

**METODOLOGIE DE CALCUL AL
PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR**

**PARTEA a IV-a – BREVIAR DE CALCUL
AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A
CLĂDIRILOR ȘI APARTAMENTELOR**

Indicativ Mc 001 / 4 – 2009

BORDEROU

INTRODUCERE.....

1. Domeniul de aplicare
2. Utilizatori
3. Necesitate și scop
4. Armonizare cu normele europene

I. CLASIFICAREA CLĂDIRILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL APLICĂRII METODOLOGIEI Mc001.....

II. SCHEME GENERALE DE APLICARE A METODOLOGIEI DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR

III. SCHEME GENERALE PENTRU DETERMINAREA PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR ȘI A APARTAMENTELOR ÎN FUNCȚIE DE TIPUL INSTALAȚIILOR: ÎNCĂLZIRE, VENTILARE/ CLIMATIZARE, APĂ CALDĂ DE CONSUM, ILUMINAT

III.1. INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE

III.1.1. Consumul de energie pentru încălzirea clădirilor-formula generală

III.1.2. Procedura generală de calcul sezonier pentru încălzire; scheme generale

III.1.3. Procedura de calcul simplificată, pe sezonul de încălzire, pentru clădiri rezidențiale, apartamente și clădiri terțiare alimentate de la surse urbane

III.1.3.1. Caracteristici geometrice

III.1.3.2. Caracteristici termice

III.1.3.3. Parametrii climatici (θ_e , I_j); perioada de încălzire preliminară

III.1.3.4. Temperaturi de calcul (θ_i , θ_u , θ_{iad})

III.1.3.5. Determinarea programului de funcționare

III.1.3.6. Calculul pierderilor de căldură ale clădirii (Q_L)

III.1.3.7. Calculul aporturilor de căldură (Q_g)

III.1.3.8. Determinarea factorului de utilizare (η)

III.1.3.9. Perioada de încălzire a clădirii

III.1.3.10. Necesarul de căldură pentru încălzire (Q_h)

- III.1.3.11. Pierderile de căldură prin transmisie la nivelul corpurilor de încălzire (Q_{em})
- III.1.3.12. Pierderi de căldură prin sistemul de distribuție interior clădirii (Q_d)
- III.1.3.13. Pierderile de căldură ale instalației de încălzire (Q_{th})
- III.1.3.14. Căldura recuperată de la instalația de încălzire (Q_{rhh})
- III.1.3.15. Căldura recuperată de la instalația de apă caldă de consum (Q_{rhw})
- III.1.3.16. Consumul total de energie pentru încălzire în cazul clădirilor alimentate din surse urbane (Q_{th})

III.1.4. Procedura de calcul simplificată, pe sezonul de încălzire, pentru clădiri rezidențiale, apartamente și clădiri terțiare alimentate de la surse proprii

- III.1.4.1. Caracteristici geometrice
- III.1.4.2. Caracteristici termice
- III.1.4.3. Determinarea parametrilor climatici (θ_e , I_j , perioada de încălzire preliminară)
- III.1.4.4. Temperaturi de calcul (θ_i , θ_u , θ_{iad})
- III.1.4.5. Determinarea programului de funcționare
- III.1.4.6. Calculul pierderilor de căldură ale clădirii (Φ_L)
- III.1.4.7. Calculul aporturilor de căldură (Φ_g)
- III.1.4.8. Determinarea factorului de utilizare (η)
- III.1.4.9. Determinarea perioadei de încălzire
- III.1.4.10. Calculul pierderilor de energie termică ale clădirii (Q_L)
- III.1.4.11. Calculul aporturilor de căldură (Q_g)
- III.1.4.12. Necesarul de căldură pentru încălzire (Q_h)
- III.1.4.13. Pierderile de căldură prin transmisie la nivelul corpurilor de încălzire (Q_{em})
- III.1.4.14. Pierderile de căldură prin sistemul de distribuție (Q_d)
- III.1.4.15. Consumul auxiliar de energie (W_{de})
- III.1.4.16. