii;17- modulul de control/reglare/automatizare a funcționării unității și serviciilor furnizate

4.3.2. Principiul metodelor de calcul

Metodele ce se pot aplica vizează calculul consumului de combustibil, al energiei necesare funcționării echipamentelor auxiliare și calculul pierderilor recuperabile din unitățile de cogenerare ce furnizează energie electrică şi energie termică necesară pentru încălzire, preparare a apei calde de consum şi eventual răcire. Se pot aplica în principiu 2 metode: metoda profilului anual de încărcare şi respectiv metoda „contribuției fracționate”.

Metoda profilului de încărcare anuală

Această metodă presupune trasarea curbelor clasate anuale pentru necesarul de căldură şi de energie electrică. În această metodă se presupune ca întreaga cantitate de energie termică produsă în unitatea de cogenerare este consumată.

Metoda „contribuției fracționate”

În această metodă, la fiecare pas de timp de calcul ales se determină producția de energie termică din unitatea de cogenerare. Pentru fiecare putere termică, puterea electrică este calculată prin interpolare liniară între valori de date ale produselor în conformitate cu SR EN 50465. Calculele se pot realiza utilizând valori medii pe perioada unui an, divizând anul în intervale care pot fi orare, lunare, săptămânale, sau cu alt pas de timp, calculând consumurile aferente, şi apoi însumându-le.

Această metodă oferă o acuratețe mai bună a rezultatelor obținute, de aceea se va prezenta în continuare mai detaliat.

Performanța unei unități de microcogenerare (randamentul termic, randamentul electric, randamentul global) variază în funcție de sarcina şi condițiile de funcționare. În acest sens, în Raportul tehnic SR CEN/TR 15316-6-7 sunt furnizate informații suplimentare şi sunt redate şi valori implicite ce pot fi utilizate în calcule pentru diverse unități de cogenerare. Energia termică produsă poate fi utilizată pentru diverse servicii (încălzire, producere de apă caldă de consum menajer şi eventual pentru răcire, prin intermediul unei mașini frigorifice cu absorbție - MFA). Pentru aceste servicii sunt necesare diverse racorduri la surse de apă, cuplarea cu rezervoare de acumulare etc., care trebuie cunoscute pentru aplicarea metodei de calcul.
Componentele conexiunilor electrice nu sunt luate în considerare decât dacă fac parte din unitatea de cogenerare şi dacă au fost supuse la încercări/teste împreună.

4.3.2.1. Date de ieşire relevante pentru evidențierea performanței energetice

Pentru cazul surselor de cogenerare, din calculele efectuate se va urmări obținerea următoarelor date relevante pentru performanța energetică (Tabelul 4.1.):

Tabel 4. 1 Date relevante pentru performanța energetică

Descriere	Simbol	Unitatea de măsură
Consumul de energie primară	$E_{gen;in,cr}$	kWh
Producția de căldură utilă	$Q_{CHW;gen;out}$	kWh
Energie electrică (utilă) la ieşire din sistem	$E_{el;gen;out}$	kWh
Pierderi termice recuperabile	$Q_{gen;ls;rbl}$	kWh
Energia aferentă consumului aparatelor /echipamentelor auxiliare	$W_{gen;aux}$	kWh
Tipul de combustibil consumat (combustibil lichid, gaz, biogaz, biomasă etc.)	CGN_FUEL	
Randament electric la sarcina nominală $P_{th;gen;out}$	$\eta_{el;cgn}$	-
Randament termic la sarcina nominală $P_{th;gen;out}$	$\eta_{th;cgn}$	-
Timp echivalent de funcționare la sarcina nominală	t_{cgn}	h
Factor de consum energetic	ε_{cgn}	-
Indicele de cogenerare (raportul între energie electrică şi termică)	σ_{cgn}	-

4.3.2.2. Date de intrare

Datele de intrare necesare se referă atât la identificarea calitativă a echipamentelor (tipului acestora) dar şi din punct de vedere cantitativ (valori ale parametrilor de interes necesari în calcule). Datele utilizate în calcule respectiv cele furnizate de producători trebuie să fie declarate conform SR EN 50465 sau a SR ISO 3046-1. Datele de intrare solicitate pentru unitățile de cogenerare sunt redate în ANEXA A din SR EN 15316-4-4. Atunci când nu se cunosc aceste valori, unele date de bază pot fi introduse cu valori implicite furnizate în Anexa B aferentă SR EN

15316-4-4 şi ANEXA C din SR CEN/TR 15316-6-7. În figura următoare este redat un exemplu de date de produs, declarate conform SR EN 50465, care descriu performanțele unităților de cogenerare la diverse sarcini de funcționare.

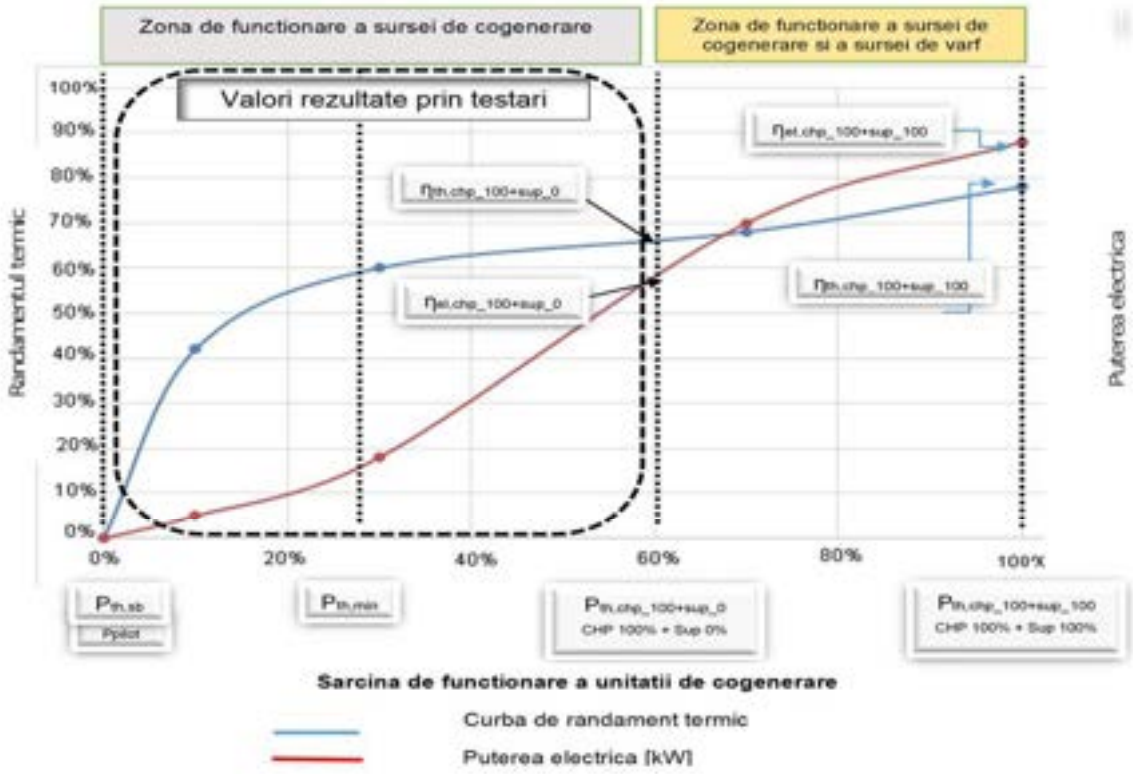


Figura 4.10. Exemplu de curbe sarcină-performanță pentru randamentul termic și electric pentru date de produs conform SR EN 50465

<u>Date caracteristice şi de identificare a echipamentelor</u>

Descrierea produselor (identificare calitativă)

Datele necesare pentru identificarea calitativă a produselor pentru această metodă de calcul sunt prezentate în SR EN 15316-4-4 Tabelul B.1.din ANEXA B. Acestea se refera la identificarea tipului tehnicii de cogenerare (ex. motor Stirling, motor cu ardere internă, microturbină etc.), la tipul serviciilor furnizate (ex. încălzire, apă caldă de consum etc.) la tipul combustibilului utilizat (gaz, biogaz, biomasă etc.) și la numărul unităților de cogenerare.

Datele tehnice ale echipamentelor (din punct de vedere cantitativ)

Evaluarea performanței energetice a unităților de cogenerare este bazată pe testările de (echipamente) în conformitate cu SR EN 50465. În cazul în care se utilizează unități ce conțin pile de combustie, trebuie acordată o atenție specială deoarece acestea impun condiții de funcționare şi constrângeri speciale. Datele tehnice ale produselor necesare pentru această metodă de calcul sunt prezentate în Tabelul 4.2.

Tabel 4.2 Date tehnice de intrare necesare pentru aplicarea metodei (sursa: SR EN 15316-4-4)

Caracteristici	Simbol	Unitate de măsură din catalog	Unitate de măsură de calcul	Interval de valori valide
Producție de căldură utilă la funcționarea la sarcină maximă a surselor, atât de de cogenerare (CHP) cat şi a sursei de vârf (Sup) CHP 100 % + Sup 100 %	$P_{th;chp_100+sup_100}$	kW	kW	[0:70]
Putere electrică utilă (la ieșire) la CHP 100 % + Sup 100 %	$P_{el;out;chp_100+sup_100}$	kW	kW	[0:50]
Puterea aferentă aparatelor auxiliare la CHP 100 % + Sup 100 %	$P_{aux;chp_100+sup_100}$	kW	kW	[0:20]
Randament global la CHP 100 % + Sup 100 %	$\eta_{chp_100+sup_100}$	-	-	[0:1,2]
Randament termic la CHP 100 % + Sup 100 %	$\eta_{th;chp_100+sup_100}$	-	-	[0:1]
Randament electric la CHP 100 % + Sup 100 %	$\eta_{el;chp_100+sup_100}$	-	-	[0:0,5]
Producție de căldură utilă la funcționarea la sarcină maximă a sursei de cogenerare fără sursa de vârf (Sup)CHP 100 % + Sup 0 %	$P_{th;chp_100+sup_0}$	kW	kW	[0:70]
Putere electrică nominală la ieșire la CHP 100 % + Sup 0 %	$P_{el;out;chp_100+sup_0}$	kW	kW	[0:50]
Puterea aparatelor auxiliare la CHP 100 % + Sup 0 %	$P_{aux;chp_100+sup_0}$	kW	kW	[0:20]
Randamentul global la CHP 100 % + Sup 0 %	$\eta_{chp_100+sup_0}$	-	-	[0:1,2]
Randament termic la CHP 100 % + Sup 0 %	$\eta_{th;chp_100+sup_0}$	-	-	[0:1]
Randament electric la CHP 100 % + Sup 0 %	$\eta_{el;chp_100+sup_0}$	-	-	[0:0,5]
Putere termică minimă reglată constant	$P_{th;min}$	kW	kW	[0:50]
Pierderi termice în regim stabilizat	$P_{ls;sb}$	kW	kW	[0:20]
Putere termică la ieșire în mod în așteptare" (stand-by)	$P_{el;out;sb}$	kW	kW	[0:20]
Puterea aparatelor/echipamentelor auxiliare în mod în așteptare" (stand-by)	$P_{aux;sb}$	kW	kW	[0:20]

Caracteristici	Simbol	Unitate de măsură din catalog	Unitate de măsură de calcul	Interval de valori valide
Puterea permanentă a arzătorului ce inițiază aprinderea	P_{pilot}	kW	kW	[0:20]

Se pot utiliza valori implicite care sunt furnizate în Anexa A Tabel B2. din SR EN 15316-4-4.

Datele de configurare a sistemului şi proceselor

Datele necesare pentru configurarea sistemului se referă la amplasamentul unității de cogenerare (respectiv dacă este în spațiu încălzit/neîncălzit), racordurile hidraulice pe care le are unitatea (de exemplu existenţa rezervoarelor de acumulare etc.) precum şi modul de reglare a funcționării sistemului.

Unitățile de cogenerare funcționează la puteri reglabile cuprinse între valori minime şi maxime şi funcționează în general în funcție de cererea de căldură. Pot fi aplicate şi alte criterii de reglare şi care pot influenţa performanţa echipamentului de mCHP .

Date privind condițiile de funcționare

Datele condițiilor de funcționare necesare pentru această metodă de calcul sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 4.3 Condiții de funcționare (sursa SR EN 15316-4-4)

Nume	Simbol	Unitate de măsură	Plajă de valori
Energia termică (la ieșire) transmisă spre subsistemul sau subsistemele de distribuție de a căldurii	$Q_{\text{CHW;dis;in}}$	kWh	0...∞
Pasul de timp	t	h, m	1...8 760
Durata modului în așteptare” (stand-by)	t_{sb}	h	1...8 760

Standardele SR EN 50465 și SR ISO 3046-1 oferă date:

- la încărcare de 0% (regim „în așteptare” – stand-by);
- la funcționarea CHP 100% şi Sup 0% (energia termică şi electrică produse de sursa de bază, în cogenerare, fără funcționarea sursei de vârf);
- la CHP 100% și Sup 100% (energia termică şi electrică produse de sursa de bază, în cogenerare, dar şi energia termică produsă de sursele de vârf, la capacitățile lor nominale).

La funcționare între aceste puncte se face o interpolare liniară, pentru a estima puterea electrică, puterea aferentă echipamentelor auxiliare şi pierderile termice pentru fiecare punct, între sarcinile de la 0% la 100%.

4.3.2.3. Pasul de timp

Pasul de timp recomandat, care oferă acurateţea cea mai bună, este pasul de timp orar, dar se poate utiliza şi un pas de timp anual sau lunar.

4.3.2.4. Procedura de calcul (sursa - SR EN 15316-4-4)

Producţia de energie termică a unităţii de cogenerare se calculează la fiecare pas de timp de calcul. Corespunzător acesteia, prin interpolare liniară ale datelor produselor, se determină puterea electrică (un exemplu este dat în figura 4.11).

Puterea termică reală se calculează ca fiind:

$P_{th,gen,out} = \min (P_{th;chp_100+sup_100} ; (Q_{CHW;gen;out}/t))$ [kW] (4.103)

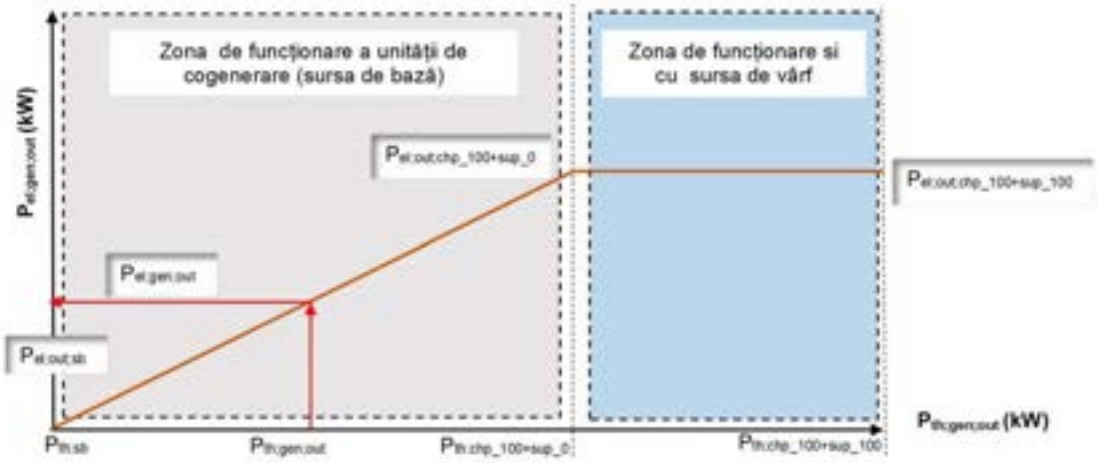


Figura 4.11. Mod de determinare a puterii electrice (sursa - SR EN 15316-4-4)

$P_{th;sb}$ corespunde modului de funcţionare „în aşteptare" (stand-by). Puterea electrică în această condiţie de funcţionare, $P_{el;out,sb}$, este egală cu 0, puterea echipamentelor auxiliare fiind ponderizată distinct. Pentru alte poziţii ale punctului de funcţionare, din interpolare liniară rezultă următoarele relaţii de calcul:

— Pentru $P_{th;sb} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_0}$

$$P_{el;gen;out} = P_{el;out;sb} + (P_{el;out;chp_100+sup_0} - P_{el;out;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb})/(P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb})) \quad (4.104)$$

— Pentru $P_{th;chp_100+sup_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_100}$

$$P_{el;gen,out} = P_{el;out;chp_100+sup_0} + (P_{el;out;chp_100+sup_100} - P_{el;out;chp_100+sup_0}) * ((P_{th;gen,out} - P_{th;chp_100+sup_0})/(P_{th;chp_100+sup_100} - P_{th;chp_100+sup_0})) \quad (4.105)$$

Prin multiplicarea puterii rezultate cu timpul, rezultă energia electrică furnizată de sistem:

$E_{el;gen;out} = P_{el;gen;out}\ t$ (4.106)

Puterea aferentă echipamentelor auxiliare: trebuie calculată la fiecare pas de timp, inclusiv în modul de funcţionare „în aşteptare” (stand-by). Şi această putere P_{aux} se poate calcula prin interpolare liniară, la fiecare putere termică (figura 4.12).

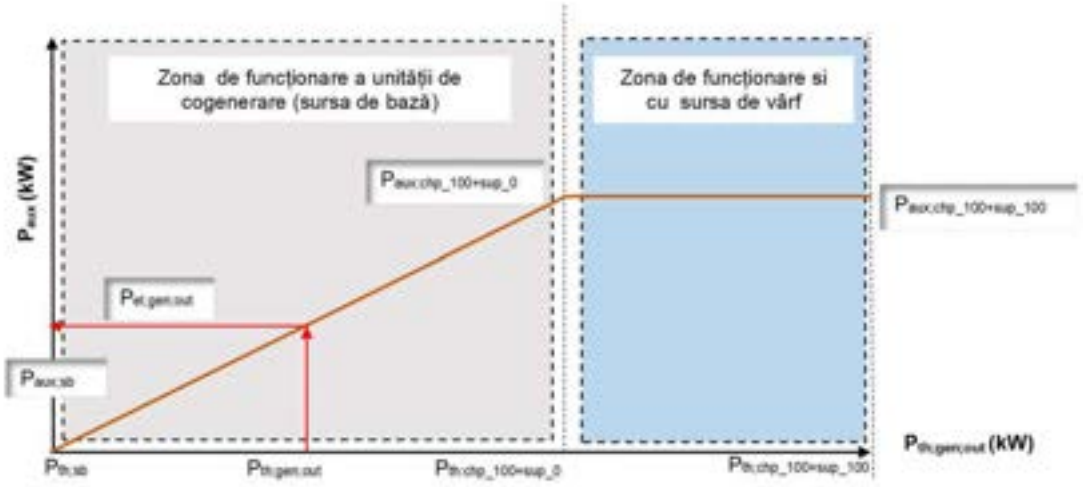


Figura 4.12. Mod de determinare a puterii aferente echipamentelor auxiliare (sursa - SR EN 15316-4-4)

Astfel:

— pentru $P_{th;sb} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_0}$

$$P_{aux} = P_{aux;sb} + (P_{aux;chp_100+sup_0} - P_{aux;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb})/(P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb})) \quad (4.107)$$

— pentru $P_{th;chp_100+sup_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_100}$

$$P_{aux} = P_{aux;chp_100+sup_0} + (P_{aux;chp_100+sup_100} - P_{aux;chp_100+sup_0}) *((P_{th;gen;out} - P_{th;chp_100+sup_0})/ (P_{th;chp_100+sup_100} - P_{th;chp_100+sup_0})] \quad (4.108)$$

Energia aferentă echipamentelor auxiliare pentru pasul de timp se calculează cu relaţia:

$$W_{gen;aux} = P_{aux} \ t \quad (4.109)$$

Puterea aferentă echipamentelor auxiliare P_{aux} nu poate fi determinată la fiecare pas de timp dacă este măsurată şi cunoscută **doar** producţia de energie electrică netă (adică producţia de energie electrică totală din care se scade consumul de energie al echipamentelor auxiliare).

Energia aferentă consumului echipamentelor auxiliare rezultă prin multiplicarea puterii din modul în aşteptare” (standby) $P_{aux\ ;sb}$ cu timpul (durata t_{sb}):

$$W_{gen;aux} = P_{aux\ ;sb} * t_{sb} \quad (4.110)$$

Această valoare este prevăzută în SR EN 15316-1.

Pierderile termice:

Puterea aferentă pierderilor termice la sursă $P_{gen;ls;sb}$, este suma pierderilor termice în modul în aşteptare (stand-by) $P_{th;sb}$ şi la nivelul sistemului de iniţiere a arderii P_{pilot}.

$$P_{gen;ls;sb} = P_{ls;sb} + P_{pilot} \quad (4.111)$$

Pierderile termice la sursă sunt evidențiate prin randamentele termice:

$P_{gen;in;chp_100+sup_0} = P_{th;chp_100+sup_0}/\eta_{th;chp_100+sup_0}$ (4.112)

$P_{gen;in;chp_100+sup_100} = P_{th;chp_100+sup_100}/\eta_{th;chp_100+sup_100}$ (4.113)

Pierderile termice la CHP_100 % + Sup_0 % şi CHP_100 % + Sup_100 % sunt calculate pe baza randamentului termic corespunzător acestor puncte de încercare/testare.

$P_{gen;ls;chp_100+sup_0} = (1 - \eta_{th;chp_100+sup_0} - \eta_{el;chp_100+sup_0}) * P_{gen;in;chp_100+sup_0}$ (4.114)

$P_{gen;ls;chp_100+sup_100} = (1 - \eta_{th;chp_100+sup_100} - \eta_{el;chp_100+sup_100}) * P_{gen;in;chp_100+sup_100}$ (4.115)

La fiecare pas de timp, se determină energia termică produsă de unitatea de cogenerare.
Pentru fiecare putere termică pierderile termice sunt determinate prin interpolare liniară între valorile datelor produselor (figura 4.13). Astfel:

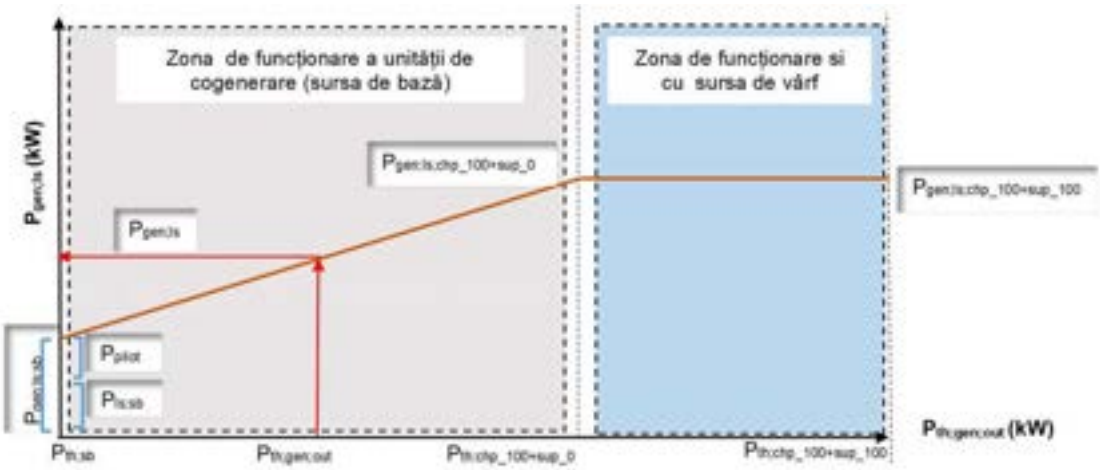


Figura 4.13. Mod de determinare a pierderilor termice (sursa - SR EN 15316-4-4)

Astfel:

- Pentru Pth;sb < Pth;gen,out < Pth;chp_100+sup_0

$P_{gen;ls} = P_{gen;ls;sb} + (P_{gen;ls;chp_100+sup_0} - P_{gen;ls;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb})/(P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb}))$ (4.116)

- Pentru $P_{th;chp_100+sup_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_100}$

$P_{gen;ls} = P_{gen;ls;chp_100+sup_0} + (P_{gen;ls;chp_100+sup_100} - P_{gen;ls;chp_100+sup_0}) * [(P_{th;gen;out} - P_{th;chp_100+sup_0})/ (P_{th;chp_100+sup_100} - P_{th;chp_100+sup_0})]$ (4.117)

Pierderile termice pentru pasul de timp considerat sunt calculate cu relația:

$Q_{gen;ls} = P_{gen;ls} * t$ (4.118)

Pierderile termice recuperabile

Din toate pierderile termice, doar pierderile în modul în așteptare (stand-by) pot fi recuperate în funcție de amplasarea unității de mCHP (în spatiu încălzit/neîncălzit).

Dacă aparatul se găsește într-un spațiu încălzit atunci:

$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = P_{ls;sb} * t$ (4.119)

Dacă aparatul nu este amplasat în spațiu încălzit atunci:

$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = 0$ (4.120)

Cuplarea cu rezervoare de acumulare

În general unitățile de cogenerare nu sunt testate cu rezervor de acumulare, de aceea nu există date privind randamentele unui sistem de cogenerare care să aibă rezervor de acumulare.

Deoarece nici SR EN 50465, nici SR ISO 3046-1 nu furnizează informații suplimentare, în cazul existenţei unui rezervor de acumulare, pierderile aferente stocării energiei termice trebuie să fie calculate separat. Acestea se pot calcula dupa cum este prevazut la capitolul 3.3.8.

4.3.3. Calculul energiei primare în cazul utilizării unităților de cogenerare

Deoarece în calculul performanţei energetice interesează consumul de energie primară acesta se calculează astfel:

- Puterea termică introdusă prin combustibilul utilizat în unitatea de mCHP:

$P_{gen;in} = P_{th;gen;out} + P_{el;gen;out} + P_{gen;ls}$ (4.121)

- Energia la intrare, introdusă prin combustibilul utilizat în unitatea de mCHP:

$E_{gen;in} = P_{gen;in} * t$ (4.122)

Această valoare este prevăzută în SR EN 15316-1 şi trebuie să fie corelată din punct de vedere al notațiilor cu tipurile de combustibil folosit de unitățile de mCHP:

Dacă se utilizează biocombustibil lichid $E_{gen;in,bf} = E_{gen;in}$ (4.123)

Dacă se utilizează biogaz $E_{gen;in,bg} = E_{gen;in}$ (4.124)

Dacă se utilizează biomasa $E_{gen;in,bm} = E_{gen;in}$ (4.125)

Dacă se utilizează gaz natural $E_{gen;in,ng} = E_{gen;in}$ (4.126)

Dacă se utilizează ulei $E_{gen;in,oi} = E_{gen;in}$ (4.127)

Randamentele proceselor

La finalul calculelor se evidențiază următoarele valori:

— Randament electric: $\eta_{el;cgn}$ corespunzător $P_{th;gen;out}$

$\eta_{el;cgn} = (P_{el;gen;out}) * t/E_{gen;in}$ (4.128)

— Randament termic: $\eta_{th;cgn}$ corespunzător $P_{th;gen;out}$

$\eta_{th;cgn} = P_{th;gen;out} * t/E_{gen;in}$ (4.129)

— Timpul echivalent de funcționare la sarcină nominală: t_{cgn}

$t_{cgn} = \min (1; (Q_{CHW;gen;out}/(P_{th;chp_100+sup_100} * t))) * t$ (4.130)

— Factorul de consum energetic: ε_{cgn}

$$\varepsilon_{cgn} = E_{gen;in}/(Q_{CHW;gen;out} + E_{el;gen;out}) \quad (4.131)$$

— Raportul între energia electrică şi cea termică (indicele de cogenerare): σ_{cgn}

$$\sigma_{cgn} = (E_{el;gen;out} - W_{gen;aux})/Q_{CHW;gen;out} \quad (4.132)$$

În ANEXA 4.3.A este redată informativ schema de calcul pentru sistemele cu unități de cogenerare. În ANEXA 4.3.B este redat un exemplu de calcul în cazul utilizării unităților de cogenerare. În ANEXA 4.3.C este redat randamentul orientativ pentru diferite tehnologii de cogenerare integrate în clădiri (bazate pe puterea calorifică inferioară a combustibilului).

ANEXA 4.3.A – SCHEMA DE CALCUL PENTRU UTILIZAREA UNITĂȚILOR DE COGENERARE (sursa SR CEN/TR 15316-6-7)

$P_{th;gen;out} = \min(P_{th;chp_100+sup_100}; (Q_{CHW;gen;out} / t))$		1
Pentru $P_{th;sb} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_0}$ $P_{el;gen;out} = P_{el;out;sb} + (P_{el;out;chp_100+sup_0} - P_{el;out;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb}) / (P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb}))$		2
Pentru $P_{th;chp_100+sup_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_100}$ $P_{el;gen;out} = P_{el;out;chp_100+sup_0} + (P_{el;out;chp_100+sup_100} - P_{el;out;chp_100+sup_0}) *((P_{th;gen;out} - P_{th;chp_100+sup_0}) / (P_{th;chp_100+sup_100} - P_{th;chp_100+sup_0}))$		3
$E_{el;gen;out} = P_{el;gen;out} * t$		4
Pentru $P_{th;sb} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_0}$ $P_{aux} = P_{aux;sb} + (P_{aux;chp_100+sup_0} - P_{aux;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb}) / (P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb}))$		5
Pentru $P_{th;chp_100+sup_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_100}$ $P_{aux} = P_{aux;chp_100+sup_0} + (P_{aux;chp_100+sup_100} - P_{aux;chp_100+sup_0}) *((P_{th;gen;out} - P_{th;chp_100+sup_0}) / (P_{th;chp_100+sup_100} - P_{th;chp_100+sup_0}))$		6
$W_{gen;aux} = P_{aux} * t$		7
$P_{gen;ls;sb} = P_{ls;sb} + P_{pilot}$		8
$P_{gen;in;chp_100+sup_0} = P_{th;chp_100+sup_0} / \eta_{th;chp_100+sup_0}$		9
$P_{gen;in;chp_100+sup_100} = P_{th;chp_100+sup_100} / \eta_{th;chp_100+sup_100}$		10
$P_{gen;ls;chp_100+sup_0} = (1 - \eta_{th;chp_100+sup_0} - \eta_{el;chp_100+sup_0}) * P_{gen;in;chp_100+sup_0}$		11
$P_{gen;ls;chp_100+sup_100} = (1 - \eta_{th;chp_100+sup_100} - \eta_{el;chp_100+sup_100}) * P_{gen;in;chp_100+sup_100}$		12
Pentru $P_{th;sb} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_0}$ $P_{gen;ls} = = P_{gen;ls;sb} + (P_{gen;ls;chp_100+sup_0} - P_{gen;ls;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb}) / (P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb}))$		13
Pentru $P_{th;chp_100+sup_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp_100+sup_100}$ $P_{gen;ls} = P_{gen;ls;chp_100+sup_0} + (P_{gen;ls;chp_100+sup_100} - P_{gen;ls;chp_100+sup_0}) * [(P_{th;gen;out} - P_{th;chp_100+sup_0}) / (P_{th;chp_100+sup_100} - P_{th;chp_100+sup_0})]$		14
$Q_{gen;ls} = P_{gen;ls} * t$		15
Dacă CGN_LOC = INT	$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = P_{ls;sb} * t$	16
Dacă CGN_LOC <> INT	$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = 0$	17
$P_{gen;in} = P_{th;gen;out} + P_{el;gen;out} + P_{gen;ls}$		18
$E_{gen;in} = P_{gen;in} * t$		19
Dacă CGN_COMBUSTIBIL = BF	$E_{gen;in;bf} = E_{gen;in}$	20
Dacă CGN_COMBUSTIBIL = BG	$E_{gen;in;bg} = E_{gen;in}$	21
Dacă CGN_COMBUSTIBIL = BM	$E_{gen;in;bm} = E_{gen;in}$	22
Dacă CGN_COMBUSTIBIL = NG	$E_{gen;in;ng} = E_{gen;in}$	23
Dacă CGN_COMBUSTIBIL = OI	$E_{gen;in;oi} = E_{gen;in}$	24
$\eta_{el;cgn} = (P_{el;gen;out} - P_{aux}) * t / E_{gen;in}$		25
$\eta_{th;cgn} = P_{th;gen;out} * t / E_{gen;in}$		26
$t_{cgn} = \min(1; (Q_{CHW;gen;out} / (P_{th;chp_100+sup_100} * t)))$		27
$\varepsilon_{cgn} = E_{gen;in} / (Q_{CHW;gen;out} + E_{el;gen;out} - W_{gen;aux})$		28
$б_{cgn} = (E_{el;gen;out} - W_{gen;aux}) / Q_{CHW;gen;out}$		29

Aceast tabel este reprodus cu acordul ASRO nr. LUC/19/353/25.04.2019. Orice încălcare a dreptului de autor asupra standardelor constituie infracțiune şi se pedepseşte conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe.

ANEXA 4.3.B Exemplu de calcul pentru cazul aplicării unui sistem cu unitate de cogenerare

Tabelul B.1 — Date de intrare (Sursa SR CEN/TR 15316-6-7)

	Valoare măsurată	Valoare implicită	
CGN_TYPE		FC	
CN_FUEL		BF	
CN_LOC		INT	
$\eta_{th;chp_100+sup_100}$	0,58	0,35	-
$\eta_{el;chp_100+sup_100}$	0,14	0,25	-
$\eta_{th;chp_100+sup_0}$	0,78	0,70	-
$\eta_{el;chp_100+sup_0}$	0,20	0,50	-
$P_{ls;sb}$	0,70	0,70	kW
P_{pilot}	0,00	0,00	kW
$P_{th;sb}$		0,00	kW
t_{ci}	1		h
$P_{th;chp_100+sup_100}$	70		kW
$P_{el;out;chp_100+sup_100}$	10		kW
$P_{aux;chp_100+sup_100}$	2		kW
$P_{th;chp_100+sup_0}$	50		kW
$P_{el;out;chp_100+sup_0}$	10		kW
$P_{aux;chp_100+sup_0}$	1		kW
$Q_{CHW;gen;out}$	60		kWh
$P_{el;out;sb}$	0		kW
$P_{aux;sb}$	0,2		kW

Aceast tabel este reprodus cu acordul ASRO nr. LUC/19/353/25.04.2019. Orice încălcare a dreptului de autor asupra standardelor constituie infracțiune şi se pedepseşte conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe.

Tabelul B.2 — Schema model de calcul

Relatie de calcul	Etapa de calcul	Simbol	Valoare	Unitate de masură
$P_{th;gen;out} = \min (P_{th;chp_100+sup_100} ; (Q_{CHW;gen;out} / t))$	1	$P_{th;gen;out}$	60	kW
<u>Pentru $P_{th;sb}$ ≤ $P_{th;gen;out}$ ≤ $P_{th;chp_100+sup_0}$</u> $P_{el;gen;out} = P_{el;out;sb} + (P_{el;out;chp_100+sup_0} - P_{el;out;sb}) * ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb}) / (P_{th;chp_100+sup_0} - P_{th;sb}))$	2	$P_{el;gen;out}$		kW
<u>Pentru $P_{th;chp_100+sup_0}$ ≤ $P_{th;gen;out}$ ≤ $P_{th;chp_100+sup_100}$</u> $P_{el;gen;out} = P_{el;out;chp_100+sup_0} + (P_{el;out;chp_100+sup_100} - P_{el;out;chp_100+sup_0})$	3	$P_{el;gen;out}$	10,000	kW

*((P$_{th;gen;out}$ - P$_{th;chp_100+sup_0}$) / (P$_{th;chp_100+sup_100}$ - P$_{th;chp_100+sup_0}$))				
E$_{el;gen;out}$ = P$_{el;gen;out}$ * t	4	E$_{el;gen;out}$	10,000	kWh
Pentru P$_{th;sb}$ ≤ P$_{th;gen;out}$ ≤ P$_{th;chp_100+sup_0}$ P$_{aux}$ = P$_{aux;sb}$ + (P$_{aux;chp_100+sup_0}$ – P$_{aux;sb}$) * ((P$_{th;gen;out}$ - P$_{th;sb}$) / (P$_{th;chp_100+sup_0}$ - P$_{th;sb}$))	5	P$_{aux}$		kW
Pentru P$_{th;chp_100+sup_0}$ ≤ P$_{th;gen;out}$ ≤ P$_{th;chp_100+sup_100}$ P$_{aux}$ = P$_{aux;chp_100+sup_0}$ + (P$_{aux;chp_100+sup_100}$ – P$_{aux;chp_100+sup_0}$) *((P$_{th;gen;out}$ - P$_{th;chp_100+sup_0}$) / (P$_{th;chp_100+sup_100}$ - P$_{th;chp_100+sup_0}$))	6	P$_{aux}$	1,500	kW
W$_{gen;aux}$ = P$_{aux}$ * t	7	W$_{gen;aux}$	1,500	kWh
P$_{gen;ls;sb}$ = P$_{ls;sb}$ + P$_{pilot}$	8	P$_{gen;ls;sb}$	0,70	kW
P$_{gen;in;chp_100+sup_0}$ = P$_{th;,chp_100+sup_0}$ / η$_{th;chp_100+sup_0}$	9	P$_{gen;in;chp_100+sup_0}$	64,103	kW
P$_{gen;in;chp_100+sup_100}$ = P$_{th;chp_100+sup_100}$ / η$_{th;chp_100+sup_100}$	10	P$_{gen;in;chp_100+sup_100}$	120,690	kW
P$_{gen;ls;chp_100+sup_0}$ = (1 - η$_{th,chp_100+sup_0}$ - η$_{el,chp_100+sup_0}$) * P$_{gen;in;chp_100+sup_0}$	11	P$_{gen;ls;chp_100+sup_0}$	1,282	kW
P$_{gen;ls;chp_100+sup_100}$ = (1 - η$_{th;chp_100+sup_100}$ - η$_{el;chp_100+sup_100}$) * P$_{gen;in;chp_100+sup_100}$	12	P$_{gen;ls;chp_100+sup_100}$	33,431	kW
Pentru P$_{th;sb}$ ≤ P$_{th;gen;out}$ ≤ P$_{th;chp_100+sup_0}$ P$_{gen;ls}$ = P$_{gen;ls;sb}$+ (P$_{gen;ls;chp_100+sup_0}$ – P$_{gen;ls;sb}$) * ((P$_{th;gen;out}$ - P$_{th;sb}$) / (P$_{th;chp_100+sup_0}$ - P$_{th;sb}$))	13	P$_{gen;ls}$		kW
Pentru P$_{th;chp_100+sup_0}$ ≤ P$_{th;gen;out}$ ≤ P$_{th;chp_100+sup_100}$				
P$_{gen;ls}$ = P$_{gen;ls,chp_100+sup_0}$ + (P$_{gen;ls;chp_100+sup_100}$ – P$_{gen;ls;chp_100+sup_0}$) * [(P$_{th;gen;out}$ - P$_{th;chp_100+sup_0}$) / (P$_{th;chp_100+sup_100}$ - P$_{th;chp_100+sup_0}$)]	14	P$_{gen;ls}$	17,357	kW
Q$_{gen;ls}$ = P$_{gen;ls}$ * t	15	Q$_{gen;ls}$	17,357	kWh
Dacă CGN_LOC = INT Q$_{gen;ls;rbl;CHW}$ = P$_{ls;sb}$ * t	16	Q$_{gen;ls;rbl;CHW}$	0,700	kWh
Dacă CGN_LOC < > INT Q$_{gen;ls;rbl;CHW}$ = 0	17	Q$_{gen;ls;rbl;CHW}$		
P$_{gen;in}$ = P$_{th;gen;out}$ + P$_{el;gen;out}$ + P$_{gen;ls}$	18	P$_{gen;in}$	87,357	kW
E$_{gen;in}$ = P$_{gen;in}$ * t	19	E$_{gen;in}$	87,357	kWh
Dacă CGN_FUEL = BF E$_{gen,in,bf}$ = E$_{gen,in}$	20	E$_{gen,in,bf}$ =	87,357	kWh
Dacă CGN_FUEL = BG	21	E$_{gen,in,bg}$ =	0,000	kWh

$E_{gen,in,bg} = E_{gen,in}$				
Dacă CGN_FUEL = BM $E_{gen,in,bm} = E_{gen,in}$	22	$E_{gen,in,bm}$ =	0,000	kWh
Dacă CGN_FUEL = NG $E_{gen,in,ng} = E_{gen,in}$	23	$E_{gen,in,ng}$ =	0,000	kWh
Dacă CGN_FUEL = OI $E_{gen,in,oi} = E_{gen,in}$	24	$E_{gen,in,oi}$ =	0,000	kWh
$\eta_{el;cgn} = (P_{el;gen;out}) * t / E_{gen;in}$	25	$\eta_{el;cgn}$	0,114	-
$\eta_{th;cgn} = P_{th;gen;out} * t / E_{gen;in}$	26	$\eta_{th;cgn}$	0,687	-
$t_{cgn} = \min (1 ; (Q_{CHW;gen;out} /(P_{th;chp_100+sup_100} * t)))$	27	t_{cgn}	0,857	-
$\varepsilon_{cgn} = E_{gen;in} / (Q_{CHW;gen;out} + E_{el;gen;out} - W_{gen;aux})$	28	ε_{cgn}	1,275	-
$\sigma_{cgn} = (E_{el;gen;out} - W_{gen;aux}) / Q_{CHW;gen;out}$	29	σ_{cgn}	0,142	-

ANEXA 4.3.C Exemplu de date pentru instalațiile de cogenerare

Randamentele orientative şi datele aferente pentru instalațiile de cogenerare integrate în clădiri sunt prezentate în tabelul C.1.

Tabelul C1. Randamentul orientativ pentru diferite tehnologii ale instalațiilor de cogenerare integrate în clădiri (bazate pe valoarea calorică inferioară a combustibilului)(1)

(Sursa: SR CEN/TR 15316-6-7)

	Unitate de măsură	**Motor cu ardere internă (gaz)**	**Motor cu ardere internă (diesel)**	**Microturbină**	**Motor Stirling**	**Pilă de combustie**
P putere termică nominală (100 % CHP + 100 % Sup)	kW					
P putere termică nominală (100 % CHP + 0 % Sup)	kW					
$P_{th,min}$ putere termică reglată constantă	kW					
η randament termic (100 % CHP + 100 % Sup)	-	0.45 - 0.61	0.50 - 0.60	0.52 - 0.66	0.61 - 0.95	0.35 - 0.70
η randament electric (100 % CHP + 100 % Sup)	-	0.21 - 0.38	0.30 - 0.40	0.13 - 0.32	0.10 - 0.25	0.25 - 0.50
η randament global (100 % CHP + 100 % Sup)	-	0.73 - 0.95	0.78 - 0.95	0.70 - 0.90	0.83 - 1.05	0.75 - 0.95
η randament termic (100 % CHP + 0 % Sup)	-					
η randament electric (100 % CHP + 0 % Sup)	-					
η overall efficiency	-					

(1) Cifre preliminare, deoarece majoritatea sistemelor de cogenerare care utilizează tehnologia motorului Stirling și cea a sistemelor cu pile de combustie se află încă în stadiul de dezvoltare sau demonstrative.

(100 % CHP + 0 % Sup)						
$P_{el,max}$ energie electrică auxiliară (100 % CHP + 100 % Sup)	kW					
$P_{el,min}$ energie electrică auxiliară (100 % CHP + 0 % Sup)	kW					
P_{sb} energie electrică auxiliară (modul în așteptare)	kW					
Pth_{sb} pierderi termice în modul în așteptare	kW					
P_{pilot} puterea permanentă a arzătorului de aprindere	kW [Hs]					

Aceasta reproducere a fost făcută cu acordul ASRO nr. LUC/19/353/25.04.2019. Orice încălcare a dreptului de autor asupra standardelor constituie infracțiune și se pedepsește conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe.

4.4. Sisteme urbane pentru încălzire/răcire

4.4.1. Obiective şi domeniu de aplicare

În acest capitol se determină indicatorii energetici ai sistemelor energetice de tip centralizat. Sistemele energetice centralizate pot fi încălzirea centralizată, răcirea centralizată sau alt serviciu care implică agenți termici produși şi distribuiți centralizat.

Notă: În Directiva 2012/27/EU articolul 2 Nr. (41) se definește prin "încălzire și răcire centralizată, eficientă "*un sistem centralizat de încălzire sau răcire care utilizează cel puțin 50% energie regenerabilă, 50% căldură reziduală, 75% energia termică produsă în cogenerare sau 50% dintr-o combinație de acest fel*".

4.4.2. Principiul metodei de calcul (sursa - SR EN 15316-4-5)

Sistemul energetic centralizat este considerat ca o „cutie neagră” (figura 4.14) pentru care indicatorii de performanță energetică sunt determinați şi exprimați prin raportul dintre energia introdusă în sistem și energia furnizată de acesta.

Calculul surselor și a rețelelor de distribuție se poate face considerând un singur sistem, sau acestea pot fi împărțite în subsisteme (figura 4.16). Această situație poate să apară când părți ale rețelei de transport sunt operate de diferite companii de utilități sau funcționează cu parametri de sistem diferiți. Astfel, acest mod de tratare a problemei va avea ca rezultat subsisteme care consumă energie şi respectiv subsisteme care furnizează energie. Energia dintr-un subsistem furnizor se evaluează prin intermediul propriilor indicatori de energie. Pentru subsistemul consumator, aceasta

este o sursă externă de energie care este luată în considerare ca energie de intrare, având indicatorii ei energetici specifici. Conform SR EN 15316-4-5 - Tabelul B.7, subdiviziunea sistemelor este permisă numai dacă energia este măsurată la limita sistemului. Această cerință asigură faptul că indicatorii care rezultă urmează fluxurile energetice fizice.
Dacă este cazul şi există cerințe specifice (de exemplu soluții contractuale diferite), acestea trebuie prezentate printr-un tabel urmând formatul recomandat de SR EN 15316-4-5-Tabelul A.7.

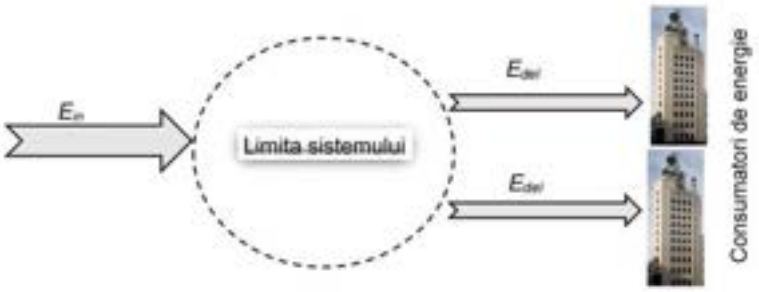


Figura 4.14. Schema bloc tipică pentru un sistem centralizat cu o singura ieșire
E_{in} -energia introdusă în sistem; E_{del} -energia ieșită din sistem (furnizată consumatorilor);

Astfel, se poate calcula coeficientul de pondere a sistemului energetic centralizat:

$$f_{\mathrm{we;des}} = \frac{\sum_{cr} E_{\mathrm{in};cr} \cdot f_{\mathrm{we};cr}}{\sum E_{\mathrm{del}}} \qquad (4.\ 133)$$

unde:

$E_{\mathrm{in};cr}$ conținutul energetic la intrare al vectorului energetic *cr;*
$f_{\mathrm{we};cr}$ coeficientul de pondere a sistemul de transport al energiei *cr* (calculat separat);
E_{del} energia furnizată de sistem.

Modulul M1-7 aferente standardelor oferă valori implicite care se pot utiliza în calculele efective.

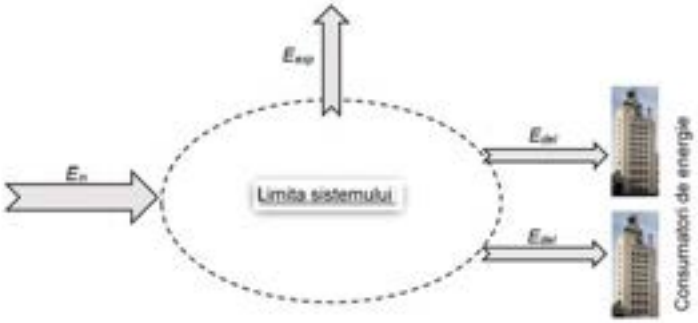


Figura 4.15. Schema bloc tipică pentru un sistem energetic centralizat cu mai multe ieșiri, cu energie exportată
E_{in} -energia introdusă în sistem ; E_{del} -energia ieșită din sistem ; E_{exp} -energia exportată ;

$$f_{\mathrm{we;des}} = \frac{\sum_{cr} E_{\mathrm{in};cr} \cdot f_{\mathrm{we};cr} - E_{\mathrm{exp}} \cdot f_{\mathrm{we;exp}}}{\sum E_{\mathrm{del}}} \qquad (4.134)$$

unde:

E_{exp} energia exportată către un sistem extern (de exemplu sistemul energetic național - SEN);

$f_{we;exp}$ coeficientul de pondere a energiei exportate (care se calculează separat).

Figura 4.16. Schema bloc tipică pentru un sistem de energie centralizat divizat în subsisteme – exemplu

A- echipament de conversie aferent sistemului de încălzire; B- consumatorul de energie; C- echipament de conversie aferent sistemului de apă caldă menajeră

Dacă nu se pot calcula indicatorii energetici ai sistemului de furnizare, dar sunt cunoscute cel puțin energia primară și tipul de echipament de conversie a energiei, atunci pot fi utilizate valorile implicite din anexa B.3 din SR EN 15316-4-5.

4.4.2.1. Date de ieșire relevante pentru evidențierea performanței energetice

Indicatori energetici

Rezultatele procedurilor de calcul sunt indicatori care caracterizează un sistem energetic centralizat (Tabelul 4.4). Aceşti indicatori sunt împărțiți în două categorii, adică pe de o parte reflectă aspectele legate de randament, iar pe de altă parte țin seama şi de sursa de preparare a agenților termici. Indicatorii aferenți surselor de energie nu reflectă aspectele legate de eficiența sistemului, ci caracterizează strict sursa de preparare a agenților termici.

Tabel 4.4. Date de ieșire (sursa SR EN 15316-4-5)

Descriere	Simbol	Unitate
factor al energiei primare	$f_{P;des}$	-
factor de emisii Co_2	$f_{CO2;des}$	-
Parte din energie regenerabilă	RER_{des}	-
Parte din căldura reziduală "deșeu"	WHR_{des}	-
Parte de căldură cogenerată	CHR_{des}	-

4.4.2.2. Date de intrare

Marea majoritate a sistemelor analizate sunt deja existente, astfel încât acestea ar trebui evaluate pe baza datelor energetice măsurate. Datorită numeroșilor factori care pot afecta şi influența sistemele energetice centralizate, indicatorii pot fluctua în timp.

La determinarea condițiilor de funcționare finală se va ține seama de condițiile de proiectare, de datele tehnice de fabricație ale echipamentelor dar şi de evoluțiile previzionate în privința eventualelor modificări ale cererii de căldură, modificări ale numărului de consumatori, orientarea către alte surse și/sau agenți termici.

4.4.2.3. Pasul de timp

În general, pentru schemele existente, calculele se pot realiza pe baza datelor energetice măsurate în ultimii trei ani. Dacă însă configurația sistemului sau tipul de combustibil au fost schimbate în ultimii trei ani, atunci calculul se poate baza şi pe datele energetice dintr-un singur an.

Sistemele mari, care deservesc sute sau chiar mii de clienți, de regulă nu au posibilitatea de a determina lunar toate datele necesar a fi introduse. Majoritatea indicatorilor energetici vor fi, prin urmare, cei determinați anual.

În unele cazuri speciale sunt necesare și disponibile date de intrare sezoniere sau lunare, de exemplu într-un sistem de trigenerare, în care răcirea este realizată de o mașină frigorifică cu absorbție. Datele de intrare sezoniere sau lunare facilitează determinarea distinctă a unui indicator de performanță pentru răcire și a unui indicator de performanță pentru încălzire.

4.4.2.4. Procedura de calcul

Metoda simplificată

Deoarece fiecare sistem energetic centralizat este unic, nu este posibil să se indice o regulă de calcul specifică pentru fiecare caz.

Principiul de bază descris în SR EN 15316-4-5 articolul 6.1. este general valabil şi poate fi aplicat oricărei scheme. Atâta timp cât limitele sistemului sunt clar definite şi fluidul caloportor care traversează limita sistemului este cunoscut, principiul de bază conduce la rezultate rezonabile (excepție: sistem de încălzire centrală care include o cantitate importantă de energie electrică provenită din alte surse decât cele de cogenerare).

Dacă se ia ca exemplu un sistem centralizat de încălzire/răcire în care un echipament de cogenerare produce căldură, un chiller produce frig, iar o pompă de căldură produce căldură și frig (figura 4.17), pentru aplicarea metodei simplificate sunt necesare numai fluxurile de energie care trec limita sistemului (cantitățile 1, 2, 3, 8 şi 9).

Abordarea prin metoda simplificată poate fi aplicată în trei moduri diferite astfel:
CAZUL a) căldura este considerată ca fiind produsul principal al sistemului iar factorul său de ponderare este necesar pentru evaluarea clădirilor alimentate. În acest caz, ”frigul” este exportat către un alt sistem sau zonă și este considerat ca un bonus. Factorii de ponderare ai energiei exportate aferentă răcirii pot fi valori implicite bazate pe convenții, sau pot fi calculați (figura 4.17.a).
CAZUL b) răcirea este considerată ca fiind produsul principal al sistemului și factorul său de pondere este necesar pentru evaluarea clădirilor conectate. În acest caz, căldura este exportată către un alt sistem sau zonă și este considerată ca un bonus. Factorii de pondere ai căldurii exportate pot fi valori implicite bazate pe convenții sau pot fi calculați (figura 4.17.b).

CAZUL c) <u>încălzirea și răcirea sunt livrate aceloraşi clienţi şi sunt evaluate împreună</u> cu aceiaşi factori de ponderare. (figura 4.17.c). Acest caz este un exemplu pentru combinarea sistemelor în conformitate cu SR EN 15316-4-5 articolul 6.2.3 și Tabelul B.6.

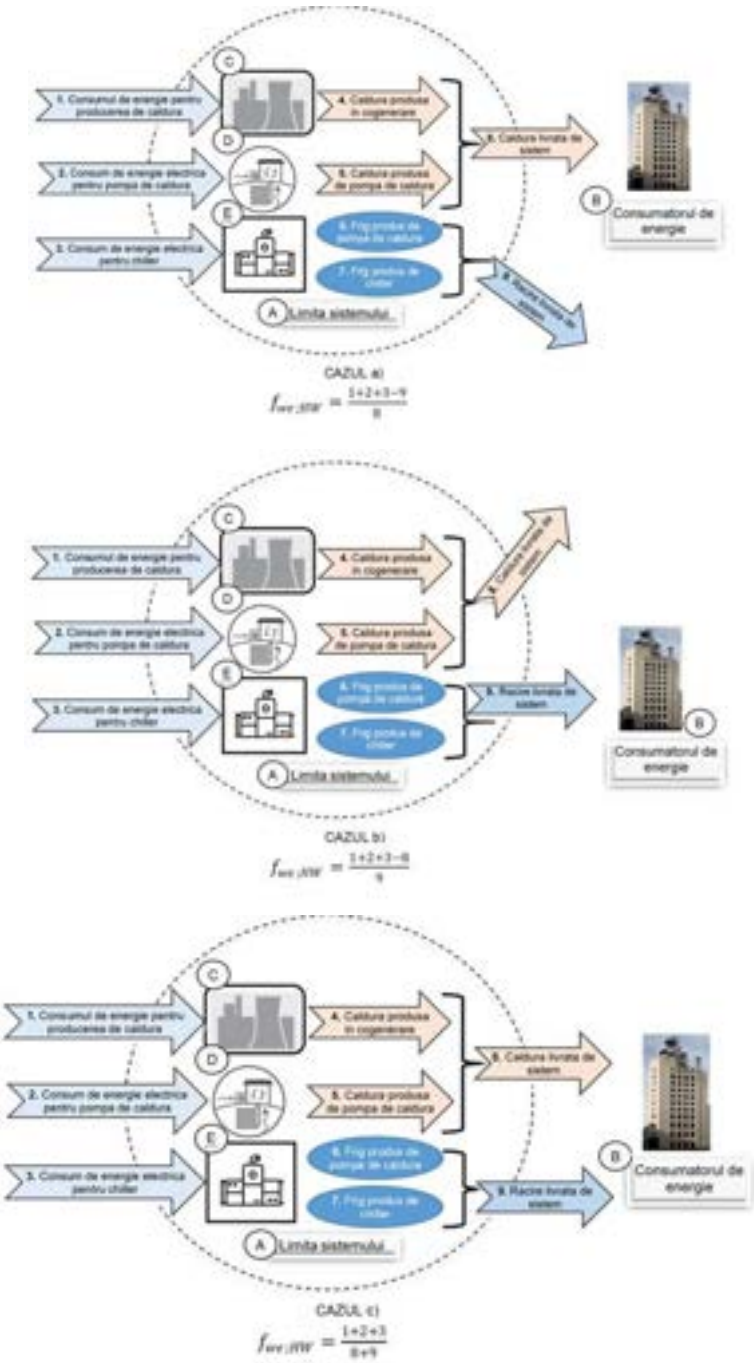


Figura 4.17. Configurare - exemplu pentru un sistem de încălzire şi răcire centralizată

A- limita sistemului ; B- consumatorul de energie; C- unitatea de cogenerare; D-pompa de căldură; E- chiller;

1- consumul de energie pentru producerea de căldură; 2- energia electrică necesară pentru pompa de căldură; 3- energia electrică necesară pentru chiller; 4- căldura produsă în cogenerare;5- căldura produsă de pompa de căldură; 6- frig produs de pompa de căldură;7- frig produs de chiller; 8- căldura livrată de sistem; 9- răcirea livrată de sistem

Dacă sunt necesari atât un factor de pondere specific pentru încălzire, cât și un factor de pondere specific pentru răcire, trebuie aplicată regula detaliată de calcul conform SR EN 15316-4-5 art. 6.2.2.4. Pentru acest calcul sunt necesare cantitățile 5 și 6:

$$Pentru\ incalzire:\ f_{we;HW} = \frac{1 + 2 \cdot \frac{5}{5+6}}{8}$$

$$si\ respectiv\ pentru\ racire\ :\ f_{we;HW} = \frac{2 \cdot \frac{6}{5+6} + 3}{9}$$

Exemplele de calcul pentru astfel de sisteme de alimentare cu energie electrică, încălzire şi răcire centralizată se redau în anexa B a SR CEN/TR 15316-6-8.

Metoda calculului detaliat

În calculele detaliate, sistemele nu mai sunt privite ca niște „cutii negre” ci sunt necesare mai multe informații. Calculele sunt distincte şi specifice pentru sistemul sursa şi respectiv pentru sistemul de distribuție (figura 4.18). Acest tip de calcul este aplicabil mai ales atunci când sursa, respectiv sistemul de distribuție sunt exploatate de operatori diferiți.

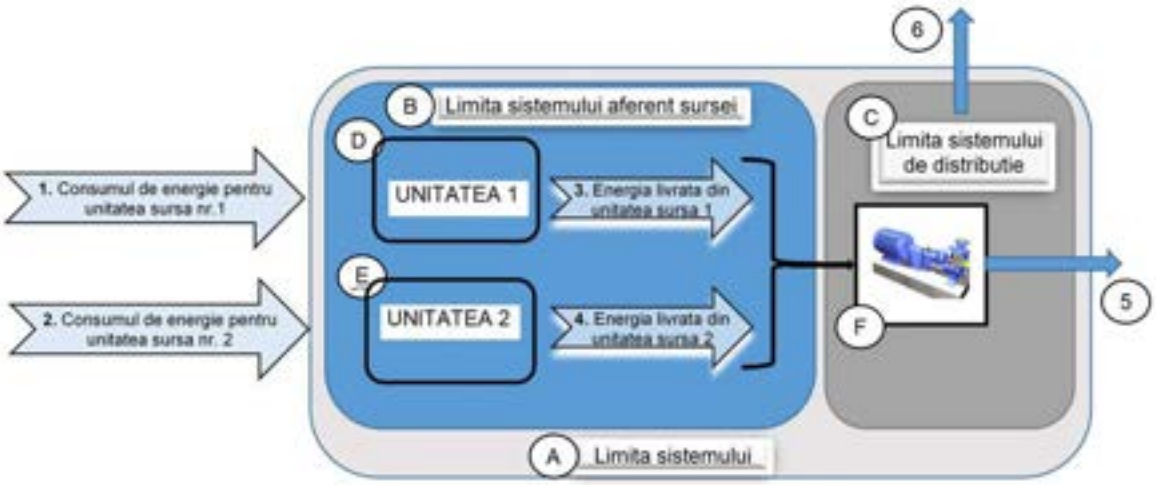


Figura 4.18. Componentele principale ale unui sistem energetic centralizat

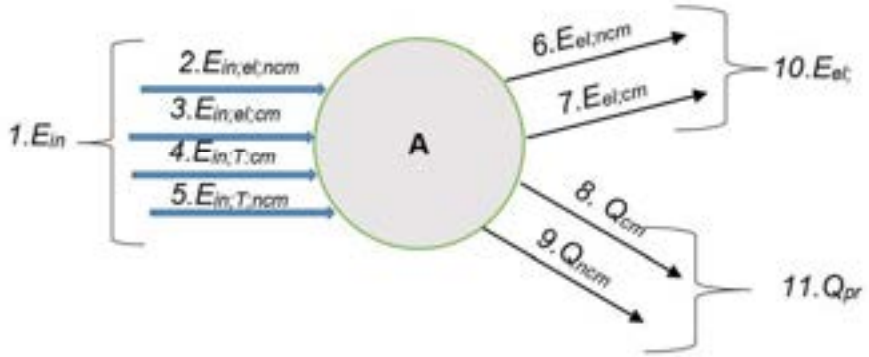
A -limita sistemului energetic centralizat; B- limita sistemului aferent sursei ; C- limita sistemului de distribuție ; D- unitatea nr. 1 de producere a energiei; E- unitatea nr. 2 de producere a energiei; F- pompa de rețea; 1- energia de intrare în sursă 1($E_{in;gen1}$); 2- energia de intrare în sursă 2($E_{in;gen2}$);3- energia produsă (la ieșire) din sursă 1($E_{out;gen1}$); 4- energia produsă (la ieșire) din sursă 2 ($E_{out;gen2}$);5- energie livrată consumatorilor (E_{del});6- pierderi aferente distribuției energiei ($E_{dis;ls}$);

Sursa de energie

Sursa de energie poate fi o unitate de cogenerare, o sursă utilizând energie regenerabilă de tip clasic sau o combinație între acestea.

1. **Sursă de tip cogenerare (sursa - SR CEN/TR 15316-6-8)**

Sursele de cogenerare pot funcționa în cogenerare la capacitate maximă, în regim de necogenerare sau în modul hibrid. Schema de configurare a unei astfel de surse este prezentată în figura 4.19:



$$\boldsymbol{Q_{cm} = Q_{pr} - Q_{ncm}}$$
$$\boldsymbol{E_{el;cm} = Q_{cm} \cdot \sigma}$$
$$\boldsymbol{E_{el;ncm} = E_{el;pr} - E_{el;cm}}$$
$$\boldsymbol{E_{in;el;ncm} = \frac{E_{el;ncm}}{\eta_{el;ncm}}}$$
$$\boldsymbol{E_{in;el;cm} + E_{in;T;cm} = E_{in} - E_{in;T;ncm} - E_{in;el;ncm}}$$

Figura 4.19. Fluxurile energetice pentru un sistem cu unitate de cogenerare

A- unitate de cogenerare; 1. E_{in} - energia introdusă prin combustibil ; 2. $E_{in;el;ncm}$ - energie introdusă prin combustibilul utilizat aferent producerii de energia electrică în modul de ne-cogenerare; 3. $E_{in;el;cm}$ - energie introdusă prin combustibilul utilizat aferent producerii de energia electrică în modul de cogenerare; 4. $E_{in;T;cm}$ - energie introdusă prin combustibilul utilizat aferent producerii de energia termică în regim de cogenerare ; 5. $E_{in;T;ncm}$ - energie introdusă prin combustibilul utilizat aferent producerii de energia termică în regim de ne-cogenerare ;6. $E_{el;ncm}$ - energie electrică produsă în regim de ne- cogenerare ; 7.$E_{el;cm}$ - energie electrică produsă în regim de cogenerare ; 8. Q_{cm} - energie termică produsă în regim de

cogenerare ; 9 .Q_{ncm} - energie termică produsă în regim de ne-cogenerare ; 10. $E_{el;pr}$ - energie electrică totală produsă de unitatea de cogenerare ; 11. Q_{pr} - căldura totală produsă de unitatea de cogenerare ;

În timpul modului de funcționare mixt/hibrid doar cantitățile 1, 10 și 11 pot fi măsurate. Indicele de cogenerare σ (raportul dintre energia electrică şi căldură) şi eficiența electrică în modul de ne-cogenerare $\eta_{el,\ ncm}$ sunt necesare ca date de intrare suplimentare. Cantitățile 3 şi 4 reprezintă energia primară în modul de cogenerare. Cantitățile 7 şi 8 reprezintă energia produsă în modul de cogenerare. Cantitățile 2 şi 6 sunt excluse din calcul.

Astfel, căldura produsă în regim de ne-congenerare Q_{ncm} se calculează ca:

$$Q_{ncm} = Q_{pr} - Q_{cm} \tag{4.135}$$

$$E_{in;T;ncm} = \frac{Q_{ncm}}{\eta_{T;ncm}} \tag{4.136}$$

unde $\eta_{T;ncm}$ este randamentul termic în modul de funcționare de ne-cogenerare.

Pentru identificarea modului de funcționare pentru producerea de energie electrică, se determină randamentul global al unităţii de cogenerare, $\eta_{chp;tot}$:

$$\eta_{chp;tot} = \frac{E_{el;pr} + Q_{cm}}{E_{in} - E_{in;T;ncm}} \tag{4.137}$$

-dacă $\eta_{chp;tot} < \eta_{ref;tot}$ se consideră că unitatea de cogenerare funcționează în mod non-cogenerare sau în modul mixt / hibrid, iar partea de cogenerare se determină ca în paragraful următor.

- dacă $\eta_{chp;tot} \geq \eta_{ref;tot}$ unitatea de cogenerare funcționează în modul de cogenerare şi nu se poate aplica paragraful următor.

O unitate de cogenerare care nu utilizează toată căldura şi o evacuează în mediul înconjurător, are un randament total general mai scăzut. Acest lucru se poate realiza atunci când unitatea de cogenerare urmărește în special cererea de energie electrică. Rezultatul calculului performanței energetice a căldurii cu metoda bonusului de putere, a metodei alternative de producție și a metodei căldurii reziduale („deșeu”) poate fi alterat dacă nu sunt excluse din calcul partea de non-cogenerare a energiei electrice și consumul respectiv de combustibil. Acest lucru depinde de:

- diferența dintre eficiența electrică a unității de cogenerare şi eficiența electrică dată de factorul de pondere a energiei electrice exportate (metoda bonusului de putere);
- diferența dintre eficiența electrică a unității de cogenerare şi eficiența electrică a producției de energie electrică de referință (metoda căldurii reziduale);
- diferența dintre energia electrică produsă în modul complet de cogenerare şi energia electrică produsă în mod non-cogenerare.

Valorile implicite pentru $\eta_{ref;tot}$ ar trebui să fie suficient de ridicate pentru ca partea de non-cogenerare să fie neglijabilă în calculul performanței energetice, la producerea căldurii.

Energia electrică aferentă modului de producție în cogenerare:
În modul hibrid $E_{el;cm}$ și $E_{in;cm}$ nu pot fi măsurate direct. Acestea se calculează ca fiind:

$$E_{el;cm} = Q_{cm} \cdot \sigma \tag{4.138}$$

unde

σ indicele de cogenerare şi

$$E_{el;ncm} = E_{el;pr} - E_{el;cm} \tag{4.139}$$

$$E_{in;cm} = E_{in} - \frac{E_{el;ncm}}{\eta_{el;ncm}} - E_{in;T;ncm} \tag{4.140}$$

unde

$\eta_{el;ncm}$ randamentul producerii energiei electrice a unității de cogenerare în mod ne-cogenerare.

Factorii de pondere pentru căldură

Există mai multe metode pentru a determina factorii de pondere ai unui sistem de încălzire centralizată care include o sursă de cogenerare. Este în general dificil a cuantifica cota parte din energia primară introdusa $E_{in;\,T}$ prin combustibilul utilizat de sursa de cogenerare asociat numai căldurii produse si nici nu poate fi măsurata direct. Criteriile de selecție a metodei aplicabile, se găsesc în Tabelul A.11 şi B11 din SR EN 15316-4-5. Astfel, factorii de pondere se calculează prin una din următoarele metode.

a) Metoda "bonusului" de putere

Această metodă se aplică tuturor unităților de cogenerare. Fluxurile energetice legate de energia electrică din modul de producție fără cogenerare pot distorsiona rezultatul pentru căldură, astfel încât acestea trebuie identificate şi sunt excluse din calcul. Metoda poate fi exprimată și cu indicatori de eficiență în loc de cantități de energie.

$$f_{we;dh} = \frac{(1+\sigma)\cdot CHR \cdot f_{we;cr;chp}}{\eta_{chp;tot} \cdot \eta_{hn}} + \frac{(1-CHR)\cdot f_{we;cr;\,gen}}{\eta_{gen;T} \cdot \eta_{hn}} - \frac{(\sigma \cdot CHR - \beta_{hn})\cdot f_{we;el;exp}}{\eta_{hn}} \tag{4.141}$$

unde

η_{hn}	este randamentul rețelelor termice de încălzire;
$\eta_{gen;T}$	este randamentul sursei de vârf;
$E_{el;hn}$	este energia auxiliară aferenta rețelei de încălzire (ex.energia electrica utilizata pentru pompale de circulatie);
Q_{pr}	căldura totală produsă de unitatea de cogenerare;
β_{hn}	$E_{el;hn}$ / Q_{pr};
CHR	Partea de energie termică produsă în regim de cogenerare.

Primul termen reprezintă energia primară introdusă într-o unitate de cogenerare, al doilea termen reprezintă energia de intrare primară introdusă în sursa de vârf, al treilea termen reprezintă

producția de energie electrică a unității de cogenerare. Dacă sistemul include mai multe unități de cogenerare, relația trebuie adaptată corespunzător.

b) Metoda simplificată a pierderii puterii electrice

Metoda se aplică numai în cazul surselor în care se utilizează turbine în condensație iar căldura este produsă prin extragerea unei prize reglabile de abur. În această situație, deoarece prin priza turbinei se extrage abur pentru producerea căldurii, se produce o cantitate mai mică de energie electrică cu:

$$\Delta E_{\mathrm{el}} = E_{\mathrm{in}} \cdot \eta_{\mathrm{el;ncm}} - E_{\mathrm{el;pr}} \tag{4.142}$$

Partea aferentă căldurii din factorul de pondere în energia de intrare către unitatea de cogenerare este reprezentată de termenul: $\Delta E_{el} \cdot f_{we;el;exp}$.

Metodele prezentate anterior sunt cele mai uzuale. Ambele necesită valori de referință din sisteme externe pentru energia electrică şi de aceea nu pot fi calculați factori de pondere aferenți energiei electrice produse (acest indicator fiind chiar un termen de intrare pentru metoda de calcul).

<u>Calculul factorilor de pondere pentru căldură şi energie electrică</u>

Metodele prezentate mai jos permit determinarea factorilor de pondere pentru căldură şi pentru energie electrică. Energia intrată în unitatea de cogenerare va fi împărțită între o parte afectată producerii de căldură şi o altă parte afectată producției de energie electrică. Astfel, într-un sistem de încălzire centralizată, partea din energia intrată prin combustibilul utilizat în sursa de cogenerare afectată producerii căldurii $E_{\mathrm{in;T}}$ va fi integrată la numărător, în formula (4.71).

$$E_{\mathrm{in;T}} = \alpha_{\mathrm{T}} \cdot E_{\mathrm{in}} \tag{4.143}$$

unde:

$E_{\mathrm{in;T}}$ partea din energia introdusă în unitatea de cogenerare aferentă căldurii;

α_{T} factorul de alocare pentru căldură;

$$E_{\mathrm{in;el}} = \left(1 - \alpha_{\mathrm{T}}\right) \cdot E_{\mathrm{in}} \tag{4.144}$$

unde:

$E_{\mathrm{in;el}}$ partea din energia introdusă prin combustibil aferentă producerii de energie electrică.

a) Metoda pierderii de putere electrică

Metoda este aplicabilă când căldura este extrasă prin prize dintr-o turbină cu condensație. Este singura metodă care permite determinarea cheltuielilor reale de producere a căldurii într-o unitate de cogenerare fără sisteme de referință externe. Se bazează pe date specifice ale unității de cogenerare şi reflectă eficiențele componentelor sale tehnice. Aceasta se bazează pe ideea că partea (cantitatea) de combustibil care este legată de producția de energie electrică pierdută datorită extracției de căldură, va fi alocată căldurii. Metoda nu necesită excluderea părții legate de electricitate a modului de necogenerare. În acest caz, factorul de alocare pentru căldură se va calcula ca:

$$\alpha_{\mathrm{T}} = \frac{\Delta E_{\mathrm{el}}}{E_{\mathrm{el;pr}} + \Delta E_{\mathrm{el}}} \tag{4.145}$$

b)Metoda Carnot

Metoda Carnot este o versiune simplificată a metodei exergetice. Pentru aplicarea metodei este nevoie de temperaturi ca date suplimentare de intrare. Aceste temperaturi sunt însă ușor de măsurat. Se recomandă utilizarea temperaturii aerului exterior din locul în care este montată instalația. Pentru sistemele cu temperaturi de alimentare variabile se recomandă utilizarea unui interval de calcul lunar. Sistemele cu o temperatură constantă de alimentare pot fi calculate anual. Temperatura medie a căldurii poate fi calculată ușor pornind de la temperaturile de alimentare și de retur, la limita sursei sau la ieșirea la nivelul unității de cogenerare, dacă este disponibilă.

Dacă temperatura de retur nu este disponibilă, se poate utiliza o diferență $\Delta T = 20$ K. În cazul unui sistem de alimentare cu abur se folosește temperatura aburului. Nu sunt necesare date din sisteme de referință externe. Metoda Carnot nu necesită excluderea părții legate de energia electrică a modului non-cogenerare. Se poate aplica tuturor unităților de cogenerare. Ideea de bază este legată de metoda pierderii electrice, dar se bazează mai mult pe conceptul fizic de exergie. Acesta determină valoarea exergiei și o compară cu energia electrică produsă pentru alocarea cantității de combustibil. În acest caz, factorul de alocare pentru căldură se va calcula ca:

$$\alpha_{\mathrm{T}} = \frac{Q_{\mathrm{cm}} \cdot \left(1 - \frac{T_{\mathrm{a;e;avg}}}{T_{\mathrm{chp;mn}}}\right)}{E_{\mathrm{el;pr}} + Q_{\mathrm{cm}} \cdot \left(1 - \frac{T_{\mathrm{a;e;avg}}}{T_{\mathrm{chp;mn}}}\right)} \tag{4.146}$$

unde:

$T_{\mathrm{a;e;avg}}$ temperatura medie a aerului exterior pentru intervalul de calcul [K];

$T_{\mathrm{chp;mn}}$ temperatura medie a căldurii din cogenerare pentru același interval de calcul, măsurată la limita sistemului între partea de generare și partea de distribuție a sistemului de încălzire centralizat [K] (figura 4.19);

Dacă unitatea de cogenerare furnizează către mai mult de un sistem de distribuție cu diferite niveluri de temperatură, atunci $T_{\mathrm{chp;mn}}$ și α_{T} vor fi determinate separat pentru fiecare sistem de distribuție.

c) Metoda alternativă de producere a energiei termice şi electrice

Pentru metoda alternativă de producere se definesc date suplimentare de intrare privind două sisteme de referință externe şi excluderea părților de energie termică şi electrică aferente modului de necogenerare. Aceasta metoda alocă o cantitate mai mare de combustibil producerii căldurii decât celelalte metode. Fluxurile de energie ale modului non-cogenerare (cantitățile 2, 5, 6 şi 9 din figura 19) sunt excluse din calcul.

$$\alpha_{\mathrm{T}} = \frac{\frac{Q_{\mathrm{cm}}}{\eta_{\mathrm{T;ref}}}}{\frac{E_{\mathrm{el;cm}}}{\eta_{\mathrm{el;ref}}} + \frac{Q_{\mathrm{cm}}}{\eta_{\mathrm{T;ref}}}} \tag{4.147}$$

unde:

$\eta_{T;ref}$ randamentul de referință a producerii căldurii;

$\eta_{el;ref}$ randamentul de referință a producerii energiei electrice.

Aceste randamente se specifică în conformitate cu modelul prezentat în tabelul A.10 din SR EN 15316-4-5. Valorile implicite informative pot fi găsite în Tabelul B.10. SR EN 15316-4-5 .

d) Metoda căldurii reziduale (”deşeu”)

În această metodă trebuie introduse date suplimentare despre sisteme de referință. Fluxurile energetice 2 şi 6 din figura 4.19 care se referă la modul de necogenerare se vor exclude din calcul. Această metodă foloseşte aceeași idee ca și metoda bonusului de putere, dar facilitează determinarea factorilor pentru energia electrică. Singura diferență față de metoda bonusului de putere este că sistemul de referință extern este reprezentat de randamentul producerii de energie electrică în locul factorului de energie primară.

$$\alpha_T = 1 - \frac{E_{el;cm}}{\eta_{el;ref} \cdot \left(E_{in} - E_{in;el;ncm}\right)} \tag{4.148}$$

În cazul unei singure unități de cogenerare care produce energie electrică numai în modul de cogenerare, se aplică:

$$f_{P,dh} = \frac{E_{in;cr} \cdot f_{P;cr} - E_{el;cm} \cdot \dfrac{f_{P;cr}}{\eta_{el;ref}}}{\sum Q_{del}} \tag{4.149}$$

în timp ce prin metoda bonusului de putere este sub forma relației:

$$f_{P,dh} = \frac{E_{in;cr} \cdot f_{P;cr} - E_{el;cm} \cdot f_{P;el;exp}}{\sum Q_{del}} \tag{4.150}$$

astfel încât, dacă unitatea de cogenerare utilizează același combustibil ca și sistemul de referință, rezultatele celor două metode sunt aceleași.

e) Metoda pierderii electrice de referință

Această metodă urmează aceeași idee ca metoda simplificată de pierdere electrice, dar facilitează determinarea factorilor de energie electrică. Singura diferență față de metoda simplificată a pierderilor electrice este că sistemul de referință extern este reprezentat de eficiența producției de energie electrică în locul factorului de energie primară.

$$\alpha_T = \frac{\Delta E_{el}}{\eta_{el;ref} \cdot \left(E_{in} - E_{in;T;ncm}\right)} \tag{4.151}$$

În cazul unei singure unități CHP care produce căldură numai în modul de cogenerare complet:

$$f_{P;dh} = \frac{\Delta E_{el} \cdot \dfrac{f_{P;cr}}{\eta_{el;ref}}}{\sum Q_{del}} \tag{4.152}$$

în timp ce prin metoda simplă de pierdere de putere electrică devine:

$$f_{\mathrm{P;dh}} = \frac{\Delta E_{\mathrm{el}} \cdot f_{\mathrm{P;el;exp}}}{\sum Q_{\mathrm{del}}} \tag{4.153}$$

astfel încât, dacă unitatea de cogenerare utilizează același combustibil ca și sistemul de referință, rezultatele celor două metode sunt aceleași.

În SR CEN/TR 15316-6-8 ANEXA B sunt redate exemple numerice de aplicare a metodelor menționate.

Concluzionând, pentru un anumit sistem care alimenteaza în mod centralizat cu energie termică un număr de consumatori, rezultatele ar putea fi sistematizate într-un Raport care să includă:

- Numele localității deservite prin sistemul centralizat;
- Numele operatorului ce exploatează sistemul;
- Indicii de performanță energetică ai sistemului (cu menționarea anilor din care au provenit datele măsurate):

Indicii de performanță energetică ai sistemului

$f_{\mathrm{Pnren;dh}}$	$f_{\mathrm{Pren;dh}}$	$f_{\mathrm{Ptot;dh}}$	$f_{\mathrm{CO2;dh}}$
0,72	0,25	0,97	284 g/kWh
Valori calculate cu putere calorifică inferioară a combustibilului			

Indicatori energetici aferenți sursei (calcule cu date măsurate din anul 2017, 2018)

RER_{dh} (Procentul provenind din surse regenerabile de energie)	WHR_{dh} (Procentul provenind din surse de tip caldură reziduală "deseu")	CHR_{dh} (Procentul provenind din surse de cogenerare)
26 %	0 %	64 %

Sursa : SR CEN/TR 15316-6-8 ANEXA C.

Rezultatele obținute prin metodele menționate în acest subcapitol și sintetizate în astfel de Rapoarte ar trebui să reflecte performanțele fiecărui sistem centralizat în parte. Aceste valori ar trebui să fie cunoscute de către auditori prin Anexe la nivel național și utilizate în calculul performanțelor energetice ale obiectivelor certificate/auditate care sunt alimentate în sistem centralizat.

2. **Sursa de tip pompe de căldură**

Dacă o pompă de căldură oferă răcire și încălzire în același timp și sunt necesari indicatori de energie pentru fiecare dintre cele două produse, energia introdusă trebuie împărțită în funcție de energia produsă.

Sistemul de distribuție

Pierderea termică și energia electrică auxiliară a unei rețele energetice centralizate se calculează în conformitate cu standardele europene aferente. Pierderile de distribuție calculate se utilizează

pentru determinarea energiei la ieșirea din sursă sau a energiei furnizate conform formulei următoare, în funcție de datele disponibile.

$$E_{out;gen} = E_{del} + E_{dis;ls} \quad (4.154)$$

unde

$E_{out,gen}$ Energia produsă la ieșirea din sistem;

E_{del} Energia livrată;

$E_{dis,ls}$ Pierderi aferente sistemului de distribuție;

Dacă datele de intrare pentru un anumit calcul nu sunt disponibile, pierderea prin rețeaua de distribuție poate fi setată la o valoare implicită. Modul în care trebuie introduse valorile pentru valorile implicite este prezentat în Tabelul A.8. Valorile implicite informative pot fi găsite în Tabelul B.8. SR EN 15316-4-5.

Sistemele de distribuție care livrează diferiţi agenţi termici pot fi combinate într-un singur sistem dacă sunt îndeplinite cerințele care sunt prezentate conform modelului din tabelul A.6. Opțiunile implicite informative pot fi găsite în Tabelul B.6. SR EN 15316-4-5 .

4.4.3. Calculul indicatorilor sursei de energie (sursa - SR EN 15316-4-5)

Sunt calculaţi o serie de indicatori care caracterizează sursele de energie. Astfel:

a) Partea provenită din energie regenerabilă:

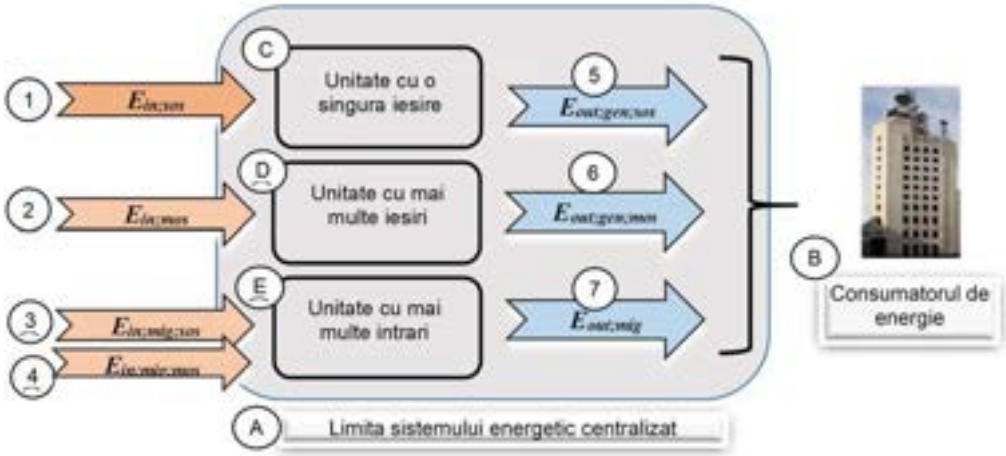


Figura 4.20 Sistem centralizat, care include o sursă cu mai multe intrări

A- limitele sistemului energetic centralizat; B- consumatorul de energie; C- unitate de producere a energiei pentru un agent termic dintr-un sistem cu o singură ieșire; D- Sursa de agent termic dintr-un sistem cu mai multe ieșiri; E- unitate de generare cu mai multe intrări; 1- energia introdusă într-un sistem cu o singură ieșire ($E_{in;sos}$); 2- energia introdusă într-un sistem cu mai multe ieșiri ($E_{in;mos}$); 3- energia introdusă într-o sursă cu mai multe intrări de la un sistem cu o singură ieșire ($E_{in;mig;sos}$); 4- energia introdusă în sursa cu mai multe intrări de la un sistem cu mai multe ieșiri ($E_{in;mig;mos}$); 5- energia ieșită din sursa pentru agentul termic dintr-un sistem cu

o singura ieşire ($E_{out;gen;sos}$); 6- energia ieşită din sursa pentru agentul termic de la un sistem cu mai multe ieşiri ($E_{out;gen;mos}$);7- energia ieşită dintr-o sursă cu mai multe intrări ($E_{out;mig}$);

$$RER_{des} = \frac{E_{out;gen;sos} \cdot \frac{f_{Pren;sos}}{f_{Ptot;sos}} + E_{out;gen;mos} \cdot RER_{mos} + E_{out;mig} \cdot RER_{mig}}{E_{out;gen;sos} + E_{out;gen;mos} + E_{out;mig}} \quad (4.155)$$

unde s-au utilizat notaţiile:

RER_{des} Partea provenind din energie regenerabilă aferentă sistemului centralizat;

$f_{Pren;sos}$/ $f_{Ptot;sos}$ Factorul energiei primare regenerabile/totale corespunzători agentului energetic din sistemul cu o singura ieşire se calculează separat;

RER_{mos} Procentul al energiei regenerabile corespunzător agentului energetic din sistemul cu mai multe ieşiri. Un model pentru valorile implicite este dat în Tabelul A.5. Valorile implicite informative pot fi găsite în Tabelul B.5 SR EN 15316-4-5 ;

RER_{mig} Partea provenind din energie regenerabilă aferentă energiei produse de sursa cu mai multe intrări;

$$RER_{mig} = \frac{E_{in;mig;sos} \cdot \frac{f_{Pren;sos}}{f_{Ptot;sos}} + E_{in;mig;mos} \cdot RER_{mos}}{E_{in;mig;sos} + E_{in;mig;mos}} \quad (4.156)$$

b) Partea ce provine din căldura reziduală (“deşeu”)

$$WHR_{des} = \frac{E_{out;gen;mos} \cdot WHR_{mos} + E_{out;gen;mig} \cdot WHR_{mig}}{E_{out;gen;sos} + E_{out;gen;mos} + E_{out;mig}} \quad (4.157)$$

unde:

WHR_{des} Partea de căldură reziduală („deşeu”) din sistemul energetic centralizat;

WHR_{mos} Partea de căldură reziduală („deşeu”) aferentă sistemului de transport dintr-un sistem cu mai multe ieşiri. Valorile implicite informative pot fi găsite în Tabelul B.5 SR EN 15316-4-5;

WHR_{mig} Partea de căldură reziduală („deşeu”) corespunzătoare energiei produse de sursa cu mai multe intrări;

$$WHR_{mig} = \frac{E_{in;mig} \cdot WHR_{mos}}{E_{in;mig;sos} + E_{in;mig;mos}} \quad (4.158)$$

c) Partea de căldură obţinută în cogenerare (Grad de cogenerare)

$$CHR = \frac{Q_{cm}}{Q_{tot}} \quad (4.159)$$

U nde:

CHR - partea de căldură obţinută în cogenerare (grad de cogenerare);

Q_{cm} - căldura produsă în modul cogenerare;

Q_{tot} - căldura totală produsă.

În SR CEN/TR 15316-6-8 Anexele A - C sunt date exemple de calcul. În aceste Anexe se regăsesc şi valori implicite ale unor date necesare în calculul ce se efectuează prin metodele prezentate.

4.5. Panouri fotovoltaice

4.5.1. Descrierea metodei de calcul

Metoda descrisă în continuare evaluează energia electrică obținută de instalația de captare în intervale lunare, pentru întregul an de funcționare a sistemului.

Termeni și definiții

- Azimut: Unghiul cuprins între meridianul unui loc și planul vertical al direcției respective,
- Intensitate a radiației solare: Fluxul radiant pe suprafață, generat pe un plan oarecare, a radiației totale de la întreaga emisferă,
- Intensitate a radiației solare directe: intensitatea radiației solare generate prin receptarea radiației solare care provine dintr-un unghi solid care înconjoară concentric discul solar aparent,
- Intensitate a radiației solare difuze: intensitatea radiației solare generată prin receptarea radiației solare disperse dinspre întreaga boltă cerească, cu excepția unghiului solid care este utilizat la măsurarea intensității radiației solare directe,
- Intensitatea radiației solare reflectate: intensitatea radiației generată prin receptarea radiației solare globale reflectată în sus de un plan orientat în jos,
- Intensitatea radiației solare globală: intensitatea totală a radiației solare, măsurată pe un plan orizontal,
- Puterea maximă a captatorului: Puterea maximă a captatorului, atunci când intensitatea radiației solare pe planul captatorului are valoarea de 1000W/m^2,
- Suprafața echivalentă de captare a panoului: Suprafața totală a panoului care realizează transformarea energiei solare incidente în energie electrică.

Simboluri și abrevieri

φ_I – unghiul de înclinare al captatorilor solari față de planul orizontal, ^{o};

φ_A – unghiul azimutal – unghiul între orientarea cardinală a captatorului solar față de orientarea sud, ^{o};

A_{tot} – aria totală a captatoarelor solare utilizate în sistem, m^2;

I_{Oi} – radiația solară totală în plan orizontal

$P_{max,1000}$ – puterea maximă a captatorului pentru o radiație solară de 1000, W;

A_{panou} – Suprafața echivalentă de captare a panoului, m^2;

I_{1000} – radiația solară egală cu 1000 W/m^2

ε_{PV} – eficiența captatorului fotovoltaic, - ;

k_{pk} – factor de putere de varf, -;

N_{zl} – numărul de zile lunar, zi ;

N_p – numărul de panouri instalate, - ;

f_{cap} – factor de corecție al intensității globale a radiației solare datorat unghiului de înclinare al captatorilor solari și unghiului de deviație de la orientarea SUD al captatorilor solari, -;

η_t – randamentul panoului în funcție de temperatura din anexa națională, valori informative în anexa A2, - ;

η_{inv} – randamentul invertorului, - ;
$\eta_{captare,i}$ – randamentul lunar de captare, - ;
$E_{l,i}$ – energia obtinuță în luna de calcul i, kWh;
$E_{inc,i}$ – energia totala incidenta în luna de calcul i, kWh;
E_{tot} – energia totală anuală, kWh.

În prima etapă se stabilesc parametrii de instalare ai sistemului și se calculează radiația solară corespunzătoare acesteia. Astfel se extrag o serie de informații constructive cum sunt unghiurile de înclinare și azimut funcție de axa Sud – Nord respectiv locația în care se află obiectivul analizat. Se stabilește factorul de corecție de unghi de înclinare și unghi de deviere de la orientarea SUD – f_{cap}, conform Anexei 1 (capitol 4.2), pentru fiecare lună din an.
În a doua etapă se realizează evaluarea sistemului instalat, ce permite captarea, transformarea energiei solare în energie electrică și conversia în tensiune utilă consumatorilor de curent alternativ. Astfel se extrag numărul de panouri fotovoltaice montate în obiectivul evaluat şi o serie de date despre panourile fotovoltaice, cum sunt puterea maximă și suprafața echivalentă (fără rama metalică), randamentul inverterului pentru conversia în tensiune alternativă extras din foile de catalog aferente, cât și informații cu privire la radiația solară incidentă în plan orizontal pentru locația corespunzătoare din anexa cu date climatice. Se stabilește, factorul de corecție funcție de orientarea panoului în plan vertical și față de axa Sud – Nord, randamentul panoului solar în funcție de temperatură.

Evaluarea eficienței captatoarelor fotovoltaice s-a realizat ținând seama de puterea maximă pe care o are panoul pentru o radiație incidentă pe planul înclinat de 1000 W/m^2. Aceasta putere este puterea totală disponibilă la bornele captatorului solar, evaluarea efcienței panoului făcându-se ținând seama de suprafața de captare echivalentă (fără rama de fixare).

Valori recomandate ale parametrilor implicați în relațiile metodei
Factorul de corecție a intensității globale a radiației solare (tabel 4.5) funcție de unghiul de înclinare al captatorilor solari - φ_I și unghiul de deviere față de direcția cardinală SUD - φ_A. De exemplu pentru : $\varphi_I = 45^o$ și $\varphi_A = 0^o$.

Tabel 4.5. Factorul de corecție a intensității globale a radiației solare

Luna	ianuarie	februarie	martie	aprilie	mai	iunie
f_{cap}	1.76	1.45	1.25	1.05	0.94	0.88
Luna	iulie	august	septembrie	octombrie	noiembrie	decembrie
f_{cap}	0.9	1.03	1.22	1.45	1.62	1.67

Valorile intensității solare în plan înclinat se pot calcula folosind modele validate de calcul, cum ar fi Klein and Theilacker (Duffie and Beckman, 1991). Aceste modele sunt integrate în diverse programe de calcul recunoscute internațional (RETSCREEN, TRNSYS, DesignBuilder).

4.5.2. Metoda lunară

Etapizarea calculelor este următoarea:

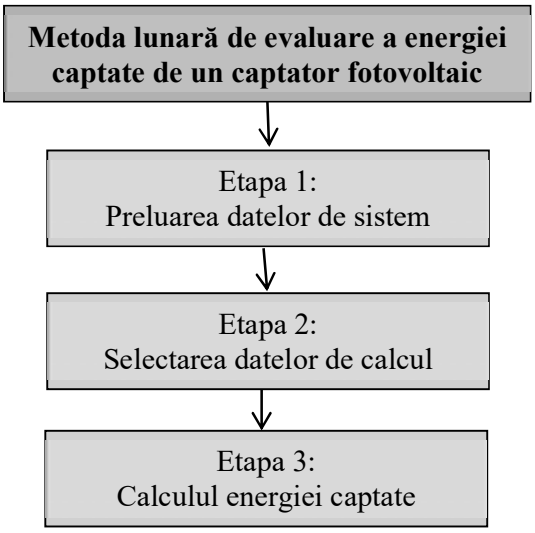


Figura 4.21 *Schema etapelor metodei lunare*

Etapa 1: Preluarea datelor de sistem

a. Se identifică numărul captatoarelor solare fotovoltaice instalate, N_p;
b. Se stabilește unghiul de înclinare al captatorilor solari față de planul orizontal, φ_i;
c. Se stabilește unghiul azimutal – unghiul între orientarea cardinală a captatorului solar față de orientarea Sud, φ_a;
d. Se stabilește factorul de putere de vârf din anexa A3;
e. Se stabilește din prospect suprafața echivalentă de captare a panoului, A_{panou};
f. Se stabilește puterea maximă a panoului solar, $P_{max,1000}$, (W), din datele de catalog sau cu: $P_{max,1000} = I_{1000} \cdot k_{pk} \cdot A_{panou}$; (vezi anexa A3)
g. Se stabileste din prospect randamentul invertorului, η_{inv}; dacă nu este disponibil se alege 0,95;

Etapa 2: Selectarea datelor de calcul pentru evaluare

a. Se selectează coeficienții de corecție în funcție de cele două unghiuri de înclinare respectiv orientare față de axa Sud – Nord, conform tabelului din paragraful referitor la valorile recomandate;
b. Se selectează randamentul captatorului în funcție de temperatura din anexa A2, η_t;
c. Se completează tabelul corespunzător locației, cu valorile radiației solare lunare în plan orizontal aferent.

Etapa 3: Calculul energiei captate

a. Se calculează suprafața totală instalată utilizând suprafața echivalentă a panoului, A_{panou} și numărul de panouri instalate, m^2:

$$A_{tot} = N_p \cdot A_{panou} \tag{4.160}$$

b. Se stabilește eficiența panoului fotovoltaic, ε_{PV}:

$$\varepsilon_{PV} = \frac{P_{max,1000}/A_{panou}}{I_{1000}} \tag{4.161}$$

c. Se stabilește luna de calcul, numărul de zile aferent și radiația totală în plan orizontal din (anexa de date climatice) și se calculează energia totală lunară (kWh/lună):

$$E_{l,i} = \frac{1}{1000} \cdot 24 \cdot N_{zl} \cdot A_{tot} \cdot I_{O,i} \cdot f_{cap} \cdot \eta_t \cdot \eta_{inv} \cdot \varepsilon_{PV} \tag{4.162}$$

Calculul se realizează pentru toate lunile anului.

d. Se însumează energiile obținute lună de lună, calculându-se astfel energia totală anuală realizată, (kWh/an):

$$E_{tot} = \sum_{l=1}^{12} E_{l,i} \tag{4.163}$$

e. Se calculează energia totală lunară incidentă pe suprafața de captare:

$$E_{inc,i} = \frac{I_{o,i} \cdot f_{cap} \cdot A_{tot} \cdot 24 \cdot N_{zl}}{1000} \tag{4.164}$$

f. Pentru obținerea unui randament de captare lunar, se raportează energia lunară obținută (relaţia 4.162) la energia lunară incidentă pe suprafața de captare.

$$\eta_{captare,i} = \frac{E_{l,i}}{E_{inc,i}} \tag{4.165}$$

4.5.3. Exemplu de calcul

Tabel 4.6. Valorile parametrilor de intrare de calcul, ale panourilor fotovoltaice instalate

φ_I	45	Zona	PV1	Loc	Bucuresti
φ_A	Sud	N_p	3	η_{inv}	0,97

Tabel 4.7. Valorile parametrilor calculați conform metodei lunare

	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I_T, Oriz (W/m^2)	49,6	85,0	124,8	167,2	205,6	233,5	200,8	233,2	175,5	114,2	54,2	41,3
fcap (-)	1.76	1.45	1.25	1.05	0.94	0.88	0.9	1.03	1.22	1.45	1.62	1.67
I_T,(W/m^2) Inclinat	87.3	123.3	156.0	175.6	193.3	205.5	180.7	240.2	214.1	165.6	87.8	69
NRzi (zi/luna)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$P_{max,\ 1000}$	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252

	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
A_{panou} [m^2]	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
A_{tot} [m^2]	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
ε_{PV} [-]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
η_t [-]	0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,85	0,90	0,90
η_{inv} [-]	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
$E_{inc,i}$ [kWh/luna]	109.1	139.1	195	212.4	241.6	248.6	225.9	300.2	259	207	106.2	86.2
$E_{l,i}$ [kWh/luna	14.3	18.2	24.1	24.7	28.1	28.9	26.3	34.9	30.2	25.6	13.9	11.3

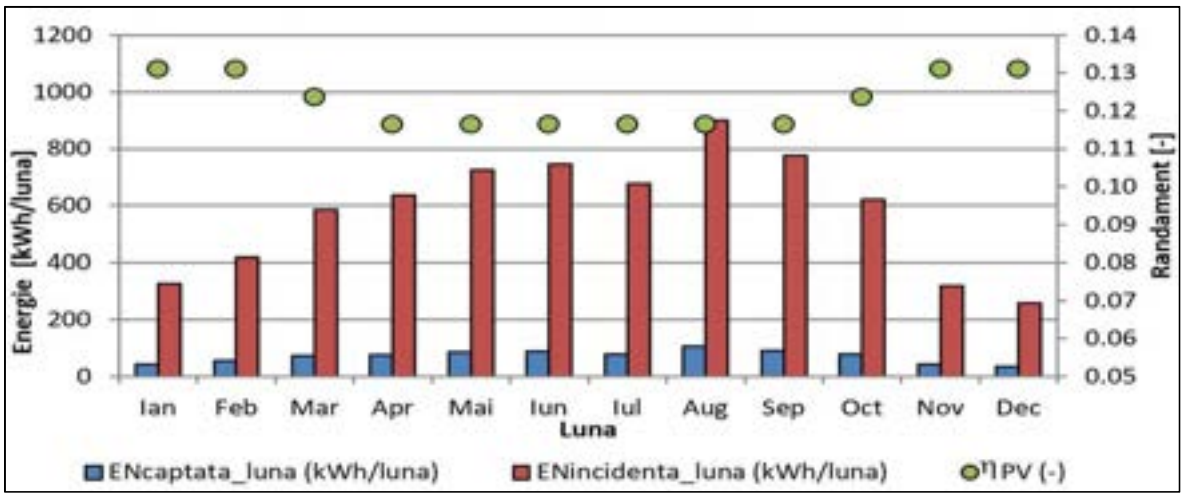


Figura 4.22. Energia incidentă, energia totală lunară livrată şi randamentul de captare

Anexa A2, informativă

Valori informative ale randamentului, η_t, în funcție de temperatura exterioară

	Ian.	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun.	Iul.	Aug	Sep	Oct.	Nov	Dec
Monocristalin	0.90	0.90	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.85	0.90	0.90
Policristalin												
Amorf												

Anexa A3, informativă (sursa SR EN 15316-4-3)

Valori informative ale factorului de putere de vârf, k_{pk}

Tip modul fotovoltaic	-
Siliciu monocristalin	0,15 ÷ 0,20
Siliciu policristalin	0,12 ÷ 0,18
Strat subțire de siliciu amorf	0,04 ÷ 0,10
Alte straturi subțiri	0,035
Strat subțire de diseleniură de cupru-galiu-indiu	0,105
Strat subțire de telurură de cadmiu	0,095
[a] Cu o densitate a celulelor fotovoltaice de minim de 80%.	

4.6. Centrale eoliene (sursa – SR EN 15316-4-10)

4.6.1. Descrierea metodei de calcul

Pentru determinarea energiei electrice produse de WPS (wind power systems) se aplică procedura de calcul prezentată în standardul **SR EN 15316-4-10.**

Metoda de calcul este valabilă doar pentru sistemele WPS cu puterea mai mică de **75 kW** (adică sisteme de putere mică, utilizate în clădiri civile sau pentru producție locală). Sursa este de tip **ONSITE** (în/lângă/pe clădire) sau **NEARBY** (la o distanță care permite alimentarea direct din acel sistem).

Există 3 clase de centrale eoliene cu puterea mai mică de 75 kW, caracteristicile tehnice uzuale fiind prezentate în tabelul 4.8.

Tabel 4.8 Clase de centrale eoliene de puteri mici

TIP EOLIANĂ	**Aria rotorului**	**Puterea turbinei**	**Diametrul rotorului**	**Înalțimea tipică a hub-ului**
	A_{Rotor}	P_{WPS}	D_{Rotor}	h_2
	m^2	kW	m	m
S	40 - 200	≤ 75	7 - 16	20 - 50
XS	3,5 - 40	≤ 40	2,1 - 7	12 - 30
Micro	≤ 3,5	≤ 1	≤ 2,1	6 - 20

Mărimile pe baza cărora se determină energia produsă cu centralele eoliene sunt:

Tabel 4.9. Mărimi de calcul conform procedurii din SR EN 15316-4-10

INPUTS (marimi de calcul)	**Simbol**	**UM**
Viteza de referință la înălțimea de referință h_1	v_1	m/sec
Numărul de zile din lună	d_{mth}	d
Aria rotorului	A_{Rotor}	m^2
Diametrul rotorului	D_{Rotor}	m
Înălțimea hub-ului	h_2	m
Factor de calcul dependent de h	α	-

Se determină productia lunară netă de energie electrică (luna i) $Q_{f,prod,WPS,i}$, kWh, cu formula (4.166) următoare:

$$Q_{f,prod,WPS,i} = \sum P_{WPS,WK,n} \cdot t_{WK,n} \qquad (4.166)$$

în care

$P_{WPS,WK,n}$ puterea turbinei (WPS) în clasa n de viteză a vântului, în W

$t_{WK,n}$ durata medie a frecvenței în clasa n de viteză a vântului, în h

Puterea turbinei depinde de randamentul mediu global al turbinei și puterea vântului:

$$P_{WPS,WK} = f_{mean-power} \cdot P_{Wind,WK} \tag{4.167}$$

în care:

$$f_{mean-power} = c_{p,Betz} \cdot \eta_{Rotor} \cdot \eta_{Gearing} \cdot \eta_{Generator} \cdot \eta_{Electronics} \tag{4.168}$$

Iar:

$$P_{Wind,WK} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_{Rotor} \cdot v_{WK}^{\ 3} \text{ [W]} \tag{4.169}$$

Mărimile care intervin în relațiile (4.167...169) sunt indicate mai jos.

$c_{p,Betz}$	coeficientul de putere Betz (limita Betz) care reprezintă limita maximă teoretică a unei turbine de a extrage putere electrică dintr-un curent de aer; dacă $v_2=1/3v_1$, atunci $c_{p,Betz}=16/27=59\%$ (eficiența teoretică maximă a unei turbinei eoliene)
η_{Rotor}	eficiența rotorului
$\eta_{Gearing}$	eficiența mecanismului de transmisie (= approx. 98%)
$\eta_{Generator}$	eficiența generatorului (între 96 si 98%)
$\eta_{Electronics}$	eficiența componentelor electronice
ρ	densitatea aerului, în kg/m^3
A_{Rotor}	aria rotorului, în m^2
v_{WK}	viteza medie a vântului caracteristică unei clase de viteze, în m/s (4…16m/s)

Timpul (în ore) mediu de funcționare/luna aferent clasei n se determină astfel:

$$t_{WK,n} = 24 \cdot d_{mth} \cdot f\left(v_{WK,n}\right) \tag{4.170}$$

în care:

$$f(v_{WK}) = \frac{k}{WS} \cdot \left(\frac{v_{WK}}{WS}\right)^{k-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{v_{WK}}{WS}\right)^{k}\right) \tag{4.171}$$

unde:

$f(v_{WK})$	frecvența vitezei vântului în clasa de viteză a vântului respectivă, în %
v_{WK}	viteza medie a vântului pentru o clasă de viteză a vântului, în m/s
WS	factorul de scară (Waloddi) Weibull, în m/s
k	factorul de formă Weibull, adimensional
v_1	viteza de referință la înălțimea de referință h_1, în m/s
v_2	viteza medie a vântului la înălțimea h_2, în m/s
h_1	înălțimea de referință (uzual 10 m), în m
h_2	înălțimea hub-ului, în m
α	exponentul de calcul alocat înălțimii h

Factorul de scară (Waloddi) Weibull se determină cu relațiile (4.172-173) astfel:

$$WS = \frac{2 \cdot v_2}{\sqrt{\pi}} \tag{4.172}$$

$$v_2 = v_1 * \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{\alpha} \tag{4.173}$$

4.6.2. Exemplu de calcul

Se consideră o centrală eoliană cu caracteristicile de mai jos:

Aria rotorului	A_{Rotor}	=38,48	m^2
Diametrul rotorului	D_{Rotor}	=7	m
Înălțimea de montare ax hub	h_2	=30	m
Viteza de referință a vântului	v_1	=8	m/sec
	la h_1	=10	m
	α	=0,14	-
Număr de zile pe lună	d_{mth}	=30	zile
k	= 2 (factor forma Weibull)		
ρ	= 1,225		kg/m^3
$c_{p,Betz}$	= 21%		
Eficienta rotor, η_{rotor}	= 97%		
Eficienta transmisiei, $\eta_{gearing}$	= 98%		
Eficienta generator, $\eta_{generator}$	= 96%		
Eficienta componente electronice, $\eta_{eletronics}$	= 97%		

Se calculează cu formulele (4.168), (4.172) și (4.173):

$f_{mean\text{-}power}$	= 0.186
WS (factor scara Weibull)	= 10,53

Viteza medie a vântului, v_2	=9,33 m/s

Se ține cont că centrala eoliană funcționează din considerente constructive și economice doar pentru viteze ale vântului între 4 și 16 m/s.

Tabel 4.10 Exemplu de calcul pentru determinarea energiei produse cu o centrală eoliană

v_{WS}	$f(v_{WS})$	$\Sigma f(v_{WS})$	$t_{WS,i}$	$P_{Wind;WS,i}$	$P_{WPS;WS,i}$	$Q_{f;prod;WPS,i}$
	[%]		[h]	[W]	[kW]	[kWh]
[m/s]	$f(v_{WS}) = \frac{k}{\lambda}\left(\frac{v_{WS}}{\lambda}\right)^{k-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{v_{WS}}{\lambda}\right)^{k}\right)$	[%]	$t_{WS,i} = 24 \cdot d_{WS} \cdot f(v_{WS,i})$	$P_{Wind;WS,i} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_{rotor} \cdot v_{WS}^{3}$	$P_{WPS;WS,i} = f_{rotor-power} \cdot P_{Wind;WS,i}$	$Q_{f;prod;WPS,i} = \sum\left(P_{WPS;WS,i} \cdot t_{WS,i}\right)$
1	1.79	1.79	12.88			
2	3.48	5.27	25.06			
3	4.99	10.26	35.94			
4	6.25	16.51	44.98	1509	0.28	12.61
5	7.20	23.71	51.84	2946	0.55	28.40
6	7.82	31.53	56.33	5092	0.95	53.32
7	8.12	39.65	58.45	8085	1.50	87.85
8	8.10	47.75	58.34	12069	2.24	130.89
9	7.82	55.57	56.30	17184	3.19	179.85
10	7.32	62.89	52.70	23572	4.38	230.94
11	6.66	69.56	47.97	31374	5.83	279.76
12	5.91	75.46	42.52	40732	7.57	321.97
13	5.11	80.57	36.76	51787	9.63	353.92
14	4.31	84.88	31.03	64681	12.02	373.12
15	3.55	88.43	25.59	79555	14.79	378.50
16	2.87	91.30	20.64	96550	17.95	370.43
						2801.55

Producția de energie electrică prin utilizarea centralei eoliene este:

$Q_{f;prod;WPS,I}$=2801,55 kWh/lună.

CAPITOLUL 5. CERTIFICATUL DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ

Conținutul acestui capitol s-a realizat în conformitate cu următoarele documente:

- SR EN ISO 52000-1– Performanţa energetică a clădirilor. Evaluarea de ansamblu a PEC. Partea 1: Cadru general şi metode.
- SR CEN ISO/TR 52000-2 – Performanţa energetică a clădirilor. Evaluarea de ansamblu a PEC. Partea 2: Explicarea şi justificarea ISO 52000-1.
- SR EN ISO 52003-1 – Performanţa energetică a clădirilor. Indicatori, cerinţe, evaluare şi certificate. Partea 1: Aspecte generale şi aplicarea la performanţa energetică globală.
- SR CEN ISO/TR 52003-2 – Performanța energetică a clădirilor. Indicatori, cerințe și certificare. Partea 2: Explicații și justificări pentru ISO 52003-1.

5.1. Tipuri de certificate energetice și conținutul acestora, inclusiv anexele tehnice

Certificarea energetică a clădirilor presupune evaluarea performanțelor energetice (consum total anual de energie primară) și de mediu (emisii echivalente totale anuale de CO_2) ale clădirii, clasificarea energetică prin încadrarea în una din cele 8 (opt) clase de performanţă energetică şi elaborarea certificatului de performanţă energetică.

Certificatele de performanță energetică (CPE) se vor completa în funcție de obiectivul evaluat. În figura 5.1 se prezintă Certificatul de Performanță Energetică caracteristic unei clădiri/unități de clădire. Pentru un apartament se va completa Certificatul de Performanță Energetică din figura 5.2.

Notă: toate informațiile din CPE care apar scrise cu font roșu se vor adapta și particulariza funcție de obiectiv (categoria clădirii/unității de clădire, zona climatică, datele auditorului etc.)

În conformitate cu Legea 372/2005 republicată, este obligatorie elaborarea certificatului de performanţă energetică pentru:

a) clădirile sau unitățile de clădire din categoriile locuinţe unifamiliale, blocuri de locuinţe, birouri, clădiri de învăţământ, spitale, hoteluri şi restaurante, construcţii destinate activităţilor sportive, clădiri pentru servicii de comerţ sau alte tipuri de clădiri consumatoare de energie (unde sunt obligatoriu de respectat anumite condiții de confort termic, fiziologic, vizual sau de calitatea aerului), care se construiesc, se vând, se închiriază sau sunt supuse renovărilor majore;

b) clădirile ocupate de o autoritate publică sau care sunt vizitate în mod frecvent de public, cu o suprafață utilă totală de peste 250m^2.

CERTIFICAT DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ

A

elaborat în conformitate cu Metodologia de Calcul al Performanței Energetice a Clădirilor, Mc001

B

DATE PRIVIND IDENTIFICAREA CPE ȘI A AUDITORULUI ENERGETIC

CPE numărul	valabil 10 ani până la zz/ll/aaaa	Nume & prenume auditor energetic	Auditor energetic
r e g r e g / c o d c o d	dacă nu apar intervenții majore	Certificat atestare seria/nr XX/XXXXX	gradul I sau II

DATE PRIVIND CLĂDIREA / UNITATEA DE CLĂDIRE CERTIFICATĂ — NZEB ☐

C

Categoria clădirii: categoria
Adresa clădirii: .....
..... adresa .....
Coordonate GPS (lat x long): II,III x LL,LLLLL
Regim de înălțime: regim înălțime

Anul construirii/renovării majore: AAAA
Aria de referință a pardoselii: zzz,z m^2
Aria construită / desfășurată: xxx,x / yyy,y m^2
Volumul interior de referință: xxxxx m^3

FOTO CLĂDIRE max. 300x300dpi

Scopul elaborării CPE:	Vânz/Închir/ Recepție/Inf	Program de calcul utilizat:	..... versiunea .....

PERFORMANȚA ENERGETICĂ * [kWh/m², an - energie primară totală]	CLĂDIRE REALA	CLĂDIRE DE REFERINȚĂ	NIVEL DE EMISII ECHIVALENTE CO_2 * [kg_{CO2}/m^2,an]	
Performanță energetică ridicată			Nivel de poluare scăzut	
A+ (≤ xx)			A+ (≤ vv)	
A (xx ... xxx)		A	A (vv ... yyy)	
B (xxx ... xxx)	B		B (yyy ... yyy)	B
C (xxx ... xxx)			C (yyy ... yyy)	
D (xxx ... xxx)	D		D (yyy ... yyy)	E
E (xxx ... xxx)			E (yyy ... yyy)	
F (xxx ... xxxx)			F (yyy ... yyy)	
G (> xxxx)			G (> yyy)	
Performanță energetică scăzută			Nivel de poluare ridicat	

Consum specific anual total de energie [kWh/m²,an] *						Indice de emisii echivalent CO_2 [$kgCO_2/m^2$,an] *	
	finală-t/e**	Xx,x	Xx,x	Xx,x	Xx,x		Xxx,x
	primară	Xxxxx,x		Xxxxx,x			

Consum specific anual de energie din surse regenerabile [kWh/m²an] *	Solar termic	Solar electric	Pompe căldură	Biomasă	Alt tip SRE	Total SRE
	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x

F

Tip sistem instalație clădire reală	Clasă energetică / Consum specific anual de energie primară per utilitate [kWh/m²,an] *							
	A+	A	B	C	D	E	F	G
Încălzire	≤ c1A	c1A ... c1B	c1B ... c1C	consum înc	c1D ... c1E	c1E ... c1F	c1F ... c1G	> c1G
Apă caldă de consum	≤ c2A	c2A ... c2B	consum acc	c2C ... c2D	c2D ... c2E	c2E ... c2F	c2F ... c2G	> c2G
Răcire ***	≤ c3A	c3A ... c3B	c3B ... c3C	c3C ... c3D	consum răc	c3E ... c3F	c3F ... c3G	> c3G
Ventilare mecanică	≤ c4A	consum vm	c4B ... c4C	c4C ... c4D	c4D ... c4E	c4E ... c4F	c4F ... c4G	> c4G
Iluminat	≤ c5A	c5A ... c5B	c5B ... c5C	c5C ... c5D	c5D ... c5E	c5E ... c5F	consum il	> c5G

G

* valori calculate
** t/e=termic/electric
*** numărul de ore dintr-un an în care temperatura interioară depășește temperatura de confort în regim liber, pe durata verii = ... h (este 0 dacă se calculează consumul de răcire)

Semnătura și ștampila auditorului

COD UNIC GENERAT DIN BAZA NAȚIONALĂ DE CPE

Fig. 5.1 Certificatul de performanță energetică pentru o clădire/unitate de clădire (pagina 1)

CERTIFICAT DE PERFORMANŢĂ ENERGETICĂ

A

elaborat în conformitate cu Metodologia de Calcul al Performanţei Energetice a Clădirilor, Mc001

B

DATE PRIVIND IDENTIFICAREA CPE ȘI A AUDITORULUI ENERGETIC			
CPE numărul	valabil 10 ani până la zz/ll/aaaa	Nume & prenume auditor energetic	Auditor energetic
r e g r e g / c o d c o d	dacă nu apar intervenţii majore	Certificat atestare seria/nr XX/XXXXX	gradul I sau II

DATE PRIVIND APARTAMENTUL CERTIFICAT				
Categoria clădirii: categoria	C	Anul construirii/renovării majore: AAAA		FOTO CLĂDIRE max. 300x300dpi
Adresa clădirii:		Aria de referinţă a pardoselii : zzz,z	m^2	
..... adresa		Aria locuibilă a apartamentului: xxx,x	m^2	
Coordonate GPS (lat x long): ll,llll x LL,LLLLL		Volumul interior de referinţă al apart.: xxxxx	m^3	
Regim de înălţime: regim înălțime				

Scopul elaborării CPE:	Vânz/Închir/ Recepție/Inf	Program de calcul utilizat: ..... versiunea .....

PERFORMANŢA ENERGETICĂ CALCULATĂ [kWh/m²,an - energie primară totală]		NIVEL CALCULAT DE EMISII ECHIVALENTE CO_2 [kg_{CO2}/m²,an]	
Performanţă energetică ridicată		Nivel de poluare scăzut	
A+ (≤ xx)		A+ (≤ yy)	
A (xx ... xxx)		A (yy ... yyy)	
B (xxx ... xxx)	B	B (yyy ... yyy)	B
C (xxx ... xxx)	D	C (yyy ... yyy)	E
D (xxx ... xxx)		D (yyy ... yyy)	
E (xxx ... xxx)		E (yyy ... yyy)	
F (xxx ... xxxx)		F (yyy ... yyy)	
G (> xxxx)		G (> yyy)	
Performanţă energetică scăzută		Nivel de poluare ridicat	
Consum specific anual total de energie [kWh/m²,an] * — finală-t/e** Xx,x Xx,x; primară Xxx,x		Indice de emisii echivalent CO_2 [$kgCO_2$/m²,an] *	Xxx,x

Consum specific anual de energie din surse regenerabile [kWh/m²an] *	Solar termic	Solar electric	Pompe căldură	Biomasă	Alt tip SRE	Total SRE
	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x	Xxx,x

F

Tip sistem instalaţie clădire reală	Clasă energetică / Consum specific anual de energie primară per utilitate [kWh/m²,an] *							
	A+	A	B	C	D	E	F	G
Încălzire (G)	≤ c1A	c1A ... c1B	c1B ... c1C	consum înc	c1D ... c1E	c1E ... c1F	c1F ... c1G	> c1G
Apă caldă de consum	≤ c2A	c2A ... c2B	consum acc	c2C ... c2D	c2D ... c2E	c2E ... c2F	c2F ... c2G	> c2G
Răcire ***	≤ c3A	c3A ... c3B	c3B ... c3C	c3C ... c3D	consum răc	c3E ... c3F	c3F ... c3G	> c3G
Ventilare mecanică	≤ c4A	consum vm	c4B ... c4C	c4C ... c4D	c4D ... c4E	c4E ... c4F	c4F ... c4G	> c4G
Iluminat	≤ c5A	c5A ... c5B	c5B ... c5C	c5C ... c5D	c5D ... c5E	c5E ... c5F	consum il	> c5G

* valori calculate

** t/e=termic/electric

*** numărul de ore dintr-un an în care temperatura interioară depășește temperatura de confort în regim liber, pe durata verii = ... h (este 0 dacă se calculează consumul de răcire)

Semnătura și ștampila auditorului

COD UNIC GENERAT DIN BAZA NAȚIONALĂ DE CPE

Fig. 5.2 Certificatul de performanță energetică pentru un apartament (pagina 1)

În cazul în care o clădire/unitate de clădire vândută sau închiriată se află în diferite stadii de execuție (stadiu precizat conform procesului verbal de recepție parțială sau în procesul-verbal de constatare privind stadiul realizării construcției, emise în scopul înscrierii dreptului de proprietate asupra acesteia în cartea funciară, în sensul Legii cadastrului și a publicității imobiliare nr. 7/1996, republicată, cu modificările și completările ulterioare), investitorul/ proprietarul/administratorul va pune la dispoziția cumpărătorului/chiriașului informații (cuprinse în documentația tehnică) în vederea evaluării performanței energetice a clădirii/unității de clădire. Ulterior, după finalizarea lucrărilor de execuție, pentru recepție, este obligatorie emiterea, pe baza datelor tehnice reale ale clădirii și instalațiilor aferente, a certificatului de performanță energetică și prezentarea acestuia conform prevederilor Legii 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, republicată.

Elaborarea certificatului de performanţă energetică (CPE) al unei clădiri/unități de clădire sau apartament, presupune parcurgerea următoarelor etape:

- evaluarea performanţei energetice a clădirii reale (unității de clădire sau apartamentului), în condiţii normate de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale ansamblului construcţie și instalaţiile aferente (luând în considerare numai consumurile sistemelor de instalații de încălzire, răcire, ventilare, preparare/furnizare a apei calde de consum și iluminat), calculând estimativ
    i. consumul anual specific de energie finală (la nivelul sursei de energie a clădirii sau la nivelul racordului la sistemul centralizat cu alimentare cu energie), exprimat în [kWh/m²an],
    ii. consum anual specific de energie primară, exprimat în [kWh/m²an],
    iii. consum anual specific de energie primară din surse regenerabile, exprimat în [kWh/m²an],
    iv. indicatorul de emisii echivalente de CO_2, exprimat în [kgCO_2/m²an];
- selectarea sau evaluarea performanţelor energetice ale clădirii de referinţă aferentă clădirii/unității de clădire reale (exclusiv apartamente);
- încadrarea clădirii reale și respectiv de referință, într-una din cele 8 (opt) clase de performanţă energetică și într-una din cele 8 clase de poluare (performanță privind protejarea mediului);
- enunțarea soluțiilor de creștere a performanței energetice și a celor de protejare a mediului, inclusiv a recomandărilor pentru îmbunătățirea nivelului optim din punctul de vedere al costurilor sau a rentabilității performanței energetice a unei clădiri sau a unei unități de clădire/apartament, cu excepția cazului în care nu există un potențial rezonabil pentru o astfel de îmbunătățire comparativ cu cerințele de performanță energetică în vigoare; recomandările cuprinse în certificatul de performanță energetică trebuie să fie fezabile, din punct de vedere tehnico-economic, pentru clădirea/unitatea de clădire respectivă și includ estimarea în ceea ce privește durata perioadelor de amortizare sau raportul costuri-beneficii pe durata normată de funcționare; CPE include și informații mai detaliate, cum ar fi rentabilitatea recomandărilor formulate în certificatul de performanță energetică (evaluarea rentabilității se bazează pe o serie de ipoteze standard, precum estimarea cantității de energie economisită, a prețurilor energiei vizate și estimarea preliminară a costurilor), pașii care trebuie urmați pentru a pune în practică aceste recomandări, inclusiv detalii privind stimulentele financiare sau de altă natură și posibilitățile de finanțare;
- completarea anexelor tehnice la certificatul de performanță energetică.

Codurile RGB obligatorii ale culorilor utilizate la elaborarea CPE sunt următoarele:

Tabel 5.1 Codurile RGB ale culorilor utilizate obligatoriu într-un CPE

- pentru clasele de performanță energetică

R:0 G:155 B:0	R:50 G:200 B:50	R:0 G:255 B:0	R:255 G:255 B:0	R:250 G:155 B:0		R:255 G:100 B:0	R:255 G:65 B:0	R:255 G:0 B:0

- pentru clasele de performanță de mediu

R:0 G:0 B:255	R:50 G:100 B:255	R:0 G:155 B:255	R:155 G:210 B:255	R:190 G:190 B:190	R:150 G:150 B:150	R:100 G:100 B:100	R:51 G:51 B:51

Certificatul de performanță se elaborează pe un format A4, păstrând marginile libere de 0,5cm sus și jos, și respectiv de 1,75cm în părțile laterale, stânga și dreapta. Codul de bare pentru securizarea CPE se va plasa la partea inferioară a certificatului, aliniat la stânga. Înălțimea codului de bare este de 0,5 cm. Fiecare pagină a CPE, inclusiv toate paginile anexelor tehnice vor fi semnate și stampilate de auditorul energetic. Se pot utiliza însemne distincte de mici dimensiuni ale unor asociații profesionale sau furnizori de softuri specializate și validate de calcul (ex. timbre holografice sau logo-uri cu latura sau diametrul de cel mult 5mm), care se vor plasa în zona de semnare și stampilare a CPE, doar pe pagina 1.

Fiecare certificat de performanţă energetică realizat conţine informaţii tehnice privind clădirea/unitatea de clădire/apartamentul şi sistemele de instalații aferente acesteia, în conformitate cu datele prezentate mai jos.

5.1.1. Detalierea conținutului CPE (pagina 1); date privind evaluarea performanţei energetice a clădirii/unității de clădire/apartamentului

Pagina 1 a certificatului de performanță energetică include, conform reperelor A...G din figurile 5.1 și respectiv 5.2, informațiile prezentate în continuare.

A. Titulatura: “Certificat de performanţă energetică” şi sistemul de certificare utilizat (reglementarea tehnică aplicabilă – *Metodologia de calcul al performanţei energetice a clădirilor, indicativ Mc001*).

B. Date de identificare ale certificatului de performanţă energetică și ale auditorului energetic pentru clădiri

Numărul de înregistrare al certificatului de performanţă energetică este compus din 12 cifre împărţite în două grupe separate cu ”/” și având următoarea semnificaţie:

- şase cifre care reprezintă numărul de ordine/înregistrare al certificatului de performanţă energetică din registrul auditorului energetic.
- şase cifre reprezentând codul poştal al străzii/localităţii pe teritoriul căreia este situată clădirea.

Odată cu înregistrarea automată a certificatelor de performanță energetică într-o baza națională de date, auditorii energetici vor completa pentru fiecare CPE elaborat, un cod unic generat

autormat, aferent fiecărui certificat energetic înregistrat. Certificatele de performanță energetică fără codul unic de înregistrare indicat nu sunt valabile și este interzisă utilizarea lor de către proprietarii/administratorii/beneficiarii/dezvoltatorii clădirilor/unităților de clădire/ apartamentelor.

Modificări ale informațiilor dintr-un certificat de performanță deja înregistrat în baza națională de certificate energetice, pentru care s-a emis deja codul unic de bare, se vor putea opera doar de către auditorul energetic elaborator, fără modificarea codului unic de înregistrare.

În certificatul de performanță energetică se completează și data până la care acesta este valabil, în lipsa intervențiilor majore asupra anvelopei clădirii sau instalațiilor aferente.

Identificarea auditorului energetic constă în completarea:
- seriei și numărului certificatului de atestare al auditorului energetic pentru clădiri;
- numelui şi prenumelui auditorului energetic pentru clădiri (persoana care răspunde de raportul de evaluare a consumului de energie al unui obiectiv evaluat şi de elaborarea certificatului de performanţă energetică), așa cum acesta este identificat și în certificatul de atestare;
- gradul (I sau II), conform certificatului de atestare.

C. Date privind obiectivul evaluat energetic, scopul elaborării și programul de calcul utilizat (dacă este cazul)
- Adresa - stradă, număr, oraş şi judeţ/sector
- Regimul de înălţime al clădirii (ex. S + P + 4)
- Anul sau perioada construirii/renovării majore (ex. 1984 sau 1984-85)
- Categoria de clădire
- Dacă clădirea este sau nu NZEB (DA/NU)
- Coordonatele geografice GPS (latitudine x longitudine, în grade urmate de 4 zecimale)
- Aria de referință a pardoselii, definită conform acestei reglementări
- Ariile utilă și desfășurată ale clădirii, [m²] (definite conform Legii Locuinței nr. 114/1996, cu modificările și completările ulterioare și respectiv Standardului 4908-85 Arii și volume convenționale)
- Volumul de referință, [m^3]
- O poză caracteristică clădirii certificate.

Notă: ariile se exprimă în m^2 cu o zecimală iar volumele în m^3 fără zecimală.

Scopul elaborării CPE poate fi:
- vânzare, închiriere sau recepționarea la finalizarea lucrărilor, sau
- spre informare (orice alt caz care nu presupune vânzare, închiriere sau recepție la finalizarea lucrărilor).

Pentru fiecare obiectiv evaluat, pentru stabilirea ipotezelor de certificare energetică sunt utilizați anumiți indicatori. Denumirea acestora este prezentată în *tabelul 5.2* iar semnificația lor în următoarele paragrafe.

Tabelul 5.2 Indicatorii obiectivului evaluat

Descriere
Categoria de clădire
Categoria de spațiu
Tipul de obiectiv
Tipul de aplicație
Tipul de evaluare a PEC
Tipul de combinație de utilități ale clădirii

C.1. Categoria clădirii

Tipurile de categorii ale clădirilor sunt prevăzute la art. 6 alin. (1), Legea nr. 372/2005 republicată, iar identificatorii corespunzători sunt prezentați în tabelul B.4 din SR EN ISO 52000-1.

C.2. Categoria de spațiu

Diferențierea categoriilor de spațiu de categoriile de clădiri se va realiza în conformitate cu tabelul B.7 din SR EN ISO 52000-1. Pentru fiecare categorie de spațiu trebuie să se specifice un set de condiții de utilizare, specificate în M1-6 (temperatura setată, cerințele de ventilare și iluminat, necesarul de apă caldă de consum etc.). Este posibil ca lista categoriilor de spațiu să fie identică cu lista categoriilor de clădire.

C.3. Tipul obiectivului evaluat

Tipuri de obiective evaluate din punctul de vedere al performanței energetice sunt redate în *tabelul 5.3* (tabelul B.3 din SR EN ISO 52000-1):

Tabelul 5.3 Tipuri de obiective evaluate

Clădire întreagă
Unitate de clădire
Parte de clădire (căreia îi lipsesc unul sau mai multe aspecte ale unei clădiri complete sau ale unei unități de clădire) - cazul clădirilor nefinalizate și vândute (se prezintă date despre clădire/unitate de clădire în format tabelar și grafic, urmărind eventual exact formatul CPE)
Proiectare clădire nouă (raport privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero)
Clădire existentă după execuție (fără date de exploatare de lungă durată)
Clădire existentă după renovare (fără date de exploatare de lungă durată)
Extindere clădire existentă (fără date de exploatare de lungă durată)
Clădire existentă în exploatare
Clădire rezidențială
Clădire nerezidențială
Clădire publică de mari dimensiuni
Altele

C.4. Tipul aplicației

Cazurile de elaborare a certificatului energetic al clădirii sunt redate în Legea nr. 372/2005 republicată, articolul 18, iar identificatorii corespunzători în tabelul B.8 din SR EN ISO 52000-1.

C.5. Tipul evaluării performanței energetice a clădirii/unității de clădire (PEC)

Cazurile posibile de evaluare a PEC conform reglementării Mc001 sunt redate în *tabelul 5.4* (selecție conform tabelului B.9 din SR EN ISO 52000-1).

Tabelul 5.4 Tipuri de evaluare PEC

Descriere	Comentarii
Calculată, de proiectare	Rezultă PEC de proiectare
Calculată, după execuție/renovare	Rezultă PEC după execuție
Calculată, reală	Nu intră sub incidența Mc001
Calculată, adaptată	Nu intră sub incidența Mc001

D. În funcție de consumul total anual specific de energie primară, exprimat în kWh/(m²,an), pentru clădirea/unitatea de clădire reală și cea de referință, se indică clasa energetică în care se încadrează atât obiectivul real evaluat cât și cel de referință; consumurile de energie finală și primară, sunt determinate conform capitolelor 2, 3, 4 și 5.4.

În cazul apartamentelor, noțiunea de clădire de referință își pierde sensul.

E. În funcție de valoarea indicelui specific echivalent de emisii de CO_2, calculat conform 5.4 prin conversia energiei primare totale consumate, și exprimat în $kgCO_2/(m^2,an)$, se stabilește clasa de mediu în care se va încadra obiectivul analizat (clădire/unitate de clădire/apartament).

F. Consumul anual specific de energie primară din surse regenerabile exprimat în kWh/(m^2 an), determinat conform capitolului 4. În categoria ”alt tip SRE” intră centralele eoliene, biomasa și biocombustibilii, componenta regenerabilă din Sistemul Electroenergetic Național (SEN).

G. Consumurile specifice de energie primară defalcate pe fiecare tip de instalație din clădire, determinate conform capitolelor 2 și 3, respectiv 5.4.

5.1.2. Recomandări de reducere a consumurilor de energie ale clădirii/unității de clădire/apartamentului (ANEXA 1 la CPE)

Anexa 1 a certificatului de performanță energetică cuprinde lista recomandărilor de reducere a consumurilor de energie ale clădirii (unității de clădire sau apartamentului), cu estimarea economiei de energie prin realizarea măsurilor de creştere a performanţei energetice, inclusiv precizări de unde se pot obţine informaţii mai detaliate, precum rentabilitatea recomandărilor formulate, procedura care trebuie urmată pentru punerea în practică a recomandărilor, stimulente financiare sau de altă natură şi posibilităţi de finanţare. Fiecare pagină a acestei anexe se va marca la partea inferioară cu numărul de înregistrare a certificatului de performanță

energetică în registrul auditorului energetic elaborator, și se va semna și ștampila de către acesta.

RECOMANDĂRI PENTRU CREŞTEREA PERFORMANŢEI ENERGETICE
ANEXA 1 la Certificatul de performanţă energetică nr. .....
pentru CLĂDIREA/UNITATEA DE CLĂDIRE/APARTAMENTUL din [adresa]

1. Soluţii recomandate pentru anvelopa clădirii/unității de clădire/apartamentului (*auditorul energetic va bifa din lista neexhaustivă de mai jos doar soluțiile potrivite pentru obiectivul certificat, lăsându-le neschimbate; auditorul energetic poate completa lista adăugând noi soluții adaptate obiectivului certificat*):

- ☐ Sporirea rezistenţei termice a pereţilor exteriori peste valoarea minimă prevăzută de reglementările tehnice în vigoare, prin termoizolare la exterior
- ☐ Sporirea rezistenţei termice a plăcii peste subsol, dacă există, peste valoarea minimă prevăzută de reglementările tehnice în vigoare, prin termoizolarea la intrados
- ☐ Sporirea rezistenței termice a terasei (planșeului sub pod), dacă există, peste valoarea minimă prevăzută de reglementările tehnice în vigoare, prin termoizolare la exterior
- ☐ Sporirea rezistenței termice a planșeelor în contact cu exteriorul/a plăcilor pe sol
- ☐ Sporirea rezistenței termice a șarpantei peste mansardă, dacă există, peste valoarea minimă prevăzută de reglementările tehnice în vigoare, prin termoizolare la interior
- ☐ Înlocuirea tâmplăriei exterioare existente, cu tâmplărie eficientă energetic
- ☐ Montarea pe tâmplăria exterioară sau pe pereții exteriori a grilelor de ventilare higroreglabile pentru evitarea creşterii umidităţii interioare și asigurarea calităţii aerului interior
- ☐ Montarea unor dispozitive de umbrire a fațadelor sau de protecție contra radiației solare pe timpul verii
- ☐ Alte soluții: ... (auditorul energetic poate completa mai departe lista cu soluții adaptate obiectivului certificat)

2. Soluţii recomandate pentru instalaţiile aferente clădirii/unității de clădire/apartamentului (*auditorul energetic va bifa din lista neexhaustivă de mai jos doar soluțiile potrivite pentru obiectivul certificat, lăsându-le neschimbate; auditorul energetic poate completa lista adăugând noi soluții adaptate obiectivului certificat*):

- ☐ Schimbarea conductelor uzate de distribuţie a agentului termic pentru încălzire și eventual termoizolarea acestora (idem coloane)
- ☐ Schimbarea conductelor uzate de distribuţie a apei calde de consum pentru încălzire și eventual termoizolarea acestora (idem coloane)
- ☐ Refacerea izolaţiei conductelor de distribuţie a agentului termic pentru încălzire aflate în subsolul neîncălzit al clădirii sau în alte spații neîncălzite
- ☐ Refacerea izolaţiei conductelor de distribuţie a apei calde de consum aflate în subsolul neîncălzit al clădirii sau în alte spații neîncălzite
- ☐ Montarea robinetelor cu termostat pe corpurile de încălzire

- ☐ Montarea vanelor automate de echilibare la baza coloanelor de încălzire/răcire
- ☐ Asigurarea calităţii aerului interior prin ventilare naturală organizată, ventilare mecanică sau hibridă
- ☐ Montarea debitmetrelor pe racordurile de apă caldă și apă rece
- ☐ Montarea contoarelor de căldură
- ☐ Utilizarea armăturilor sanitare cu consum redus de apă caldă de consum (utilizarea de dispersoare economice la punctele de consum a.c.c.)
- ☐ Înlocuirea garniturilor și repararea armăturilor de a.c.c. defecte, montate pe obiectele sanitare
- ☐ Punerea în funcțiune dacă există/realizarea conductei de recirculare a apei calde de consum
- ☐ Prevederea unui sistem minim de automatizare/reglare dacă acesta nu există, pentru încălzire/răcire/ventilare
- ☐ Schimbarea echipamentelor din centrala termică, dacă există, iar echipamentele sunt uzate fizic și moral, cu echipamente moderne și eficiente energetic
- ☐ Schimbarea echipamentelor din centrala de climatizare/ventilare, dacă există, iar echipamentele sunt uzate fizic și moral, cu echipamente moderne și eficiente energetic
- ☐ Reglarea/curățarea echipamentelor din centrala termică/de climatizare, dacă există, iar echipamentele funcționează ineficient energetic
- ☐ Montarea corpurilor de iluminat cu surse economice în locul celor existente, ineficiente
- ☐ Montarea senzorilor de prezență pentru acționarea automată a sistemului de iluminat
- ☐ Utilizarea surselor regenerabile de energie pentru creșterea performanței de mediu a clădirii
- ☐ Utilizarea echipamentelor de recuperare a energiei termice (recuperatoare aer-aer, recuperatoare apă-apă etc.)
- ☐ Curățarea periodică a coșului/coșurilor de evacuare a gazelor de ardere, dacă există
- ☐ Alte soluții: ... (auditorul energetic poate completa mai departe lista cu soluții adaptate obiectivului certificat)

3. Măsuri conexe (fără corespondent în etapele de calcul energetic) în vederea creşterii performanţei energetice a obiectivului certificat:

A - Măsuri generale de organizare

- ☐ informarea utilizatorilor clădirii (proprietari/chiriași) despre avantajele economisirii energiei și reducerii poluării
- ☐ încurajarea ocupanţilor/administratorilor de a utiliza clădirea și instalațiile corect, fiind motivaţi pentru a reduce consumul de energie
- ☐ înţelegerea corectă a modului în care trebuie să funcţioneze clădirea atât în ansamblu cât și la nivel de unități individuale
- ☐ desemnarea unui reprezentant pentru urmărirea execuţiei lucrărilor de reabilitare termică în cazul renovării energetice a clădirii

- ☐ înregistrarea permanentă a consumului de energie, inclusiv analizarea facturilor de energie
- ☐ analizarea periodică a contractelor de furnizare a energiei și modificarea lor, dacă este cazul
- ☐ asigurarea serviciilor de consultanţă energetică din partea unor firme specializate (care să asigure şi întreţinerea corespunzătoare a instalaţiilor clădirii)
- ☐ Alte soluții: ... (auditorul energetic poate completa mai departe lista cu soluții adaptate obiectivului certificat)

B - Măsuri locale pentru reducerea consumurilor de energie

- ☐ demontarea și spălarea echipamentelor de emitere a căldurii (corpuri de încălzire, ventilo-convectoare etc.)
- ☐ îndepărtarea obiectelor care împiedică cedarea de căldură a radiatoarelor către încăpere
- ☐ introducerea între peretele exterior și radiator a unei suprafeţe reflectante care să dirijeze căldura radiantă către încăpere
- ☐ echilibrarea termo-hidraulică a corpurilor de încălzire
- ☐ înlocuirea obiectelor sanitare
- ☐ echilibrarea hidraulică a reţelei de distribuţie a apei calde de consum
- ☐ echilibrarea aeraulică a reţelei de distribuție a aerului
- ☐ corectarea setărilor parametrilor de funcționare automată a echipamentelor
- ☐ Alte soluții: (auditorul energetic poate completa mai departe lista cu soluții adaptate clădirii certificate)

Estimarea costurilor totale (exclusiv TVA) ale măsurilor propuse pentru creșterea performanței energetice:

☐ < 1000 Eur	☐ [10000-25000) Eur	☐ [50000-100000) Eur
☐ [1000-10000) Eur	☐ [25000-50000) Eur	☐ ≥ 100000 Eur

Estimarea economiilor totale de energie:

☐ < 10%	☐ [20-30)%	☐ [40-60)%
☐ [10-20)%	☐ [30-40)%	☐ ≥ 60%

Estimarea duratei de recuperare a investiției:

☐ < 1 an ☐ [1-3) ani ☐ [3-7) ani
☐ [7-10) ani ☐ ≥ 10 ani

Enunțarea etapelor care trebuie urmate pentru a pune în practică soluțiile de creștere a performanței energetice și a celei de mediu:
(auditorul energetic va completa mai departe lista cu etapele adaptate clădirii certificate)
.....

Informații privind stimulentele financiare sau de altă natură și posibilitățile de finanțare:
(auditorul energetic va completa mai departe lista cu stimulentele financiare și posibilitățile de finanțare valabile în cazul clădirii certificate)
.....

5.1.3. Date tehnice privind evaluarea performanţei energetice a clădirii/obiectivului evaluat (ANEXA 2-anexa tehnică a CPE) – cazul clădirilor/unităților de clădire

Această anexă se poate comprima de către fiecare auditor energetic în parte astfel încât:

- să fie oferite beneficiarilor toate tipurile de informații tehnice precizate în continuare, pentru fiecare clădire/unitate de clădire certificată, ținând cont de realitatea din teren și de sistemele de instalații cu care acestea sunt echipate;
- să poată fi optimizat numărul total de pagini al anexei, adaptată fiecărui caz analizat în parte.

Fiecare pagină a acestei anexe se va marca la partea inferioară cu numărul de înregistrare a certificatului de performanță energetică în registrul auditorului energetic elaborator, și se va semna și ștampila de către acesta.

INFORMAŢII TEHNICE PRIVIND CLĂDIREA CERTIFICATĂ
ANEXA 2 la Certificatul de performanţă energetică nr. .....
pentru CLĂDIREA/UNITATEA DE CLĂDIRE/APARTAMENTUL din [adresa]

A. DATE PRIVIND CLĂDIREA CERTIFICATĂ

- Tipul clădirii ☐ existentă ☐ nouă finalizată ☐ existentă nefinalizată
- Anul construcţiei/ultimei renovări majore: .....
- Categoria clădirii:

(rămâne/rămân activă/active în anexa 2 finală la CPE doar categoria/categoriile bifate de auditorul energetic, inclusiv subcategoriile, restul câmpurilor putând devenind "ascunse")

☐ Clădire rezidențială ☐ casă individuală
☐ casă înşiruită/cuplată
☐ bloc de locuințe

	☐ cămin / internat ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire de învățământ	☐ grădiniță ☐ şcoală /liceu/colegiu ☐ învăţământ superior ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire de birouri	☐ birouri ☐ sediu al administraţiei publice centrale ☐ sediu al administraţiei publice locale ☐ unitate bancară sau de asigurări ☐ oficiu de poştă ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire pentru sănătate	☐ spital ☐ policlinică, dispensar ☐ cabinet medical ☐ farmacie, laborator ☐ centru de îngrijire ☐ creșă ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire pentru turism	☐ hotel/motel ☐ restaurant ☐ cabană turistică, pensiune ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire pentru sport	☐ sală de sport, agrement ☐ bazin de înot ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire pentru comerţ	☐ magazin comercial mic (< 120 m²) ☐ magazin mare (super/hyper market, mall) ☐ depozit comercial ☐ alt tip, precizați .....
☐ Alte tipuri de clădiri	☐ clădire pentru cultură (bibliotecă, teatru, cinematograf, muzeu, casă/cămin de cultură) ☐ depozit ☐ alte clădiri cu ocupare umană

Zona climatică în care este amplasată clădirea	I ☐	II ☐	III ☐	IV ☐	V ☐	
Zona eoliană în care este amplasată clădirea	I ☐	II ☐	III ☐	IV ☐		
Regimul de înălţime al clădirii (Demisol, Subsol, Mezanin, Parter, Etaj, Mansarda/Pod *(se completează numărul acestora unde e cazul)*	S ☐ (nr)	D ☐	Mez ☐	P ☐	E ☐ (nr)	M/P ☐

- Structura constructivă a clădirii
  - ☐ pereţi structurali din zidărie
  - ☐ pereţi structurali din beton armat
  - ☐ cadre din beton armat
  - ☐ stâlpi şi grinzi
  - ☐ structura de lemn
  - ☐ structură metalică
  - ☐ structuri din panouri mari
  - ☐ alt tip, precizați .....

- Numărul & tipul apartamentelor/unităților de clădire/zonelor termice şi suprafeţele de referință ale pardoselilor acestora:

Tip apart/ destinație unitate/zonă	Aria de referință a unui apart/unitate/zonă termică ZTC sau ZTU [m²]	Număr de apartamente/unități/ zone termice similare	Aria de referință a pardoselii/tip [m²]
Apart x camere Birou Depozit ... ZTC 1/ZTU 1 ...			
TOTAL			

- Aria de referință totală a pardoselii clădirii sau a unității de clădire: .....m^2
- Volumul interior de referință V, al clădirii/unității de clădire: .....m^3
- Caracteristicile geometrice şi termotehnice ale anvelopei:

Tip element de construcţie	Rezistenţa termică medie corectată, calculată [m²K/W]	Rezistenţa termică corectată, normată [m²K/W]	Aria [m²]
1	2	3	4
PE 1 PE 2 FE UE TE Sb (planşeu peste subsol) CS (perete al casei scării) ...			
Aria totală a anvelopei, S_E [m²]			

- Factorul de formă al clădirii, S_E /V: .....m^{-1}

- Detalierea consumului anual total specific de energie primară [kWh/m²,an], respectiv a emisiilor specifice anuale echivalente de CO_2 [kgCO_2/m²,an]

Tip sistem de instalații		Clădirea reală			Clădirea de referință	
		Consum specific energie finală/ primară	Emisii specifice anuale echivalente CO_2	Clasa de performanță energetică	Consum specific energie primară	Emisii specifice anuale echivalente CO_2
1	Încălzire					
2	Apă caldă de consum					
3	Răcire					
4	Ventilare mecanică					
5	Iluminat					
TOTAL/CLASA						

- Numărul normat de persoane din clădire/unitatea de clădire: .....pers.

B. DATE PRIVIND SISTEMUL INTERIOR DE ÎNCĂLZIRE

- Existența instalației de încălzire
  - ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  - ☐ Nu – se consideră un sistem virtual de încălzire electrică la parametrii de confort termic
- Sursa existentă de energie pentru încălzirea spaţiilor:
  - ☐ Sursă proprie (centrala individuală, combustibil .....)
  - ☐ Sursă electrică ☐ centrală ☐ convectoare ☐ radiatoare ☐ aeroterme
  - ☐ Centrală termică proprie în clădire, cu combustibil .....
  - ☐ Centrală termică în exteriorul clădirii, cu combustibil .....
  - ☐ Termoficare cu racordare la un punct termic ☐ local ☐ central
  - ☐ Altă sursă sau sursă mixtă (precizați) .....
- Tipul sistemului de încălzire:
  - ☐ Încălzire locală cu sobe
  - Numărul sobelor / combustibilul utilizat .....
  - ☐ Încălzire cu corpuri statice ☐ individuală ☐ centrală

Tip corp static	Număr corpuri statice [buc]			Puterea termică nominală [kW] pentru temperatura tur/retur agent termic/temperatura interioară de …/… / … grdC
	Zona	în spaţiul locuit/de lucru/ zona	în spaţiile comune	
...				
TOTAL				

  - ☐ Încălzire cu alte aparate independente, tip .....
  - ☐ Încălzire centrală cu aer cald, cu aparate tip .....
  - ☐ Încălzire prin radiație de tip .....
  - ☐ Alt tip de sistem de încălzire .....

Există apartamente debranşate în condominiu	☐
Nu există apartamente debranşate în condominiu	☐

- Tip distribuţie a agentului termic de încălzire
  ☐ inferioară ☐ superioară ☐ mixtă
- Necesarul de căldură de calcul (sarcina termică necesară)..... kW
- Necesarul de energie pentru umidificare ..... kW
- Puterea termică instalată totală pentru încălzire ...../..... kW (termic/electric)

[*se completează în tabel – pe zone distincte, dacă e cazul*]

- Racord la sursa centralizată de căldură: ☐ racord unic ☐ multiplu..... puncte
  - diametru nominal: ..... mm
  - disponibil de presiune (nominal): ..... mmCA
- Contor de căldură ☐ există (cu/fără viză metrologică)
  ☐ nu există ☐ nu este cazul
- Repartitoare de costuri ☐ există (cu/fără viză metrologică)
  ☐ nu există ☐ nu este cazul
- Elemente de reglaj termic şi hidraulic
  ☐ la nivel de racord/sursă de căldură ☐ la nivelul coloanelor
  ☐ la nivelul corpurilor statice ☐ nu există ☐ nu este cazul

- Lungimea conductelor de agent termic amplasate în spaţii neîncălzite ..... m

Codul spațiului neîncălzit	ZU1	ZU1	ZU2	...	
Diametru tronson [mm]					
Lungime tronson [m]					

- Debitul nominal total de agent termic pentru încălzire ..... l/h

- Gradul de ocupare al spaţiului încălzit [programul de funcţionare al instalaţiei de încălzire]

Zona	**Zi de lucru**	**Noaptea**	**Zi de weekend**	**....**
Programul (h)				
Temperatura interioară (grdC)				

- Date privind instalaţia de încălzire cu planşeu/plafon/perete încălzitor în zona/zonele ...:
  - Aria planşeelor/plafoanelor/pereților de încălzire: .....m²
  - Lungimea şi diametrul nominal (tipul) al serpentinelor încălzitoare (apă caldă)

Lungime [m]				

- Date privind instalaţia de încălzire electrică cu planşeu/plafon/perete încălzitor:
  - Lungimea şi tipul cablurilor electrice încălzitoare .....ml / tip: .....
- Date privind instalaţia de încălzire cu tuburi radiante:

- Tip/putere tub radiant: ...../.....kW/tub (sau ml)
- Număr/lungime tuburi radiante: ...../.....m

❑ Date privind instalaţia de încălzire cu generatoare de aer cald:
- Tip/putere generator aer cald ...../.....kW/generator (sau ml)
- Număr/debit aer ...../.....m^3/h

❑ Alte informații privind instalația de încălzire: .....

C. DATE PRIVIND SISTEMUL PENTRU APA CALDĂ DE CONSUM

❑ Existența instalației de apă caldă de consum (acc)
☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
☐ Nu – se consideră un sistem virtual de preparare acc cu boiler electric cu asigurarea necesarului de acc

❑ Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum:
☐ Sursă proprie (centrala individuală cu combustibil .....
☐ Sursă electrică
☐ Centrală termică în clădire, cu combustibil .....
☐ Centrală termică în exteriorul clădirii, cu combustibil .....
☐ Termoficare cu racordare la un punct termic ☐ local ☐ central
☐ Altă sursă sau sursă mixtă (precizați) .....

❑ Tipul echipamentelor de preparare a apei calde de consum:
☐ Boiler cu acumulare (număr/volum) .....
☐ Preparare locală cu aparate de tip instant (număr/putere).....
☐ Preparare locală pe plită
☐ Alte echipamente de preparare acc .....

❑ Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri:

Lavoare	[nr.]	Cadă de baie	[nr.]
Spălătoare	[nr.]	Rezervor WC	[nr.]
Bideuri	[nr.]	Masina de spalat vase	[nr.]
Pisoare	[nr.]	Masina de spalat rufe	[nr.]
Duş	[nr.]	.....	[nr.]

❑ Număr total de puncte de consum acc: .....

❑ Puterea termică necesară pentru prepararea acc .....kW

❑ Puterea termică maximă instalată pentru prepararea acc .....kW

❑ Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic ☐ multiplu:.....puncte
- diametru nominal: .....mm
- necesar de presiune (nominal): .....mmCA

❑ Conducta de recirculare a acc:
☐ funcţională ☐ există dar nu funcţionează ☐ nu există

❑ Contor general de căldură pentru acc:
☐ există ☐ nu există ☐ nu este cazul

❑ Debitmetre la nivelul punctelor de consum:
☐ nu există ☐ parţial ☐ peste tot

D. INFORMAŢII PRIVIND SISTEMUL DE RĂCIRE/CLIMATIZARE

- Existența instalației de răcire/climatizare
  ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  ☐ Nu – se ignoră consumul de energie pentru răcire/climatizare
- Timpul dintr-un an în care temperatura interioară depășește temperatura de confort în regim liber, pe durata verii: .....h
- Volumul de referință al zonei climatizate: .....m^3
- Gradul de ocupare al spaţiului răcit și programul de funcţionare al instalaţiei de climatizare/răcire

Zona	Zi de lucru	Noaptea	Zi de weekend	....
Programul [h]				
Temperatura interioară [grdC]				
Grad de ocupare zilnic/ săptămânal/lunar [m^2/pers]				

- Tip sursă de frig
  ☐ Chiller cu condensator răcit cu aer ☐ Chiller cu condensator răcit cu apă
  ☐ Pompă reversibilă de căldură aer-apă ☐ Pompă reversibilă de căldură apă-apă
  ☐ Pompă reversibilă de căldură aer-aer ☐ Pompă reversibilă de căldură apă-aer
  ☐ Pompă reversibilă de căldură sol-apă ☐ Instalaţie frigorifică cu absorbţie
  ☐ Instalaţie monobloc ☐ Sistem central de răcire cu unități tip Split
  ☐ Altele (ex. dessicant cooling) .....

- Valoarea nominală medie a coeficientului de performanţă EER al sursei de răcire: .....
[*se completează în tabel – în cazul existenței mai multor aparate de climatizare*]

- Contor de căldură ☐ există (cu/fără viză metrologică)
  ☐ nu există ☐ nu este cazul
- Elemente de reglaj termic şi hidraulic
  ☐ la nivel de racord/sursă de căldură ☐ la nivelul coloanelor
  ☐ la nivelul aparatelor terminale ☐ nu există ☐ nu este cazul

- Spaţii climatizate cu destinaţii speciale:
  ☐ Camere curate ☐ Bucătărie mare ☐ Piscină ☐ Sală servere
  ☐ Altele (precizați) .....

- Spaţiul climatizat:
  ☐ Complet (exclusiv spaţii comune) ☐ Global (inclusiv spaţii comune)
  ☐ Parţial: ..... *[se menționează spațiile climatizate]*

- Tipul instalaţiei de climatizare din punct de vedere al tratării aerului:
  ☐ Fără controlul umidităţii interioare ☐ Cu controlul umidităţii interioare
  ☐ Cu control parţial al umidităţii interioare (ex. numai iarna)

- Tipul instalaţiei de climatizare din punct de vedere al agenţilor de răcire, componenţei și reglării:
  - ☐ Instalaţie de climatizare apă-aer
    - Numărul de conducte de apă caldă şi apă răcită: .....
      - ☐ instalaţie cu aer primar (proaspăt) ☐ instalaţie fără aer primar
      - ☐ instalaţie cu reglare pe partea de apă ☐ instalaţie cu reglare pe partea de aer
      - ☐ instalaţie cu ventilo-convectoare ☐ instalaţie cu ejectoare (incl. grinzi de răcire)
  - ☐ Instalaţie de climatizare numai aer
    - ☐ variabil ☐ constant
    - ☐ 1 conductă de aer (cald sau rece) ☐ 2 conducte de aer (cald şi rece)
  - ☐ Instalaţie de răcire prin radiaţie (plafon, pardoseală, pereţi)
  - ☐ Instalaţie de climatizare cu detentă directă

- Numărul de unități de climatizare (pentru unități tip split)

[*se completează în tabel – pe zone distincte*]

☐ Număr de unități interioare ..... ☐ Număr de unități exterioare.....

☐ Nu este cazul

- Tip agent frigorific utilizat (se menționează codul): .....
  - ☐ Ecologic ☐ Non-ecologic (se menționează codul)
- Sarcina de răcire (putere frigorifică): .....kW
- Sarcina pentru dezumidificare (putere latentă): .....kW
- Puterea frigorifică totală instalată în clădire: .....kW

[*se completează în tabel – pe zone distincte*]

- Există posibilitatea contorizării individuale a consumatorilor/zonelor de consum ?
  - ☐ da ☐ nu
- Alte informații relevante privind sistemul de răcire/climatizare: .....

E. INFORMAŢII PRIVIND SISTEMUL DE VENTILARE MECANICĂ

- Existența instalației de ventilare mecanică

☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională

☐ Nu, se ignoră consumul de energie electrică pentru clădiri rezidențiale, respectiv se impune un consum virtual de energie electrică pentru clădiri nerezidențiale (conf. prevederi Mc001, cap. 5.3)

- Debitul minim de aer proaspăt pentru ventilare conform normelor legale, în condiții nominale/ asigurat de sistemul de ventilare mecanică din clădire: ...../.....m^3/h
- Tipul sistemului de ventilare a spaţiilor:
  - ☐ Exclusiv naturală neorganizată ☐ Naturală organizată
  - ☐ Mecanică
    - ☐ Cu 1 circuit, în suprapresiune ☐ Cu 1 circuit, în depresiune
    - ☐ Cu 2 circuite, echilibrată ☐ Alt tip: .....

Numărul total de ventilatoare din instalaţia de ventilare [buc./puteri electrice instalate/totală]

[*se completează în tabel – pe zone distincte*] .....

- Caracteristici ale instalației de ventilare:
  - ☐ reglare după de program de funcționare ☐ acționare manuală simplă (pornit/oprit)
  - ☐ acționare cu temporizare ☐ ventilatoare cu jaluzele reglate automat
- Există recuperator de căldură:
  - ☐ Da ☐ Nu
  - Tip: .....
  - Eficiență declarată pe durata verii/iernii [%]: .....
- Alte informații relevante privind sistemul de ventilare mecanică:.....

F. INFORMAŢII PRIVIND SISTEMUL DE ILUMINAT

- Existența instalației de iluminat
  - ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  - ☐ Nu – se consideră sistem virtual de iluminat care asigură parametrii de confort vizual
- Tipul sistemului de control/reglare a sistemului de iluminat
  - ☐ Funcționare on/off ☐ Reglare manuală
  - ☐ Automat funcție de ☐ nivelul de lumină naturală ☐ senzori prezență
  - ☐ Alt tip, precizați .....
- Tipul sistemului de iluminat
  - ☐ Fluorescent ☐ Incandescent
  - ☐ LED ☐ Mixt (precizați) .....
- Starea reţelei electrice/starea reţelei de conductori pentru realizarea iluminatului
  - ☐ Bună ☐ Uzată ☐ Date indisponibile
- Puterea electrică totală necesară a sistemului de iluminat, corespunzător utilizării normale a spaţiilor/asigurării nivelului de iluminare normat: .....kW
- Puterea electrică instalată totală a sistemului de iluminat: .....kW
- Alte informații relevante privind sistemul de iluminat: .....

G. INFORMAŢII PRIVIND SURSELE REGENERABILE DE ENERGIE

- Sistemul de panouri termosolare
  - ☐ Există ☐ Nu există
    - Tip panou (plan, cu tuburi vidate etc.) .....
    - Număr panouri .....
    - Mod montare (pe clădire, lângă clădire etc.) .....
    - Orientare .....
    - Utilizate pentru (preparea acc, preparare acc și încălzire etc.)
- Sistemul de panouri fotovoltaice
  - ☐ Există ☐ Nu există
    - Tip panou (monocristalin, policristalin) .....
    - Număr panouri .....

- Mod montare (pe clădire, lângă clădire etc.) .....
- Orientare .....
- Utilizate pentru .....

❑ Pompa de căldură

☐ Există ☐ Nu există

- Tip pompă de căldură

☐ sol-apa (buclă deschisă) ☐ sol-apa (buclă închisă) ☐ aer-apă

☐ aer-aer ☐ apă-aer ☐ sol-aer

☐ alt tip, precizați .....

- Număr pompe de căldură .....
- Utilizată/e pentru .....
- Valoarea medie COP/SEER .....

❑ Sistemul de utilizare a biomasei

☐ Există ☐ Nu există

❑ Tip biomasă utilizată

☐ peleți ☐ brichete ☐ alt tip, precizați.....

❑ Centrala eoliană

☐ Există ☐ Nu există

- Număr centrale eoliene .....
- Putere nominală [kW] .....
- Înălțime ax rotor/diametru rotor [m] .....
- Alte caracteristici tehnice .....

❑ Alte echipamente care utilizează surse regenerabile de energie
(auditorul energetic va completa mai departe lista cu alte echipamente care utilizează sursele regenerabile) .....

❑ Energia termică exportată: .....kWh_t/an (produsă on-site)

❑ Energia electrică exportată: .....kWh_e/an (produsă on-site)

❑ Energia termică exportată din surse regenerabile .....kWh_t/an (produsă on-site)

❑ Energia electrică exportată din surse regenerabile.....kWh_e/an (produsă on-site)

❑ Indicatorul energiei primare EP_P .....kWh/(m²,an)

❑ Indicele RER_P .....%

❑ Indicatorul emisiilor de CO_2 .....$kgCO_2/m^2$,an)

❑ Indicele SRI (smart readiness indicator) .....

(calculul, care este voluntar la momentul publicării acestei reglementări, se poate realiza conform ”Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings-Publications Office of the EU” - europa.eu)

5.1.4. Date tehnice privind evaluarea performanţei energetice a clădirii/obiectivului evaluat (ANEXA 2: Anexa tehnică a CPE) – cazul apartamentelor

Această anexă se poate reconfigura de către fiecare auditor energetic în parte astfel încât:

- să fie oferite beneficiarilor cel puțin informațiile tehnice minimale precizate în continuare, pentru un apartament, ținând cont de realitatea din teren și de sistemele de instalații cu care acestea sunt echipate;
- să poată fi optimizat numărul total de pagini al anexei, adaptată fiecărui caz analizat în parte.

Fiecare pagină a acestei anexe se va marca la partea inferioară cu numărul de înregistrare a certificatului de performanță energetică în registrul auditorului energetic elaborator, și se va semna și ștampila de către acesta.

A. DATE PRIVIND CLĂDIREA ȘI APARTAMENTUL CERTIFICAT

- Tipul clădirii:

☐ Casă individuală ☐ casă înşiruită/cuplată ☐bloc de locuințe
☐ cămin / internat ☐ alt tip, precizați .....
☐ Clădire mixtă care include ☐ birouri ☐ spații cazare
☐ alte categorii de spații (precizați) .....

Zona climatică în care este amplasată clădirea	I ☐	II ☐	III ☐	IV ☐	V ☐	
Zona eoliană în care este amplasată clădirea	I ☐	II ☐	III ☐	IV ☐		
Regimul de înălțime al clădirii (Demisol, Subsol, Mezanin, Parter, Etaj, Mansarda/Pod *(se completează numărul acestora unde e cazul)*	S ☐ (nr)	D ☐	Mez ☐	P ☐	E ☐ (nr)	M/P ☐

- Structura constructivă a clădirii

☐ pereţi structurali din zidărie ☐ pereţi structurali din beton armat
☐ cadre din beton armat ☐ stâlpi şi grinzi
☐ structura de lemn ☐ structură metalică
☐ alt tip, precizați .....

- Numărul & tipul apartamentelor/unităților de clădire/zonelor termice şi suprafeţele de referință ale pardoselilor acestora:

Tip apart/ destinație unitate/zonă	Aria de referință a unui apart/unitate/zonă termică ZTC sau ZTU [m²]	Număr de apartamente/unități/ zone termice similare	Aria totală de referință/tip [m²]
Apart x camere Birou Depozit ... ZTC 1/ZTU 1 ...			
TOTAL			

- Aria de referință totală a pardoselii apartamentului: .....m²
- Volumul interior de referință V, al apartamentului: .....m³
- Caracteristicile geometrice şi termotehnice ale anvelopei apartamentului:

Tip element de construcţie	Rezistenţa termică corectată, calculată [m²K/W]	Rezistenţa termică corectată, normată [m²K/W]	Aria [m²]
PE 1 PE 2 FE UE TE Sb (planșeu peste subsol) CS (perete al casei scării) ...			
Aria totală a anvelopei, S_E [m²]			

- Detalierea consumului anual total specific de energie primară [kWh/m²,an], respectiv a emisiilor specifice anuale echivalente de CO_2 [kgCO_2/m²,an]

Tip sistem de instalaţii		**Apartament**		
		Consum specific energie finală/ primară	Emisii specifice anuale echivalente CO_2	Clasa de performanță energetică
1	Încălzire			
2	Apă caldă de consum			
3	Răcire			
4	Ventilare mecanică			
5	Iluminat			
TOTAL/CLASA				

- Numărul maxim real/normat de persoane din apartament: .....pers.

B. DATE PRIVIND INSTALAŢIA INTERIOARĂ DE ÎNCĂLZIRE

- Existența instalației de încălzire în apartament
  ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  ☐ Nu – se consideră un sistem virtual de încălzire electrică la parametrii de confort termic
- Sursa existentă de energie pentru încălzirea spaţiilor:
  ☐ Sursa proprie (centrala individuală)
  ☐ Sursă electrică - ☐ centrală ☐ convectoare ☐ radiatoare ☐ aeroterme)
  ☐ Centrală termică proprie în clădire, cu combustibil .....
  ☐ Centrală termică în exteriorul clădirii, cu combustibil .....
  ☐ Termoficare cu racordare la un punct termic ☐ local ☐ central
  ☐ Altă sursă sau sursă mixtă (precizați)
  .....
- Tipul sistemului de încălzire:
  ☐ Încălzire locală cu sobe
  - Numărul sobelor / combustibilul utilizat .....
  ☐ Încălzire cu corpuri statice ☐ individuală ☐ centrală

Tip corp static	Număr corpuri statice [buc]			Puterea termică nominală [kW] pentru temperatura tur/retur agent termic/temperatura interioară de …/… / … grdC
	Zona	în spaţiul locuit/de lucru/ zona	în spaţiile comune	
...				
TOTAL				

☐ Încălzire cu alte aparate independente, tip .....
☐ Încălzire centrală cu aer cald, cu aparate tip .....
☐ Încălzire prin radiație de tip .....
☐ Alt tip de sistem de încălzire .....

- Tip distribuţie a agentului termic de încălzire
  ☐ inferioară ☐ superioară ☐ mixtă
- Necesarul de căldură de calcul (sarcină termică necesară).....kW
- Puterea termică instalată totală pentru încălzire ...../.....kW (termic/electric)

- Contor de căldură ☐ există (cu/fără viză metrologică) ☐ nu există
- Repartitoare de costuri ☐ există (cu/fără viză metrologică) ☐ nu există
- Elemente de reglaj termic şi hidraulic
  ☐ la nivel de racord/sursă de căldură ☐ la nivelul coloanelor
  ☐ la nivelul corpurilor statice ☐ nu există

- Debitul nominal de agent termic pentru încălzire ..... l/h

- Date privind instalaţia de încălzire cu planşeu/plafon/perete încălzitor în zona/zonele ...:
  - Aria planşeelor/plafoanelor/pereților de încălzire: .....m²
  - Lungimea şi diametrul nominal (tipul) al serpentinelor încălzitoare (apă caldă)

Lungime [m]				

- Date privind instalaţia de încălzire electrică cu planşeu/plafon/perete încălzitor:
  - Lungimea şi tipul cablurilor electrice încălzitoare .....ml / tip: .....
- Alte informații privind instalația de încălzire: .....

C. DATE PRIVIND INSTALAȚIA PENTRU APA CALDĂ DE CONSUM

- Existența instalației de apă caldă de consum (acc) în apartament
  ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  ☐ Nu – se consideră sistem virtual de preparare acc cu boiler electric cu asigurarea necesarului de acc
- Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum:
  ☐ Sursă proprie (centrala individuală)
  ☐ Sursă electrică
  ☐ Centrală termică în clădire, cu combustibil .....
  ☐ Centrală termică în exteriorul clădirii, cu combustibil .....

☐ Termoficare cu racordare la un punct termic ☐ local ☐ central
☐ Altă sursă sau sursă mixtă (precizați)

.....

- Tipul echipamentelor de preparare a apei calde de consum:
  ☐ Boiler cu acumulare (număr/volum) .....
  ☐ Preparare locală cu aparate de tip instant (număr/putere).....
  ☐ Preparare locală pe plită
  ☐ Alte echipamente de preparare acc .....
- Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri:

Lavoare	[nr.]	Cadă de baie	[nr.]
Spălătoare	[nr.]	Rezervor WC	[nr.]
Bideuri	[nr.]	Mașina de spălat vase	[nr.]
Pisoare	[nr.]	Mașina de spălat rufe	[nr.]
Duş	[nr.]	.....	[nr.]

- Număr total de puncte de consum acc: .....
- Puterea termică necesară pentru prepararea acc .....kW
- Puterea termică maximă instalată pentru prepararea acc .....kW
- Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic ☐ multiplu:.....puncte
  - diametru nominal: .....mm
  - necesar de presiune (nominal): .....mmCA
- Conducta de recirculare a acc:
  ☐ funcţională ☐ există dar nu funcţionează ☐ nu există
- Contor general de căldură pentru acc:
  ☐ există ☐ nu există ☐ nu este cazul
- Debitmetre la nivelul punctelor de consum:
  ☐ nu există ☐ parţial ☐ peste tot

D. INFORMAŢII PRIVIND INSTALAŢIA DE RĂCIRE/CLIMATIZARE

- Existența instalației de răcire/climatizare în apartament
  ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  ☐ Nu – se ignoră consumul de energie pentru răcire/climatizare
- Timpul dintr-un an în care temperatura interioară depășește temperatura de confort în regim liber, pe durata verii: .....h
- Spaţiul climatizat:
  ☐ Complet (exclusiv spaţii comune) ☐ Global (inclusiv spaţii comune)
  ☐ Parţial: ..... *[se menționează spațiile climatizate]*

- Tip sursă de frig
  ☐ Chiller cu condensator răcit cu aer ☐ Chiller cu condensator răcit cu apă
  ☐ Pompă reversibilă de căldură aer-apă ☐ Pompă reversibilă de căldură apă-apă
  ☐ Pompă reversibilă de căldură aer-aer ☐ Pompă reversibilă de căldură apă-aer
  ☐ Pompă reversibilă de căldură sol-apă ☐ Instalaţie frigorifică cu absorbţie
  ☐ Instalaţie monobloc ☐ Sistem central de răcire cu unități tip Split

☐ Altele (ex. dessicant cooling) .....

- Tipul instalaţiei de climatizare din punct de vedere al agenţilor de răcire, componenţei și reglării:
  ☐ Instalaţie de climatizare apă-aer
  - Numărul de conducte de apă caldă şi apă răcită: .....
    ☐ instalaţie cu aer primar (proaspăt) ☐ instalaţie fără aer primar
    ☐ instalaţie cu reglare pe partea de apă ☐ instalaţie cu reglare pe partea de aer
    ☐ instalaţie cu ventilo-convectoare ☐ instalaţie cu ejectoare (incl. grinzi de răcire)

  ☐ Instalaţie de climatizare numai aer
    ☐ debit variabil ☐ debit constant
    ☐ 1 conductă de aer (cald sau rece) ☐ 2 conducte de aer (cald şi rece)

  ☐ Instalaţie de răcire prin radiaţie (plafon, pardoseală, pereţi)
  ☐ Instalaţie de climatizare cu detentă directă

- Numărul de unități de climatizare (pentru unități tip split)
[*se completează în tabel – pe zone distincte*]
  ☐ Număr de unități interioare ..... ☐ Număr de unități exterioare.....
  ☐ Nu este cazul

- Tip agent frigorific utilizat (se menționează codul): .....
  ☐ Ecologic ☐ Non-ecologic (se menționează codul)
- Necesarul de frig pentru răcire (putere frigorifică): .....kW
- Puterea frigorifică totală instalată în apartament: .....kW

- Există posibilitatea contorizării individuale a consumatorilor ?
  ☐ da ☐ nu
- Alte informații relevante privind sistemul de răcire/climatizare: .....

E. INFORMAŢII PRIVIND INSTALAŢIA DE VENTILARE MECANICĂ

- Existența instalației de ventilare mecanică în apartament
  ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  ☐ Nu - se ignoră consumul de energie electrică (conf. prevederi Mc001 cap. 5.3)
- Debitul minim de aer proaspăt pentru ventilare conform normelor legale, în condiții nominale/ asigurat de sistemul de ventilare mecanică din apartament: ...../.....m^3/h
- Tipul sistemului de ventilare a spaţiilor:
  ☐ Exclusiv naturală neorganizată ☐ Naturală organizată
  ☐ Mecanică
    ☐ Cu 1 circuit, în suprapresiune ☐ Cu 1 circuit, în depresiune
    ☐ Cu 2 circuite, echilibrată ☐ Alt tip: .....

Numărul total de ventilatoare din instalaţia de ventilare [buc./puteri electrice instalate/totală]

- Caracteristici ale instalației de ventilare:

☐ reglare după de program de funcționare ☐ acționare manuală simplă (pornit/oprit)
☐ acționare cu temporizare ☐ ventilatoare cu jaluzele reglate automat

- Există recuperator de căldură:
  ☐ Da ☐ Nu
  Tip: .....
  Eficiență declarată pe durata verii/iernii [%]: .....
- Alte informații relevante privind sistemul de ventilare mecanică:.....

F. INFORMAŢII PRIVIND INSTALAŢIA DE ILUMINAT

- Existența instalației de iluminat în apartament
  ☐ Da, funcțională ☐ Da, nefuncțională
  ☐ Nu – se consideră un sistem virtual de iluminat care asigură parametrii de confort vizual
- Tipul sistemului de control/reglare a sistemului de iluminat din apartament
  ☐ Fără reglare (on/off) ☐ Reglare manuală
  ☐ Automat funcție de ☐ nivelul de lumină naturală ☐ senzori prezență
  ☐ Alt tip, precizați .....
- Tipul sistemului de iluminat din apartament
  ☐ Fluorescent ☐ Incandescent
  ☐ LED ☐ Mixt (precizați) .....
- Starea reţelei electrice/starea reţelei de conductori pentru realizarea iluminatului din apartament
  ☐ Bună ☐ Uzată ☐ Date indisponibile
- Puterea electrică totală necesară a sistemului de iluminat, corespunzător asigurării nivelului de iluminare normat: .....kW
- Puterea electrică instalată totală a sistemului de iluminat: .....kW
- Alte informații relevante privind sistemul de iluminat: .....

G. INFORMAŢII PRIVIND SURSELE REGENERABILE DE ENERGIE

- Sistemul de panouri termosolare
  ☐ Există ☐ Nu există
  - Tip panou (plan, cu tuburi vidate etc.) .....
  - Număr panouri .....
  - Mod montare (pe clădire, lângă clădire etc.) .....
  - Orientare .....
  - Utilizate pentru (preparea acc, preparare acc și încălzire etc.) .....

- Sistemul de panouri fotovoltaice
  ☐ Nu există ☐ Există
  - Tip panou (monocristalin, policristalin) .....
  - Număr panouri .....
  - Mod montare (pe clădire, lângă clădire etc.) .....
  - Orientare .....
  - Utilizate pentru .....

- Pompa de căldură

  ☐ Există ☐ Nu există

  - Tip pompă de căldură

    ☐ sol-apa (buclă deschisă) ☐ sol-apa (buclă închisă) ☐ aer-apă

    ☐ aer-aer ☐ apă-aer ☐ sol-aer

    ☐ alt tip, precizați .....

  - Număr pompe de căldură .....
  - Utilizată/e pentru .....
  - Valoarea medie COP/SEER .....

- Sistemul de utilizare a biomasei

  ☐ Există ☐ Nu există

- Tip biomasă utilizată

  ☐ peleți ☐ brichete ☐ alt tip, precizați.....

- Alte echipamente care utilizează surse regenerabile de energie

  (auditorul energetic va completa mai departe lista cu alte echipamente care utilizează sursele regenerabile) .....

5.2. Clădirea de referință/unitatea de clădire de referință

Clădirea/unitatea de clădire de referință reprezintă o clădire/unitate de clădire virtuală asociată unei clădiri reale care este analizată din punctul de vedere al performanței energetice. Acest concept permite compararea caracteristicilor termotehnice și energetice ale clădirii reale cu valorile ”de referință” recomandate în capitolele 2.2. și 2.3.

Pentru toate categoriile de clădiri (clădiri rezidențiale unifamiliale, blocuri de locuinţe, birouri, clădiri de învăţământ, spitale, hoteluri şi restaurante, construcţii destinate activităţilor sportive, clădiri pentru servicii de comerţ), dar exclusiv clădirile cu alte destinații, **clădirea/unitatea de clădire de referință** este definită astfel:

- pentru elementele de construcție care fac parte din anvelopa clădirii, prin valorile recomandate ale rezistețelor termice corectate care sunt indicate în tabelele 2.4 și 2.7 pentru clădirile NZEB rezidențiale și, respectiv, nerezidențiale (capitol 2.2.1.), și în tabelele 2.9a și 2.9b pentru clădirile existente renovate rezidențiale și, respectiv, nerezidențiale (capitol 2.2.2.)
- din punct de vedere energetic, pentru clădirile NZEB prin valori ale consumurilor de energie primară aferente încadrării clădirii în clasa A, iar pentru clădirile renovate prin valori maxime de consumuri de energie primară indicate în tabelul 2.10b (capitol 2.3.)
- din punct de vedere al nivelului de poluare, pentru clădirile NZEB prin valori ale emisiilor echivalente de CO_2 aferente încadrării clădirii în clasa A+, iar pentru clădirile renovate prin valori maxime ale emisiilor echivalente de CO_2 indicate în tabelul 2.10b (capitol 2.3.).

Astfel, se recomandă ca orice clădire nouă recepționată sau orice clădire existentă renovată recepționată să nu prezinte consumuri totale de energie primară mai mari decât clădirea de referință asociată.

Performanţă energetică a clădirii/unității de clădire de referință **în cazul clădirilor/unităților de clădire cu alte destinații** reprezintă performanță energetică calculată cu datele geometrice ale clădirii reale, dar cu caracteristici termotehnice ale elementelor de construcție precum și cu caracteristici tehnice ale sistemelor de instalații considerate strict conform reglementărilor în vigoare la data evaluării, inclusiv reglementarea Mc001 prezentată în acest document; conceptul utilizează de asemenea ipoteze predefinite privind modul de utilizare al clădirii/unității de clădire - condiții de confort, date climatice standard, sisteme de utilități definite.

Clădirea/unitatea de clădire de referință, corespunzătoare clădirii/unității de clădire reale certificate cu alte destinații, se definește pe baza următoarelor caracteristici și ipoteze de calcul energetic:

1- are aceeaşi formă geometrică, volum şi arie totală a anvelopei ca şi clădirea/unitatea de clădire reală;

2- ariile suprafețelor elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa sunt aceleași cu cele ale clădirii/unității de clădire reale (verificându-se și asigurându-se respectarea raportului dintre aria suprafețelor translucide față de aria utilă, în funcție de destinația clădirii-*tabel 5.5*);

3- are aceeaşi orientare față de punctele cardinale ca și clădirea/unitatea de clădire reală precum și aceeași amplasare geografică;

4- cerințele de performanță termică pentru elemente de anvelopă ale clădirii/unității de clădire se consideră identice cu cerințele minime de performanță energetică pentru elemente de anvelopă definite în *capitolul 2.2.1.* (clădiri NZEB nerezidențiale) *și 2.2.2.* (clădiri existente renovate nerezidențiale);

5- factorii de conversie în energie primară și factorul de emisie CO_2 corespunzător fiecărui tip de combustibil sau sursă energetică, precum şi pentru cel atribuit fiecărui agent frigorific (refrigerent), aferent scurgerilor (pierderilor) de agenţi frigorifici (refrigerenţi) din instalaţiile frigorifice şi de aer condiţionat, se consideră cei prevăzuți în *capitolul 5 - tabele 5.18 și 5.20*;

6- cerințele referitoare la debitul de aer proaspăt respectă prevederile minime din I5/2010 cu modificările și completările ulterioare, în vigoare la momentul elaborarii certificatului de preformanță energetică, inclusiv din anexa națională SR EN 16798-1(NA);

7- sursa de căldură pentru încălzire şi preparare a apei calde de consum este, după caz:

- <u>staţie termică compactă</u> racordată la sistem districtual de alimentare cu căldură, în cazul clădirilor reale racordate la astfel de sisteme districtuale sau
- <u>centrală termică proprie</u> funcţionând cu combustibil gazos (gaze naturale sau GPL) şi cu preparare a apei calde de consum cu boiler cu acumulare, pentru clădiri care nu sunt racordate la un sistem de încălzire districtuală;

8- pentru clădirile/unitățile de clădiri reale racordate la sisteme districtuale de alimentare cu căldură se înregistrează pierderi de energie de 15% în instalaţiile interioare de încălzire, la aparatele terminale, pe distribuiția și stocarea agentului termic, față de necesarul de energie pentru încălzire al clădirii de referință; se consideră că schimbătoarele de căldură ale stației compacte au o eficiență a transferului termic de 85%;

9- pentru clădirile/unitățile de clădiri cu sistem propriu de încălzire se consideră dotările și parametrii de funcţionare conform reglementărilor tehnice în vigoare la momentul elaborării certificatului de performanță energetică, echipamentele având caracteristicile echipamentelor moderne noi (exemplu-cazan pe gaze naturale, cu condensare); randamentul total de producere și utilizare a căldurii aferent centralei termice este caracteristic echipamentelor moderne noi, de 95% funcție de puterea calorifică superioară a combustibilului; se înregistrează pierderi de energie de 15% în instalaţiile interioare, la aparatele terminale, pe distribuiția și stocarea agentului termic, față de necesarul de energie pentru încălzire al clădirii de referință;

10- în cazul clădirilor/unităților de clădiri racordate la rețeaua urbană de alimentare cu energie termică, instalaţia interioară pentru încălzire şi apă caldă de consum este dotată cu contor de căldură general, la nivelul racordului la instalaţiile interioare, în aval de staţia termică compactă;

11- sistemul de încălzire interioară este dotat cu elemente de reglaj termic şi hidraulic (regulatoare de presiune diferențială) atât la baza coloanelor de distribuţie, cât şi la nivelul aparatelor terminale;

12- sistemul de apă caldă de consum este de tip cu recirculare, fiind caracterizat de dotările și parametrii de funcţionare conform reglementărilor tehnice în vigoare la momentul elaborării certificatului de performanță energetică, echipamentele având caracteristicile echipamentelor moderne noi; se înregistrează pierderi de energie de 15% în instalaţiile interioare de utilizare, pe distribuiția și la stocarea acc, față de necesarul de energie pentru consumul de acc al clădirii de referință, stabilit în conformitate cu reglementările naționale (privind ocuparea, necesarul zilnic de acc și parametrii acc);

13- în cazul în care se realizează climatizarea spaţiilor ocupate ale clădirii/unității de clădire reale, sistemul de climatizare pentru clădirea/unitatea de clădire de referință este de tip cu detentă directă (SEER=2,5) fără reglarea umidității interioare, fiind dimensionat conform reglementărilor tehnice

în vigoare la momentul elaborării certificatului de performanță energetică; echipamentele au caracteristicile echipamentelor moderne noi; nu se înregistrează pierderi energetice în instalaţiile interioare, la aparatele terminale, pe distribuție sau la acumuare;

14- sistemul de ventilare mecanică este caracterizat de dotările şi parametrii de funcţionare conform reglementărilor tehnice în vigoare la momentul elaborării certificatului de performanță energetică, ventilatoarele având caracteristicile echipamentelor moderne noi; sistemul de ventilare mecanică este prevăzut cu recuperator central de căldură cu eficiența medie anuală de 75%;

15- sistemul de iluminat este caracterizat de dotările şi parametrii de funcţionare conform reglementărilor tehnice în vigoare la momentul elaborării certificatului de performanță energetică, corpurile de iluminat având caracteristicile echipamentelor moderne noi, dotate cu lămpi LED și dimensionate pentru a respecta nivelurile minime de iluminare conform reglementărilor naționale; pentru clădirile nerezidențiale se iau in considerare celule foto de iluminare cu senzor lumină naturală și control automat cu senzori de prezenţă, cel puţin unul în fiecare încăpere, iar pe suprafeţe mari, cel puţin unul la 30m^2;

16- consumurile auxiliare de energie electrică aferente sistemelor de instalații de încălzire, acc, răcire și ventilare se situează la nivelul de 5% din consumul final de energie termică/electrică asociat corespunzător acestor sisteme;

17- pentru clădirile/unitățile de clădiri noi toate caracteristicile clădirii/unității de clădire de referință (elemente de construcție și sisteme tehnice) coincid cu cele ale unei clădiri cu consum aproape de energie aproape de zero, definită conform reglementărilor naționale;

18- pentru clădirile/unitățile de clădire existente, consumul total de energie primară este asigurat în proporție de 10% din surse regenerabile.

Tabel 5.5. Raportul dintre aria ferestrelor şi aria pardoselii încăperilor în funcţie de destinaţia acestora/funcţiuni (în baza STAS 6221-89)

Destinaţia încăperilor	**Raportul dintre aria ferestrelor şi aria pardoselii încăperii**
Încăperi la locuinţe: - de locuit - celelalte încăperi - scări	 1/7 1/9 1/12
Încăperi de lucru: - birou, laborator, bibliotecă, atelier, cabinet medical - la laboratoare de cercetări şi control	 1/6 1/3,5
Încăperi de învăţământ: - săli de clasă, săli de desen sau lucru manual, laboratoare - coridoare	 1/3,5 1/9
Încăperi de creşe, grădiniţe, cămine: - săli de joc la grădiniţe - spălător, cameră duş, WC, vestiar, coridor - magazii de efecte, depozit combustibil	 1/3,5 1/9 1/11
Încăperi de spitale şi instituţii medicale: - saloane bolnavi, camere de zi, camere de aşteptate, camere personal, săli de tratament - saloane bolnavi TBC, saloane copii bolnavi - săli de naştere, intervenţii şi pansamente, laboratoare – farmacii - alte încăperi afară de sălile de operaţii cu anexele lor	 1/6,5 1/6,5 1/4,5 1/8

Destinaţia încăperilor	Raportul dintre aria ferestrelor şi aria pardoselii încăperii
Încăperi la clădiri administrative	1/8
Biblioteci – săli de lectură	1/5,5
Săli de sport: - săli de gimnastică şi sport - săli de haltere, box, scrimă, ping-pong - vestiare, duşuri - cabinet medical	 1/5,5 1/4,5 1/11 1/6
Încăperi de restaurante, cantine: - săli de mese - laboratoare de preparare	 1/7 1/5
Încăperi la hoteluri: - camere, săli comune	 1/7

Consumurile de energie finală/primară ale clădirii/unității de clădire de referință asociată unei clădiri/unități de clădire din categoria clădirilor cu altă destinație se determină aplicând aceleași proceduri de calcul ca și în cazul clădirii/unității de clădire reale, ținând cont de particularitățile detaliate mai sus. Încadrarea acesteia în clasele de performanță energetică urmează aceeași procedură ca și în cazul clădirii/unității de clădire reale (conform capitol 5.3).

5.3. Clase energetice aferente diverselor categorii de clădiri/unități de clădire

Definirea claselor energetice se realizează pe utilități și pe categorii de clădiri.

Categoria clădirii:
1a-Clădire rezidențială unifamilială
1b-Clădire rezidențială multifamilială
2-Clădire de birouri
3-Clădire pentru servicii de comerț
4-Clădire de învățământ
5-Clădire pentru sănătate
6-Clădire pentru turism
7-Clădire destinată activităților sportive
8-Alte tipuri de clădiri consumatoare de energie, cu ocupare umană (muzee, expoziții, biblioteci, teatre, cinematografe, clădiri/ unități de clădiri industriale cu ocupare umană etc.)

Utilitatea energetică:
1-încălzirea spațiilor
2-apa caldă de consum
3-răcirea spațiilor
4-ventilarea mecanică
5-iluminatul

În cazul clădirilor din categoria 8 se poate utiliza una dintre variantele de clase energetice definite pentru categoriile 1...7, funcție de destinația principală (sau de gradul de similitudine al destinației aferente categoriei 8 cu destinațiile categoriilor de clădiri 1... 7).

Consumurile de energie pentru furnizarea utilităților într-o clădire se vor calcula conform convențiilor din tabelul 5.6, indiferent de dotările clădirii reale, dacă parametrul $\delta_i = 1$ (i=1 pentru încălzire, i=2 pentru acc, i=3 pentru răcire, i=4 pentru ventilare mecanică, i=5 pentru iluminat).

Tabel 5.6. Valori δ_i

	Tipul de utilitate asigurată obligatoriu pentru clădire					Variabilele pentru calcul consum clădire				
CATEGORIA CLĂDIRII	Încălzire	ACC	Răcire	Ventilare mecanică	Iluminat	Încălzire	ACC	Răcire	Ventilare mecanică	Iluminat
1-Clădire de locuit (unifamilială sau bloc de locuințe)	DA	DA	opțional	opțional	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 0/1$	$\delta_5 = 1$
2-Clădire de birouri	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$
3-Clădire pentru servicii de comerț, mică/mare (<120 m² sau ≥120 m²)	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$
4-Clădire de învățământ (școală)	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$
5-Clădire pentru sănătate (spital)	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$
6-Clădire pentru turism (hotel, restaurant)	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$
7-Clădire destinată activităților sportive	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$
8-Alte tipuri de clădiri consumatoare de energie, cu ocupare umană (muzee, clădiri industriale etc.)	DA	DA	opțional	DA	DA	$\delta_1 = 1$	$\delta_2 = 1$	$\delta_3 = 0/1$	$\delta_4 = 1$	$\delta_5 = 1$

Indiferent de categoria clădirii și dotările acesteia, toate utilitățile devin obligatorii cu excepția răcirii. De asemenea, pentru clădirile rezidențiale pentru care ventilarea nu este asigurată de un sistem dedicat de ventilare mecanică centralizată sau de aparate individuale de ventilare mecanică acționate centralizat, nu se calculează consum de energie electrică pentru ventilare, dar se calculează necesarul energetic pentru încălzirea (eventual răcirea) aerului de ventilare, ținând cont fie de norma minimă de aer proaspăt, fie de numărul de schimburi orare ca urmare a infiltrațiilor de aer din exterior, alegându-se valoarea cea mai mare.

Pentru clădirile nerezidențiale pentru care ventilarea nu este asigurată de un sistem dedicat de ventilare mecanică centralizată, se impune un consum virtual de energie electrică pentru ventilare aferent unei încadrări în clasa de eficiență energetică E (limita maximă de consum), funcție de categoria clădirii. Determinarea necesarului energetic aferent încălzirii (eventual răcirii) aerului de ventilare, se face în lipsa unui recuperator de căldură.

Pentru clădirile rezidențiale sau nerezidențiale echipate cu sistem de ventilare mecanică, calculul consumului de energie electrică pentru ventilare se face conform prevederilor Mc001, capitolul 3.2.

Exemplu: pentru o școală existentă fără sistem de ventilare mecanică, se va impune un consum final de energie electrică pentru ventilare de 15,6 kWh/m^2,an, respectiv un consum de energie primară de 39,0 kWh/m^2,an (clasa E) prezumând că există un sistem fictiv de ventilare mecanică fără recuperare de căldură, asigurându-se necesarul minim de aer proaspăt. Pentru clădirea de referință aferentă acestei școli existente, consumul de energie finală va fi de 2,4 kWh/m^2,an (consum de energie primară de 6 kWh/m^2,an).

Clasele energetice și de mediu pentru diverse categorii de clădiri sunt definite în *tabelele 5.7...5.14.*

Nota 1: Clasele de performanță energetică sunt delimitate prin valorile indicate in tabelele 5.7 ... 5.14. Valorile din tabele delimitează intervale considerate deschise la stânga și închise la dreapta.

Exemplu: pentru o clădire rezidențială unifamilială al cărei consum total de energie primară pentru încălzire, răcire, acc, ventilare și iluminat însumează 129 kWh/m^2,an, se va încadra în clasa de performanță energetică A, conform tabel 5.7.

Nota 2: În cazul apartamentelor, se vor folosi pentru definirea claselor de performanță energetică valorile din tabelul 5.7. pentru apartamentele din case și valorile din tabelul 5.8 pentru apartamentele din blocuri.

Nota 3: În cazul clădirilor fără sistem de răcire este obligatorie calcularea unui indicator de disconfort (supraîncălzire) sub forma numărului de ore din an în care temperatura interioară din clădire/unitate de clădire/apartament înregistrează valori peste 26grdC. A se vedea cap. 2.8.6.

Nota 4: Valorile consumurilor totale de energie primară care delimitează clasele de performanță energetică, respectiv valorile totale de emisii echivalente în funcție de care se determină clasele de mediu, din tabelele 5.7 ... 5.14, trebuie recalculate de auditorul energetic în situația în care una sau mai multe utilități **care nu sunt obligatorii,** nu sunt asigurate în clădire (ex. lipsește sistemul de răcire sau de ventilare). Astfel, în cazul claselor energetice, noile valori limită se obțin scăzând din valorile totale indicate în tabelele 5.7 ... 5.14 valorile aferente utilităților lipsă. În cazul claselor de mediu, cand lipsește o utilitate (sau posibil chiar 2 în cazul clădirilor rezidențiale-răcirea și ventilarea) se scade din valoarea totală a emisiilor echivalente de CO_2 aferente unui consum pentru toate cele 5 utilități, care delimitează o clasă, rezultatul produsului dintre consumul de energie primară pentru utilitatea lipsă și coeficientul de conversie în emisii echivalente de CO_2.

Exemplu: Pentru o școală nerăcită, valoarea care delimitează clasa B de clasa C va fi 122 kWh/m^2,an (=135-13) în loc de 135kWh/m^2,an. Pentru clasa de mediu, noua valoare limită între clasa B și C va fi 23,0-13x0,107=21,61 kg CO_2/m^2,an în loc de 23,0 kgCO_2/m^2,an.

Nota 5: Pentru clădirile cu destinații principale diferite de cele uzuale din tabelele 5.7 ... 5.14, limitele care încadrează clasele de performanță energetică pentru fiecare utilitate în parte, respectiv clasele de nivel de poluare, se stabilesc ca medie ponderată cu suprafața a limitelor aferente diferitelor zone care compun clădirea și care au destinații identice sau se pot asimila cu destinațiile din tabelele 5.7 ... 5.14.

Exemplu: o clădire muzeu poate fi compusă dintr-o zonă de birouri, o zonă de săli de reuniune/prezentări (asimilate cu săli de școală), o zonă de catering (similară unei zone de turism) și o zonă de expoziție (similară unei săli de sport); în acest caz se consideră că limitele care definesc clasele de performanță energetică pentru fiecare utilitate în parte, respectiv clasele de nivel de poluare (emisii de CO_2), se calculează ca media ponderată cu ariile zonelor aferente a consumurilor de energie primară per utilitate care delimitează clasele de performanță energetică, respectiv a emisiilor totale de CO_2 echivalent care delimitează clasele de poluare.

Tabelul 5.7 Clase energetice și de mediu pentru clădiri de locuit individuale

Energie primară totală, kWh/(m^{2}an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤49,0	49	69,0	69,0	138,0	138,0	239,0	239,0	340,0	340,0	425,0	425,0	510,0	>510
Răcire	≤13,0	13,0	18,0	18,0	36,0	36,0	47,0	47,0	57,0	57,0	72,0	72,0	86,0	>86,0
Ventilare	≤5,0	5,0	7,0	7,0	14,0	14,0	18,0	18,0	21,0	21,0	26,0	26,0	32,0	>32,0
ACC	≤18,0	18,0	26,0	26,0	51,0	51,0	60,0	60,0	70,0	70,0	87,0	87,0	104,0	>104,0
Iluminat	≤6,0	6,0	9,0	9,0	18,0	18,0	26,0	26,0	34,0	34,0	42,0	42,0	51,0	>51,0
TOTAL	**≤91,0**	**91,0**	**129,0**	**129,0**	**257,0**	**257,0**	**390,0**	**390,0**	**522,0**	**522,0**	**652,0**	**652,0**	**783,0**	**>783,0**
Emisii de CO_2, kg/(m^{2}an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤16,1**	**16,1**	**22,8**	**22,8**	**45,5**	**45,5**	**70,1**	**70,1**	**94.8**	**94,8**	**118,4**	**118,4**	**142,1**	**>142,1**

Tabelul 5.8 Clase energetice și de mediu pentru clădiri de locuit colective

Energie primară totală, kWh/(m^{2}an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 30,0	30,0	42,0	42,0	84,0	84,0	150,0	150,0	217,0	217,0	271,0	271,0	325,0	> 325,0
Răcire	≤ 13,0	13,0	18,0	18,0	35,0	35,0	46,0	46,0	56,0	56,0	70,0	70,0	85,0	> 85,0
Ventilare	≤ 4,0	4,0	5,0	5,0	9,0	9,0	13,0	13,0	17,0	17,0	21,0	21,0	26,0	> 26,0
ACC	≤ 21,0	21,0	29,0	29,0	57,0	57,0	65,0	65,0	73,0	73,0	91,0	91,0	109,0	> 109,0
Iluminat	≤ 5,0	5,0	7,0	7,0	13,0	13,0	23,0	23,0	33,0	33,0	42,0	42,0	50,0	> 50,0
TOTAL	**≤ 73,0**	**73,0**	**101,0**	**101,0**	**198,0**	**198,0**	**297,0**	**297,0**	**396,0**	**396,0**	**495,0**	**495,0**	**595,0**	**> 595,0**
Emisii de CO_2, kg/(m^{2}an)														
Emisii echiv, CO2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 12,7**	**12,7**	**17,6**	**17,6**	**34,6**	**34,6**	**52,2**	**52,2**	**69,9**	**69,9**	**87,4**	**87,4**	**104,9**	**> 104,9**

Tabelul 5.9 Clase energetice și de mediu pentru clădiri de birouri

Energie primară totală, kWh/(m²an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 29,0	29,0	41,0	41,0	82,0	82,0	129,0	129,0	176,0	176,0	220,0	220,0	264,0	> 264
Răcire	≤ 17,0	17,0	24,0	24,0	47,0	47,0	72,0	72,0	97,0	97,0	121,0	121,0	145,0	> 145,0
Ventilare	≤ 6,0	6,0	9,0	9,0	18,0	18,0	24,0	24,0	30,0	30,0	37,0	37,0	45,0	> 45,0
ACC	≤ 4,0	4,0	6,0	6,0	13,0	13,0	16,0	16,0	19,0	19,0	23,0	23,0	28,0	> 28,0
Iluminat	≤ 12,0	12,0	17,0	17,0	33,0	33,0	61,0	61,0	88,0	88,0	110,0	110,0	132,0	> 132,0
TOTAL	**≤ 68,0**	**68,0**	**97,0**	**97,0**	**193,0**	**193,0**	**302,0**	**302,0**	**410,0**	**410,0**	**511,0**	**511,0**	**614,0**	**> 614,0**
Emisii de CO_2, kg/(m²an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 10,4**	**10,4**	**14,8**	**14,8**	**29,7**	**29,7**	**46,1**	**46,1**	**62,4**	**62,4**	**77,8**	**77,8**	**93,4**	**> 93,4**

Tabelul 5.10 Clase energetice și de mediu pentru clădiri destinate învățământului

Energie primară totală, kWh/(m²an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 26,0	26,0	36,0	36,0	71,0	71,0	144,0	144,0	218,0	218,0	272,0	272,0	327,0	> 327,0
Răcire	≤ 4,0	4,0	6,0	6,0	13,0	13,0	22,0	22,0	31,0	31,0	38,0	38,0	46,0	> 46,0
Ventilare	≤ 4,0	4,0	6,0	6,0	11,0	11,0	21,0	21,0	31,0	31,0	39,0	39,0	46,0	> 46,0
ACC	≤ 7,0	7,0	10,0	10,0	19,0	19,0	26,0	26,0	33,0	33,0	41,0	41,0	49,0	> 49,0
Iluminat	≤ 7,0	7,0	10,0	10,0	21,0	21,0	33,0	33,0	45,0	45,0	57,0	57,0	68,0	> 68,0
TOTAL	**≤ 48,0**	**48,0**	**68,0**	**68,0**	**135,0**	**135,0**	**246,0**	**246,0**	**358,0**	**358,0**	**447,0**	**447,0**	**536,0**	**> 536,0**
Emisii de CO_2, kg/(m²an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 8,3**	**8,3**	**11,6**	**11,6**	**23,0**	**23,0**	**42,5**	**42,5**	**62,2**	**62,2**	**77,6**	**77,6**	**93,1**	**> 93,1**

Tabelul 5.11 Clase energetice și de mediu pentru clădiri destinate sistemului sanitar

Energie primară totală, kWh/(m²an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 48,0	48,0	68,0	68,0	137,0	137,0	230,0	230,0	324,0	324,0	404,0	404,0	485,0	> 485,0
Răcire	≤ 21,0	21,0	30,0	30,0	59,0	59,0	92,0	92,0	125,0	125,0	156,0	156,0	187,0	> 187,0
Ventilare	≤ 9,0	9,0	12,0	12,0	25,0	25,0	40,0	40,0	54,0	54,0	68,0	68,0	82,0	> 82,0
ACC	≤ 28,0	28,0	39,0	39,0	78,0	78,0	90,0	90,0	102,0	102,0	128,0	128,0	153,0	> 153,0
Iluminat	≤ 11,0	11,0	16,0	16,0	32,0	32,0	49,0	49,0	66,0	66,0	82,0	82,0	98,0	> 98,0
TOTAL	**≤ 117,0**	**117,0**	**165,0**	**165,0**	**331,0**	**331,0**	**501,0**	**501,0**	**671,0**	**671,0**	**838,0**	**838,0**	**1005,0**	**> 1005,0**
Emisii de CO_2, kg/(m²an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 19,7**	**19,7**	**27,8**	**27,8**	**55,8**	**55,8**	**84,0**	**84,0**	**112,3**	**112,3**	**140,2**	**140,2**	**168,1**	**> 168,1**

Tabelul 5.12 Clase energetice și de mediu pentru clădiri cu servicii de comerț

Energie primară totală, kWh/(m²an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 59,0	59,0	83,0	83,0	166,0	166,0	200,0	200,0	234,0	234,0	293,0	293,0	352,0	> 352,0
Răcire	≤ 12,0	12,0	17,0	17,0	33,0	33,0	46,0	46,0	60,0	60,0	74,0	74,0	89,0	> 89,0
Ventilare	≤ 4,0	4,0	6,0	6,0	12,0	12,0	20,0	20,0	28,0	28,0	36,0	36,0	43,0	> 43,0
ACC	≤ 4,0	4,0	5,0	5,0	11,0	11,0	13,0	13,0	15,0	15,0	19,0	19,0	23,0	> 23,0
Iluminat	≤ 9,0	9,0	13,0	13,0	26,0	26,0	41,0	41,0	56,0	56,0	70,0	70,0	84,0	> 84,0
TOTAL	**≤ 88,0**	**88,0**	**124,0**	**124,0**	**248,0**	**248,0**	**320,0**	**320,0**	**393,0**	**393,0**	**492,0**	**492,0**	**591,0**	**> 591,0**
Emisii de CO_2, kg/(m²an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 15,4**	**15,4**	**21,6**	**21,6**	**43,4**	**43,4**	**54,5**	**54,5**	**65,7**	**65,7**	**82,3**	**82,3**	**98,9**	**> 98,9**

Tabelul 5.13 Clase energetice și de mediu pentru clădiri pentru turism

Energie primară totală, kWh/(m²an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 23,0	23,0	32,0	32,0	65,0	65,0	153,0	153,0	241,0	241,0	302,0	302,0	362,0	> 362,0
Răcire	≤ 7,0	7,0	10,0	10,0	20,0	20,0	30,0	30,0	39,0	39,0	49,0	49,0	59,0	> 59,0
Ventilare	≤ 6,0	6,0	8,0	8,0	17,0	17,0	26,0	26,0	35,0	35,0	43,0	43,0	52,0	> 52,0
ACC	≤ 26,0	26,0	36,0	36,0	72,0	72,0	85,0	85,0	98,0	98,0	122,0	122,0	146,0	> 146,0
Iluminat	≤ 5,0	5,0	7,0	7,0	14,0	14,0	27,0	27,0	39,0	39,0	49,0	49,0	59,0	> 59,0
TOTAL	**≤ 67,0**	**67,0**	**93,0**	**93,0**	**188,0**	**188,0**	**321,0**	**321,0**	**452,0**	**452,0**	**565,0**	**565,0**	**678,0**	**> 678,0**
Emisii de CO_2, kg/(m²an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 11,8**	**11,8**	**16,4**	**16,4**	**33,1**	**33,1**	**57,0**	**57,0**	**80,6**	**80,6**	**100,7**	**100,7**	**120,8**	**> 120,8**

Tabelul 5.14 Clase energetice și de mediu pentru clădiri pentru activități sportive

Energie primară totală, kWh/(m²an)														
Utilități tehnice	Clase de performanță energetică													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
Încălzire	≤ 36,0	36,0	50,0	50,0	99,0	99,0	178,0	178,0	257,0	257,0	321,0	321,0	385,0	> 385,0
Răcire	≤ 13,0	13,0	18,0	18,0	36,0	36,0	57,0	57,0	78,0	78,0	97,0	97,0	117,0	> 117,0
Ventilare	≤ 6,0	6,0	9,0	9,0	17,0	17,0	33,0	33,0	48,0	48,0	61,0	61,0	73,0	> 73,0
ACC	≤ 9,0	9,0	12,0	12,0	24,0	24,0	32,0	32,0	41,0	41,0	51,0	51,0	61,0	> 61,0
Iluminat	≤ 11,0	11,0	15,0	15,0	30,0	30,0	50,0	50,0	70,0	70,0	87,0	87,0	105,0	> 105,0
TOTAL	**≤ 75,0**	**75,0**	**104,0**	**104,0**	**206,0**	**206,0**	**350,0**	**350,0**	**494,0**	**494,0**	**617,0**	**617,0**	**741,0**	**> 741,0**
Emisii de CO_2, kg/(m²an)														
Emisii echiv. CO_2	Niveluri de poluare													
	A+	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**		**F**		**G**
TOTAL	**≤ 12,3**	**12,3**	**17,0**	**17,0**	**33,7**	**33,7**	**57,4**	**57,4**	**81,2**	**81,2**	**101,4**	**101,4**	**121,7**	**> 121,7**

5.4. Evaluarea consumului de energie primară și a emisiilor de CO_2 echivalent

Direcția de calcul energetic este de la consumator către sursă (de exemplu, de la necesarul de energie al clădirii la energia primară).

Energia electrică (de exemplu, pentru iluminat, ventilare, răcire, energie auxiliară) și energia termică (de exemplu, pentru încălzire, umidificare, dezumidificare, apă caldă de consum) sunt considerate separat în interiorul conturului de evaluare.

Cantitățile de energie pentru răcire trebuie să fie pozitive atunci când se extrage căldura din spațiu și/sau din sistem.

5.4.1. Performanța energetică a clădirilor

5.4.1.1. Date de ieșire

Datele de ieșire în cazul performanței energetice calculate sunt prezentate în *tabelul 5.15a.*

Tabelul 5.15a Datele de ieșire în cazul performanței energetice calculate

Descriere	Simbol	Unitate de măsură
Date de ieșire anuale totale		
Performanța energetică specifică	E_{we}	kWh/m^2,an
Contribuția energiei din surse regenerabile	RER	-
Energia exportată pentru consum în afara clădirii	$E_{exp;el;avl;an}$	kWh/an
Date de ieșire anuale pe utilitate sau pe zonă de clădire		
Performanța energetică specifică pe utilitate, pe zonă, sau pe utilitate și zonă	$E_{we;X\ Ewe;X;z;i}$	kWh/m^2 ,an
Contribuția energiei din surse regenerabile pe utilitate	RER_X	-
Energie primită din exterior pe utilitate sau pe zonă sau pe utilitate și zonă	$E_{del;X\ Edel;X;z,i}$	kWh/an

Obținerea datelor de ieșire pe utilitate și pe zonă de clădire necesită utilizarea procedurii de calcul descrisă în Anexa E, SR EN ISO 52000-1.

5.4.1.2. Intervalul de calcul

Intervalele de calcul aplicabile în Mc001 sunt:

- lunar (eventual orar - caz în care este recomandată utilizarea unor softuri specializate validate);
- tip ”bin”.

Intervalul de calcul se va păstra același în întreaga procedură de calcul. Indicații privind combinarea intervalelor diferite de calcul sunt furnizate în standardele EPB relevante.

5.4.1.3. Perioada de calcul

Durata reală a sezonului de încălzire sau de răcire este definită de timpul de operare a sistemului tehnic respectiv. Aceasta poate fi diferită de durata rezultată din calculul necesarului de energie.

5.4.1.4. Date de intrare

Datele de intrare se referă la date de produse, date de proiectare a sistemelor tehnice, date referitoare la condițiile de operare ale (sub)sistemelor tehnice, constante și date fizice sau alte date. Datele privind condițiile de operare a (sub)sistemelor tehnice utilizate în procedurile de calcul sunt redate în *tabelul 5.15b.*

Tabelul 5.15b Lista cu date de intrare privind condițiile de funcționare ale (sub)sistemelor tehnice *(sursa: SR EN ISO 52000-1 Performanța energetică a clădirilor. Evaluarea de ansamblu a PEC. Partea 1: Cadru general și metode)*

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Domeniu de valori	Origine	Variabil
Energie electrică consumată de generatorul *i* pentru utilitatea *X* (sau combinații de utilități) a clădirii în intervalul de calcul *t*	$E_{X,\mathrm{gen},i,\mathrm{in,el},t}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Energia auxiliară consumată de subsistemul *Y* pentru utilitatea *X* (sau combinații de utilități) a clădirii în intervalul de calcul *t*	$W_{X;Y;\mathrm{aux};t}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Tipul de energie electrică consumată	*EL_USE*		LISTĂ	diverse	Nu
Energie electrică produsă la fața locului de subsistemul *j* (de exemplu producere combinată de căldură și energie electrică, panouri fotovoltaice sau turbine eoliene) în timpul intervalului de calcul *t*	$E_{\mathrm{pr;el},j;t}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Tipul de energie electrică produsă	*EL_PROD*	n.a.	LISTĂ	diverse	Nu
Energie electrică consumată în clădire pentru utilizatori non-PEC	$E_{\mathrm{nEPus;el};t}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Agent energetic *cr* consumat de generatorul *i* pentru utilitatea *X* în timpul intervalului de calcul *t*	$E_{X;\mathrm{gen},i;\mathrm{in;cr};t}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Agent energetic la generatorul *i* pentru utilitatea *X* a clădirii	$\mathrm{GEN_CR}_{X;\mathrm{gen},i}$		LISTĂ	diverse	Nu
Date suplimentare necesare pentru calcularea indicatorilor de performanță energetică pentru o parte a clădirii					
Necesar de energie pe parte de clădire	$Q_{X;\mathrm{nd};}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Pondere implicită pe parte de clădire	*X*def;i	kWh	0...∞	diverse	Da
Energie consumată de subsistemele tehnice	$Q_{X;Y;\mathrm{in}}$	kWh	0...∞	diverse	Da
Producția de energie a subsistemelor tehnice	$Q_{X;Y;\mathrm{out}}$	kWh	0...∞	diverse	Da

Nota 1: Energie electrică consumată de generatoare
Energia electrică consumată $E_{X,\mathrm{gen},i,\mathrm{in,el},t}$ este numai consumul principal al unui echipament de generare. Se consideră:

- o valoare pentru fiecare interval de calcul t;
- o valoare pentru fiecare generator *X,i* (unul sau mai multe generatoare pentru fiecare utilitate).

Reprezintă energia electrică consumată de pompe de căldură electrice, de agregatele de răcire și de ventilatoare din sistemele de ventilare. Pot fi următoarele situații: un generator la o utilitate a clădirii, un generator pentru mai multe utilități sau mai multe generatoare pentru o utilitate.

Nota 2: Energia auxiliară consumată
Pentru energia auxiliară consumată *WX;Y*;aux;*t* de subsistemul *Y* pentru utilitatea *X* a clădirii (sau combinații de utilități) în timpul intervalului de calcul *t* se consideră:

- o valoare pentru fiecare interval de calcul *t*;
- o valoare pentru fiecare subsitem *Y* pentru utilitatea *X* (există mai multe subsisteme *Y* pentru fiecare utilitate *X*).

Nota 3: Tipul energiei electrice consumate
Se consideră:

- o valoare pentru energia electrică consumată de fiecare generator *i* al utilității *X*;
- o valoare pentru energia auxilară consumată de subsistemul *Y* pentru utilitatea *X*.

Tipurile de utilizare a energeiei electrice sunt redate în *tabelul B.11* din SR EN ISO 52000-1 .

Nota 4: Energia electrică produsă la fața locului
Energia electrică produsă la fața locului *E*pr;el,*j*;*t* de către echipamentul de generare *j* (exemplu: producere combinată de căldură și energie electrică, panouri fotovoltaice, turbine eoliane) pe durata intervalului de calcul este o matrice bidimensională:

- o valoare pentru fiecare interval de calcul *t*;
- o valoare pentru fiecare echipament de generare *j*.

Nota 5: Tipul de energie electrică produsă este specificat printr-o matrice bidimensională de identificatori de caz cu o valoare pentru fiecare tip de producere de energie *j*. *Tabelul B.12* din SR EN ISO 52000-1 prezintă tipurile de producere a energiei electrice.

Nota 6: Energie electrică consumată de utilizatori non-PEC
Energia electrică utilizată în clădire pentru utilizatori non-PEC, $E_{\mathrm{nEPus;el;}t}$ este energia electrică utilizată de aparate electrocasnice, la activități comerciale sau de către lifturi. Acest parametru se consideră cu valoare zero în prezenta metodologie. Identificatorul pentru acest parametru este EL_USE_NEPB.

Nota 7: Energie primită din exterior, diferită de energia electrică
Pentru energia primită din exterior prin agentul energetic *cr,* $E_{X;\mathrm{gen},i;\mathrm{in;cr;}t}$, consumată de generatorul *i* pentru utilitatea *X* a clădirii în inervalul de calcul t, se consideră o matrice bidimensională:

- o valoare pentru fiecare interval de calcul *t;*
- o valoare pentru fiecare echipament de generare a electricității *j*.

Fiecare consum principal de energie electrică este considerat separat. A se vedea parametrul $E_{X,\mathrm{gen},i,\mathrm{in,el}}$.

Nota 8: Vectorul energetic GEN_CRX;gen,i la generatorul *i* pentru utilitatea *X* a clădirii este o matrice unidimensională de identificatori de caz: o valoare pentru fiecare generator *i* al fiecărei utilități *X*.

Nota 9: Consumul de energie pentru o parte a clădirii
Consumul de energie pentru o parte a clădirii este cel corespunzător zonei termice *i* sau a unei zone de utilități *i*.

Nota 10: Ponderea prestabilită pentru o parte de clădire reprezintă o caracteristică a zonei termice *i* sau a zonei de utilități *i* care este utilizată pentru alocarea oricărei cantități comune de energie între zonele termice sau zonele de utilități atunci când consumurile sunt zero (funcționare în stand-by). A se vedea anexa E.2.3.2. din SR EN ISO 52000-1 .

Nota 11: Energie consumată în subsistemele tehnice
Energia consumată în subsistemele tehnice $Q_{X_Y_in}$ este energia care intră într-un subsistem urmând direcția fluxului de energie.

Exemplu: $Q_{H;gen;in}$ este energia consumată într-un echipament de generare a căldurii (combustibilul la un cazan).

Nota 12: Energie produsă de subsistemele tehnice
Energia produsă de susbsistemele tehnice $Q_{X_Y_out}$ este energia care iese din subsistem urmând direcția fluxului de energie.

Exemplu: $Q_{H;gen;out}$ este căldura produsă de un echipament de generare a căldurii (ex. căldura furnizată de un cazan subsistemului de stocaj sau de distribuție).

Nota 13: Constante și date fizice
În *Tabelele B.13, B.14 și B.15* din SR EN ISO 52000-1 sunt date valori implicite pentru puterea calorică superioară a unor combustibili uzuali.

Nota 14: Factori de ponderare pentru agenți energetici
Lista factorilor de ponderare și simbolurile corespunzătoare sunt redate în *tabelul 5.16*.

Tabelul 5.16 Lista parametrilor de calcul

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Domeniu de valori
Factor de ponderare pentru agentul energetic *cr* primit din exterior	$f_{we;del;cr;t}$	diverse	0...∞
Factor de ponderare pentru energia electrică exportată în rețea	$f_{we;exp;el;grid;t}$	diverse	0...∞
Factor de ponderare pentru energia electrică exportată pentru utilizatori non-PEC din clădiri	$f_{we;exp;el;used;nEPus,t}$	diverse	0...∞
Factor de evaluare a energiei exportate	k_{exp}	diverse	0...1

5.4.2. Evaluarea globală a performanței energetice a clădirilor

5.4.2.1. Combinație de utilități ale clădirii incluse în PEC în fiecare spațiu

Se aplică principiul **"sistemului asumat"** (utilitate virtuală): se calculează consumul unui sistem tehnic implicit pentru fiecare **utilitate obligatorie** nefurnizată. În anexa la certificatul de performanță energetică se evidențiază prin caracteristicile tehnice prezumate, utilitățile obligatorii dar care lipsesc și care au fost luate în considerare pe baza principiului sistemului asumat (vezi tabelul 5.6).

Reguli specifice sunt redate în standardele relevante din modulul PEC M2-2 (conform tabel 1.3).

5.4.2.2. Aria de referință a pardoselii și volumul de aer al clădirii

Pentru fiecare spațiu *i,* se determină aria de referință a pardoselii, care este identică cu aria utilă a pardoselii, $A_{use;space,i}$., exclusiv aria aferentă proiecției în plan orizontal a pereților interiori. Această arie este utilizată pentru a exprima consumurile specifice și pentru aplicarea simplificărilor și a regulilor de zonare și (re)alocare.

Dimensiunile utilizate pentru a se determina aria de referință a pardoselii sunt cele interioare totale.

Aria totală de referință a pardoselii unui obiectiv va fi specificată astfel încât suma ariilor de referință ale pardoselilor fiecărui spațiu să fie aceeași cu aria utilă a pardoselii zonei termice sau a zonei deservite pentru acele spații, exclusiv aria aferentă proiecției în plan orizontal a pereților interiori.

Pentru fiecare spațiu *i*, se evaluează volumul interior de aer interior, $V_{air;space,i}$. Aceste volume se vor considera la determinarea volumului total de aer al zonei termice, denumit și volum interior de referință (exclusiv volumul elementelor interioare de clădire-pereți, planșee interioare) și va constitui dată de intrare pentru calculele termice referitoare la ventilare și umidificare.

5.4.2.3. Normalizare la mărimea de referință a clădirii

Mărimea de referință a clădirii este utilizată pentru normalizarea performanței energetice. Exemplu: energia primară din surse regenerabile exprimată în kWh/m^2. Mărimea de referință a clădirii este aria de referință a pardoselii, care rezultă din aria utilă a pardoselii la care se adaugă aria proiecției în plan orizontal a pereților interiori, A_{use}.

5.4.2.4. Contur de evaluare. Perimetre

Conturul de evaluare se referă la obiectul evaluat. Performanța energetică pentru o parte a obiectului evaluat și/sau pe utilitate este calculată în conformitate cu Anexa E normativă SR EN ISO 52000-1.

Energia este primită din exterior sau furnizată în exterior prin conturul evaluării. Conturul pentru evaluare definește unde este calculată sau măsurată valoarea reală a energiei primite din exterior sau a energiei furnizate în exterior. Unele din aceste fluxuri energetice se pot cuantifica pe baza contoarelor (ex. gaz, electricitate, energie din sistem de încălzire centralizată).

Pentru sistemele solare active, eoliene sau hidroenergetice, conturul evaluării se consideră la ieșirea panourilor solare, colectoarelor solare sau a echipamentelor de generare a energiei electrice. Energiile primite din exterior sunt clasificate în funcție de următoarele perimetre (origine sau destinație):

- la fața locului;
- în apropiere (pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, iar pentru perioadele 2031-2040, 2041-2050 și după 2051, se stabilesc prin hotărâre a Guvernului);
- la distanță.

Conceptele la fața locului, în apropiere, la distanță sunt reprezentate schematic în *figura 5.3.*:

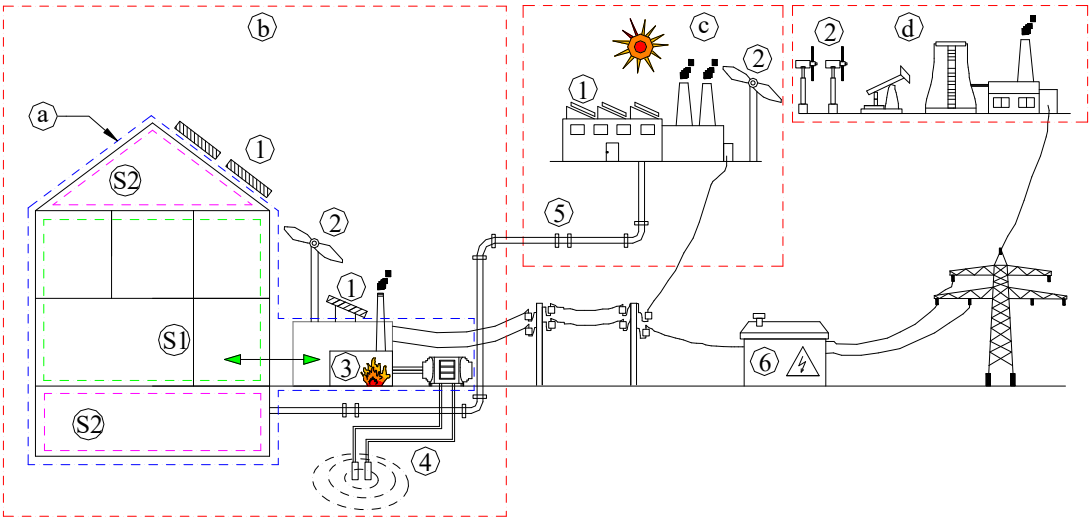


Fig. 5.3 – Reprezentarea schematică a conceptului de contur al evaluării și perimetrele considerate (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Legendă:

a contur pentru evaluare (pentru bilanț energetic)	1 PV, solar
b perimetru: la fața locului (on-site)	2 eolian
c perimetru: în apropiere (nearby, max. 30km)	3 centrală termică
d perimetru: la distanță (off-site)	4 pompă de căldură
S1 spațiu condiționat termic	5 încălzire/răcire centralizată
S2 spațiu în afara volumului încălzit	6 punct de transformare (joasă/medie tensiune și posibilă stocare)

Conturul de evaluare și factorii de conversie pentru clădire, la fața locului, în apropiere și la distanță vor fi stabiliți astfel încât să se evite dubla contabilizare a energiei regenerabile.

Dacă obiectul evaluat include mai multe clădiri care sunt deservite de instalații comune dar pentru care se dorește o performanță energetică separată, acestea vor fi tratate în același fel cu două sau mai multe unități de clădire sau două sau mai multe utilități ale clădirii.

5.4.2.5. Bilanț energetic global ponderat (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Performanța energetică globală E_{we} a unui obiect evaluat este bilanțul la conturul pentru evaluare al:

- energiei primare primite din exterior necesară pentru asigurarea necesarului de energie pentru consumurile considerate și pentru a produce energia furnizată în exterior $E_{we;del}$;
- energiei primare furnizate în exterior $E_{we;exp}$.

Energia primară primită din exterior și energia primară furnizată în exterior sunt obținute prin afectarea cu factori de conversie în funcție de tipul de vector energetic. Performanța energetică globală E_{we} se calculează cu relația:

$$E_{we} = E_{we;del;an} - E_{we;\exp;an} \qquad (5.1)$$

în care:

$E_{we,del;an}$ – energia primară anuală primită din exterior, luând în considerare numai agenții energetici furnizați din perimetrele (originile) definite în tabelul B.24 din SR EN ISO 52000-1

$E_{we,exp;an}$ – energia primară anuală furnizată în exterior pentru agentul energetic *i*, inclusiv energia furnizată pentru utilități non-PEC din amplasamentul clădirii, care nu sunt incluse în evaluarea performanței energetice.

Performanța energetică se exprimă prin consumul de energie primară care poate fi din surse neregenerabile (E_{Pnren}), din surse regenerabile (E_{Pren}) sau totală (E_{Ptot});

- corespunzător se calculează emisiile de gaze cu efect de seră;

Parametrul $E_{we,del;an}$ se determină cu relația:

$$E_{we;del;an} = E_{we;del;nexp;an} + E_{we;del;el;an} \quad (5.2)$$

în care:

$E_{we;del;nexp;an}$ – energia primară anuală primită din exterior pentru toți agenții energetici, fără energia furnizată în exterior (exportată);

$E_{we;del;el;an}$ –energia electrică primară anuală primită din exterior.

Notă: Dacă un agent energetic nu este furnizat în exterior, $E_{we;del;nexp;an} = E_{we;exp;an} = 0$ (pentru acel agent energetic).

5.4.2.6. Factori de conversie pentru calculul energiei primare (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Pentru fiecare flux de energie sau agent energetic primit din exterior sau furnizat în exterior se definesc trei factori de conversie pentru energia primară (*figura 5.4*):

- f_{Ptot} – factor de conversie pentru energia primară totală;
- f_{Pnren} – factor de conversie pentru energia primară neregenerabilă;
- f_{Pren} – factor de conversie pentru energia primară regenerabilă.

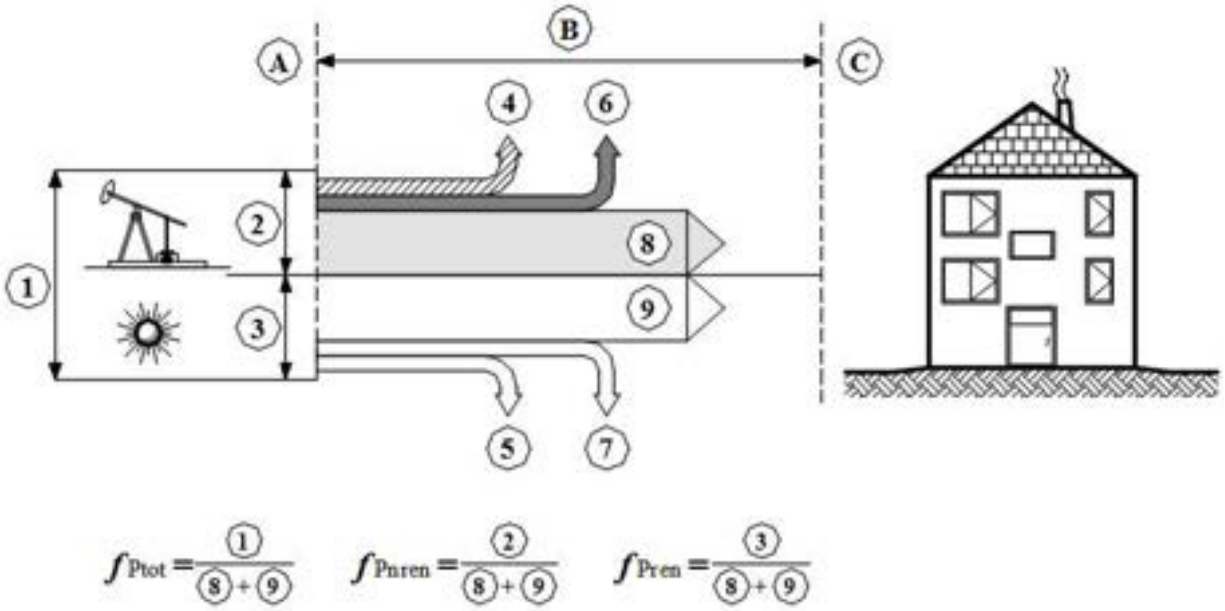


Fig. 5.4 Factori de conversie pentru energia primară

Legendă:

A – sursa de energie	4 – pierderi pe infrastructura pentru energie din surse neregenerabile
B – sistem de alimentare cu energie	5 – pierderi pe infrastructura pentru energie din surse regenerabile
C – interiorul conturului de evaluare	6 – energie din surse neregenerabile de energie pentru extragere, rafinare, transformare și transport
1 – energie primară totală	7 – energie din surse regenerabile de energie pentru extragere, rafinare, transformare și transport
2 – energie primară din surse neregenerabile	8 – energie finală din surse neregenerabile de energie furnizată din exterior
3 – energie primară din surse regenerabile	9 – energie finală din surse regenerabile de energie furnizată din exterior

Factorii de conversie din energie finală în energie primară au valorile corespunzătoare sursei de energie sau combustibilului utilizat pentru producerea energiei consumate (finale), conform tabelului 5.17. Acești factori sunt utilizați atât pentru determinarea energiei primare consumate și încadrarea în clasele de performanță energetică cât și la calcularea coeficientului RER (procentul de energie consumată din surse regenerabile relativ la valoarea energiei primare totale consumate).

Notă: În prezenta reglementare nu se ține cont de factori de conversie determinați pe baza energiei economisite din sistemul național de alimentare ca urmare a producerii locale și exportării.

Tabel 5.17. Factori de conversie din energie finală în energie primară

Combustibil/Sursa de energie	**Factor conversie energie primară**		
	neregenerabilă, f_{Pnren}	**Regenerabilă, f_{Pren}**	**Totală, f_{Ptot}**
Lignit*	1,30	0,00	1,30
Huila*	1,20	0,00	1,20
Păcură*	1,10	0,00	1,10
Motorina*	1,23	0,00	1,23
Gaz natural*	1,17	0,00	1,17
GNL (gaz natural lichid)*	1,17	0,00	1,17
GPL*	1,15	0,00	1,15
Deşeuri**	0,05	1,00	1,05
Lemne de foc (fără certificare de biomasă/sursă nesustenabilă)	1,20	0,00	1,20
Biomasă - lemne de foc**	0,18	0,90	1,08
Biomasă - brichete/pelete**	0,28	0,80	1,08
Biogaz	0,40	1,00	1,40
Biocombustibil lichid	0,50	1,00	1,50
Termoficare (cogenerare la distanță)***	0,92	0,00	0,92
Energie termică produsă cu panouri solare termice	0,00	1,00	1,00

Combustibil/Sursa de energie	Factor conversie energie primară		
	neregenerabilă, f_{Pnren}	**Regenerabilă, f_{Pren}**	**Totală, f_{Ptot}**
Energie termică a mediului (aerotermală, geotermală, hidrotermală) pentru încălzire sau răcire (free cooling)	0,00	1,00	1,00
Energie electrică consumată din SEN (ex. pentru iluminat, pompe de căldură, chillere etc.)	2,00	0,50	2,50
Energie electrică produsă cu panouri fotovoltaice / centrale eoliene onsite/nearby și consumată direct de obiectiv	0,00	1,00	1,00
Energie electrică produsă onsite/nearby cu panouri fotovoltaice/centrale eoliene etc. și exportată în SEN****	2,00	0,50	2,50

* valori determinate pe baza puterii calorifice inferioare a combustibilului din tabel; în situația în care sursele energetice funcționează cu condensare, atunci se va face corecția coeficienților din tabel prin micșorarea acestora cu raportul $\frac{PCI}{PCS}$ (PCI/PCS-putere calorifică inferioară/superioară)

** deșeuri/biomasă ca produse certificate

*** pentru centralele zonale de cogenerare (la fața locului sau în apropiere) se ține cont de factorii de alocare a energiei primare consumate pentru generarea de căldură și respectiv pentru generarea de energie electrică, și de randamentele de generare căldură și respectiv energie electrică; în final se utilizează factorii de conversie (f_{Pnren} și f_{Pren}) corespunzători combustibilului utilizat de către centrala de cogenerare

**** valorile se aplică doar în cazul în care în performanța energetică a clădirii ar fi integrat și efectul asupra SEN (sistemul național de alimentare cu energie electrică) în care se injectează energia electrică produsă onsite sau nearby, adică s-ar ține cont de energia care nu se mai produce în sursele energetice ale SEN); în acest caz însă, energia produsă suplimentar de sursele onsite/nearby se consideră în același timp energie consumată (caz exemplificat în standardul SR EN 52000-1, dar care nu este preluat în Mc 001 la determinarea RER-proporția de energie primară consumată de clădire din surse regenerabile; a se vedea definiția RER din capitolul 5.4.2.9)

Pentru o perioadă determinată de timp (an, lună, săptămână), energia finală consumată de o clădire prin utilizarea unei anumite energii de tip $Q_{f,i}$, este dată de relaţia următoare:

$$Q_{f,i} = Q_{f,h,i} + Q_{f,v,i} + Q_{f,c,i} + Q_{f,w,i} + Q_{f,l,i} \qquad [kWh/a] \qquad (5.3)$$

unde termenii reprezintă energia finală (pentru vectorul energetic i) consumată pentru: încălzire $Q_{f,h,i}$, ventilare $Q_{f,v,i}$, răcire $Q_{f,c,i}$, preparare apă caldă de consum $Q_{f,w,i}$ şi iluminat $Q_{f,l,i}$, valori calculate conform prezentei metodologii.

Energia primară se calculează, pe acelaşi interval de timp, pornind de la valoarea energiei finale consumată, astfel:

$$E_p = \sum_i (Q_{f,x,i} \times f_{Ptot,i}) - \sum_i (Q_{ex,i} \times f_{Ptot,ex,i}) \qquad [kWh/a] \qquad (5.4a)$$

în care:

$Q_{f,i}$ consumul de energie finală de tip i, în kWh/a;

$f_{Ptot,i}$ factorul de conversie din energie finală în energie primară, având valori tabelate pentru fiecare tip de energie utilizată (termică, electrică, respectiv din sursă regenerabilă), conform tabel 5.17 ($f_{Ptot,i}= f_{Pnren,i}+ f_{Pren,i}$);

$Q_{ex,i}$ energia finală de tip i produsă la nivelul clădirii şi exportată, în kWh/a;

$f_{Ptot,ex,i}$ factorul de conversie din energie finală de tip i produsă și exportată, în energie primară, conform tabel 5.17 ($f_{Ptot,ex,i}= f_{Pnren,ex,i}+ f_{Pren,ex,i}$)

5.4.2.7. Factorii de conversie în emisii de gaze cu efect de seră (CO_2 echivalent)

Factorii de conversie în emisii echivalente de gaze cu efect de seră se exprimă în kg CO_2/kWh. Pentru determinarea emisiilor echivalente de CO_2, factorii de conversie sunt prevăzuți în tabelul 5.18.

Tabel 5.18. Factori de conversie a energiei primare în emisii echivalente de CO_2

Combustibil/Sursa de energie	**Factor de conversie f_{CO2} [kg CO_2/kWh]**
Lignit*	0,365
Huila*	0,348
Antracit*	0,356
Turbă*	0,383
Păcură*	0,268
Motorină*	0,263
Gaz natural*	0,202
GNL (gaz natural lichid)*	0,232
GPL*	0,227
Energie electrică din SEN (utilizată de clădire)	0,107
Termoficare (cogenerare la distanță) ***	0,220
Lemne de foc (fără certificare de biomasă)	0,390
Biomasă – lemne de foc**	0,019
Biomasa – deșeuri lemnoase, rumeguș**	0,016
Biomasă – brichete/peleți**	0,039
Biomasă – deșeuri agricole**	0,016
Biogaz**	0,000
Energie solară	0,000
Energie eoliană	0,000
Energie geotermală, aerotermală, acvatermală	0,000

* valori determinate pe baza puterii calorifice inferioare a combustibilului din tabel; în situația în care sursele energetice funcționează cu condensare, atunci se va face corecția coeficienților din tabel prin micșorarea acestora cu raportul $\frac{PCI}{PCS}$ (PCI/PCS-putere calorifică inferioară/superioară)

** deșeuri/biomasă ca produse certificate

*** pentru centralele zonale de cogenerare (la fața locului sau în apropiere) se ține cont de factorii de alocare a energiei primare consumate pentru generarea de căldură și respectiv pentru generarea de energie electrică, și de randamentele de generare căldură și respectiv energie electrică; în final se utilizează factorii de conversie (f_{Pnren} și f_{Pren}) corespunzători combustibilului utilizat de către centrala zonală de cogenerare.

În ceea ce privește emisiile echivalente de CO_2 aferente pierderilor de agent frigorific din instalațiile de răcire /climatizare, ratele medii de pierderi de refrigerent și factorii de conversie sunt prezentați în tabelele 5.19 și 5.20.

Tabel 5.19. Pierderi anuale de agent frigorific

Tipul echipamentului	Capacitatea de încărcare cu refrigerent [kg]	Rata anuală medie de pierderi de refrigerent [%]
Răcire domestică cu R134a	0,05-0,5	0,3
Sisteme pentru supermarket	50-2000	18,0
Unităţi mici de AC	0,5-100	3,0
Unităţi medii de AC	0,5-100	6,0
Chillere	10-2000	3,0
Pompe de căldură	0,5-100	6,0

Tabel 5.20. Factorul de conversie în emisii echivalente CO_2, asociat agenţilor frigorifici

Tipul refrigerentului	Factor de conversie în emisii echivalente de CO_2, $f_{CO2,r}$ [kg CO_2/kg refrigerent pierdut]*
CO_2	1
R134a	1300
R143a	4800
R152a	138
R404a	3922
R407a	1770
R407c	1526
R410a	1725
R507a	3985

* valori ale factorilor de conversie pentru alte tipuri de agenți frigorifici se pot găsi în IPCC Fifth Assessment Report, 2014 (AR5) sau documente mai recente ale IPCC

Emisiile echivalente totale de CO_2 se calculează cunoscând energia primară și utilizând factorii de conversie corespunzători (tabele 5.18 și 5.20):

$$E_{CO2} = \sum_i (E_{p,i} \times f_{CO2,i}) + \sum_j (CR_j \times RP_j \times f_{ref,CO2,j}) - \sum_i (E_{ex,i} \times f_{CO2,ex,i}) \quad (5.4b)$$

unde:

$E_{p,i}$ consumul de energie primară utilizând energia tip i (separat pe tipuri de vectori energetici-termic/electric), în kWh/a;

$f_{CO2,i}$ reprezintă factorul de conversie în emisii echivalente CO_2, stabilit conform tabelului 5.18

$E_{ex,i}$ energia primară aferentă energiei finale produse la nivelul clădirii şi exportată, kWh/a;

$f_{CO2,ex,i}$ factorul de conversie în emisii echivalente CO_2 pentru energia primară exportată tip i

CR_j capacitatea de încărcare cu refrigerent a echipamentelor de răcire tip j, în kg

RP_j rata anuală de pierderi de refrigerent, în %

$f_{ref, CO2,j}$ factor de conversie în emisii echivalente de CO_2, în kg CO_2/kg refrigerent pierdut

5.4.2.8. Factori de ponderare pentru energia furnizată în exterior (exportată) (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Există două tipuri complementare de factori de ponderare pentru energia exportată în exteriorul clădirii. Aceștia se bazează pe evaluarea:

- resurselor consumate pentru a se produce vectorul energetic furnizat în exterior, care sunt utilizate pentru "Cazul A" al evaluării ($f_{Pren;exp;stepA,i;}$);
- resurselor economisite de rețeaua publică datorită furnizării în exterior a vectorului energetic, care sunt utilizate pentru "Cazul B" al evaluării ($f_{Pren;exp,i;}$).

Cazul A: Factori de ponderare (conversie) conform resurselor consumate pentru a se produce energia furnizată în exterior (cazul valabil în România)

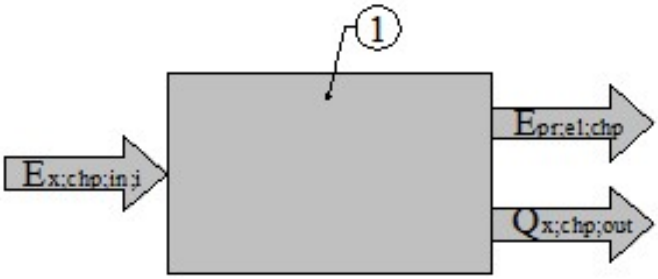
A1. Energie electrică fotovoltaică sau eoliană

Factorii de ponderare/conversie bazați pe resursele consumate pentru a se produce energie electrică fotovoltaică sau eoliană furnizată în exterior, $f_{we;exp;el;stepA;PV}$ și $f_{we;exp;el;stepA;wind,}$ sunt aceiași cu factorii corespunzători energiei primite din exterior.

Exemplu: pentru energia electrică PV, factorul de conversie pentru energia primară din surse regenerabile pentru cazul A, $f_{Pren;exp;el;stepA;pv}$ este egal cu $f_{Pren;del;el;pv}$ și ambii sunt egali cu 1.

A2. Energie electrică din cogenerare

Factorul de conversie bazat pe resursele consumate pentru a se produce energie electrică în cogenerare furnizată în exterior (exportată) este calculat pe baza energiei furnizate din exterior co-generatorului, utilizând aceeași metodă de alocare care este utilizată și pentru căldura care este produsă în același timp cu energia electrică, a se vedea *figura 5.5.*



Legendă:

1	cogenerare
$E_{X;chp;in;i}$	energia de intrare în sistemul de cogenerare *i* a agentului energetic *cr*, pentru utilitatea *X* a clădirii;
$E_{pr;el;chp}$	energia electrică produsă de sistemul de cogenerare;
$Q_{X;chp;out}$	căldura produsă de sistemul de cogenerare.

Fig. 5.5 – Fluxurile energetice de intrare și de ieșire ale unui sistem de cogenerare

Atunci când un sistem de cogenerare produce atât căldură, notată $Q_{X;chp;out}$, cât și energia electrică, notată $E_{pr;el;chp}$, factorul de conversie în energie primară pentru Cazul A de evaluare energetică, pentru energia electrică produsă prin cogenerare la intervalul de calcul *t* este dat de relația:

$$f_{\text{we;exp;el; stepA ; chp; } t} = \frac{E_{\text{we; in;el, } t}}{E_{\text{pr;el;chp, } t}} \tag{5.3}$$

în care:

$E_{\text{pr;el;chp;}t}$ – este energia electrică produsă în intervalul de calcul *t*.

Fracțiunile din energia de intrare ponderată alocată energiilor produse, $E_{\text{we;in;el},t}$ și $E_{\text{we,in;Q},t}$ sunt determinate cu relațiile:

$$E_{\text{we; in;el, } t} = E_{\text{we; in, } t} \cdot \alpha_{W,t} \tag{5.4}$$

$$E_{\text{we; in;Q, } t} = E_{\text{we; in, } t} \cdot \alpha_{Q,t} \tag{5.5}$$

în care:

$\alpha_{W,t}$ și $\alpha_{Q,t}$ - sunt factorii de alocare pentru energia electrică și căldura produse prin cogenerare în intervalul de calcul *t*;

$E_{\text{we;in},t}$ - este suma ponderată a energiilor de intrare ale agenților energetici $E_{X;\text{gen;in};cr,i,t}$ în sistemul de cogenerare la intervalul de calcul *t*:

$$E_{\text{we; in, } t} = \sum_i E_{\text{X;chp; in; } cr,i;t} \cdot f_{\text{we;del; } cr,i;t} \tag{5.6}$$

Nota 1: Energia auxiliară utilizată la sistemul de cogenerare se scade din energia electrică produsă (este raportată energia electrică netă produsă).

Acest lucru trebuie să se facă separat (de exemplu independent) pentru fiecare din criteriile de ponderare (de exemplu pentru energia primară din surse regenerabile și neregenerabile) cu aceiași factori de alocare.

Nota 2: Această procedură poate fi utilizată și în cazul exportării căldurii.

A3. Sisteme multiple de generare la fața locului a energiei furnizate în exterior

În cazul existenței a unor sisteme multiple de producere a energiei la fața locului, factorul de ponderare, în Cazul A, pentru energia electrică este dat de relația:

$$f_{\text{we; el;stepA, } t} = \frac{\sum_i f_{\text{we; exp; el;stepA;pr } ,i;t} \cdot E_{\text{exp; el; pr},i;t}}{\sum_i E_{\text{exp; el; pr},i;t}} \tag{5.7}$$

în care:

$E_{\text{exp; el; pr},i}$ este energia electrică produsă de sistemul de generare *i*, care se exportă;

$f_{\text{we; exp;el; stepA; pr, i}}$ este factorul de conversie, pentru cazul A, pentru energia electrică produsă de sistemul de generare *i*.

Energia furnizată în exterior (exportată) din energia produsă de fiecare sistem de generare *i* este determinară:

- cu prioritate;
- fără prioritate;

în concordanță cu procedura următoare.

Fiecărui tip generator de energie îi corespunde un identificator, redat în tabelul B.12 din SR EN ISO 52000-1.

Prioritatea este specificată prin asocierea unui identificator pentru tipul de generare la fiecare nivel de prioritate, pornind de la nivelul 1 care este cel mai ridicat. Un set implicit de priorități este redat în tabelul B.28. din SR EN ISO 52000-1.

Dacă se stabilește o ordine de prioritate, se aplică următoarea procedură:

a) se stabilește cantitatea de energie produsă care poate fi consumată:

$$E_{\text{EPus;el;left; t,1}} = E_{\text{EPus;el;t,}} \tag{5.8}$$

b) Se începe cu nivelul de prioritate i = 1 și se repetă pentru fiecare nivel de prioritate până la ultimul:

1) Se determină energia produsă de generatorul cu nivelul de prioritate i pe durata intervalului t, $E_{\text{pr;el;lvl, i, t}}$;

2) Se calculează energia maximă consumabilă pentru generatorul cu nivelul de prioritate i, cu relația:

$$E_{\text{pr;el;lvl},i;\text{usmax};t} = \min\left(E_{\text{pr;el;lvl},i;\text{used};t}; E_{\text{EPus; el;left};t,\text{i}}\right) \tag{5.9}$$

3) Se calculează energia produsă care poate fi utilizată la nivelul de prioritate $i+1$ cu relația:

$$E_{\text{EPus; el;left; }t,i+1} = E_{\text{EPus; el;left; }t,i} - E_{\text{pr;el;lvl, }i;\text{usmax; }t} \tag{5.10}$$

4) Se calculează cantitatea reală de energie consumată de generatorul cu nivelul de prioritate i, cu relația:

$$E_{\text{pr;el;lvl, }i;\text{used; }t} = E_{\text{pr;el;lvl, }i;\text{usmax; }t} \cdot f_{\text{match; }t} \tag{5.11}$$

5) Se calculează energia furnizată în exterior (exportată) pentru generatorul cu nivelul de prioritate i, cu relația:

$$E_{\text{exp; el; pr, }i\text{ ; }t} = E_{\text{pr; el; lvl, }i;t} - E_{\text{pr; el; lvl, }i;\text{used; }t} \tag{5.12}$$

Dacă nu este stabilită nicio prioritate (identificatorul de prioritate = ”NONE”), atunci se aplică următoarea procedură pentru fiecare tip i de energie electrică produsă:

a) Se calculează fracțiunea de producere de energie electrică de tip i, cu relația:

$$f_{pr\text{ ;el, }i} = \frac{E_{\text{pr; el; }i}}{\sum_k E_{\text{pr; el ; }k}} \tag{5.13}$$

b) Se calculează energia reală consumată pentru producerea energiei electrice de tip i, cu relația:

$$E_{\text{pr;el, }i;\text{used; }t} = E_{\text{pr;el;used; EPus; }t} \cdot f_{\text{pr;el; }i} \tag{5.14}$$

c) Se calculează energia exportată pentru generatorul cu nivelul de prioritate i, cu relația:

$$E_{\text{exp; el; pr}, i\,;\,t} = E_{\text{pr; el}; i; t} - E_{\text{pr; el}, i;\text{used}; t} \quad (5.15)$$

Cazul B - factori de ponderare bazați pe resursele economisite de rețeaua externă datorită energiei produse și exportate (caz prezentat în această reglementare doar cu titlu de exemplu, reprezentând o alternativă de calcul care nu e valabilă pentru determinarea RER în România)

Factorii de ponderare bazați pe resursele economisite de către rețeaua publică datorită energiei furnizate în exterior pot fi variabili în timp.

Exemplu: Pentru energia electrică, factorul de conversie în energie primară din surse regenerabile pentru cazul B este $f_{\text{Pren;exp;el}}$ =0,5 (partea de resurse regenerabile din resursele totale economisite de către Sistemul Electroenergetic Național).

Factori de ponderare pentru Cazul B sunt specificați în tabelul 5.17. (ultima linie) din prezenta Metodologie.

5.4.2.9. Contribuția energiei din surse regenerabile

Contribuția energiei din surse regenerabile este dată de relația:

$$RER = \frac{E_{\text{Pren;RER}}}{E_{\text{Ptot}}} \quad (5.16)$$

în care:

E_{Ptot} - energia primară totală calculată cu relația (5.1), utilizând factorii de conversie de energie primară totală $f_{\text{Ptot;del;}cr,i}$ și $f_{\text{Ptot;exp;}cr,i.}$ și luând în considerare perimetrele în conformitate cu Tabelul B.24 din SR EN ISO 52000-1 ;

$E_{\text{Pren; RER}}$ - energia primară din surse regenerabile, luând în considerare perimetrele în conformitate cu Tabelul B.24 din SR EN ISO 52000-1.

Notă: Mai multe explicații și exemple sunt prezentate în Raportul Tehnic însoțitor, SR CEN ISO/TR 52000-2 .

Valoarea RER este în funcție de perimetrul ales. Pentru a putea compara diverse valori calculate ale RER, perimetrul ales ar trebui să fie prezentat ca și indice inferior (de exemplu RER_{onst}, RER_{nrby}, RER_{dist}). Conform §5.4.2.8. procedura valabilă în România va conduce la valoarea RER_{dist}.

Proceduri cu privire la energia produsă din surse regenerabile de energie în funcție de diferite tehnologii (sisteme solare termice/electrice, pompe de căldură etc.) sunt furnizate în capitolul 3 al prezentei reglementări.

5.4.2.10. Indicatori de performanță energetică pentru sistemele tehnice ale clădirii

Din considerente de transparență și de optimizare a consumului de energie a sistemelor tehnice ale clădirilor, se determină indicatori de performanță energetică parțială ai sistemelor tehnice ale clădirii pentru evaluarea performanței energetice.

Din considerente de optimizare a consumurilor de energie ale sistemelor tehnice ale clădirii, sunt definite cerințe pentru performanța energetică.

Indicatorii de performanță energetică trebuie să se refere la următoarele utilități ale unei clădiri, dacă acestea fac parte din combinația de utilități energetice ale clădirii:

- încălzire;
- apă caldă de consum;
- răcire;
- ventilare;
- iluminat;
- sisteme pentru automatizarea și reglarea instalațiilor aferente clădirii, după caz;
- sau o combinație de astfel de instalații (conform tabel 5.6).

Pentru fiecare din aceste sisteme, indicatorii de performanță energetică sunt calculați în standardele PEC modulele M3...M10 (tabel 1.3).

5.4.2.11. Metode de calcul pentru indicatori de performanță energetică pentru o parte a unei clădiri și/sau utilitate

Există două metode detaliate pentru procedura de calcul pentru indicatori de performanță energetică pe o parte a unei clădiri și/sau utilitate. Aceste două metode sunt echivalente, dar necesită resurse de calcul diferite și doar una poate fi utilizată pentru performanța energetică calculată.

Metoda convențională de calcul începe de la necesar de energie și apoi continuă cu calculele energetice până la energia primară. Pentru fiecare utilitate de clădire sau parte de clădire care trebuie să fie clasificată individual se face un calcul separat. Această metodă poate fi utilizată doar pentru performanța energetică calculată, nu și pentru performanța energetică măsurată.

Metoda inversă de calcul pornește de la energia primară și apoi calculul continuă până la necesarul de energie. Este aplicată după ce calculul pentru determinarea performanței energetice globale a fost finalizat. Apoi se calculează care parte din această performanță energetică globală poate fi alocată unei anumite părți de clădire și/sau utilitate. Această metodă poate fi utilizată pentru performanța energetică măsurată (nu face obiectul acestei reglementări).

Ambele metode sunt prezentate în Anexa E din SR EN ISO 52000-1.

5.4.3. Calculul performanței energetice și a bilanțului energetic (sursa - SR EN ISO 52000-1)

5.4.3.1. Generalități

Procedura prezentată în acest capitol este utilizată pentru determinarea performanței energetice calculate. Direcția de calcul este de la necesar spre sursă (ex.: de la necesarul de energie al clădirii la energia primară).

Energia electrică (pentru iluminat, ventilare, energie auxiliară) și energia termică (pentru încălzire, răcire, umidificare, dezumidificare, preparare apă cadă de consum) sunt considerate separat în interiorul conturului de evaluare.

Cantitățile pentru răcirea spațiilor trebuie să fie pozitive atunci când căldura este extrasă din spațiu și/sau instalație.

NOTĂ A se vedea SR CEN ISO/TR 52000-2 pentru detalii.

5.4.3.2. Procedura de calcul globală

Procedura de calcul globală constă în parcurgerea următorilor pași de calcul:

a) Se definesc condițiile de utilizare a clădirii (temperatură, umiditate, gradul de ocupare, aporturile interne de căldură, programul de utilizare al clădirii), pentru categoria de clădire sau diferențiat pentru fiecare categorie de spațiu, în conformitate cu standardele PEC, modulul M1-6.

b) Se definesc condițiile exterioare (datele climatice) în conformitate cu standardele PEC, modulul M1-13.

c) Se împarte clădirea în zone, dacă este cazul. Zonarea se realizează pentru calculul necesarului de energie termică și, diferențiat, pentru sistemele tehnice de instalații.

d) Se calculează, pentru fiecare interval de calcul, necesarul de energie pentru încălzire, răcire, (dez)umidificare și preparare apă caldă de consum. Se calculează consumul de energie, inclusiv energia auxiliară, contribuția surselor regenerabile de energie și a pierderilor energetice recuperabile, pentru fiecare sistem tehnic de instalații. Se ține seama de impactul sistemului de automatizare și control al instalațiilor aferente clădirii.

e) se repetă bucla de calcul pentru intervalul de calcul individual dacă interacțiunile dintre diferitele procese, inclusiv efectul pierderilor termice recuperabile nu sunt luate în considerare nici prin simplificarea (de exemplu, factorii de corecție din cadrul subsistemului), fie prin introducerea (amânarea) interacțiunii la următorul interval de calcul. Repetarea poate varia de la o singură repetare la o iterație completă.

Notă: De exemplu, dacă este deschisă o fereastră pentru a spori răcirea naturală și acest lucru are un impact puternic asupra bilanțului termic, cu efect de răcire prea mare, atunci se va considera închiderea fereastrei în următoarea oră.

f) Se calculează producția de energie electrică la fața locului a sistemelor cu panouri fotovoltaice, eoliene și de cogenerare în conformitate cu standardele PEC, modulul M11-8.

g) se calculează componenetele energiei primite din exterior și a celei exportate pentru fiecare interval de calcul.

h) Se calculează energia primară primită din exterior sau cea furnizată în exterior, pentru fiecare interval de calcul, ținându-se cont și specificând dacă în performanța energetică a clădirii este inclusă și energia exportată sau nu.

i) Se însumează rezultatele fiecărui pas din procedura de calcul și se obține performanța energetică pentru perioada de calcul considerată.

j) Se calculează energia furnizată din exterior sau ponderată pentru fiecare utilitate sau pentru fiecare parte a clădirii, în conformitate cu Anexa E din standardul SR EN ISO 52000-1.

k) Se calculează indicatori parțiali de performanță (de exemplu: randamente/eficiențe ale subsistemelor, factorii de încărcare, contribuția sistemelor solare termice).

l) Se întocmește un raport tehnic.

5.4.3.3. Principii de calcul al aporturilor și al pierderilor recuperate

Interacțiunile dintre diversele utilități (cum ar fi încălzire, răcire și iluminat) sunt luate în considerare prin calculul aporturilor și al pierderilor termice recuperabile care pot avea un impact pozitiv sau negativ asupra performanței energetice a clădirii.

Inițial se determină necesarul de energie pentru încălzire și/sau răcire al clădirii. Aporturile de căldură și pierderile termice recuperabile specifice (aporturi solare de căldură, aporturi de căldură de la persoane etc.) care sunt incluse în necesarul de energie al clădirii sunt date, pentru fiecare categorie de clădire și de spațiu, la articolele relevante din standarde care fac referire la modulul PEC M1-6.

Două abordări sunt permise pentru a se ține seama de celelalte pierderi termice recuperabile (cum ar fi căldură disipată de ventilatoare, pierderi termice ale conductelor de încălzire sau răcire, căldura disipată de corpurile de iluminat) care nu sunt incluse inițial în necesarul de energie al clădirii: o abordare detaliată și o abordare simplificată.

Abordare detaliată

În abordarea detaliată totalitatea efectelor pierderilor și surselor de căldură din clădire și pierderile termice ale instalațiilor aferente clădirii, care sunt recuperabile pentru climatizarea spațiilor, sunt considerate în calculul necesarului de energie termică.

Pierderile energetice ale instalațiilor aferente clădirii depind de necesarul de energie al clădirii, care depinde la rândul său de pierderile de energie recuperate ale instalațiilor. Pentru calcul, se consideră că pierderile pot fi recuperate fie instantaneu (pe durata aceluiași interval de calcul), fie cu o întârziere (pe durata următorului interval de calcul).

Se utilizează următoarea procedură pentru a ține seama de pierderile energetice recuperabile în următorul interval de calcul:

a) Se iau pierderile termice recuperabile ale instalațiilor din intervalul de calcul precedent și se adună cu alte surse de căldură (de exemplu aporturi solare și interne de căldură, pierderi termice recuperabile de la instalația de iluminat și/sau de la alte sisteme tehnice din clădire cum ar fi instalația de preparare a apei calde de consum) în calculul necesarului de energie pentru încălzire și al celui pentru răcire;

b) Se calculează necesarul de energie pentru încălzire și cel pentru răcire;

c) Se realizează un calcul de subsistem conform modulelor M3–M7 și se determină pierderile termice recuperabile ale instalațiilor;

d) Se stochează pierderile termice recuperabile ale instalațiilor pentru următorul interval de calcul.

Nota 1: Dacă pierderile termice recuperabile sunt mari în comparație cu necesarul de energie, 'următorul interval de calcul' poate duce la instabilitatea calculului (valori de ieșire oscilante).

Pentru ambele abordări pierderile energetice recuperabile pot fi determinate din rezultatele calculului după cum urmează:

a) Se realizează un calcul anual conform uneia din cele două metode cu pierderi recuperabile;
b) Se realizează un calcul anual conform uneia din cele două metode fără pierderi recuperabile.

Diferența dintre cele două calcule reprezintă pierderile energetice recuperate ale instalațiilor.

Nota 2: Pierderile energetice recuperate pot fi negative, de exemplu în cazul pierderilor de energie care conduc la un necesar de energie pentru răcire a spațiilor mai mare, utilizând abordarea simplificată.

Abordare simplificată
În abordarea simplificată pierderile energetice recuperate ale instalațiilor, obținute prin înmulțirea pierderilor termice recuperabile ale instalațiilor cu un factor de recuperare, sunt scăzute direct din pierderea energetică a fiecărui (sub)sistem tehnic considerat. Astfel se evită iterațiile.

Procedura de calcul este următoarea:
- se efectuează calculele pentru fiecare subsistem conform standardelor relevante din modulele PEC de la M3 până la M10 și se determină pierderile de energie recuperabile ale instalațiilor;
- se calculează pierderile energetice recuperate ale instalațiilor prin înmulțirea pierderilor termice recuperabile ale instalațiilor cu un factor de recuperare convențional;
- se scad pierderile energetice recuperate ale instalațiilor
    - din pierderile energetice totale ale sistemului tehnic de instalații (utilitate), dacă pierderile sunt recuperate pentru același sistem de instalații (utilitate) al clădirii;
    - din necesarul de energie, dacă pierderile sunt recuperate pentru un sistem tehnic de instalații (utilitate) diferit al clădirii (de exemplu, pierderile termice ale instalației de preparare a apei clade de consum recuperate pentru sistemul de încălzire).

Nota 1: Factorii de recuperare se calculează conform factorului lunar al bilanțului termic din M2–2.
Nota 2: Pentru instalații complexe este de preferat o abordare detaliată.
Nota 3 : Recuperarea de căldură în instalații (de exemplu preîncălzirea aerului necesar arderii, sau recuperarea căldurii din aerul evacuat) este tratată în standardele relevante pentru instalații din modulele PEC de la M3 până la M8.

5.4.3.4. Efectul automatizării și reglării instalațiilor aferente clădirii (BAC) și al managementului tehnic al clădirii (TBM)
Sunt luate în considerare trei caracteristici:
- precizia reglării (utilizată în principal în modulele de emisie încălzire/răcire și reglare M3-5, M4-5, M5-5);
- funcționalitățile BAC (utilizate în principal în modulele de la M3-5 până la M3-9, de la M4-5 până la M4-9, de la M5-5 până la M5-9, M9-5, M9-9);
- strategiile BAC (utilizate în principal pentru M10-12).

Contribuția fiecărei funcționalități BAC este luată în considerare prin una din următoarele cinci abordări: abordare de timp; abordare de fixare a unei valori; abordare directă; abordare de mod de funcționare; și abordare de coeficient de corecție.

Notă: Aplicarea uneia dintre primele două abordări — abordarea de timp și abordarea de fixare a unei valori – conduce, în general, la o modificare a programelor de timp și a valorilor fixate, ambele tratate în modulul care definește profilul utilizatorului (M1–6 Gradul de ocupare al clădirii și condiții de funcționare). Această modificare este realizată în cazul de calcul a) al procedurii de calcul globale. Aplicarea celorlalte trei abordări— abordarea directă, abordarea modului de funcționare și abordarea factorului de corecție — afectează în principal calculul la intervalele de calcul, adică cazul de calcul e). Ar putea de asemenea să fie necesare câteva calcule preliminare în pașii de calcul a) până la d).

5.4.3.5. Performanță energetică globală

i. Generalități

Relația generală (5.1) este utilizată pentru a calcula performanța energetică a unui obiect evaluat.

În cele ce urmează sunt stabiliți parametrii necesari pentru acest calcul (energia primită din exterior ponderată și/sau energia furnizată în exterior):
- pentru energia electrică și pentru alți agenți energetici care se exportă, se utilizează parametrii $E_{we;del;el;an}$ și $E_{we;exp;el;an}$.
- pentru alți agenți energetici care nu se exportă, se utilizează parametrul $E_{we;del;nexp;an}$.

ii. Energia electrică și alți vectori energetici cu export în exterior

iii. Bilanțul energetic

Bilanțul energetic ponderat ține seama separat de următoarele părți ale energiei electrice produse la fața locului, $E_{pr;el}$:

a) $E_{pr;el;used;EPus}$ care este consumată pentru utilități PEC ale clădirii la același interval de calcul t;
b) $E_{exp;el;used;nEPus}$ care este exportată și consumată pentru utilități non-PEC ale clădirii la același interval de calcul t;
c) $E_{exp;el;grid}$ care este exportată și nu va fi consumată niciodată pentru utilități ale clădirii (doar exportată).

Nota 1: $E_{exp;el;used;nEPus}$ este luată în considerare doar dacă consumul de energie electrică la fața locului pentru consumuri non-PEC a fost definit și inclus în calcul (de exemplu doar dacă $E_{nEPus;el}$ este definit și $\neq 0$, lucru care este o opțiune).

Diagrama de referință a bilanțului de energie electrică este prezentată în *figura 5.6.*

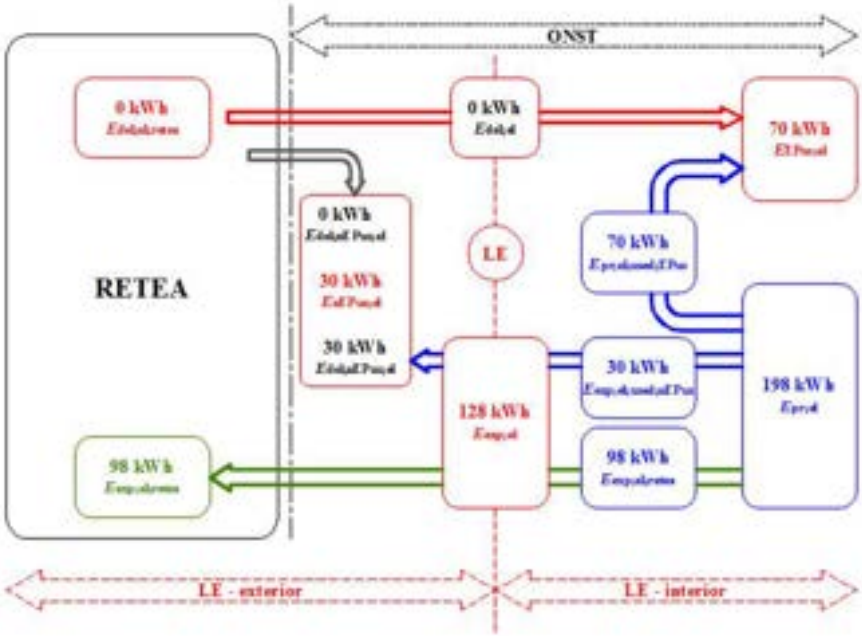


Figura 5.6 Diagramă de referință pentru bilanțul energetic (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Legendă

LE	limite/contur pentru evaluare;
LE – interior	interiorul limitelor/conturului pentru evaluare;
LE – exterior	exteriorul limitelor/conturului pentru evaluare;
RETEA	rețea electrică publică;
$E_{pr,el,t}$	energie electrică produsă la fața locului și în interiorul conturului pentru evaluare în intervalul de calcul *t;*
$E_{EPus,el,t}$	energie electrică produsă de instalațiile aferente clădirii pentru utilități PEC în intervalul de calcul *t;*
$E_{nEPus,el,t}$	energie electrică consumată în clădire pentru utilități non-PEC în intervalul de calcul *t;*
$E_{pr,el,used,EPus,t}$	parte a energiei electrice produse Epr,el,t consumată de instalațiile aferente clădirii pentru utilități PEC în intervalul de calcul *t*; valoarea sa este cea minimă dintre Epr,el,t și EEPus,el,t ;
$E_{exp,el,t}$	parte a energiei electrice produse Epr,el,t ca și surplus față de cea consumată de instalațiile aferente clădirii pentru utilități PEC în intervalul de calcul *t*; Eexp,el,t iese prin conturul pentru evaluare pe durata intervalului de calcul *t;*
$E_{exp,el,used,nEPus,t}$	partea a energiei electrice exportate Eexp,el,t care este consumată pentru utilități non-PEC în intervalul de calcul *t;*
$E_{del,el,t}$	energie electrică primită de la rețeaua electrică publică pe durata intervalului de calcul *t;*
$E_{exp,el,grid,t}$	energie electrică care este exportată în rețeaua electrică publică;
$E_{del,el,grid,t}$	energie electrică primită din rețeaua electrică publică în intervalul de calcul *t.*

Nota 2: Pentru simplificare, energia primită din exterior necesară pentru a genera $E_{pr;el}$ nu este prezentată în *figura 5.9*. Contribuția la performanța energetică a energiei generate, $E_{pr;el;t}$, este luată în considerare în

calculul pentru agentul energetic consumat pentru a produce $E_{pr;el;t}$ (radiație solară, combustibil pentru cogenerator etc.).
Nota 3: Simultaneitatea parametrilor $E_{pr;el}$ și $E_{EPus;el}$ este mai bine evidențiată cu intervale de calcul orare. Pentru intervale lunare nu se ține seama de diferența, de exemplu, dintre producția din timpul zilei și consumul de energie electrică din timpul nopții.

Contribuția la performanța energetică anuală ponderată a energiei primite din exterior $E_{we;del;el;an}$ este dată de relația:

$$E_{we;del;el;an} = \sum_t E_{del;el;t} \cdot f_{we;del;el;t} \quad (5.18)$$

în care:

$E_{del;el;t}$ este energia electrică furnizată din exterior în fiecare interval de calcul t.

$f_{we;del;el;t}$ este factorul de ponderare variabil în timp al energiei electrice primite din exterior.

Contribuția energiei electrice exportate la performanța energetică anuală ponderată $E_{we;exp;el;an}$ este dată de relația:

$$E_{we;exp;el;an} = E_{we;exp;el;an;A} + k_{exp} \cdot \sum_i E_{we;exp;el;an;AB} \quad (5.19)$$

în care:

$E_{we;exp;el;an;A}$ este energia electrică exportată ponderată calculată utilizând factori care să reflecte resursele consumate pentru a produce energia exportată în exterior, incluzând doar tipurile de surse care sunt acceptate;

$E_{we;exp;el;an;AB}$ este diferența dintre energia exportată ponderată calculată utilizând factori care să reflecte resursele economisite din afara amplasamentului clădirii și energia exportată în exterior ponderată care să reflecte resursele consumate pentru a produce energia exportată;

k_{exp} este un factor care este utilizat pentru a controla care parte din energia exportată este utilizată în performanța energetică a clădirii.

Nota 4: Dacă k_{exp} este ales a fi egal cu 0, energia exportată (nici resursele consumate pentru producere, nici resursele economisite în rețeaua publică) nu este inclusă în performanța energetică a clădirii.
Nota 5: Surse de energie aflate în apropiere sau în apropiere și la distanță sunt incluse sau nu, în funcție de opțiunea făcută. Indicele y (onst, nrby, dist) a fost omis din formule în acest caz.

Energia electrică disponibilă pentru a fi consumată în afara clădirii $E_{exp;el;avl;an}$ care nu a fost luată în calcul în performanța energetică a clădirii este dată de relația:

$$E_{exp;el;avl;an} = E_{exp;el;an;A} \cdot \left(1 - k_{exp}\right) \quad (5.20)$$

Valoarea resurselor de energie ponderate (regenerabile și/sau neregenerabile) care au fost consumate pentru a face această energie disponibilă pentru consum în afara clădirii $E_{we;exp;el;avl;an}$ (și care nu au fost luate în calcul în performanța energetică a clădirii) este dată de relația:

$$E_{we;exp;el;avl;an} = E_{we;exp;el;an;A} \cdot \left(1 - k_{exp}\right) \quad (5.21)$$

Această parte a energiei exportate ponderate nu este parte din performanța energetică a clădirii și poate fi raportată ca fiind disponibilă în afara clădirii. Dar deoarece resursele consumate pentru a

se produce această energie electrică exportată pot conține o pondere energetică neregenerabilă, aceste resurse consumate (regenerabile și/sau neregenerabile) trebuie de asemenea să fie raportate.

iv. Energie exportată, utilizând factori care să reflecte producerea de energie exportată (Cazul "A")

Energia exportată ponderată $E_{we;exp;el;an;A}$ calculată utilizând factori care să reflecte resursele consumate pentru a se genera energia exportată este dată de relația:

$$E_{we;\,exp;\,el;\,an;\,A} = E_{we;\,exp;\,el;\,used;\,nEPus;\,an;\,A} + E_{we;\,exp;\,el;\,grid;\,an;\,A} \qquad (5.22)$$

Contribuția la energia anuală exportată ponderată a energiei electrice care este consumată pentru utilități non-PEC ale clădirii în clădire, $E_{we,exp,el,used,nEPus,an;A}$, este dată de relația:

$$E_{we;\,exp;\,el;\,used;\,nEPus;\,an;\,A} = \sum_t E_{exp;\,el;\,used;\,nEPus;\,t} \cdot f_{we;\,exp;\,el;\,stepA;\,t} \qquad (5.23)$$

în care:

$E_{exp;el;used;nEPus;t}$ este energia electrică ce este consumată pentru consumuri non-PEC în utilitățile clădirii, în fiecare interval de calcul t;

$f_{we;exp;el;stepA;t}$ este factorul de ponderare variabil în timp pentru energia electrică exportată care face referire la resursele consumate pentru a o produce.

Contribuția la energia anuală exportată ponderată a energiei electrice exportate de rețeaua publică $E_{we,exp,el,grid,an}$ este dată de relația:

$$E_{we;exp;el;grid;an;A} = \sum_t E_{exp;el;grid;t} \cdot f_{we;exp;el;stepA;t} \qquad (5.24)$$

în care:

$E_{exp;el;grid;t}$ este energia electrică exportată în rețeaua publică în fiecare interval de calcul t.

NOTĂ: Aceste contribuții la performanța energetică ponderată a componentelor energiei exportate sunt egale cu energia primită din exterior pentru a le genera. De aceea, acestea pot anula partea corespunzătoare a energiei primite din exterior ponderate și performanța energetică rezultată nu include efectul energiei exportate.

v. Efectul energiei exportate asupra performanței energetic ponderate ("Pas B")

Efectul asupra performanței energetice al diferenței dintre resursele utilizate pentru a se produce energia electrică exportată și resursele economisite datorită energiei exportate, $E_{we;exp:el;an;AB}$, este dată de relația:

$$E_{we;exp;el;an;AB} = E_{we;exp;el;used;nEPus;an;AB} + E_{we;exp;el;grid;an;AB} \qquad (5.25)$$

Contribuția energiei electrice care este utilizată pentru utilități non-PEC ale clădirii în clădire, $E_{we,exp,el,used,nEPus;an;AB}$, este dată de relația:

$$E_{we;\,exp;\,el;\,used;\,nEPus;\,an;\,AB} = \sum_t \left(E_{exp;\,el;\,used;\,nEPus,\,t} \cdot \left(f_{we;\,exp;\,el;\,used;\,nEPus,\,t} - f_{we;\,exp;\,el;\,stepA,\,t} \right) \right) \qquad (5.26)$$

în care:

$f_{we;exp;el;used;nEPus,t}$ este factorul de ponderare variabil în timp pentru energia electrică exportată pentru consumuri non-PEC în clădire.

Contribuția energiei electrice exportate în rețeaua publică, $E_{we;exp;el;grid;an;AB}$, este dată de relația:

$$E_{\text{we; exp; el; grid; an; AB}} = \sum_{t} \left(E_{\text{exp; el; grid, t}} \cdot \left(f_{\text{we; exp; el; grid, t}} - f_{\text{we; exp; el; stepA, t}} \right) \right) \quad (5.27)$$

în care:

$f_{we;exp;el;grid;t}$ este factorul de ponderare variabil în timp al energiei electrice exportate în rețeaua publică.

Procedura de calcul a componentelor energiei electrice primite din exterior și exportate în exterior

Energia electrică primită din exterior și exportată în exterior și componentele acestora sunt calculate conform următoarei proceduri:

a) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează consumurile de energie electrică pentru utilitățile PEC de clădire considerate, $E_{EPus;el;t}$, (de exemplu, suma energiilor consumate la generator (generatoare) și a consumurilor de energie electrică auxiliară) conform relației:

$$E_{\text{EPus; el; t}} = \sum_{X,i} E_{\text{X: gen, i; in; el; t}} + \sum_{X,Y} W_{\text{X,Y;aux;t}} \quad (5.28)$$

în care:

$E_{X,gen,i,in,el,t}$ este energia electrică consumată la generatorul i pentru utilitatea X (sau combinația de utilități) a (ale) clădirii pe durata intervalului de calcul t;

$W_{X;Y;aux;t}$ este consumul de energie electrică auxiliară la subsistemul Y pentru utilitatea X (sau combinația de utilități) a (ale) clădirii pe durata intervalului de calcul t.

Consumurile de energie electrică care nu pot fi satisfăcute de producția de energie la fața locului sunt specificate.

Consumurile de energie electrică care nu pot fi satisfăcute prin producția de energie electrică la fața locului sunt scăzute din consumurile de energie electrică pentru a se calcula energia exportată și sunt acoperite de energia electrică primită din exterior.

NOTA 1: Posibilitatea de a limita energia exportată în exterior (de exemplu prin k_{exp}) este încă valabilă.

b) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează consumurile de energie electrică pentru utilități non-PEC ale clădirii, pe durata intervalului de calcul t conform standardelor relevante.

c) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează energia electrică produsă la fața locului, $E_{pr,el,t}$, conform relației:

$$E_{\text{pr; el; t}} = \sum_{j} E_{\text{pr: el; j; t}} \quad (5.29)$$

în care:

$E_{pr;el,j;t}$ este energia electrică produsă la fața locului de către subsistemul j (de exemplu producerea combinată a căldurii și a energiei electrice, energie produsă cu panouri fotovoltaice sau energie eoliană) pe durata intervalului de calcul.

d) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează energia electrică produsă utilizată pentru utilități PEC ale clădirii în același interval de calcul, $E_{pr,el,used,EPus,t}$, cu relația:

$$E_{pr;el;used;EPus;t} = f_{match;t} \cdot \min\left(E_{EPus;el;t}; E_{pr;el;t}\right) \quad (5.30)$$

în care:

$f_{match,t}$ este un factor de reducere statistică care ține seama de diferența de timp dintre producerea și consumul de energie electrică.

Pentru un interval de calcul orar se presupune că $f_{match} = 1$.

Pentru alți pași de timp, f_{match} este dat de relația:

$$f_{match;t} = f\left(\frac{E_{pr;el;t}}{E_{EPus;el;t}}\right) \quad (5.31)$$

Funcția depinde de durata intervalului de timp și ține seama de tipul și modul de exploatare a clădirii.

e) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează energia electrică exportată, $E_{exp,el,t}$, cu relația.

$$E_{exp;el;t} = E_{pr;el;t} - E_{pr;el;used;EPus;t} \quad (5.32)$$

f) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează energia electrică exportată consumată pentru utilități non-PEC ale clădirii, $E_{exp;el;used;nEPus;t}$, cu relația:

$$E_{exp;el;used;nEPus;t} = \min\left(E_{nEPus;el;t}; E_{exp;el;t}\right) \quad (5.33)$$

în care:

$E_{nEPus;el;t}$ este energia electrică consumată în clădire pentru utilități non-PEC.

Nota 2: Utilitățile non-PEC nu sunt luate în considerare în performanța energetică a clădirii dacă sunt stabilite a fi egale cu zero ($E_{nEPus;el;t} = 0$).

g) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează energia exportată către rețeaua publică, $E_{exp;el;grid;t}$, pe durata intervalului de calcul t cu relația:

$$E_{exp;el;grid;t} = E_{exp;el;t} - E_{exp;el;used;nEPus;t} \quad (5.34)$$

Se calculează energia electrică anuală exportată în rețeaua publică, $E_{exp;el;grid;an}$, cu relația:

$$E_{exp;el;grid;an} = \sum_t E_{exp;el;grid;t} \quad (5.35)$$

h) Pentru fiecare interval de calcul t, se calculează energia electrică primită din exterior $E_{del;el;t}$ cu relația:

$$E_{del;el;t} = E_{EPus;el;t} - E_{pr;el;used;EPus;t} \quad (5.36)$$

Se calculează energia electrică anuală primită din exterior pentru utilități PEC, $E_{del;el;an}$, conform relației:

$$E_{del;el;an} = \sum_t E_{del;el;t} \quad (5.37)$$

Vectori energetici care nu se exportă în exterior

Energia anuală ponderată primită din exterior, $E_{we;del;nexp;an}$ pentru toți agenții energetici *cr,i* care nu se exportă este calculată conform relației:

$$E_{we;del;nexp;an} = \sum_{t}\left(\sum_{j}\left(E_{del;cr,j,t} \cdot f_{we;del;cr,j,t}\right)\right) \quad (5.38)$$

în care:

$f_{we;del;cr,j,t}$ este factorul de ponderare (variabil în timp) pentru agentul energetic primit din exterior *cr, j*;

$E_{del;cr,j,t}$ este energia furnizată de agentul energetic *cr*, *j*, agent primit din exterior, pe durata cazului de timp de calcul *t*.

Energia furnizată de agentul energetic *cr, j*, agent primit din exterior, pe durata cazului de timp de calcul *t,* $E_{del;cr,j,t}$, este dată de relația:

$$E_{del;cr,j,t} = \sum_{X,i} E_{X;gen,i;in;cr,j;t} \quad (5.39)$$

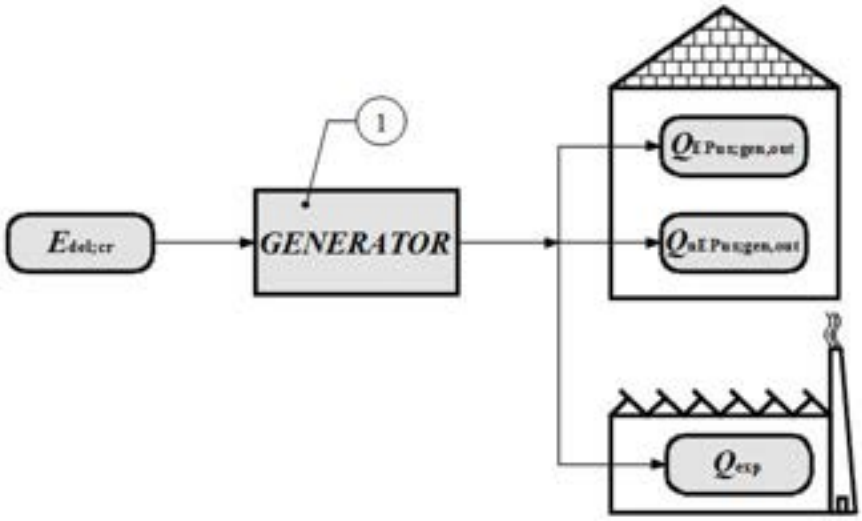
în care:

$E_{X;gen,i;in;cr,j;t}$ este energia furnizată de agentul energetic *cr*, *j,* la orice generator *i* pentru oricare utilitate *X*.

Dacă este exportat și un agent energetic non-electric, trebuie să se folosească formulele din subcap. 5.5.6.6.2.

Căldura exportată produsă la fața locului și neinclusă în consumul termic al clădirii

Efectul unui consum termic non-PEC sau al exportului de energie termică este exclus din calculul de performanță energetică (*figura 5.7*) cu procedura care urmează.



Legendă

1 generator

Figura 5.7 Diagramă de referință pentru exportul de energie termică (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Pentru fiecare agent energetic sau consum de energie la generator (sau la setul de generatoare), $E_{del;cr,i}$, în (kWh), care generează căldură pentru alte consumuri decât utilitățile considerate din clădire:

- se calculează aportul de energie la generator (generatoare), $E_{del;cr}$, ținându-se seama de toate sarcinile $Q_{EPus;gen;out}$, $Q_{nEPus;gen;out}$ și Q_{exp}, în care:
  - $Q_{EPus;gen;out}$ este căldura produsă pentru utilitățile PEC considerate, la fața locului, ale clădirii, considerate la fața locului;
  - $Q_{nEPus;gen;out}$ este căldură produsă pentru alte consumuri la fața locului decât utilitățile PEC ale clădirii;
  - Q_{exp} este căldură exportată în exterior.

Exemplu: Utilitate non-PEC, considerată la fața locului: încălzirea piscinei cu același generator utilizat la încălzire.

- se calculează cota fiecărui agent energetic, $E_{del;cr,i;H}$, (în kWh), de care să se țină seama în calculul PEC cu relația:

$$E_{del;cr,i;EP} = E_{del;cr,i} \frac{Q_{EPus;gen;out} + Q_{nEPus;gen;out}}{Q_{EPus;gen;out} + Q_{nEPus;gen;out} + Q_{exp}} \quad (5.40)$$

Dacă un echipament de generare comun produce energie electrică la fața locului (sau alt agent energetic cum ar fi biogazul), trebuie să se facă alocarea pentru sistemele tehnice care utilizează energia produsă la fața locului:

- conform criteriilor, cu opțiuni implicite în Anexa B, SR EN ISO 52000-1:
  - consum de energie electrică;
  - zonă deservită;
  - alte criterii;
- cu o prioritate specificată, cu opțiuni implicite în Anexa B, SR EN ISO 52000-1:
  - se calculează prima dată interacțiunea globală cu rețeaua publică, apoi se alocă energia electrică produsă la fața locului și energia electrică consumată (sau alt agent energetic);
  - prima dată se alocă energia electrică produsă la fața locului și energia electrică consumată (sau alt agent energetic), apoi se calculează interacțiunea rețelei publice cu sistemele tehnice individuale.

Notă: A se vedea Anexa G, SR EN ISO 52000-1 , pentru o procedură de calcul informativă.

5.4.3.6. Date de ieșire (sursa - SR EN ISO 52000-1)

i. Generalități

Acest subcapitol definește conținutul unui raport de evaluare a consumului de energie al unui obiect evaluat conform standardului SR EN ISO 52000-1.

Nota 1: Informații despre Clădiri cu Consum de Energie Aproape Egal cu Zero (NZEB) sunt furnizate în Anexa H, SR EN ISO 52000-1 .

Nota 2: Conținutul unui raport de calcul care are ca scop înțelegerea calculului realizat. Aceasta nu este o cerință pentru orice raport CPE sau pentru o aplicație pentru o autorizație de construcție.

Raportul de evaluare a consumului de energie trebuie să includă următoarele informații:

- o referință către metodologia de determinare a performanței energetice;
- scopul evaluării performanței energetice;

— descrierea clădirii și a amplasamentului acesteia, activitățile desfășurate în interiorul acesteia, echipamentele instalate și gradul de ocupare;
— tipul de evaluare a performanței energetice.

Cel puțin următoarele informații trebuie să fie incluse:

Parametrii climatici utilizați pentru performanța energetică calculată. Pentru performanța energetică măsurată trebuie cunoscute valorile medii orare măsurate ale temperaturii exterioare, intensității radiației solare etc.

Date de intrare pentru performanța energetică calculată:
— conținutul raportului conform standardelor PEC relevante;
— ipoteze utilizate pentru a se calcula consumul energetic pentru prepararea apei calde de consum și iluminat.

Date de ieșire pentru performanța energetică calculată:
— necesarul de energie pentru încălzire, răcire, ventilare, preparare apă caldă de consum și iluminat;
— necesarul lunar (la metoda lunară) de energie pentru încălzire și răcire, temperatura interioară și temperaturile exterioare medii lunare și radiația solară globală pe un plan orizontal, transferul termic prin transmisie și ventilare și aporturile solare și interne de căldură.

Nota: A se vedea de asemenea SR CEN ISO/TR 52000-2 , pentru mai multe exemple pentru a obține o înțelegere a impactului relativ al unor diverse elemente în performanța energetică.

Performanța energetică măsurată, pentru fiecare agent energetic:
— perioada de timp considerată;
— metoda utilizată pentru a se evalua consumul de energie;
— metodele utilizate pentru extrapolare și corecție pentru climă, dacă este cazul;
— energia primită din exterior și energia exportată pentru fiecare agent energetic în (kWh);

Performanță energetică validată:
— raportul performanței energetice măsurate cu intervale de încredere;
— ipotezele utilizate pentru a ajusta performanța energetică adaptată la performanța energetică măsurată;
— performanța energetică calculată, inclusiv intervalele de încredere;
— performanța energetică calculată standard validată, inclusiv intervalele de încredere.

ii. Prezentarea generală tabelară a cantităților de energie pe vector energetic și utilitate energetică

Tablul 5.22 furnizează o prezentare generală a performanței energetice globale și componența pe agent energetic și utilitate energetică. Se prezintă toate datele de ieșire posibile, dar acest lucru nu înseamnă că toate acestea ar trebui să fie relevante și disponibile pentru orice clădire.

De asemenea s-au inclus în tabel necesarul energetic pentru încălzire și cel pentru răcire, precum și energia regenerabilă produsă la fața locului.

Tabelul trebuie să fie completat în cazul performanței energetice calculate. În cazul performanței energetice măsurate doar informațiile disponibile trebuie să se raporteze.

Pentru a se obține aceste valori, acolo unde este relevant, valorile trebuie să fie însumate pe zone și sisteme de calcul sau măsurare.

NOTĂ: A se vedea exemplul rezolvat din SR CEN ISO/TR 52000-2.

Raportul poate include tabele cu indicatori complementari cum ar fi:

- contribuțiile sistemelor solar termice active, încălzirii naturale, răcirii naturale și alte tehnici speciale pentru performanța energetică a clădirii;
- producția de energia regenerabilă la fața locului;
- contribuția energiei regenerabile produse în apropiere sau la distanță.

Tabelul 5.22 prezintă evaluarea detaliată a energiei exportate conform alegerii parametrului k_{exp}.

Tabelul 5.23 prezintă compoziția detaliată a RER în funcție de opțiunile de contabilizare a energiei provenite din surse regenerabile. Poate fi utilizat pentru a arăta care componente ale energiei provenite din surse regenerabile au fost luate în considerare în determinarea valorii RER.

Tabelul 5.21 Prezentare generală a performanței energetice totale și a compoziției pe vector energetic și utilitate a clădirii (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Utilitate	**Necesar energie (la nivel de clădire) (kWh/an)**	**Producție de energie (la nivel de clădire) (kWh/an)**	**Consum de energie pe agent energetic (kWh/an)**		**Performanță energetică ponderată (Unitate de măsură [a]/an)**					
			Vector		**Cazul A**			**Rezultat final**		
			Denumire	**Cantitate**	$E_{we,1;A}$ [c]	… [c]	$E_{we,i;A}$ [c]	$E_{we,1}$ [c]	… [c]	$E_{we,i}$ [c]
Încălzire	$Q_{H;nd}$	$Q_{H;gen;out}$ sau $Q_{H;ngen;in}$	Energie electrică [d]	$E_{H;el}$	$E_{we,1;H;el;A}$		$E_{we,i;H;el;A}$	$E_{we,1;H;el}$		$E_{we,i;H;el}$
			Agent energetic *j* [b]	$E_{H;cr,i}$	$E_{we,1;H;cr,j;A}$		$E_{we,i;H;cr,j;A}$	$E_{we,1;H;cr,j}$		$E_{we,i;H;cr,j}$
			Total		$E_{we,1;H;A}$		$E_{we,i;H;A}$	$E_{we,1;H}$		$E_{we,i;H}$
Răcire	$Q_{C;nd}$	$Q_{C;gen;out}$ sau $Q_{C;ngen;in}$	Energie electrică [d]	$E_{C;el}$	$E_{we,1;C;el;A}$		$E_{we,i;C;el;A}$	$E_{we,1;C;el}$		$E_{we,i;C;el}$
			Agent energetic *j* [b]	$E_{C;cr,i}$	$E_{we,1;C;cr,j;A}$		$E_{we,i;C;cr,j;A}$	$E_{we,1;C;cr,j}$		$E_{we,i;C;cr,j}$
			Total		$E_{we,1;C;A}$		$E_{we,i;C;A}$	$E_{we,1;C}$		$E_{we,i;C}$
Ventilare			Energie electrică [d]	$E_{V;el}$	$E_{we,1;V;el;A}$		$E_{we,i;V;el;A}$	$E_{we,1;V}$		$E_{we,i;V}$
Umidifi-care	$Q_{HUM;nd}$		Energie electrică [d]	$E_{HUM;el}$	$E_{we,1;HUM;el;A}$		$E_{we,i;HUM;el;A}$	$E_{we,1;HUM;el}$		$E_{we,i;HUM;el}$
			Agent energetic *j* [b]	$E_{HUM;cr,i}$	$E_{we,1;HUM;cr,j;A}$		$E_{we,i;HUM;cr,j;A}$	$E_{we,1;HUM;cr,j}$		$E_{we,i;HUM;cr,j}$
			Total		$E_{we,1;HUM;A}$		$E_{we,i;HUM;A}$	$E_{we,1;HUM}$		$E_{we,i;HUM}$
Dezumi-dificare	$Q_{DHU;nd}$			[f]	[f]	[f]	[f]	[f]	[f]	[f]
Preparare apă caldă de consum	$Q_{W;nd}$	$Q_{W;gen;out}$ sau $Q_{W;ngen;in}$	Energie electrică [d]	$E_{W;el}$	$E_{we,1;W;el;A}$		$E_{we,i;W;el;A}$	$E_{we,1;W;el}$		$E_{we,i;W;el}$
			Agent energetic *j* [b]	$E_{W;cr,i}$	$E_{we,1;W;cr,j;A}$		$E_{we,i;W;cr,j;A}$	$E_{we,1;W;cr,j}$		$E_{we,i;W;cr,j}$
			Total		$E_{we,1;W;A}$		$E_{we,i;W;A}$	$E_{we,1;W}$		$E_{we,i;W}$
Iluminat			Energie electrică [d]	$E_{L;el}$	$E_{we,1;L;A}$		$E_{we,i;L;A}$	$E_{we,1;L}$		$E_{we,i;L}$
Altele			Energie electrică [d]	$E_{O;el}$	$E_{we,1;O;el;A}$		$E_{we,i;O;el;A}$	$E_{we,1;O;el}$		$E_{we,i;O;el}$
			Agent energetic *j* [b]	$E_{O;cr,i}$	$E_{we,1;O;cr,j;A}$		$E_{we,i;O;cr,j;A}$	$E_{we,1;O;cr,j}$		$E_{we,i;O;cr,j}$
			Total		$E_{we,1;O;A}$		$E_{we,i;O;A}$	$E_{we,1;O}$		$E_{we,i;O}$
Total					$E_{we,1;A}$		$E_{we,i;A}$			
				[g]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]
Energie exportată			Energie electrică [d]	$E_{exp;el}$	$E_{we,1;exp;el;A}$		$E_{we,i;exp;el;A}$	$E_{we,1;exp;el}$		$E_{we,i;exp;el}$
			Vector *k*	$E_{exp;cr,k}$	$E_{we,1;exp;cr,k;A}$		$E_{we,i;exp;cr,k;A}$	$E_{we,1;exp;cr,k}$		$E_{we,i;exp;cr,k}$
Total								$E_{we,1}$		$E_{we,i}$

[a] Unitatea de măsură pentru energia ponderată primară, kWh.
[b] Oricare agent energetic este prezent.
[c] Număr de coloane în funcție de ponderea (ponderile) selectată (selectate).

	În cazul energiei primare trebuie furnizate trei coloane: Pnren, Pren and Ptot. [d] Inclusiv energia auxiliară, $W_{X;aux}$. [e] (Gol) [f] Inclusă în încălzire și răcire (C). [g] Energie exportată. [h] Resurse atribuite energiei exportate (sumă ponderată pe diverși vectori energetici dacă este relevant).

Același tabel poate fi completat cu fiecare valoare împărțită prin valoarea E_{we} pentru a o obține o prezentare generală cantitativă a impactului relativ al elementelor individuale. Se obține o prezentare generală cantitativă a impactului relativ al elementelor individuale.

Tabelul 5.22 Prezentare generală a performanței energetice totale și a bilanțului energetic global pe vector energetic (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Bilanț energetic global	**Energie primită din exterior ponderată (Unitate de măsură [a]/an)**			**Surse de energie ponderate atribuite energiei exportate (Unitate de măsură [a]/an)**		**Energie exportată, nevalorificată în performanța energetică (Unitate de măsură [a]/an)**	
	Energie electrică	**Alți agenți energetici *cr,i* (însumați)**	**Total**	**Atribuite energiei electrice exportate în exterior**	**Atribuite energiei termice exportate în exterior**	**Energie electrică**	**Energie termică**
Cazul A, cu energie exportată nevalorificată	$E_{we;del;el}$	$\Sigma_{cr,i}(E_{we;del;cr,i})$	$E_{we;del;A}$	$E_{we;exp;el;A}$	$E_{we;exp;T;A}$	$E_{exp;el;A}$	$E_{exp;T;A}$
k_{exp}	k_{exp}	← Fracțiune din energia exportată în exterior valorificată în performanța energetică					
	Performanță energetică ponderată (Unitate de măsură [a]/an)			**Surse de energie ponderate atribuite energiei exportate (Unitate de măsură [a]/an)**		**Energie exportată (kWh/an)**	
	Energie electrică	**Alți agenți energetici *cr,i* (însumați)**	**Total**	**Atribuite energiei electrice exportate**	**Atribuite energiei termice exportate**	**Energie electrică**	**Energie termică**
Energie exportată valorificată în performanța energetică (k_{exp})				$E_{we;exp;el;AB}$	$E_{we;exp;T;AB}$	$E_{exp;el;AB}$	$E_{exp;T;AB}$

Pașii A+B: cu energia exportată valorificată	$E_{we;el}$	$\Sigma_{cr,i}(E_{we;cr,i})$	E_{we}				
				Surse de energie ponderate atribuite energiei exportate (Unitate de măsură [a]/an)		**Energie exportată (kWh/an)**	
Energia exportată disponibilă (nevalorificată în performanța energetică), (1 - k_{exp})				$E_{we;exp;el;avl}$	$E_{we;exp;T;avl}$	$E_{exp;el;avl}$	$E_{exp;T;avl}$
[a] Unitatea de măsură pentru energia ponderată, kWh.							

Tabelul 5.23 Contribuția energiei din surse regenerabile (sursa - SR EN ISO 52000-1)

Termeni bilanț energetic	**Incluși**	**Valoare (kWh/an)**
$E_{Pren,onst}$		
$E_{Pren,nrby}$		
$E_{Pren,dist}$		
$E_{Pren,RER}$		
E_{Ptot}		
RER		
NOTĂ: Se va ține seama de sursele de energie care sunt sau nu luate în considerare.		

CAPITOLUL 6. AUDITUL ENERGETIC

6.1. Obiective și domeniu de aplicare

Auditul energetic al unei clădiri are ca scop identificarea principalelor caracteristici termice şi energetice ale construcţiei şi ale instalaţiilor aferente acesteia şi stabilirea, din punct de vedere tehnic şi economic, a soluţiilor de renovare energetică a anvelopei şi/sau a instalaţiilor aferente acesteia, pe baza rezultatelor obţinute din activitatea de analiză termică şi energetică a clădirii.

Domeniu de aplicare

Clădirile sunt grupate în 2 mari clase, după cum urmează:

A. Clădiri de locuit (rezidențiale)

- clădiri de locuit individuale (case unifamiliale, cuplate sau înșiruite, tip duplex ş.a.)
- clădiri de locuit cu mai multe apartamente (blocuri de locuințe)
- cămine, internate

B. Clădiri nerezidențiale

- clădiri de birouri (sedii de firme, bănci etc.) și clădiri administrative (sediile de birouri ale autorităților centrale și locale, sedii de instituții etc.)
- clădiri de învăţământ (creşe, grădiniţe, şcoli, licee, universităţi)
- clădiri pentru sănătate (spitale, policlinici etc.)
- clădiri de turism (hoteluri şi restaurante, moteluri, pensiuni etc.)
- clădiri pentru activități sportive
- clădiri pentru servicii de comerț (magazine, spaţii comerciale, mall-uri, supermarketuri etc.)
- clădiri social-culturale (teatre, cinematografe, muzee, expoziții etc.)
- alte tipuri de clădiri consumatoare de energie (clădiri industriale sau unități de clădiri industriale cu personal uman utilizate în regim normal de exploatare, fără luarea în calculul energiei consumate de clădire/zona de clădire a consumurilor de energie ale echipamentelor tehnologice, pentru care se va ține însă cont de eventualele influențe asupra aporturilor de căldură, debite de aer pentru ventilare, clădiri care fac parte, conform prevederilor Legii nr. 372/2005, republicată, din categoria celor pentru care nu este obligatorie certificarea energetică, ș.a.).

Notă: Deși analiza termică și energetică se poate realiza pentru toate clădirile, certificatul de performanță energetică nu este obligatoriu pentru următoarele categorii de clădiri:

- clădiri şi monumente protejate care, fie fac parte din zone construite protejate conform legii, fie au valoare arhitecturală sau istorică deosebită, cărora dacă li se aplică cerinţele, li s-ar modifica în mod inacceptabil caracterul ori aspectul exterior;
- clădiri utilizate ca lăcaşuri de cult sau pentru alte activităţi cu caracter religios;
- clădiri provizorii prevăzute a fi utilizate pe perioade de până la 2 ani, din zone industriale, ateliere şi clădiri nerezidenţiale din domeniul agricol care necesită un consum redus de energie:
- clădiri rezidenţiale care sunt destinate a fi utilizate mai puţin de 4 luni pe an;
- clădiri independente, cu o arie utilă mai mică de 50 m²;

- clădiri cu regim special de exploatare.

Realizarea auditului energetic al unei clădiri presupune parcurgerea a patru etape:

1. investigarea clădirii și instalațiilor aferente și evaluarea performanţei energetice a clădirii în condiţii normate de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului clădire – instalaţii (încălzire, apă caldă de consum, ventilare, răcire, iluminat);
2. identificarea măsurilor de renovare energetică și propunerea unor pachete de soluții de renovare;
3. recalcularea consumurilor de energie, determinarea economiei de energie pentru pachetele de măsuri propuse, reîncadrarea în clasele energetice și analiza eficienței economice a soluțiilor de renovare;
4. întocmirea raportului și dosarului de audit energetic.

Schema logică de parcurs în realizarea auditului energetic este redată în Figura 6.4.

6.2. Evaluarea performanţei energetice a clădirii în condiţii normale de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului construcţie-instalaţii

Evaluarea performanţelor energetice ale unei clădiri se referă la determinarea nivelului de protecţie termică al clădirii şi a eficienţei energetice a instalaţiilor de încălzire, de ventilare/climatizare, de preparare a apei calde de consum şi de iluminat şi vizează în principal:

- investigarea preliminară a clădirii şi a instalaţiilor aferente;
- determinarea performanţelor energetice ale construcţiei şi ale instalaţiilor aferente acesteia, precum şi a consumului anual de energie al clădirii pentru încălzirea spaţiilor, ventilare/climatizare, prepararea apei calde de consum şi pentru iluminat;
- concluziile auditorului energetic asupra evaluării.

6.2.1. Investigarea preliminară a clădirilor

Investigarea preliminară a clădirilor se efectuează prin analizarea documentaţiei tehnice a clădirii (sau completarea acesteia, după caz) şi prin analiza stării actuale a construcţiei şi instalaţiilor aferente acesteia, constatată prin vizitarea clădirii. Investigarea preliminară a clădirilor se referă la aspectele detaliate în continuare.

6.2.1.1. Analiza elementelor caracteristice privind amplasarea clădirii în mediul construit

Aceasta analiză trebuie să vizeze:

* zona climatică în care este amplasată clădirea;
* orientarea faţă de punctele cardinale;
* distanţa faţă de clădirile învecinate şi înălţimea acestora;
* direcţia vânturilor dominante şi gradul de adăpostire faţă de vânt;
* regimul de înălţime al clădirilor separate prin rost.

Prin studiul vecinătăţilor clădirii vor fi puse în evidenţă unele elemente ce pot influenţa regimul higrotermic (regimul de înălţime al clădirilor din zonă, factorii de umbrire, geometria spaţiului în legătură cu precizarea direcţiei şi intensităţii vântului dominant etc.), precum şi dacă acestea au fost luate în seamă la realizarea construcţiei analizate.

6.2.1.2. Analiza cărţii tehnice a clădirii, respectiv a documentaţiei care a stat la baza execuţiei clădirii şi instalaţiilor aferente

Această analiză trebuie trebuie să cuprindă cel puţin:

- partiurile de arhitectură ale fiecărui nivel, secțiuni;
- dimensiunile geometrice ale elementelor de construcţii (pereţi, stâlpi, grinzi, buiandrugi, plăci, elementele şarpantei);
- dimensiunile golurilor din pereţi, distanţa dintre goluri, înălţimea parapeţilor;
- structura anvelopei clădirii;
- tipul de uşi şi ferestre;
- alcătuirea şi materialele care compun elementele de închidere exterioară sau de separare între spaţii cu regimuri de temperatură diferite;
- planuri şi scheme ale instalaţiilor de încălzire, ventilare, climatizare, preparare a apei calde de consum şi iluminat.

În cazul în care documentaţia de bază lipseşte, se execută un releveu al clădirii, evidenţiindu-se toate elementele enumerate mai sus.

Analiza documentaţiei care a stat la baza execuţiei clădirii va fi completată cu un releveu al zonelor cu degradări specifice (igrasie, infiltraţii de apă, condens, mucegai etc.), precum şi cu un releveu al instalaţiilor și/sau arhitectura în scopul evidenţierii modificărilor efectuate asupra acestora.

6.2.2. Evaluarea stării actuale a clădirii prin comparaţie cu soluţia de proiect (conform cărții tehnice a clădirii)

Evaluarea stării actuale a clădirii, inclusiv instalaţiile aferente, se face în principal prin analiză vizuală şi urmăreşte în special:

6.2.2.1. Evaluarea stării actuale a construcţiei prin comparaţie cu soluţia de proiect:

- starea elementelor de construcţie opace (pereţi, planşeu peste sol/subsol, planşeu sub pod, terasă, acoperiş, rosturi deschise/închise, pereţi către spaţii comune – casa scărilor etc.) şi evidenţierea punţilor termice liniare şi punctuale (cu pondere în valoarea rezistenţei termice corectate), a defecţiunilor sau a deteriorărilor:
  - fisuri, degradări ale tencuielii şi ale structurii de rezistenţă, igrasie, infiltraţii de apă de la instalaţii sau din alte surse (neetanşeitatea învelitorilor, jgheaburilor şi burlanelor); zone afectate de condens remanent şi de mucegai;
  - deteriorarea acoperişului şi ale elementelor de închidere ale podului, terasei şi ale locurilor de străpungere ale terasei;
  - identificarea alcătuirii elementelor de închidere şi evaluarea stării termoizolaţiei din componenţa pereţilor, planşeelor, terasei etc.;
  - identificarea prezenţei punţilor termice (termoviziune în infraroşu, după caz),
  - existenţa zonelor cu infiltraţii de aer (neetanşeităţi la uşi şi ferestre, rosturi neînchise, străpungeri în jurul coşurilor de fum, conductelor etc.).
- identificarea tipurilor de închideri transparente (uşi şi ferestre fixe / mobile);
- starea elementelor de închidere vitrate din spaţiile locuite/ocupate şi din cele cu funcţii de spaţii comune (casa scărilor, subsoluri etc.):

- geamuri sparte sau lipsă, rame deformate sau deteriorate, sistemele de închidere ale uşilor şi ferestrelor defecte sau lipsa acestora, spaţii libere între tocul uşilor/ferestrelor şi elementele de construcţie etc.;
- lipsa sistemelor automate de închidere a uşilor clădirilor.

➢ starea canalelor de ventilare a spaţiilor anexa (băi, bucătarii etc.).

6.2.2.2. Evalarea stării actuale a instalaţiilor prin comparaţie cu soluţia de proiect

Pentru instalaţiile de încălzire:
Se va identifica tipul sistemului de încălzire a spaţiilor locuite/ocupate şi comune și se va completa fișa dupa modelul din ANEXA 6.1.

Pentru instalaţiile de ventilare şi climatizare:
Se va identifica tipul sistemului de ventilare/climatizare și se va completa Fișa după modelul din ANEXA 6.1. Se va urmări totodată obținerea următoarelor date:

La sistemele locale de încălzire şi răcire cu aer şi/sau pompe de căldură:
- starea filtrelor de praf;
- consumul de energie electrică faţă de valoarea de catalog;
- viteza medie în gurile de refulare a aerului;
- tipul de agent frigorific utilizat (ecologic, neecologic);
- pierderi de agent frigorific.

La sistemele de ventilare mecanică (refulare, refulare / aspiraţie)
- viteze medii ale aerului în gurile de refulare;
- viteze medii ale aerului în gurile de aspirație;
- dispozitive de reglare a debitelor de aer (manevrabilitate);
- gradul de etanşare a îmbinărilor canalelor de aer (se recomandă efectuarea de măsurări ale vitezelor şi verificarea conservării debitelor masice la nivelul întregii instalaţii);
- identificarea zonelor de scurgeri de aer;
- starea canalelor de aer din punct de vedere al rezistenței la coroziune (pentru canale metalice neprotejate şi accesibile);
- starea termoizolației conductelor de aer şi comparaţie cu rezistența termică de proiect;
- stabilirea punctului real de funcţionare al ventilatoarelor.

La sistemele centralizate de climatizare
- toate evaluările anterioare;
- evaluarea performanţelor energetice a echipamentelor din centrala de tratare a aerului.

Pentru instalaţia de preparare şi furnizare a apei calde de consum:
Se va identifica tipul sistemului de preparare a apei calde de consum și se va completa Fișa după modelul din ANEXA 6.1.

Pentru instalaţiile de iluminat:

Se va identifica tipul sistemului de iluminat și se va completa Fișa după modelul din ANEXA 6.1.
Se vor urmări în principal:

- evaluarea tipului/stării corpurilor de iluminat;
- evaluarea performanței tehnice a sistemului de iluminat (verificarea gradului de asigurare a confortului vizual);
- starea conductoarelor de energie electrică;
- existenţa dispozitivelor de control şi reglare automată a fluxului luminos (impactul asupra consumului de energie electrică);
- existenţa dispozitivelor de alimentare controlată cu energie electrică (impactul asupra consumului de energie electrică).

6.2.2.3. Prelevarea de probe fizice

Prelevarea de probe fizice este o etapă care se recomandă atunci când sunt necesare informații privind:

- tipul solului pe care este amplasată clădirea şi adâncimea pânzei freatice;
- structurile, respectiv a grosimile elementelor exterioare ale anvelopei (pereţi, planşee peste subsol, planşee peste pod, acoperiş);
- probe edificatoare din elementele exterioare în vederea stabilirii umidităţii, densităţii şi conductivităţii termice, în laboratoare specializate;
- gradul de degradare a materialului prin determinări de rezistenţe fizico-mecanice şi examinarea microscopică (cristale de săruri, micelii, bacterii etc.), în laboratoare specializate.

În urma investigării preliminare a clădirii se întocmeşte o fişă de analiză care va cuprinde toate elementele necesare estimării consumului anual normal de energie al clădirii pentru încălzirea spaţiilor, ventilare / climatizare, iluminat şi prepararea apei calde de consum (anexa 6.1).

În ANEXA 6.1 se prezintă un model orientativ de fişă de analiză a clădirii. Această fișă trebuie să includă informațiile minimale, precizate de auditorul energetic prin bifare și completarea elementelor care detaliază situația analizată. Fișa de analiză energetică a unei clădiri este parte obligatorie din dosarul raportului de audit energetic.

6.3. Determinarea performanţelor energetice şi a consumului anual de energie al clădirii pentru încălzirea spaţiilor, apă caldă de consum, ventilare/climatizare şi iluminat

Determinarea performanţelor energetice şi a consumului anual de energie al clădirii pentru încălzirea spaţiilor, apa caldă de consum, ventilare/climatizare şi iluminat se realizează în conformitate cu cele prezentate în capitolele anterioare, ţinând seama şi de datele obţinute prin activitatea de investigare preliminară, analiza efectuată și relevarea termografică a clădirii.

Concluziile asupra evaluării se referă la sintetizarea informaţiilor obţinute prin analiză termică şi energetică a clădirii şi efectuarea diagnosticului energetic al acesteia, prin interpretarea rezultatelor obţinute şi indicarea aspectelor legate de performanţa energetică a clădirii, atât în ceea ce priveşte

protecţia termică a construcţiei, cât şi gradul de utilizare a energiei la nivelul instalaţiilor aferente acesteia.

6.4. Identificarea măsurilor de renovare energetică, propunerea unor pachete de soluții de renovare şi analiza eficienţei economice a acestora

Scopul principal al măsurilor de renovare energetică a clădirilor existente îl constituie reducerea consumurilor de energie pentru climatizarea spațiilor – încălzire/racire, pentru prepararea apei calde de consum, ventilare și iluminat, asigurând în același timp condiţii de microclimat confortabil.

Importanţa şi diversitatea ansamblului de clădiri existente, precum şi numărul mare de posibilităţi de renovare implică o abordare diferită de cea caracteristică în general construcţiilor nou proiectate. La acestea din urmă, considerarea costului de investiţie este practic preponderentă, chiar dacă deciziile sunt luate teoretic pe baza unui calcul de optimizare a costului global actualizat (valoare netă actualizată). În cadrul renovării unei clădiri existente aspectul funcţionalităţii este foarte important şi criteriul deciziei îl constituie întotdeauna eficienţa tehnico-economică, chiar dacă aspectul financiar rămâne esenţial (costurile necesare nu pot fi mobilizate decât în măsura în care acestea sunt justificate economic prin diminuarea previzibilă a costurilor de funcţionare şi de întreţinere).

În ceea ce priveşte clădirile de locuit existente, din ansamblul acestora se disting două mari categorii din punct de vedere al modului de repartiţie a criteriilor "energetice" - care se pretează mai bine la tratarea aspectelor de reabilitare - şi anume:
A) Locuinţe caracterizate de confort termic - este vorba de clădirile prevăzute cu un sistem de încălzire "global", acesta putând fi: *centralizat* la nivel de locuinţă sau clădire (încălzire centrală clasică), *divizat* (un aparat independent în fiecare încăpere încălzită) sau *mixt.*
B) Locuinţe lipsite de confort termic sau prevăzute numai cu mijloace limitate de asigurare a confortului termic (de exemplu numai sobe), care se abat de la prevederile Legii nr. 10/1995, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

În fiecare dintre cele două categorii astfel definite problema fundamentală a renovării termice se pune după cum urmează:
A) menţinerea condiţiilor normate de confort termic prin reducerea consumului de combustibil sau schimbând tipul de energie (total sau parţial), conform politicii energetice naţionale;
B) aplicarea unor soluţii de realizare a condiţiilor normate de confort termic prin optimizarea costului global actualizat, conform politicii energetice naţionale.

Soluţiile tehnice şi economice, precum şi politica energetică naţională se vor subsuma prevederilor Legii nr.10/1995, republicată, cu modificările și completările ulterioare. În ambele cazuri, pe lângă caracteristici tehnice, geografice şi sociologice, apar noi parametri referitori la stadiul energetic al clădirilor, la varietatea surselor de energie şi la situaţia economică şi financiară a beneficiarilor soluţiilor tehnice aplicate ansamblului clădire - instalaţie.

Situaţia economică şi financiară depinde în principal de tipul ocupanţilor, de statutul de ocupare, de sectorul de finanţare (social sau nu, privat sau public), de natura juridică a patrimoniului (exemplu: coproprietăţi, entităţi juridice sau locatari/proprietari); posibilităţile de ajutor public direct, costurile implicate de activitatea de reabilitare energetică, existenţa unor avantaje fiscale.

Asigurarea confortului termic se realizează prin asigurarea termoizolării anvelopei clădirii și prin alegerea unui sistem de încălzire adecvat şi a unei surse de energie. Se disting trei mari categorii de sisteme de încălzire legate de tipul de locuinţe:
1) încălzire centrală sau divizată (pe încăperi) în casă individuală (cu apă caldă de consum preparată centralizat sau furnizată de aparate independente) – ex. clădire individuală dotată cu centrală proprie de încălzire şi preparare a apei calde de consum;
2) încălzire centrală sau divizată (pe încăperi) individual pe locuinţă în imobil colectiv (cu apă caldă de consum preparată centralizat sau furnizată de aparate independente) – ex. apartament din clădire colectivă, dotat cu centrală proprie de încălzire şi preparare a apei calde de consum;
3) încălzire centrală colectivă în imobil colectiv sau casă individuală (cu apă caldă de consum distribuită, preparată centralizat la nivel de locuinţă sau furnizată de aparate independente) – ex. clădire colectivă racordată la un sistem centralizat de alimentare cu căldură.

Modernizarea clădirilor existente de locuit se va face utilizând soluțiile de principiu, adaptate pentru fiecare caz în parte, prevăzute în normativul SC 007-2013 și ghidul GP 123 – 2013 și în alte reglementări tehnice care sunt în vigoare, printre care se menționează ghiduri de proiectarea și executarea lucrărilor de reabilitare termică a blocurilor de locuințe, normative pentru proiectarea, ghiduri privind reabilitarea şi modernizarea termică etc.

În ceea ce priveşte clădirile din sectorul terţiar, măsurile de renovare/modernizare energetică a acestora prezintă particularităţi şi prin urmare vor fi tratate separat pentru fiecare categorie de clădire în parte.

Pentru clădirile cu consum scazut de energie, de tip NZEB, soluțiile tehnice recomandate vor face obiectul unei reglementări tehnice specifice.

6.4.1. Soluţii tehnice cadru recomandate pentru renovarea energetică a clădirilor existente

Intervenţiile avute în vedere la renovarea sau modernizarea energetică a unei clădiri se împart în două categorii principale şi anume:
- intervenţii asupra anvelopei clădirii, și
- intervenţii asupra instalaţiilor aferente clădirii.

6.4.1.1. Intervenţii asupra anvelopei clădirii

Intervenţiile asupra anvelopei clădirii vizează reducerea necesarului propriu de căldură al clădirii, independent de comportamentul instalaţiilor şi al consumatorilor. În principiu, acestea sunt următoarele:

Îmbunătăţirea izolaţiei termice

Îmbunătăţirea izolaţiei termice a unei clădiri existente are drept scop reducerea fluxului termic disipat prin anvelopa clădirii către mediul exterior. Se va proceda astfel la:

- îmbunătăţirea izolaţiei termice a elementelor de construcţie opace orizontale;
- îmbunătăţirea izolaţiei termice a elementelor de construcţie opace verticale;
- îmbunătăţirea elementelor de construcţie vitrate, atât din punct de vedere al caracteristicilor termo-tehnice cât şi din punct de vedere al reducerii punților termice;
- îmbunătăţirea altor elemente de construcţie perimetrale;
- izolarea locală suplimentară, după caz, a elementelor de anvelopă în scopul reducerii influenței punților termice.

Îmbunătăţirea etanşeităţii la aer

Aceasta trebuie să privească atât reducerea sau chiar eliminarea infiltraţiilor necontrolate (prin rosturile elementelor mobile, obloane rulante etc.), cât şi asigurarea aerului proaspăt necesar în vederea limitării umidităţii şi a condensului, ce pot avea efecte negative asupra construcţiei. Este important să se respecte debitul volumic de aer proaspăt necesar asigurării calității aerului interior din condiții de confort interior. Se va proceda astfel la:

- etanşarea rosturilor elementelor mobile exterioare din spaţiul încălzit;
- etanşarea rosturilor elementelor mobile exterioare din spaţiul neîncălzit.

6.4.1.2. Intervenţii asupra instalaţiilor de încălzire şi apă caldă de consum aferente clădirii

Intervenţiile asupra instalaţiei vizează reducerea consumului de energie pentru satisfacerea necesarului determinat (încălzire, apă caldă de consum). Se poate interveni la mai multe nivele (producere, transport, distribuţie, utilizare), atât pentru încălzire, cât şi pentru apa caldă de consum.

La nivelul producerii căldurii (în cazul clădirilor dotate cu sursă proprie de căldură):

- înlocuirea aparatelor învechite sau neadaptate (arzătoare mai vechi de 9-10 ani şi cazane mai vechi de 12-15 ani);
- dotarea cazanelor cu echipamente de automatizare /control pentru reducerea consumului de energie, prin implementarea orarelor de funcționare și compensare în funcție de temperatura exterioară și adaptarea puterilor surselor de căldură în centrala termică;
- substituirea parţială sau totală a formei de energie;
- utilizarea de tehnici specifice (pompe de căldură cu compresie mecanică, cu absorbţie, cazane cu condensaţie, instalaţie solară) - (a se consulta și Ghid GEX 13-2015 Ghid privind utilizarea surselor regenerabile de energie la cladirile noi și existente).

La nivelul distribuţiei căldurii

- izolarea termică a conductelor de distribuţie din spaţiile neîncălzite;
- reducerea temperaturilor de reglaj a instalaţiei de încălzire în scopul satisfacerii necesarului de căldură;
- separarea circuitelor ai căror parametri funcţionali sunt net diferiţi;
- reechilibrarea circuitelor care alimentează corpurile de încălzire funcţionând cu apă caldă (din punct de vedere termic - prin schimbarea aparatului sau ameliorarea locală a izolaţiei, iar din punct de vedere hidraulic - prin ameliorarea distribuţiei debitelor);
- dotarea coloanelor de încălzire cu vane de echilibrare automate (presiune diferenţială constantă).

La nivelul utilizatorului (spaţiile încălzite şi punctele de consum a.c.m.)

- instalarea de robinete termostatice la corpurile de încălzire şi, în cazul încălzirii colective, combinarea acestei măsuri cu montarea sistemelor de repartizare individuală a costurilor de încălzire;
- instalarea de contoare individuale;
- introducerea echipamentelor de automatizare și control, programabile, după caz.

Dacă reabilitarea/modernizarea unei instalaţii de reglare nu a fost încă menţionată este din cauză că ea poate interveni la toate nivelele (termostate de cameră, de preferinţă electronice, mai ales dacă echipează convectoare electrice, ansambluri clasice cu sonde exterioare - robinete cu servomotor comandate de regulatoare cu legi de corespondenţă mai mult sau mai puţin complexe, simple limitatoare de temperatură de conductă, termostat de cazan etc.).

La fiecare tip de reglaj pot fi asociate sisteme de programare (optimizare), în general limitate pentru locuinţe la simple "ceasuri" programatoare, care permit o reducere a temperaturii pe timp de noapte.

În anumite cazuri particulare, în care vechimea instalaţiilor este mare, iar gradul de uzură al echipamentelor este ridicat, nu se mai impune o ameliorare, ci o renovare totală a acestora, mai ales dacă se referă la instalaţia de preparare a apei calde de consum colective.

O categorie aparte de clădiri existente este constituită de blocurile de locuinţe racordate la sisteme centralizate de alimentare cu căldură (de tipul termoficării), caracterizate de indici specifici de necesar de căldură care atestă caracterul disipativ din punct de vedere energetic al construcţiilor existente, în ansamblul lor şi acestea implică o abordare aparte. În Anexa 6.2 sunt prezentate sintetic măsurile de renovare energetică a blocurilor racordate la sisteme centralizate de furnizare a utilităţilor termice.
Se vor utiliza recomandări din Ghidul de inspecție periodică a cazanelor și a instalațiilor de încălzire GEX 010/2013.

6.4.1.3. Intervenții asupra instalațiilor de ventilare-climatizare

Propunerile de creştere a eficienţei trebuie să ţină cont de următoarele obiective:

a) adaptarea sistemului la utilizarea reală a clădirii;
b) reducerea sarcinii frigorifice a spaţiilor climatizate;
c) mărirea eficienţei energetice a întregului sistem prin optimizarea funcţionării echipamentelor acestuia.

Lista informativă de propuneri de creştere a eficienţei instalaţiilor de ventilare-climatizare:

- modificarea parametrilor interiori de confort la valori ce corespund cu gradul de îmbrăcare a ocupanţilor, nivelul de activitate fizică şi durata de sejur a acestora în spaţiile climatizate;
- optimizarea (reducerea) timpului de pornire a sistemului de climatizare până la atingerea regimului nominal de funcţionare;
- schimbarea poziţiei gurilor de introducere a aerului la nivelul plafonului fals pentru evitarea senzaţiei de curenţi reci în zona de ocupare;

- mărirea debitului de aer proaspăt introdus prin modificarea turaţiei ventilatorului sau schimbarea acestuia cu un ventilator având debit superior şi randament mai crescut în punctul nominal de funcţionare;
- informarea utilizatorilor cu privire la exploatarea eficientă a sistemului de climatizare – eventual tipărirea de broşuri sugestive cu privire la un comportament realist al acestora în utilizarea sistemului;
- instalarea de elemente de umbrire suplimentare la nivelul ferestrelor exterioare sau a faţadelor;
- evitarea pătrunderii aerului exterior cald pe durata funcţionării sistemului de climatizare.
- utilizarea eficientă a iluminatului;
- utilizarea eficientă a echipamentelor de birou cu degajări mari de energie;
- alegerea unor corpuri de iluminat şi a unor echipamente de birou cu degajări reduse de energie;
- alegerea unor măsuri de recuperare a căldurii din aerul evacuat de câte ori este posibil;
- modificarea algoritmilor de reglare a parametrilor instalaţiei (temperaturi sau debite de fluid) dacă se constată o funcţionare ineficientă energetic, în absenţa unor defecţiuni observate la echipamentele din sistem;
- repararea sau înlocuirea totală a unor componente din sistem dovedite ca având o funcţionare incorectă în raport cu specificaţia lor tehnică, în urma raportului de inspecţie;
- achiziţionarea unor module de tip BMS pentru părţi din sistem cu consum ridicat de energie;
- introducerea unor sisteme mai performante energetic ce utilizează surse de energie regenerabile.

Se vor utiliza recomandări din Ghidul de inspecție a instalațiilor de ventilare și climatizare GEX 009/2011.

6.4.1.4. Intervenţii asupra instalațiilor de iluminat

Intervenţiile asupra instalaţiei de iluminat vizează reducerea consumului de energie în condițiile respectării exigențelor normative privind nivelurile de iluminare din clădiri, funcție de destinația acestora. Lista poate include:

- înlocuirea corpurilor de iluminat astfel încât să se poată profita de avantajele tehnologiei cu LED și să fie redusă puterea reziduală;
- înlocuirea surselor de lumină cu unele care utilizează LED-uri;
- utilizarea senzorilor de prezență;
- utilizarea automatelor de scară în cazul clădirilor rezidențiale;
- utilizarea luminii naturale pe durată cât mai mare, introducând tuburi de lumină etc.

6.4.2. Particularităţi ale măsurilor de renovare energetică pentru clădiri din sectorul terţiar

Soluţiile tehnice pentru creşterea eficienţei utilizării energiei termice în cazul clădirilor din sectorul terţiar pot fi grupate în două categorii şi anume:

A. Soluţii tehnice comune tuturor categoriilor de clădiri din sectorul terţiar;

B. Soluţii tehnice funcţie de categoriile principale de clădirilor din sectorul terţiar considerate în normativ.

A. Principalele soluţii tehnice din prima categorie susmenţionată, sunt:

- ☑ asigurarea unei eficienţe cât mai ridicate pentru echipamentele din componenţa sistemelor de utilizare a energiei termice (corpuri de încălzire, pompe, ventilatoare, baterii de încălzire armături de reglaj etc.) - prin prisma funcţiei de transfer a echipamentelor, a randamentelor, a consumurilor specifice etc.;
- ☑ contorizarea energiei termice;
- ☑ asigurarea reglării sarcinii termice de încălzire conform graficului (curbei) de reglaj termic proprie consumatorului (prevăzută prin contractul de furnizare a energiei termice);
- ☑ eliminarea pierderilor din reţeaua de distribuţie a agentului termic din incinta clădirii (amplasată în subsol tehnic sau spaţii anexe), prin eliminarea defectelor şi prin termoizolarea conductelor;
- ☑ eliminarea depunerilor de materii organice şi anorganice din interiorul conductelor de alimentare cu agent termic şi a corpurilor de încălzire prin spălarea şi dezincrustarea acestora şi dotarea instalaţiei de încălzire cu filtre eficiente;
- ☑ înlocuirea armăturilor existente (de slabă calitate) din instalaţia de încălzire cu armături noi, eficiente;
- ☑ reglajul local al energiei termice prin dotarea corpurilor de încălzire cu robinete termostatice;
- ☑ dotarea instalaţiei de apă caldă de consum cu armături de calitate ridicată, cu limitare a consumului de apă;
- ☑ reducerea necesarului de căldură al clădirii prin măsuri de protecţie termică suplimentară a elementelor de construcţie opace şi transparente (ferestre cu caracteristici conservative din punct de vedere energetic, ex. ferestre cu tâmplărie eficientă şi geam termoizolant), în conformitate cu soluţiile prezentate în subcapitolul precedent;
- ☑ reducerea consumului de căldură datorat infiltraţiilor de aer rece, prin etanşarea rosturilor elementelor mobile (uşi, ferestre) prin limitarea cotei de aer proaspăt la valoarea impusă de exigenţele de confort fiziologic;
- ☑ asigurarea ventilării conform reglementărilor în vigoare;
- ☑ recuperarea căldurii din entalpia aerului evacuat în cazul instalaţiilor de ventilare mecanică sau/şi climatizare;
- ☑ etanşarea elementelor mobile (uşi, ferestre) din componenţa spaţiilor anexe ale clădirii (casa scării, subsolul tehnic etc.);
- ☑ asigurarea mentenanţei construcţiei şi instalaţiilor aferente.

B. Soluţiile tehnice specifice de creştere a eficienţei energetice la clădirile din sectorul terţiar sunt prezentate în continuare, funcţie de categoriile de clădiri.

- **<u>Clădiri pentru sănătate</u>**

Principalele soluţii tehnice de creştere a eficienţei energetice în clădiri spitaliceşti sunt:

- ☑ măsuri de recuperare locală a căldurii (ex. din condensatul colectat sau din aerul de evacuare din instalaţiile de ventilare, în limitele nivelelor de contaminare a aerului) şi utilizarea acesteia ca sursă secundară de energie (ex. prepararea apei calde de consum sau pentru preîncălzirea apei de adaos etc.);

- ☑ reconsiderarea, în limita posibilităţilor, a distribuţiei energiei termice prin separarea circuitelor pe zone care beneficiază de acelaşi regim termic şi program de funcţionare;
- ☑ sporirea gradului de automatizare al instalaţiilor, corelat cu aplicarea unor regimuri de exploatare raţionale, în funcţie de categoria clădirii spitaliceşti, felul ocupării, programul de lucru şi condiţiile climatice;
- ☑ izolarea termică a conductelor pentru diverşi agenţi termici şi a canalelor de aer cald şi rece;
- ☑ utilizarea, în măsura posibilităţilor, a surselor neconvenţionale de energie.

Având în vedere exigenţele referitoare la regimul termic al clădirilor de tip spital şi implicit la furnizarea energiei termice, se recomandă pentru spitale adoptarea soluţiilor care permit gestionarea independentă a căldurii, respectiv puncte termice proprii (staţii termice compacte) sau centrale termice proprii.

De asemenea, având în vedere existenţa unor consumuri de căldură cvasiconstante (de tipul aburului utilizat la sterilizarea aparaturii medicale sau la tratarea aerului, apa caldă necesară băilor de tratament etc.), o soluţie de modernizare energetică a surselor de căldură aferente clădirilor de tip spital poate fi constituită de grupuri independente cu cogenerare (cu motoare termice).

- **Clădiri social-culturale**

Principalele soluţii tehnice de creştere a eficienţei energetice în clădiri culturale sunt:

- ☑ prevederea unor echipamente de automatizare a instalaţiei de încălzire şi de preparare a apei calde de consum în scopul asigurării reglajului sarcinii termice de încălzire / ventilare funcţie de variaţia necesarului real;
- ☑ utilizarea unor sisteme speciale de încălzire pentru reducerea gradientului spaţial la încălzirea spaţiilor mari, fără consum suplimentar de energie.

- **Clădiri de învăţământ**

Principalele soluţii tehnice de creştere a eficienţei energetice specifice clădirilor de învăţământ sunt:

- ☑ asigurarea reglajului sarcinii termice de încălzire pe tipuri de încăperi / săli de curs;
- ☑ reducerea alimentării cu căldură pe perioadele de neocupare a clădirii;
- ☑ reducerea infiltraţiilor de aer rece, prin etanşarea rosturilor elementelor mobile (uşi, ferestre), simultan cu asigurarea ventilării mecanice cu recuperare de căldură, a spaţiilor ocupate.

- **Clădiri pentru servicii de comerţ şi administrative**

Principalele soluţii tehnice de creştere a eficienţei energetice specifice clădirilor comerciale sunt:

- ☑ reducerea alimentării cu căldură pe perioadele de neocupare a clădirii;
- ☑ dotarea clădirilor caracterizate de un flux important de utilizatori cu perdele de aer cald la intrare sau cu sasuri având cu funcţia de tampon termic.

- **Clădiri pentru sport**

În cazul consumatorilor de tip clădiri pentru sport, soluţiile tehnice de creştere a eficienţei energetice se referă la:

- ☑ buna etanşare a rosturilor elementelor mobile (uşi, ferestre), simultan cu asigurarea ventilării sau climatizării spaţiilor ocupate (funcţie de gradul de confort solicitat);
- ☑ reducerea alimentării cu căldură pe perioadele de neocupare a clădirii.

- **<u>Clădiri pentru turism (hoteluri şi restaurante)</u>**

În cazul consumatorilor de tip hotel sau restaurante, soluţiile tehnice de creştere a eficienţei energetice se referă la:

- ☑ buna etanşare a rosturilor elementelor mobile (uşi, ferestre), simultan cu asigurarea ventilării sau climatizării spaţiilor ocupate (funcţie de gradul de confort solicitat);
- ☑ recuperarea căldurii pentru ventilare de la echipamentele de preparare a hranei.

Cu referire la instalaţiile de ventilare mecanică şi de iluminat, soluţiile tehnice specifice de creştere a eficienţei energetice sunt, în principiu următoarele:

- reglarea debitelor refulate / aspirate în funcţie de necesarul de ventilare normal;
- reglarea parametrilor termodinamici al aerului refulat în funcţie de necesarul de căldură / frig şi de ventilare;
- prevederea de filtre de aer eficiente;
- înlocuirea ventilatoarelor cu eficienţă energetică redusă;
- reglarea vitezelor aerului în spaţiile ocupate;
- prevederea de lămpi cu eficienţă energetică ridicată;
- automatizarea funcţionării instalaţiei de iluminat în funcţie de ocuparea spaţiilor etc.

6.4.3. Lucrări conexe recomandate în vederea aplicării soluţiilor de renovare energetică a clădirilor de locuit racordate la sistem centralizat de alimentare cu căldură

- uscarea subsolurilor inundate;
- dotarea canalizării subsolurilor cu clapete contra refulării canalizării stradale;
- repararea tuturor conductelor sparte care creează pericol de inundare a subsolurilor tehnice;
- izolarea termică a conductelor de distribuție din spațiile neîncălzite;
- desfiinţarea tuturor boxelor care împiedică accesul la coloanele de distribuţie a agentului termic secundar şi a apei calde de consum;
- asigurarea serviciilor de consultanţă energetică din partea unor firme specializate (care să asigure şi întreţinerea corespunzătoare a instalaţiilor din construcţii);
- contorizarea individuală a consumului de gaze la bucătării în vederea limitării consumului de gaze strict pentru necesităţi de preparare a hranei.

- asigurarea alimentării cu agent termic a fiecărui bloc şi scară de bloc şi separarea contoarelor comune cu vane acţionate manual;
- livrarea continuă a apei calde şi utilizarea recirculării;
- asigurarea presiunii şi debitelor corespunzătoare livrării normale a apei calde (şi reci);
- asigurarea parametrilor termici şi hidraulici conform protocolului încheiat prin contractul de servicii între furnizor şi asociaţia de locatari/proprietari;
- asigurarea şi diversificarea serviciilor oferite utilizatorilor;
- modernizarea sistemului de distribuţie şi furnizare a utilităţilor termice;
- contorizarea apei de adaos în PT/CT;

- tratarea apei de adaos introdusă în instalaţia de încălzire;
- modificarea schemei de furnizare a utilităţilor termice;
- automatizarea funcţionării PT/CT, cel puţin pe secţiunea de preparare a apei calde, vizând în principal menţinerea temperaturii apei calde la o temperatură apropiată de 60°C şi, în secundar, limitarea debitului de apă livrat la consum în cazul scăderii temperaturii apei calde sub 50°C;
- asigurarea corectei echilibrări hidraulice a reţelelor de încălzire şi distribuţie a apei calde;
- realizarea punctelor de monitorizare la fiecare bloc şi asigurarea securităţii accesului la aparatura de măsură şi reglaj;
- adoptarea soluţiilor moderne de proiectare şi execuţie a lucrărilor de modernizare;
- asigurarea monitorizării şi a dispecerizării funcţionării instalaţiilor de distribuţie a căldurii;
- asigurarea condiţiilor de alimentare cu apă a construcţiilor astfel încât să se evite sustragerea apei din instalaţia de încălzire de către locatari;
- contorizarea utilităţilor termice la consumatori.

6.4.4. Lucrări conexe recomandate în vederea utilizării eficiente a energiei la clădirile de locuit individuale sau înşiruite dotate cu sursă proprie de căldură

- uscarea subsolurilor inundate;
- dotarea canalizării subsolurilor cu clapete contra refulării canalizării stradale;
- repararea tuturor conductelor sparte care creează pericol de inundare a subsolurilor;
- repararea acoperişului peste pod în vederea asigurării etanşeităţii la ploaie sau zăpadă a acestuia;
- curăţirea anuală a coşurilor de fum, sau ori de câte ori este nevoie;
- asigurarea integrităţii tencuielii faţadelor;
- asigurarea serviciilor de consultanţă energetică din partea unor firme specializate (care să asigure şi întreţinerea corespunzătoare a instalaţiilor din construcţii);
- prevederea unor drenuri perimetrale și a unor trotuare cu pietriș, coajă de copac, iederă.

6.4.5. Soluții tehnice de principiu pentru reducerea consumurilor energetice în clădiri pe perioada sezonului cald

Aceste soluții pot fi aplicate atât la clădirile noi cât și la cele existente.

Proiectarea pasiv solară răspunde strategiilor de proiectare care privesc încălzirea, răcirea și asigurarea luminii naturale, spațiilor interioare oricărei clădiri, fără un cost inițial ridicat, deci fără să se pună problema unei recuperări a investițiilor pe termen lung. În cele ce urmează se prezintă posibilitățile de diminuare a consumurilor energetice prin răcire pasivă. Aceasta se poate realiza prin:

- protecția la radiația solară și calorică (depinde de microclimat, de amplasament, vegetație și suprafețe de apă aflate în proximitate și se poate face prin controlul solar privind orientarea, vitrajul și umbrirea);
- tehnicile de amortizare și modulare a căldurii - se fac prin masa termică fără și cu stocare de energie termică (cu utilizarea elementelor din materiale cu schimbare de fază amplasate la pereți, tavane, acoperișuri sau înglobate) și ventilarea nocturnă;

- tehnici de disipare a căldurii – cu și fără stocare de energie termică prin ventilare naturală (ventilare datorită golurilor poziționate pe o singură fațadă sau ventilare transversală provocată de vânt și de poziționarea golurilor pe fațade opuse, ventilare prin efectul de tiraj la peretele Trombe și la turnurile solare) și răcire naturală (răcire evaporativă, radiativă – vopsele, panouri termoizolante mobile și răcirea prin pământ) sau de tip ”free cooling” (ex. răcire pasivă pe durata nopții).

O clădire trebuie adaptată la climatul din regiune și la microclimatul acesteia. Este foarte important să se minimizeze aporturile interne ale unei clădiri pentru a îmbunătăți tehnicile de răcire pasivă. Proiectarea urbană este influențată de considerente economice, reglementări de zonare și de amenajări adiacente, toate acestea putând interfera cu proiectarea clădirii, în ceea ce privește radiația solară incidentă, curenții de aer și vântul predominant. Vegetația nu poate duce numai la spații plăcute în aer liber, ci poate îmbunătăți și microclimatul din jurul unei clădiri și poate reduce sarcina de răcire. Reglarea solară este principala măsură de proiectare pentru protecția la radiația solară și termică.

Suprafețele de apă modifică microclimatul din zona înconjurătoare, reducând temperatura aerului ambiant, fie prin evaporare, fie prin contactul aerului fierbinte cu suprafața de apă mai rece. Fântâni, iazuri, curenți, cascade sau spray-uri de ceață pot fi folosite ca surse de răcire, pentru scăderea temperaturii aerului exterior și a aerului care intră în clădire.

Asfaltul și betonul utilizat în mediul urban sunt de obicei impermeabile la apă și prin urmare, limitează drastic schimbul de căldură latent.

6.5. Indicatori de eficiență economică utilizaţi în auditul energetic și analiza eficienței economice a soluţiilor propuse

Analiza economică a măsurilor de renovare energetică a unei clădiri existente se realizează prin intermediul indicatorilor economici specifici. În conformitate cu Regulamentul 244/2012 pentru aplicarea Directivei 2010/31/UE, cerințele minime de performanță energetică pentru clădiri și elementele acestora trebuie stabilite în vederea atingerii unor niveluri optime din punct de vedere al costurilor.

Astfel, indicatorii economici cei mai importanți sunt următorii:
- costul global actualizat, adică suma costurilor de investiţii iniţiale, a costurilor anuale de funcţionare, a costurilor de înlocuire (cu referinţă la primul an), cât și a costurilor de eliminare (demolare) dacă este necesar, **CG(m)** [lei, Euro], determinate pe o anumită perioadă de timp (TC=20 de ani clădiri comerciale, 50 de ani clădiri rezidențiale, 30 de ani alte categorii de clădiri);

- durata de recuperare a investiţiei pentru aplicarea unui proiect de eficiență energetică, **PB** [ani], reprezentând timpul scurs între momentul realizării investiţiei (exemplu-modernizarea energetică a unei clădiri) și momentul în care valoarea netă actualizată a costului global devine 0 sau negativă (sau cash-flow-ul aferent investiei devine pozitiv).

Metoda de calcul are la bază prevederile standardului SR EN 15459-1, putând fi aplicată atât în cazul clădirilor noi (NZEB) cât și a celor existente aflate în proces de renovare.

Astfel, se prezintă:

- definirea și structura tipurilor de costuri care trebuie luate în considerare la calcularea eficienței economice a măsurilor de economisire a energiei în clădiri;
- datele necesare pentru definirea costurilor asociate sistemelor analizate;
- metoda de calcul (etapele procedurii de calcul);
- concluziile analizei economice.

Etapele necesare pentru aplicarea metodei în cel mai general mod sunt redate schematic în figura 6.1.

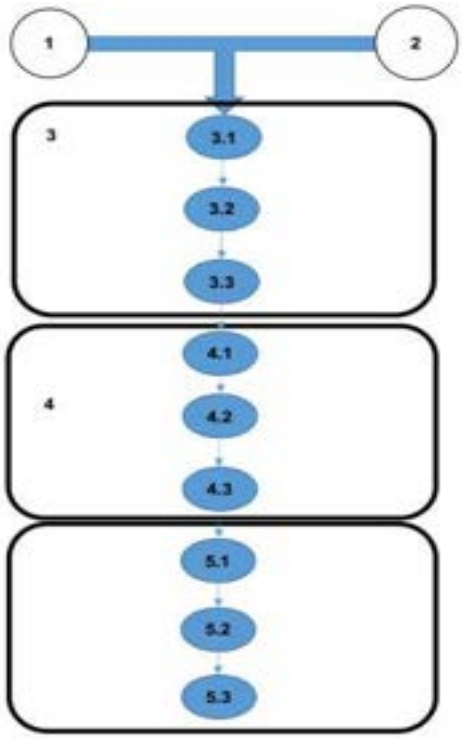


Figura 6.1. Schema logică a etapelor pentru calculul costului global actualizat

1. Date financiare; 2. Datele de proiect; 3. Costul produselor; 3.1 Costuri unitare pentru produse de construcții; 3.2 Date referitoare la costurile de înlocuire; 3.3 Alte costuri; 4 Costuri de energie; 4.1 Costurile energiei înglobate (nu se iau în considerare în procedura națională de analiză economică pentru renovări sau clădiri NZEB) ; 4.2 Costurile energiei pentru construcție (nu se iau în considerare în procedura națională de analiză economică pentru renovări sau clădiri NZEB); 4.3 Costurile energiei în timpul fazei de exploatare; 5 Calcularea costului total actualizat; 5.1 Costurile de înlocuire; 5.2 Valoarea reziduală; 5.3 Cost global actualizat.

Pentru utilizarea prezentului document se utilizează termenii și definițiile din SR EN ISO 7345 și SR EN ISO 52000-1 respectiv următoarele:

CG Cost global actualizat

Suma costurilor actulizate de investiţii iniţiale, a costurilor anuale de funcţionare și a costurilor de înlocuire (cu referinţă la primul an) cât și a costurilor de eliminare (demolare) dacă este necesar,

pe o perioadă fixată de calcul (20 de ani clădiri comerciale, 50 de ani clădiri rezidențiale, 30 de ani alte categorii de clădiri). Figura 6.2. ilustrează structura costurilor în perioada de calcul.

Pentru calcule mai complexe, la nivel macro-economic, este adaugată o categorie de costuri suplimentară, respectiv costurile asociate emisiei gazelor cu efect de seră.

***CO_{inv}* Costul inițial al investiției**
Cheltuielile efectuate până la livrarea finală „la cheie" a clădirii (sau elementului de construcție) către client. Aceste costuri includ proiectarea, achiziționarea elementelor de construcție, conectarea la furnizorii de utilități, instalarea și punerea în funcțiune, în general toate costurile aferente unei investiții.

***CO_{run}* Cost de operare**
Costul de operare care include costul de întreținere, costul operațional și costul energiei pentru pasul de timp luat în considerare.

***CO_{ma}* Costuri de mentenanță (întreținere)**
Costul măsurilor legate de conservarea și restaurarea calității dorite pentru clădire, element de construcție sau instalație. Aceasta include costurile anuale pentru inspecție, curățare, intervenții, reparații ca parte a întreținerii preventive, costul materialelor consumabile.

***CO_{Op}* Cost operațional**
Costurile aferente funcționării clădirii, inclusiv costurile anuale de asigurare, costurile furnizorului de energie și alte costuri și cheltuieli generale permanente.

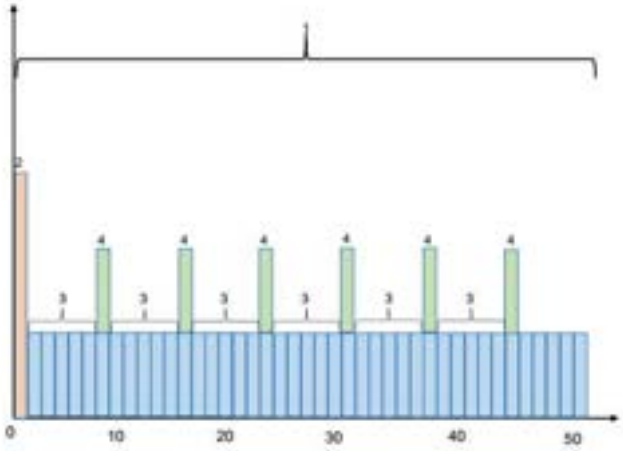


Figura 6.2. Prezentarea componentelor costului global actualizat
1- t_{TC}, perioada calcul (de exemplu 50 de ani); 2-CO_{inv} - cost de investiție;
3- CO_{run} cost de exploatare; 4-CO_{repl} cost de înlocuire

***CO_{en}* Costuri cu energia**
Costul energiei, inclusiv costurile și tarifele fixe și taxele aplicabile la nivel național.

***$CO_{per(i)}$* Costuri periodice pentru anul i**
Investiții de înlocuire necesare ca urmare a îmbătrânirii (depășirii perioadei de viață). Corespunde costului înlocuirii tuturor componentelor (sau sistemelor) în funcție de durata lor de viață în anul i. Costurile periodice includ toate costurile de înlocuire pentru fiecare componentă sau sistem, suportate în cursul aceluiași an.

***$CO_{Rpl(j);\ LS(n)}$* Costul de înlocuire a componentei sau a sistemului**
Înlocuirea investiției pentru o componentă a clădirii, pe baza ciclului de viață economic estimat în perioada de calcul. Costurile de înlocuire pentru o componentă sau sistem includ costurile periodice ale componentei j la momentul LS_n, $2LS_n$, ... care corespunde ciclului de viață economic al componentei (inclusiv eliminarea componentei j).

***CO_a* Costuri anuale**
Suma costurilor operaționale și periodice sau a costurilor de înlocuire suportate într-un anumit an.

***CO_{CO2}* Costul asociat emisiilor de gaze cu efect de seră**
Valoarea monetară a daunelor aduse mediului datorită emisiilor de CO_2 generate de utilizarea energiei în clădiri (20/35/50 Eur/t CO2 din 2020/2025/2030). Emisiile de CO_2 reflectă efectele tuturor gazelor cu efect de seră ponderate în funcție de potențialul lor de încălzire globală, exprimate în kilograme de CO_2 echivalent pe o perioadă de 100 de ani.

***CO_{disp}* Costul de eliminare/demolare**
Costul demolării la sfârșitul duratei de viață a unei clădiri sau a unei părți a unei clădiri; aceasta include demolarea, îndepărtarea componentelor clădirilor care nu au ajuns încă la sfârșitul vieții, transportul și reciclarea.

***RAT_{dev}* Rata de modificare a prețurilor**
Modificări în timp ale prețurilor energiei, produselor, sistemelor de construcții, serviciilor, muncii, întreținerii și altor costuri. Această rată poate fi diferită de rata inflației.

EXEMPLE

RAT_{en_1}	Este rata de modificare a prețurilor energiei de tip 1 (rata poate fi diferită în funcție de tipul de energie)
RAT_{op}	Este rata de modificare a prețurilor forței de muncă.
RAT_{pr}	Este rata de modificare a prețurilor produselor.

***RAT_{disc}* Rata de actualizare reală**
Valoare definită pentru compararea valorii monetare în perioade diferite, exprimate în termeni reali. Corespunde ratei dobânzii aplicate sau suportate pentru utilizarea fondurilor pentru perioada de calcul relevantă.

PVA$_i$ **Factor de reducere**
Multiplicatorul utilizat pentru a converti un flux de numerar angajat la un moment dat (în anul i) la valoarea sa echivalentă cu punctul de plecare. Se obține din rata de actualizare.

LS$_{(j)}$ **Durata de viață**
Durata de viață economică preconizată a unei componente (sau a unui sistem), în general, indicată în ani.

LS$_{e(j)}$ **Ciclu de viață economică**
Perioada de optimizare a valorii actuale nete a unui activ. Ciclul de viață economic poate fi mai mic decât durata de viață absolută din cauza uzurii tehnologice, a deteriorării fizice sau a ciclului de viață al produsului.

PB **Perioada de recuperare a investiției**
Perioada în care costurile de investiții sunt compensate cu economiile financiare realizate.

T$_0$ **Primul an**
Anul utilizat ca referință și de la care începe perioada de calcul.

TC **perioada de calcul**
Perioada de timp luată în considerare pentru calcul, exprimată în general în ani.

VAL$_{fin}$ **valoare reziduală (finală)**
Suma valorilor reziduale ale clădirii și ale componentelor clădirii la sfârșitul perioadei de calcul
Notă: Valoarea reziduală corespunde valorii componentei j la sfârșitul perioadei de calcul. Valoarea reziduală este comparată cu investiția inițială la momentul instalării (exemplu în figura 6.3).

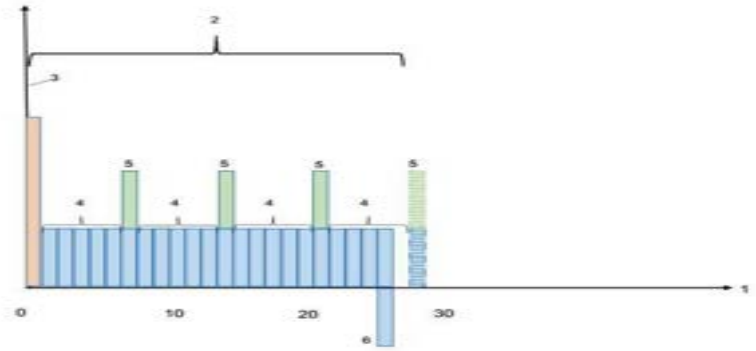


Figura 6.3. Prezentarea valorii finale (reziduale)
1- T- timp; 2- t_{TC}- perioada de calcul (30 de ani de exemplu); 3- CO_{inv}- cost de investiție; 4- CO_{run} - cost de operare; 5- CO_{per} - costuri periodice (perioada este egală pentru toate componenetele sau sistemele de înlocuit); 6- VAL_{fin} - valoare reziduală;

PVAL_f **factor de actualizare**
Multiplicatorul utilizat pentru a ajusta costul în anul i raportat la primul an al calculului.

GC_x cost global actualizat unitar

Costul obținut prin împărțirea costului total actualizat pe perioada de calcul la suprafața clădirii. Zona de construcție utilizată pentru a calcula costul global actualizat ar trebui să fie în concordanță cu cea utilizată pentru calculul energiei sau evaluarea performanței energetice a clădirii.

În sensul prezentului document, se aplică simbolurile din SR EN ISO 52000-1 și simbolurile specifice enumerate în tabelul 6.1.

Tabel 6.1. Simboluri şi unităţi de măsură

Simbol	**Numele marimii**	**UM**
Simbol	**Denumire mărime**	**Unitate**
CG	Cost global	€
CO	Costuri	€
INT	Rată a dobânzii	%
LS	Durată de viață, ciclu de viață sau durată de proiectare	An - a
PB	Perioadă de recuperare a banilor	An - a
PVAL	Valoare actuală	€
t	An pentru etapa de timp	An
RAT	Rată, rată a dobânzii, rată de actualizare, rată de evoluție a prețurilor	%
t_{TC}	Perioadă de calcul	An
VAL	Valoare	€
D_f	Factor de reducere	-

În sensul prezentului document, se aplică indicii din SR EN ISO 52000-1 și indicii specifici enumerați în Tabelul 6.2.

Tabel 6.2. Indici

NIVEL 1		**NIVEL 2**	
Categoria de costuri		**Cladire**	
an	Anual (a)	Ser	Serviciu
m	Lunar(a)	BG	Clădire
Disc	Discount	L	Iluminat
Fin	Final, rezidual	EPus	Servicii de certificare energetică a clădirii
Hu	Mâna de lucru	Apl	Aparate
INIT	Inițial(a)	nEPus	Servicii care nu țin de certificarea energetică
		BAC	Sisteme automate de reglare
Inv	Investiție	Tr	Transport
Ma	Mentenanță	V	Ventilare
Op	Operațional (a)	C	Răcire
Per	Periodic	XY	Combinație încălzire/răcire
Pr	Produse	DHU	Dezumidificare
		H	Încălzire
Re	Real (a)	TOT	Total
Rep	Reparare	E	Fotovoltaic, eolian
Rpl	Înlocuire	W	Apă caldă de consum

NIVEL 1		NIVEL 2	
Categoria de costuri		**Cladire**	
Run	Funcționare	HU	Umidificare
Disp	Eliminare	EN	Energie
		W	Apă
En	Energie	WS	Deșeuri
LC	Ciclu de viață		

6.5.1. Descrierea generală a metodei

Metoda de calcul este utilizată pentru a agrega costurile trecute, actuale și viitoare pe o perioadă de calcul. Când această perioadă include demolarea clădirii, sunt incluse și costurile de eliminare (adică pentru demolare/dezafectare).

Această metodă de calcul este denumită și metoda "**costului global actualizat**". Etapa de timp a rezultatelor este anuală, însă poate fi adaptată la o perioadă lunară.

Costul global actualizat se obține în funcție de scenariile, limitele și datele utilizate pentru calcul. Rezultatul poate fi utilizat pentru a compara diferite opțiuni sau soluții. Perioada de recuperare a investiției ilustrează potențialul diferitelor opțiuni în comparație cu o situație de bază în momentul în care se așteaptă recuperarea investiției inițiale.

Rezultatele pot fi date ca valoare a costului global actualizat sau ca alte unități valorice adaptate, care reflectă efortul mediu anual pentru construirea și funcționarea clădirii pe parcursul perioadei de calcul - de exemplu, valoarea costului global împărțit la (suprafața în m^2 a clădirii și an).

6.5.2. Pasul de timp de calcul

Pasul de timp al metodei de calcul este anual, dar poate fi eventual și lunar sau orar dacă se folosește un program de calcul automat acreditat iar datele de intrare sunt lunare sau orare.

Dacă datele de intrare sunt disponibile cu un pas mai mic decât timpul de ieșire/de calcul, valoarea sau costul sunt ajustate proporțional cu perioada de intrare specifică și cu intervalul de timp utilizat pentru calcul. Pasul orar de timp poate fi util când prețul energiei este diferit pe paliere orare.

6.5.3. Datele de intrare

Înainte de a introduce datele de intrare, trebuie descrise scenariile utilizate pentru programarea operatiunilor de întreținere, curățare, reparatii, colectare a reziduurilor/deșeurilor și modul de gestionare a energiei. Această descriere trebuie să acopere limitele studiului care pot fi luate pentru clădire pe parcursul întregului său ciclu de viață, fie că este vorba de o parte a clădirii sau de sistem aferent clădirii.

Metoda de calcul se realizează vizând în general costurile globale. Cu toate acestea, în funcție de obiectivele investitorului, metoda de calcul poate fi aplicată luând în considerare numai elementele de cost, sistemele sau produsele selectate. De exemplu, calculele referitoare la soluțiile alternative pot fi efectuate luând în considerare doar costurile pentru sistemul de preparare a apei calde menajere și pentru sistemul de încălzire.

Date de intrare generale

Datele de intrare necesare pentru calcularea costului global actualizat sunt prezentate în SR EN 15459-1, Tabelul 6.

Date specifice de intrare pentru produse și servicii

Pentru fiecare element de cost luat în considerare (produs, categorie de produs, serviciu sau sistem) se descriu elemente specifice. În SR EN 15459-1, tabelele 7 și 8 descriu tipul de informații solicitate.

Costurile suportate în timpul perioadei de funcționare a clădirii pot fi exprimate în funcție de cantitățile sau valorile respective (SR EN 15459-1, tabelul 7) sau ca procent din costurile de investiție (SR EN 15459-1, tabelul 8).

Pentru energie și apă, costurile consumului de energie în timpul fazei de construcție și în timpul construcției sunt distincte (SR EN 15459-1, tabelul 9). Organizarea diferitelor tipuri de costuri aferente exclusiv clădirii este prezentată în SR EN 15459-1, Tabelul 10.

6.5.4. Procedura de aplicare

Procedura de analiză economică prezentată etapizat mai jos, va utiliza diferențiat datele financiare, datele tehnice de proiect, diferitele tipuri de costuri, funcție de obiectivul analizat: fie o clădire nouă, fie o clădire existentă.

Tipurile și valorile de date implicite sunt prezentate în SR EN 15459-1, Anexele A și B.

ETAPA 1 - Date financiare

În această etapă, sunt identificate datele financiare necesare pentru calculul economic:

- durata calculului economic (20 de ani clădiri comerciale, 50 de ani clădiri rezidențiale, 30 de ani alte categorii de clădiri);
- ciclul de viață economic pentru diversele soluții/pachete de soluții;
- durata creditării sau durata indicată de antreprenori;
- rata inflației estimată, de regulă, din datele economice disponibile;
- factorii de actualizare/reducere stabiliți în principiu la nivel național;
- rata de modificare a costurilor cu forța de muncă, care depinde de evoluția costurilor datorate personalului de operare (*în general, rata de evoluție a costurilor forței de muncă este mai mare decât rata inflației*).
- rata de modificare a prețurilor la energie, egală cu rata inflației ca bază sau disponibilă de la furnizorii de energie (poate fi pozitivă sau negativă); aceasta rată poate fi luată în considerare și pentru alte surse, cum ar fi de exemplu modificarea prețului la apă.

ETAPA 2 - Date de proiect

În această etapă se identifică sistemele care trebuie considerate în calculele economice și datele de proiect necesare pentru calcul. Informațiile sunt obținute din proiectele tehnice sau de la antreprenori. Aceste date sunt necesare și pentru a identifica constrângerile care pot determina sau influența consumul de energie și alegerile soluțiilor analizate:

- țară sau regiune;
- date meteo;
- locația clădirii, de ex. centrul orașului, zona urbană;
- constrângeri de construcție asupra aspectelor externe ale clădirii (acoperiș, anvelopă);
- solicitarea unui regim mic de înălțime;
- constrângeri legate de zgomot etc.

Totodată, mai sunt necesare informații pentru a identifica constrângerile/oportunitățile privind sistemele de încălzire, ventilare și climatizare legate de energie ca de exemplu:

- orice combustibil interzis a fi utilizat;
- orientarea clădirii;
- evacuarea produselor de ardere (posibile sau imposibile);
- alimentare cu apă caldă de consum (sursa existent sau inexistent);
- orice dificultate în accesarea energiei pentru distribuția combustibilului;
- proximitatea față de rețeaua de gaz;
- oportunități pentru sursele regenerabile de energie (de exemplu, colectoare solare, pile de combustie, ventilare naturală, pompă de căldură etc.);
- satisfacerea doleanțelor clientului ș.a.

ETAPA 3 - Componente și costuri de sistem (costuri de investiție, înlocuire)

Se colectează, atât în cazul clădirilor noi cât și a celor existente, datele componentelor și ale sistemului (Anexa A din SR EN 15459-1), precum și informațiile privind durata de viață, întreținerea și funcționarea. Informativ, în Anexa D din SR EN 15459-1 se indică durate de viață pentru diverse echipamente precum și costurile de mentenanță sau de eliminare (scoatere din uz, demolare).

În această etapă se colecteaza datele privind:

- costurile de investiții pentru achiziția, pregătirea, autorizațiile pentru terenuri, racordare la utilități, lucrări de proiectare etc.;
- costurile de investiții pentru sistemele asociate consumului de energie;
- costuri de mentenanță (service);
- costurile periodice sau de înlocuire;
- costuri de dezafectare;
- alte costuri anuale (exceptând pe cele cu energia);
- asigurări, impozite etc. (costuri operaționale).

ETAPA 4 - Costul energiei (ca parte a costurilor anuale de exploatare)

Contractele de energie au în general două componente:

- prima parte este direct legată de consumul de energie indicat de contoare sau de consumul de combustibil al clădirii; metoda de determinare a consumului de energie trebuie să fie asociată cu conținutul energetic al combustibilului în conformitate cu datele furnizorului; rezultă costul de exploatare;

- a doua parte se bazează pe cantitatea de energie (și puterea maximă) achiziționată de la furnizorii de energie sau închirierea de sisteme energetice (de exemplu, rezervor de gaz, transformator electric); rezultă un cost operațional.

Se pot aplica condiții specifice rețelelor de încălzire centralizată urbană. Costurile ecologice sau cele sociale pot fi introduse ca și costuri legate de energie. Costurile cu energia se pot calcula atât în decursul procesului de renovare cât și în decursul funcționării și exploatării curente.

ETAPA 5 – Calculul costului global actualizat

Această etapă cuprinde calculul costurilor de înlocuire pe parcursul perioadei de calcul.

Valoarea reziduală la sfârșitul perioadei de calcul este determinată de suma valorilor reziduale ale tuturor sistemelor și componentelor.

Valoarea reziduală procentuală a unui sistem sau a unei componente specifice se calculează din durata de viață rămasă (la sfârșitul perioadei de calcul) a ultimei înlocuiri a sistemului sau a componentei, presupunând o depreciere liniară pe durata sa de viață . Valoarea reziduală reală este apoi obținută prin înmulțirea acestui procent cu costul de înlocuire corespunzător.

Diferitele tipuri de costuri (costurile inițiale de investiție, costurile de înlocuire, costurile anuale și costurile energetice), precum și valoarea finală (reziduală) sunt transformate în cost global actualizat (adică raportat la anul 0) prin aplicarea factorului de actualizare corespunzător.

Rata de actualizare poate varia pentru diferite tipuri de costuri, datorită diferențelor în ratele de modificare a prețurilor la energie, pentru forța de muncă, pe componente etc.

Costul global actualizat este determinat prin însumarea costurilor globale actualizate ale costurilor inițiale de investiție, costurilor de înlocuire, costurilor operaționale, costurilor de exploatare și costurilor energetice din care se scade valoarea finală (reziduală).

Calculul costului global poate fi efectuat pe componente, luând în considerare costurile anuale (cu referire la primul an) pentru fiecare an i, costurile de eliminare (demolare, dezafectare) și valoarea reziduală pentru fiecare componentă j:

$$CG = CO_{\mathrm{INIT}} + \sum_{j}\left[\sum_{i=1}^{TC}\left(CO_{a(i)}(j)*\left(1+RAT_{xx(i)}(j)\right)+CO_{\mathrm{CO2}(i)}(j)\right)*D_f(i)+CO_{fin(TLS)}(j)-VAL_{ft_{TC}}t(j)\right] \quad (6.\ 1)$$

unde :

CG	costul global actualizat (la nivelul primului an T_0-anul finalizării investiei);
CO_{INIT}	costul inițial al investiției;
$CO_{a(i)}(j)$	costul anual al componentei sau măsurii de renovare j pentru anul i;
$RAT_{xx}(j)$	rata de modificare a prețurilor pentru anul i a componentei sau măsurii de renovare j;
$CO_{CO2(i)}(j)$	costul emisiilor de CO_2 pentru măsura j în anul i;

$CO_{fin(TLS)}(j)$	costul final pentru dezafectare și eliminare în ultimul an al ciclului de viață TLS al componentei j sau al clădirii (în raport cu primul an T_0);
$VAL_{fin(tTC)}(j)$	valoarea reziduală a componentei j în anul TC la sfârșitul perioadei de calcul (în raport cu primul an T0);
$D_f(i)$	factorul de reducere pentru anul i;
t_{TC}	perioada de calcul.

ETAPA 6 – Calculul perioadei de recuperare a investiției

Perioada de recuperare a investiției este utilizată pentru a compara rentabilitatea a două soluții diferite. În general, opțiunea/optiunile alese sunt comparate față de o referință.

Recuperarea se presupune a fi atinsă în anul în care costul global actualizat al opțiunii devine mai mic decât costul global actualizat al referinței. Pentru clădirile existente, referința poate fi clădirea actuală (când nu se ia nicio măsură). Pentru clădirile noi (NZEB), referința este clădirea care îndeplinește cerințele minime ale reglementărilor naționale (clădirea de referință definită în capitolul 5.2. din actuala reglementare).

Perioada ”redusă” de recuperare a investiției corespunde perioadei în care cash flow-ul devine negativ, adică perioada în care diferența dintre costul inițial al investiției pentru cazul opțiunii și cazul de referință este compensată de diferența dintre costurile cumulate anuale pentru fiecare an:

$$\sum_{t=1}^{TPB} CF_t \cdot \left(\frac{1}{1+RAT_{\text{disc}}} \right)^t - CO_{\text{INIT}} + CO_{\text{INITref}} = 0 \qquad (6.2)$$

unde

CF_t	este diferența dintre costurile anuale (diferența fluxului de numerar/cash flow) între cazul opțional și cazul de referință în anul t;
TPB	este ultimul an al perioadei de recuperare a investiției (când expresia devine negativă sau egală cu 0);
RAT_{disc}	este factorul de reducere;
CO_{INIT}	este costul inițial al investiției;
$CO_{\text{INIT,ref}}$	este costul inițial al investiției pentru cazul de referință (=0 pentru opțiunea de a nu interveni deloc).

În cazul unui cash-flow (flux de numerar) constant, fără influență semnificativă a costurilor de înlocuire, perioada de recuperare a investiției, redusă, poate fi calculată folosind relația:

$$PB = \ln\left(\frac{1}{1 - \frac{\left(CO_{\text{INIT}} - CO_{\text{INIT,ref}}\right) \cdot RAT_{\text{disc}}}{CF}} \right) \cdot \frac{1}{\ln\left(1 + RAT_{\text{disc}}\right)} \quad \text{[ani]} \qquad (6.\ 3)$$

unde CF este valoarea constantă a diferenței de costuri de functionare între opțiune și cazul de referință pentru toți anii.

Cu pasul de timp de calcul de un an, perioada de recuperare a investiției reduse, ținând cont de valoarea în timp a monedei și costurile de înlocuire, se poate obține din relația de calcul a perioadei de recuperare a investiției, pentru anul în care relația (6.4) dă o valoare pozitivă.

$$PB = MIN\left(T / \sum_{t=1}^{T} CF_t \cdot \left(\frac{1}{1+RAT_{\text{disc}}} \right)^t - CO_{\text{INIT}} + CO_{\text{INITref}} \geq 0 \right) \quad (6.\ 4)$$

Perioada de recuperare a investiției trebuie să fie cât mai mică și totodată mai mică decât durata pe care se realizează calculul economic (20 de ani clădiri comerciale, 50 de ani clădiri rezidențiale, 30 de ani alte categorii de clădiri).

În ceea ce priveşte o investiţie realizată, se pot întâlni trei scenarii, după cum urmează:

a. Beneficiarul dispune de întreaga sumă necesară investiției la momentul "0";
b. Beneficiarul primește o subvenție de x% din costul investiției la momentul "0" sau pe durata exploatării;
c. Beneficiarul nu dispune de suma necesară realizării investiţiei, caz în care se apelează la un credit, rambursabil într-o perioadă de N_c ani cu o dobândă anuală fixă, *d* (costurile creditării sunt calculate și incluse în costul global).

Condiţia necesară angajării unui credit este ca N_c < PB, urmând ca pe durata (TC – PB) să se manifeste beneficiul net al investiției (aplicarea soluţiilor pentru clădiri NZEB sau pentru modernizarea energetică a clădirilor existente).

Decizia angajării unui credit se bazează pe 2 condiții:

1- maximizarea profitului obținut după achitarea creditului pe durata TC, respectiv prin aplicarea unor soluţii de calitate superioară, cu durate mari de viață.
2- minimizarea valorii N_c, funcție de condiţiile de acordare a creditului, implicit de suportabilitatea beneficiarului de a achita ratele de rambursare a acestuia.

Acordarea unui credit implică achitarea unui avans, notat cu "a_c", ca parte a valorii CO_{init} achitată integral la momentul "0". Prin urmare al doilea criteriu important pentru decizia de utilizare/acordare a unui credit îl reprezintă suportabilitatea de către beneficiar a ratei lunare necesară rambursării creditului; valoarea ratei lunare de rambursare a creditului (pe durata N_c ani cu dobândă anuală fixă) se determină cu relaţia (coeficientul de calcul f are diverse valori funcție de instituția creditoare (ex f=0,0833)

$$r_c = \frac{f \times (1-a_c) \times CO_{init} \times (1+d)^{N_c}}{N_c} \quad (6.5.)$$

Valoarea r_c se compară cu venitul mediu lunar al beneficiarului care realizează investiţia (exemplu- cu scop de modernizare energetică). Criteriul suportabilităţii valorii "r_c" constă în analiza posibilităţii practice de aplicare a unor soluţii performante din punct de vedere energetic şi posibilităţii de suportabilitate a costului implicat de realizarea investiţiilor. Astfel, unei valori reduse "r_c" îi corespunde în plan tehnic, fie o soluţie mai puţin performantă, fie o perioadă de profitabilitate (TC–PB) redusă (în cazul în care valoarea N_c este agreată de creditor). Evident această concluzie se poate modifica conjunctural, funcţie de condiţiile acordării creditului şi în

special de dinamica indicatorilor financiari (rata de creștere a costului cu energia sau manopera, rata de reducere sau de actualizare etc.).

6.6. Influența renovării asupra consumului energetic al clădirii. Analiza eficienței economice a soluțiilor tehnice de creștere a performanței energetice

Pe lângă calităţile termice ale clădirii şi calităţile de bază ale instalaţiilor, consumul energetic depinde și de nivelul de dotare a spațiilor utilizate, de mediul adiacent acestora (climat şi vecinătate), de opţiunile ocupanţilor în materie de confort (şi de economie) şi de posibilităţile de intervenţie ale acestora (de manieră directă sau indirectă) în mod raţional asupra gestiunii propriilor instalaţii. Aceste posibilităţi de gestiune corespund parametrilor reglajului şi programării.

În scopul analizei efectului de reducere a consumului de energie al clădirii aferent unei măsuri/pachet de măsuri de modernizare energetică, se determină consumul anual total de energie finală (termică respectiv electrică) pentru încălzirea spaţiilor, prepararea apei calde de consum, ventilare/climatizare şi asigurarea iluminatului clădirii reale, acesta devenind o valoare de referinţă pentru toate intervenţiile asupra clădirii şi instalaţiilor aferente acesteia.

Influenţa fiecărui pachet de măsuri de modernizare energetică a unei clădiri şi a instalaţiilor aferente acesteia se determină prin estimarea noului consum anual de energie finală în situaţia aplicării măsurilor de modernizare energetică, și ulterior prin calcularea economiilor de energie finală (termică și respectiv electrică).

Pentru a compara două valori ale costului global actualizat, specifice unei rezolvări clasice şi unei rezolvări cu caracter energetic conservativ, se calculează anual diferența dintre valorile actualizate (cash-flow actualizat). Cu cât diferența devine mai repede pozitivă, cu atât pachetul de soluții aplicate clădirii cu caracter energetic conservativ este mai profitabil (adică mai eficient și din punct de vedere economic).

Rezultă, prin urmare că soluţia cea mai avantajoasă este dată de obţinerea profitului maxim pe o durată prestabilită de calcul.

6.7. Raportul și întocmirea dosarului de audit energetic

Raportul de audit energetic se elaborează pe baza analizei tehnice şi economice a soluțiilor de renovare energetică a clădirilor. Raportul de audit energetic conţine elementele necesare alegerii soluţiilor de renovare energetică a clădirii.

Întocmirea raportului de audit energetic este un element esenţial al procesului de auditare energetică, descriind modul în care a fost efectuat auditul, a principalelor caracteristici energetice ale clădirii, a măsurilor propuse de modernizare energetică a clădirii şi instalaţiilor aferente acesteia, precum şi a concluziilor referitoare la măsurile eficiente din punct de vedere economic. Această prezentare trebuie adaptată de fiecare dată funcţie de beneficiarul potenţial al raportului, ţinând seama de faptul că în final acesta va fi cel care va decide în privinţa modernizării energetice

a clădirii. Forma în care este întocmit raportul de audit energetic, prezentarea acestuia, modul de redactare, claritatea şi uşurinţa de interpretare a conţinutului acestuia sunt esenţiale pentru beneficiarul raportului.

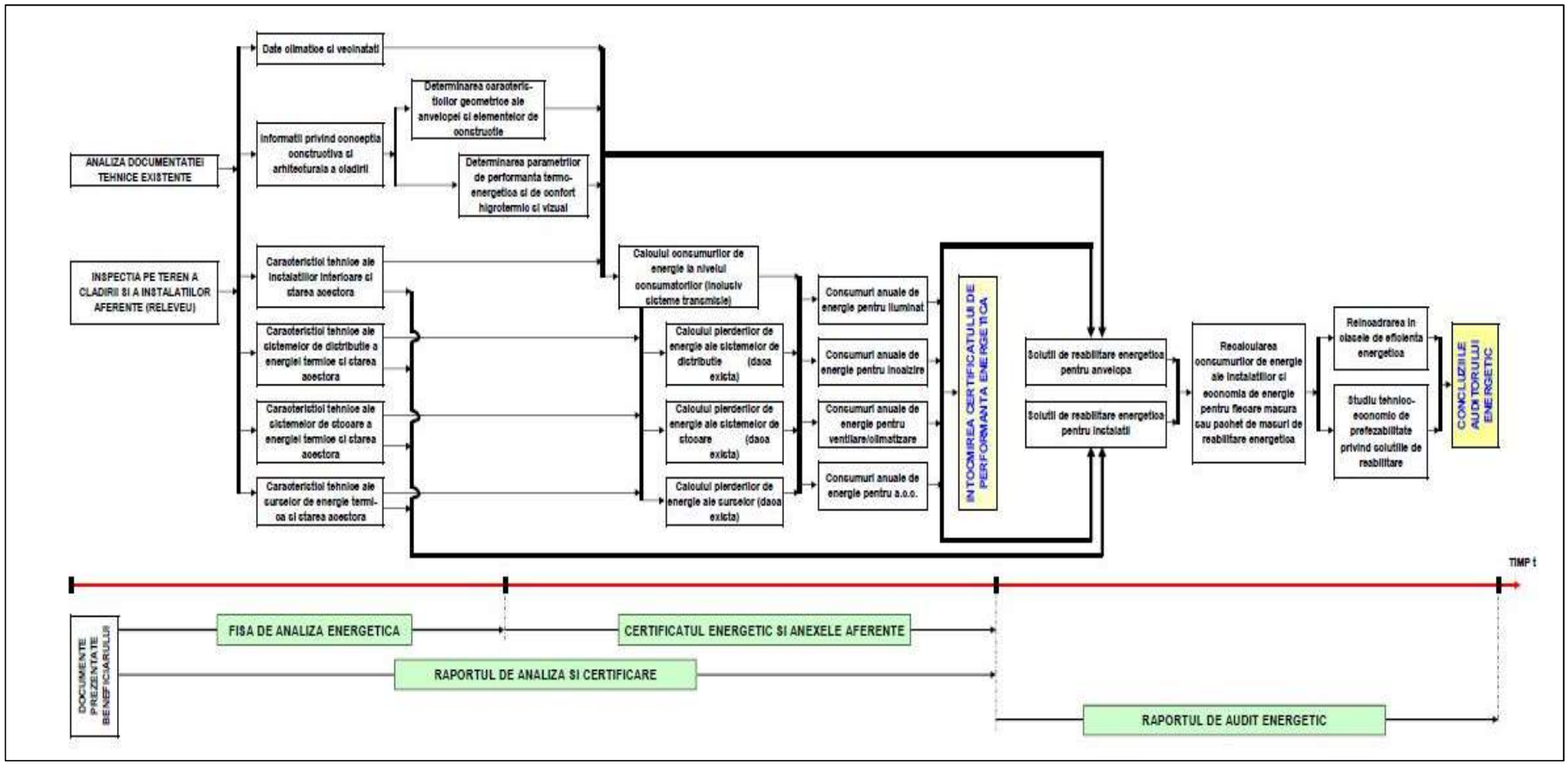


Figura 6.4. Schema logică de realizare a auditului energetic

ANEXA 6.1.

FIŞA DE ANALIZĂ ENERGETICĂ
(model orientativ)

A. DATE GENERALE

Plan de situaţie / schiţa clădirii cu indicarea orientării faţă de punctele cardinale, a distanţelor până la clădirile din apropiere şi înălţimea acestora şi poziţionarea sursei de căldură sau a punctului de racord la sursa de căldură exterioară.

Configurarea limitelor sistemului (Se va insera relevarea fotografică a clădirii analizate)

Clădirea:		
Adresa:		
Proprietar:		
Categoria clădirii:	**Se bifeaza corespondenta**	**Observaţii, detalieri, descrieri succinte**
❑ locuinţa unifamilială	☐	
❑ clădire de locuit cu mai multe apartamente	☐	
❑ clădire de birouri	☐	
❑ clădire de învăţământ (creşe, grădiniţe, scoli, licee, universităţi,)	☐	
❑ clădire pentru sănătate (spital, policlinica etc.)	☐	
❑ clădire pentru sport (sală de sport, bazine înot etc.)	☐	
❑ clădire pentru servicii de comerţ (magazine, spații comerciale, sedii de bănci, sedii de firme etc.)	☐	
❑ clădire social-culturale (teatre, cinema, muzeu etc.)	☐	
❑ clădire de turism (hotel, restaurant, pensiune etc.)	☐	
❑ clădire administrativă (autorităţi locale, sedii instituţii etc.)	☐	
❑ cămine, internate	☐	
❑ clădire industriala cu regim normal de exploatare	☐	
❑ alte categorii	☐	
❑ clădire NZEB	☐	

Tipul clădirii rezidenţiale		
❑ individuală	☐	
❑ duplex	☐	
❑ bloc	☐	
❑ înşiruită	☐	
❑ tronson de bloc	☐	
❑ alt tip	☐	

Zona climatică în care este amplasată clădirea:	I	II	III	IV	V
	☐	☐	☐	☐	☐

Zona eoliană în care este amplasată clădirea:	I	II	III	IV
	☐	☐	☐	☐

Gradul de expunere la vânt:		
❑ adăpostită	☐	
❑ moderat adăpostită	☐	
❑ liber expusă (neadăpostită)	☐	

Regimul de înălţime al clădirii (Demisol, Subsol, Parter, Etaj, Mansardă: *(se completează numărul acestora)*	D	S	P	E	M
	☐	☐	☐	☐	☐

Anul construcţiei *(se menţionează eventual anul unei reabilitări anterioare analizei)***:**		
Structura constructivă:		
❑ pereţi structurali din zidărie	☐	
❑ pereţi structurali din beton armat	☐	
❑ cadre din beton armat	☐	
❑ stâlpi şi grinzi	☐	
❑ structura de lemn	☐	
❑ structura metalică	☐	
Existenţa documentaţiei construcţiei şi instalaţiei aferente acesteia:		
❑ partiu de arhitectură pentru fiecare tip de nivel reprezentativ	☐	
❑ secţiuni reprezentative ale construcţiei	☐	
❑ detalii de construcţie	☐	
❑ planuri pentru instalaţia de încălzire interioară, schema coloanelor	☐	
❑ planuri pentru instalaţiile sanitare (preparare apă caldă, recirculare etc.)	☐	
❑ planuri pentru instalaţia de ventilare/climatizare/ condiţionare	☐	
❑ planuri pentru instalaţiile de iluminat	☐	
❑ planuri pentru instalaţiile din surse regenerabile	☐	
Starea subsolului tehnic al clădirii:		
❑ Uscat şi cu posibilitate de acces la instalaţia comună	☐	
❑ Uscat, dar fără posibilitate de acces la instalaţia comună,	☐	
❑ Subsol inundat / inundabil (posibilitatea de refulare a apei din canalizarea exterioară)	☐	

B. CARACTERISTICI ALE SPAŢIULUI LOCUIT / ÎNCĂLZIT:

Caracteristici ale spaţiului locuit / încălzit	Valoare numerica	Observatii
❑ Aria construită [m²]:		
❑ Aria construită desfăşurată [m²]:		
❑ Aria de referință a pardoselii spaţiului încălzit [m²]:		
❑ Volumul de referință al spaţiului încălzit [m³]:		
❑ Aria de referință a pardoselii spaţiului răcit [m²]-după caz:		
❑ Înălţimea medie liberă a unui nivel [m]:		
❑ Gradul de ocupare al spaţiului încălzit [nr. de ore de funcţionare a instalaţiei de încălzire]:		
❑ Raportul dintre aria faţadei cu balcoane închise şi aria totală a faţadei prevăzută cu balcoane / logii:		
❑ Adâncimea medie a pânzei freatice [m]:		
❑ Înălţimea medie a subsolului faţă de cota terenului sistematizat [m]:		
❑ Perimetrul pardoselii subsolului clădirii [m]:		

C. IDENTIFICAREA STRUCTURII CONSTRUCTIVE A CLĂDIRII:

☑ Pereţi exteriori opaci:

PE	Descriere	Arie [m²]	Straturi componente (i → e)	
			Material	Grosime [m]
Arie totală a pereţilor exteriori opaci			-	-

Starea pereților exteriori		Observații
❑ bună	☐	
❑ pete condens	☐	
❑ igrasie	☐	
Starea finisajelor		
❑ bună	☐	
❑ tencuială căzută parţial	☐	
❑ tencuială căzută total	☐	
Tipul şi culoarea materialelor de finisaj:		
❑ tip		
❑ culoare		
Rosturi despărţitoare pentru tronsoane ale clădirii:		
❑ deschise	☐	
❑ închise	☐	
❑ nu este cazul	☐	

☑ Pereţi către spaţii anexe (casa scărilor, ghene etc.):

P	Descriere	Arie [m²]	Straturi componente (i → e)	
			Material	Grosime [m]

❑ Arie totală a pereţilor către casa scărilor		-	-
❑ Arie totală către ghene		-	-
Calcul volum	**Volum [m³]**		
❑ Volumul de aer din casa scărilor		-	-

☑ **Planşeu peste subsol:**

PSb	**Descriere**	**Arie [m²]**	**Straturi componente (i → e)**	
			Material	**Grosime [m]**
❑ Aria totală a planşeului peste subsol			-	-
Calcul volum		**Volum [m³]**		
❑ Volumul de aer din subsol			-	-

☑ **Terasă / acoperiş:**

Tip terasă/acoperiş:		**Observaţii**
❑ circulabilă	☐	
❑ necirculabilă	☐	
❑ acoperiş tip şarpantă	☐	
Starea terasei/acoperişului		
❑ bună	☐	
❑ uscată	☐	
❑ deteriorată	☐	
❑ umedă	☐	
❑ acoperiş spart, neetanş la ploaie, zăpadă	☐	
Ultima reparaţie a terasei/acoperişului		
❑ în urmă cu mai puţin de un an	☐	
❑ 1-2 ani	☐	
❑ 2-5 ani	☐	
❑ mai mult de 5 ani	☐	
Materiale finisaj:		
Alte menţiuni importante:		

TE	**Descriere**	**Arie [m²]**	**Straturi componente (i → e)**	
			Material	**Grosime [m]**
❑ Aria totală a terasei			-	-

☑ **Planşeu sub pod:**

PP	**Descriere**	**Arie [m²]**	**Straturi componente (i → e)**

			Material	Grosime [m]
❑ Aria totală a planşeului sub pod			-	-

☑ **Ferestre / uşi exterioare:**

Starea tâmplăriei		**Observații**
❑ bună	☐	
❑ evident neetanşă	☐	
❑ fără măsuri de etanşare	☐	
❑ măsuri speciale de etanşare	☐	
❑ alte măsuri speciale	☐	
Tip de elemente de umbrire a părți vitrate		
❑ la interior	☐	
❑ la exterior	☐	
❑ între geamuri	☐	
❑ alt sistem	☐	

FE / UE	Descriere	Arie [m²]	Tipul tâmplăriei	Grad etanşare	Prezenţă oblon (i / e)

☑ **Alte elemente de construcţie:**

- între casa scărilor şi pod,
- între acoperiş şi pod,
- între casa scărilor şi acoperiş,
- între casa scărilor şi subsol,

PI	Descriere	Arie [m²]	Straturi componente (i → e)	
			Material	Grosime [m]
P CS-Sb				

☑**Elementele de construcţie mobile din spaţiile comune:**

Uşa de intrare în clădire:		**Observații**
❑ Uşa este prevăzută cu sistem automat de închidere şi sistem de siguranţă (interfon, cheie)	☐	
❑ Uşa nu este prevăzută cu sistem automat de închidere, dar stă închisă în perioada de neutilizare	☐	
❑ Uşa nu este prevăzută cu sistem automat de închidere şi este lăsată frecvent deschisă în perioada de neutilizare	☐	
❑ Alte situații	☐	
Ferestre de pe casa scărilor-starea geamurilor, a tâmplăriei şi gradul de etanşare:		**Observații**
❑ Ferestre / uşi în stare bună şi prevăzute cu garnituri de etanşare	☐	

❑ Ferestre / uşi în stare bună, dar neetanşe	☐	
❑ Ferestre / uşi în stare proastă, lipsă sau sparte	☐	
❑ Alte situații	☐	

D. INSTALAŢIA DE ÎNCĂLZIRE INTERIOARĂ:

Existența instalației de încălzire		**Observații**
Da	☐	
Nu	☐	
Necesarul de căldură de calcul [W]:		
Sursa de energie pentru încălzirea spaţiilor		**Observații**
❑ Sursă proprie	☐	
○ Utilizând combustibil gazos	☐	
○ Utilizând combustibil lichid usor	☐	
○ Utilizând combustibil solid	☐	
○ Încălzire electrică	☐	
❑ Sursă mixtă	☐	
❑ Centrala termică de cartier	☐	
❑ Centralizat – punct termic central	☐	Corelație cu indicatorii de performanță energetică ai sistemelor centralizate din localitate
❑ Centralizat – punct termic local (modul)	☐	
○ Există apartamente debranşate în condominiu	☐	
○ Nu sunt apartamente debranşate în condominiu	☐	
❑ Alt tip de sursă (ex. instalaţie hibridă cuplată cu sursa regenerabilă)	☐	
Tipul sursei de încălzire		
❑ Încălzire locală cu sobe	☐	
❑ Încălzire cu corpuri statice	☐	
❑ Încălzire centrală cu aer cald	☐	
❑ Încălzire centrală cu planşee încălzitoare	☐	
❑ Încălzire electrică	☐	
❑ Alt sistem de încălzire:	☐	
❑ Intervenții asupra instalației de-a lungul timpului – se menționează pe scurt		

☑ **Date privind instalaţia de încălzire locală cu sobe:**

Starea coşului / coşurilor de evacuare a fumului:		**Observații**
❑ Coşurile au fost curăţate cel puţin o dată în ultimul an	☐	
❑ Coşurile nu au mai fost curăţate de cel puţin un an	☐	
❑ Alte situații	☐	

Nr. crt.	Tipul sobei	Combustibil	Data instalării	Element reglaj ardere	Element închidere tiraj	Data ultimei curăţiri/ intervenţii

☑ **Date privind instalaţia de încălzire interioară cu corpuri statice:**

Tip distribuţie a agentului termic de încălzire:		**Observaţii**
❑ inferioară	☐	
❑ superioară	☐	
❑ mixtă	☐	
❑ verticală	☐	
❑ orizontală	☐	
Racord la sursa centralizată cu căldură:		
❑ racord unic	☐	
❑ multiplu	☐	
❑ către puncte de racord [nr.]		
❑ diametru nominal [mm]:		
❑ disponibil de presiune (nominal) [mmCA]:		
Contor de energie termică		**Observaţii**
❑ există, dar nu are viză metrologică	☐	
❑ există, dar are viză metrologică	☐	
❑ nu există	☐	
❑ este defect	☐	
❑ anul instalării		
Elemente de reglaj termic şi hidraulic		
❑ pe racordul instalaţiei	☐	
❑ pe reţeaua de distribuţie	☐	
❑ pe coloane	☐	
❑ la nivelul corpurilor statice	☐	**Observaţii**
○ Corpurile statice sunt dotate cu armături de reglaj şi acestea sunt funcţionale	☐	
○ Corpurile statice sunt dotate cu armături de reglaj, dar cel puţin un sfert dintre acestea nu sunt funcţionale	☐	
○ Corpurile statice nu sunt dotate cu armături de reglaj sau cel puţin jumătate dintre armăturile de reglaj existente nu sunt funcţionale	☐	
Reţeaua de distribuţie amplasată în spaţii neîncălzite:		
❑ Lungime [m]:		
❑ Diametru nominal [mm, ţoli]:		
❑ Termoizolaţie:		
○ Există izolație și este în stare bună	☐	
○ Există izolație și este uscată dar tasată	☐	
○ Există izolație dar este umedă	☐	
○ Izolația este deteriorată	☐	
○ Nu există termoizolație	☐	

Starea instalaţiei de încălzire interioară din punct de vedere al depunerilor		**Observaţii**
❑ Corpurile statice au fost demontate şi spălate / curăţate în totalitate după ultimul sezon de încălzire	☐	
❑ Corpurile statice au fost demontate şi spălate / curăţate în totalitate înainte de ultimul sezon de încălzire, dar nu mai devreme de trei ani	☐	
❑ Corpurile statice au fost demontate şi spălate / curăţate în totalitate cu mai mult de trei ani în urmă	☐	
Armăturile de separare şi golire a coloanelor de încălzire:		**Observaţii**
❑ Coloanele de încălzire sunt prevăzute cu armături de separare şi golire a acestora, funcţionale	☐	
❑ Coloanele de încălzire nu sunt prevăzute cu armături de separare şi golire a acestora sau nu sunt funcţionale	☐	
Vasele/armăturile de aerisire a instalaţiei de încălzire:		**Observaţii**
❑ Există vase de aerisire	☐	
❑ Există robinete manuale de aerisire	☐	
❑ Există robinete automate de aerisire și sunt funcționale	☐	
❑ Există robinete automate de aerisire dar nu sunt funcționale	☐	
❑ Alte mențiuni		
Există repartitoare montate pe corpurile de încălzire ?		**Observaţii**
❑ Da	☐	
❑ Nu	☐	
Existăcontoare individuale montate la intrarea în apartament și/sau spațiu cu altă destinație ?		**Observaţii**
❑ Da	☐	
❑ Nu	☐	

Tip corp de încălzire	**Număr corpuri de încălzire [buc.]**			**Suprafaţă echivalentă termic [m²]**		
	în spaţiul locuit	în spaţiul comun	Total	în spaţiul locuit	în spaţiul comun	Total

☑ **Date privind instalaţia de încălzire interioară cu planşeu încălzitor:**

Aria planşeului încălzitor [m²]:			
Diametru serpentină. [mm]:			
Lungime [m]:			
Tipul elementelor de reglaj termic din dotarea instalaţiei:			

☑ **Sursa de încălzire – centrală termică proprie:**

Centrală termică proprie		

❑ Putere termică nominală [W]:		
❑ Randament de catalog:		
❑ Anul instalării:		
❑ Are documente ISCIR : DA/NU		
❑ Sistemul de reglare / automatizare şi echipamente de reglare:		
❑ Stare (arzător, conducte / armături, manta):		
❑ Există facturi pentru încălzire pe ultimii 5 ani care pot fi consultate	DA ☐ / NU ☐	
❑ Alte mențiuni		

E. DATE PRIVIND INSTALAŢIA DE APĂ CALDĂ DE CONSUM:

Existența instalației de preparare a apei calde de consum		**Observații**
❑ Da	☐	
❑ Nu	☐	
Sursa de energie pentru prepararea apei calde spaţiilor		**Observații**
❑ Sursă proprie	☐	
○ Utilizând combustibil gazos	☐	
○ Utilizând combustibil lichid ușor	☐	
○ Utilizând combustibil solid	☐	
○ Utilizând energie regenerabilă (solar etc.)	☐	
○ Încălzire electrică a apei calde de consum	☐	
❑ Sursă mixtă	☐	
❑ Centrală termică de cartier	☐	
❑ Centralizat – punct termic central	☐	
❑ Centralizat – punct termic local (modul)	☐	
❑ Alt tip de sursă	☐	
Tipul sistemului de preparare a apei calde		
❑ Din sursă centralizată,	☐	
❑ Centrală termică proprie,	☐	
❑ Boiler cu acumulare,	☐	
❑ Preparare locală cu aparate de tip instant	☐	
❑ Încălzire electrica, boiler electric	☐	
❑ Alt sistem de preparare a apei calde de consum:	☐	
Puncte de consum apă rece / apă caldă:		
❑ Lavoare [nr.]		
❑ Spălătoare[nr.]		
❑ Bideuri [nr.]		
❑ Pișoare [nr.]		
❑ Duş: [nr.]		
❑ Cadă de baie [nr.]		
❑ Rezervor WC[nr.]		
❑ Mașină de spălat vase[nr.]		
❑ Mașină de spălat rufe[nr.]		
Starea armăturilor		

❑ Bună	☐	
❑ Există pierderi mici de fluid	☐	
❑ Precară, cu pierderi mari	☐	
Racord la sursa centralizată cu căldură:		
❑ racord unic	☐	
❑ multiplu: ..... [nr.]	☐	
❑ diametru nominal [mm]:		
❑ presiune necesară (nominal) [mmCA]:		
Conducta de recirculare		
❑ funcţională	☐	
❑ nu funcţionează	☐	
❑ nu există	☐	
Debitmetre la nivelul punctelor de consum		
❑ există	☐	
❑ nu există	☐	
❑ parțial	☐	
Contor general de energie termică		**Observații**
❑ există, dar nu are viză metrologică	☐	
❑ există, și are viză metrologică	☐	
❑ nu există	☐	
❑ este defect	☐	
❑ anul instalării		
❑ tipul de contor		

INFORMAȚII SUPLIMENTARE			
❑ accesibilitate la racordul de apă caldă din subsolul tehnic	DA ☐	NU ☐	
❑ programul de livrare a apei calde de consum: [nr. h/24 h]			
❑ Există facturi pentru apa caldă de consum pe ultimii 5 ani care pot fi consultate	DA ☐	NU ☐	
❑ temperatura apei reci din zona [°C] *(valori medii lunare – de preluat de la staţia meteo locală sau de la regia de apă)*			
Reţeaua de distribuţie a apei calde amplasată în spaţii neîncălzite:			
❑ Lungime [m]:			
❑ Termoizolaţie:			**Observații**
○ Există izolație și este în stare bună	☐		
○ Există izolație dar este umedă	☐		
○ Izolația este deteriorată	☐		
○ Nu există termoizolație	☐		
❑ numărul de persoane mediu pe durata unui an (pentru perioada pentru care se cunosc consumurile facturate):			
❑ Alte mențiuni (de ex. dacă s-a intevenit de-a lungul timpului asupra instalațiilor – se descriu succint intervențiile și modificările)			

F. DATE PRIVIND INSTALAŢIA DE VENTILARE/CLIMATIZARE

☑Date privind instalaţia de climatizare

Existența instalației de ventilare și climatizare		**Observații**
❑ Da	☐	
❑ Nu	☐	
Sarcina termică determinată pentru clădirea climatizată (dacă există proiect spre consultare) [kW]		
Numărul maxim real de persoane din clădire/zonă [pers.]		
Grad de ocupare zilnic/săptămânal/lunar [m²/pers]		
Volumul util al clădirii/zonei climatizate [m³]		
Tip spaţii anexe vecine neclimatizate		
❑ Subsoluri	☐	
❑ Poduri	☐	
❑ Casa scării	☐	
❑ Grupuri sanitare	☐	
❑ Altele	☐	
Spaţii climatizate cu destinaţii speciale		
❑ Camere curate	☐	
❑ Bucătărie mare	☐	
❑ Piscină	☐	
❑ Sală servere	☐	
❑ Altele	☐	
Tipul sistemului		
❑ Numai aer	☐	
❑ Aer-apă	☐	
❑ Detentă directă	☐	
❑ Instalaţie de răcire prin radiaţie (plafon, pardoseală, pereţi)	☐	
❑ Alt sistem – se descrie succint în rubrica observații	☐	
Dispozitive terminale		
❑ Guri de introducere a aerului în încăperi	☐	
❑ Ventiloconvectoare	☐	
❑ Ejectoconvectoare	☐	
❑ Grinzi de răcire	☐	
❑ Unităţi interioare de tip Split	☐	
Tip distribuţie agent termic		
❑ Conducte de aer	☐	
❑ Conducte de apă caldă	☐	
❑ Conducte de apă răcită	☐	
❑ Conducte de agent frigorific	☐	
❑ Alte tipuri	☐	
Tip generare frig		
❑ Chiller cu condensator răcit cu aer	☐	
❑ Chiller cu condensator răcit cu apă	☐	
❑ Unităţi exterioare de condensare	☐	
❑ Pompă de căldură aer-apă	☐	

❑ Pompă de căldură apă-apă	☐	
❑ Pompă de căldură aer-aer	☐	
❑ Pompă de căldură apă-aer	☐	
❑ Pompă de căldură sol-apă	☐	
❑ Pompă de căldură sol-aer	☐	
❑ Instalaţie frigorifică cu absorbţie	☐	
❑ Instalaţie frigorifică cu compresie mecanică	☐	
❑ Instalaţie monobloc	☐	
❑ Instalaţie SPLIT	☐	
❑ Altele (Ex. Dessicant cooling)	☐	
❑ Alte tipuri	☐	
Tip de agent frigorific		
❑ ecologic	☐	
❑ neecologic	☐	
❑ alte mențiuni		
Tip de recuperare a căldurii		
❑ Recircularea aerului	☐	
❑ Recuperator de căldură sensibilă	☐	
❑ Recuperator de căldură latentă	☐	
❑ Recuperarea căldurii din agentul frigorific	☐	
Tip alimentare cu energie		
❑ Alimentare cu energie electrică	☐	
❑ Alimentare cu gaze naturale	☐	
❑ Alimentare cu energie termică	☐	
❑ Alimentare cu energie solară	☐	
❑ Altele	☐	
Starea canalelor de aer din punct de vedere al rezistenței la coroziune		
❑ Bună	☐	
❑ Satisfăcătoare	☐	
❑ Precară	☐	
Starea canalelor de aer din punct de vedere al etanșeității		
❑ Etanșe	☐	
❑ Neetanșe	☐	
Starea termoizolației conductelor de aer		
❑ Bună	☐	
❑ Satisfăcătoare	☐	
❑ Precară	☐	
Pierderi de agent frigorific		
❑ Există pierderi de agent frigorific	☐	
❑ Nu există pierderi de agent frigorific	☐	
ALTE INFORMAȚII SUPLIMENTARE		
❑		

☑Date privind instalaţia de ventilare

Tip ventilare		
❑ naturală	☐	**Observații**
❑ mecanică	☐	

❑ hibridă (naturală +mecanică)	☐		
❑ Alte mențiuni			
❑ Ventilatoarele au turație variabilă?	DA	NU	
	☐	☐	

G. DATE PRIVIND INSTALAŢIA DE ILUMINAT

Puterea instalației de iluminat [kW]		
Sistem de iluminat		
❑ General uniform distribuit	☐	
❑ Localizat sau zonat	☐	
❑ Combinat	☐	
Tipul corpurilor de iluminat		
❑ Cu incandescență	☐	
❑ Fluorescențe	☐	
❑ Combinat	☐	
❑ Alte tipuri (LED etc.)		
Controlul sistemului de iluminat		
❑ Fară detectare automată a prezenței utilizatorilor	☐	
❑ Cu detectare automată a prezenței utilizatorilor	☐	
❑ Acționare sectorizată a corpurilor de iluminat	☐	
❑ Reglare automată a fluxului luminos		
❑ Alte mențiuni	☐	
Starea corpurilor de iluminat		
❑ Foarte bună	☐	
❑ Bună	☐	
❑ Precară	☐	**Observații**
Starea conductoarelor de energie electrică		
❑ Foarte bună	☐	
❑ Bună	☐	
❑ Precară	☐	

ANEXA 6.2.

LISTA NEEXHAUSTIVĂ A SOLUŢIILOR TEHNICE PENTRU RENOVAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR DE LOCUIT ALIMENTATE CENTRALIZAT (DE LA TERMOFICARE) - INFORMATIV

Tabel 6.3. Reabilitarea anvelopei clădirii

Soluţia tehnică	Influenţă asupra consumului de căldură prin:
Asigurarea etanşării tuturor geamurilor de pe casa scărilor	Reducerea n_a între spaţiul casei scărilor şi mediul exterior, respectiv creşterea temperaturii casei scărilor
Asigurarea etanşării uşilor de la ghenele de gunoi din cadrul casei scărilor	
Asigurarea închiderii etanşe a uşilor de intrare în bloc, inclusiv a sasului protector	
Etanşarea uşilor apartamentelor corespondente cu spaţiul casei scărilor	Reducerea infiltraţiilor parazite între casa scărilor şi spaţiul locuit (influenţă asupra clasei de permeabilitate a clădirii)
Etanşarea ferestrelor şi uşilor exterioare din apartamente	Reducerea n_a aferent spaţiului locuit
Etanşarea eventualelor fisuri de pe perimetrul tocului uşilor şi ferestrelor	
Etanşarea gurilor de acces la instalaţia sanitară	
Asigurarea corectei ventilări a bucătăriilor şi băilor prin dispozitive de ventilare naturală (unde este cazul)	Asigurarea cotei minime de aer proaspăt necesar realizării confortului fiziologic

Tabel 6.4. Reabilitarea instalaţiei interioare de încălzire

Soluţia tehnică	Influenţă asupra consumului de căldură prin:
Spălarea tuturor corpurilor statice de încălzire şi a coloanelor de distribuţie din interiorul clădirii	Creşterea eficienţei instalaţiei de încălzire interioară prin asigurarea unei bune circulaţii a agentului termic
Înlocuirea tuturor ventilelor nefuncţionale	Asigurarea unei bune circulaţii a agentului termic şi eliminarea pierderilor de agent termic din instalaţia interioară
Dotarea corpurilor statice cu ventile de aerisire	Asigurarea unei bune circulaţii a agentului termic în instalaţia interioară

Prevederea pe conductele de legătură ale corpurilor statice a unor robinete de separare a corpurilor de încălzire	Eliminarea pierderilor de agent termic datorate necesităţii golirii coloanelor sau chiar a întregii instalaţii de încălzire în situaţia unei avarii la corpurile statice
Corecta funcţionare a corpurilor statice din spaţiul casei scărilor	Creşterea temperaturii casei scărilor
Înlocuirea tuturor vanelor defecte care prezintă pierderi de apă	Eliminarea pierderilor de agent termic şi a unei surse de inundare a subsolului tehnic

Tabel 6.5. Modernizarea anvelopei

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură prin:**
Triplarea ferestrelor existente / înlocuirea ferestrelor existente cu ferestre moderne de tip termopan / dotarea cu obloane mobile exterioare	Reducerea fluxului termic disipat prin elementele de construcţie vitrate
Izolarea termică a teraselor, a planşeului peste subsol (sau spaţii de trecere exterioare) şi a pereţilor adiacenţi unor spaţii reci	Reducerea fluxului termic disipat prin terasă şi prin elementele de construcţie către spaţii neîncălzite
Izolarea termică a pereţilor exteriori	Reducerea fluxului termic disipat prin pereţi exteriori

Tabel 6.6. Modernizarea instalaţiilor interioare de încălzire

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură prin:**
Înlocuirea robinetelor colţar cu robinete cu cap termostatic	Asigurarea reglajului termic local
Dotarea coloanelor verticale cu dispozitive de păstrare a disponibilului de presiune constant	Asigurarea reglajului termic la nivelul coloanelor verticale
Dotarea corpurilor statice din spaţiul locuit cu repartitoare de cost a căldurii consumate	Asigurarea controlului asupra livrării căldurii
Dotarea cu contoare individuale montate la intrarea în fiecare apartament sau sau spațiu cu altă destinație	Individualizarea consumurilor pentru încălzire

Dotarea instalaţiei cu grup de măsurare a energiei termice	Cunoaşterea consumurilor reale de căldură pentru încălzire şi asigurarea unei facturări corecte a căldurii
Izolarea conductelor din subsolul tehnic	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de distribuţie a agentului termic[1)]

Tabel 6.7. Reabilitarea instalaţiei de apă caldă de consum

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură pentru preparare apă caldă prin:**
Repararea tuturor armăturilor defecte	Eliminarea pierderilor de apă caldă
Utilizarea perlatoarelor pentru reducerea debitului de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum (în situaţia în care se asigură presiunea de utilizare la nivelul punctelor de consum)
Montarea grupului de măsurare a energiei termice	Cunoaşterea consumurilor reale de căldură pentru prepararea apei calde de consum şi a consumurilor efective de apă, respectiv asigurarea unei facturări corecte a acestora

Tabel 6.8. Modernizarea instalaţiei de apă caldă de consum

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură pentru preparare apă caldă prin:**
Introducerea unor armături cu consum redus de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum
Contorizarea individuală a apei calde	
Izolarea termică a conductelor de distribuţie a apei calde de consum şi a conductei de recirculare din subsolul tehnic al clădirii şi din spaţiul locuit	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de apă caldă de consum

Nota: Soluţiile / măsurile de reabilitare sau/şi modernizare prezentate mai sus pot fi grupate în pachete de soluţii, în măsura în care acestea sunt compatibile din punct de vedere tehnic / funcţional. În acest caz, influenţa soluţiilor / măsurilor grupate se analizează pentru pachetul de soluţii considerat şi nu individual (efectele fiecărei măsuri în parte asupra reducerii consumului de căldură al clădirii nu se însumează).

[1)] **Observaţie:** aplicarea acestei măsuri de modernizare energetică conduce la reducerea temperaturii subsolului tehnic şi implicit la modificarea fluxului termic cedat către subsolul tehnic dinspre spaţiul locuit. Prin urmare este necesar să se reia calculul consumului de căldură pentru încălzire.

ANEXA 6.3.

LISTA NEEXHAUSTIVĂ A SOLUŢIILOR TEHNICE PROPUSE PENTRU RENOVAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR DE LOCUIT INDIVIDUALE SAU ÎNŞIRUITE DOTATE CU SURSĂ PROPRIE DE CĂLDURĂ - INFORMATIV

Tabel 6.9. Reabilitarea anvelopei clădirii

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură prin:**
Asigurarea etanşării tuturor geamurilor din spaţiile neîncălzite (pod, spaţii anexe etc.)	Reducerea n_a între aceste spaţii şi mediul exterior, respectiv creşterea temperaturii acestor spaţii
Etanşarea ferestrelor şi uşilor exterioare	Reducerea n_a aferent spaţiului locuit
Etanşarea eventualelor fisuri de pe perimetrul tocului uşilor şi ferestrelor	
Asigurarea corectei ventilări a bucătăriilor şi băilor prin dispozitive de ventilare naturală (unde este cazul)	Asigurarea cotei minime de aer proaspăt necesar realizării confortului fiziologic

Tabel 6.10. Reabilitarea instalaţiei interioare de încălzire

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură prin:**	
Clădiri dotate cu instalaţie de încălzire centrală		
Înlocuirea tuturor ventilelor nefuncţionale	Asigurarea unei bune circulaţii a agentului termic şi eliminarea pierderilor de agent termic din instalaţia interioară	
Dotarea corpurilor statice cu ventile de aerisire	Asigurarea unei bune circulaţii a agentului termic în instalaţia interioară	
Dotarea corpurilor statice cu teuri de reglaj	Asigurarea echilibrării hidraulice a instalaţiei de încălzire interioară	
Înlocuirea tuturor vanelor defecte care prezintă pierderi de fluid	Eliminarea pierderilor de agent termic şi a unei surse de inundare a subsolului	
Curăţarea periodică a cazanelor de producere a căldurii pentru încălzire	Creşterea randamentului de producere a căldurii	
Clădiri cu încălzire locală cu sobe		
Curăţarea periodică a sobelor		

Dotarea sobelor cu element de obturare a coşului de fum care să închidă doar pe durata nefuncţionării sobei	Creşterea randamentului de producere a căldurii	

Tabel 6.11. Modernizarea anvelopei

Soluţia tehnică	Influenţă asupra consumului de căldură prin:
Triplarea ferestrelor existente / înlocuirea ferestrelor existente cu ferestre moderne performante energetic/ dotarea cu obloane mobile exterioare	Reducerea fluxului termic disipat prin elementele de construcţie vitrate
Izolarea termică a teraselor / acoperişului peste mansardă sau a planşeului de sub pod	Reducerea fluxului termic disipat prin terasă şi prin elementele de construcţie către spaţii neîncălzite
Izolarea termică a planşeului de peste subsol (sau spaţii de trecere exterioare) şi a pereţilor adiacenţi unor spaţii reci	
Izolarea termică a pereţilor exteriori	Reducerea fluxului termic disipat prin pereţi exteriori
Construirea unei închideri a scării de intrare / asigurarea unui sas la intrarea în clădire (windfang)	Reducerea temperaturii exterioare aferentă intrării în clădire şi reducerea debitului de aer rece prin uşa de intrare

Tabel 6.12. Modernizarea instalaţiilor de încălzire interioară

Soluţia tehnică	Influenţă asupra consumului de căldură prin:	
Schimbarea combustibilului solid sau lichid cu combustibil gazos	Creşterea randamentului de producere a căldurii	
Dotarea sobelor cu echipamente de reglaj termostatic a acestora funcţie de temperatura interioară	Creşterea randamentului de reglare prin evitarea supraîncălzirii încăperilor	
Înlocuirea sobelor cu instalaţie de încălzire centrală	Creşterea randamentului sistemului de încălzire	
Clădiri dotate cu instalaţie de încălzire centrală		
Dotarea corpurilor statice cu robinete cu cap termostatic	Asigurarea reglajului termic local	
Dotarea circuitelor care alimentează zone distincte încălzite cu dispozitive de reglare	Asigurarea reglajului termic la pe zone încălzite	

Dotarea instalaţiei de încălzire cu echipament de reglare cu ceas, programabil	Asigurarea reducerii temperaturii spaţiilor încălzite pe durata nopţii sau în perioadele de neocupare a acestora	
Izolarea conductelor de distribuţie din spaţiile neîncălzite	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de distribuţie a agentului termic[2)]	
Montarea de contoare/repartitoare funcție de fezabilitatea tehnică și eficientă economică	Individualizare a consumurilor	
Înlocuirea arzătorului care echipează cazanul existent cu unul modern, nou	Creşterea randamentului anual de producerea căldurii	
Înlocuirea cazanului de producere a căldurii pentru încălzire cu cazan modern		

Tabel 6.13. Reabilitarea instalaţiei de apă caldă de consum

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură prin:**
Repararea tuturor armăturilor defecte	Eliminarea pierderilor de apă caldă
Utilizarea perlatoarelor pentru reducerea debitului de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum (în situaţia în care se asigură presiunea de utilizare la nivelul punctelor de consum)

Tabel 6.14. Modernizarea instalaţiei de apă caldă de consum

Soluţia tehnică	**Influenţă asupra consumului de căldură prin:**
Introducerea unor armături cu consum redus de apă	Reducerea consumurilor de apă caldă de consum
Izolarea termică a conductelor de distribuţie a apei calde de consum din spaţiile neîncălzite şi din spaţiul locuit	Reducerea fluxului termic disipat prin conductele de apă caldă de consum
Izolarea termică a boilerului cu acumulare pentru prepararea apei calde de consum	Reducerea fluxului termic disipat prin mantaua boilerului
Reducerea temperaturii apei calde de consum până la 50°C	Reducerea consumului de căldură pentru producerea apei calde de consum

[2)] **Observaţie:** aplicarea acestei măsuri de modernizare energetică conduce la reducerea temperaturii spaţiilor neîncălzite traversate de conducte de încălzire şi implicit la modificarea fluxului termic cedat către aceste spaţii dinspre spaţiul locuit.

Înlocuirea echipamentelor actuale de producere a apei calde de consum cu echipamente moderne, noi	Creşterea randamentului de producere a căldurii pentru prepararea apei calde de consum

Nota: Soluţiile / măsurile de reabilitare sau/şi modernizare prezentate mai sus pot fi grupate în pachete de soluţii, în măsura în care acestea sunt compatibile din punct de vedere tehnic / funcţional. În acest caz, influenţa soluţiilor / măsurilor grupate se analizează pentru pachetul de soluţii considerat şi nu individual (efectele fiecărei măsuri în parte asupra reducerii consumului de căldură al clădirii nu se însumează).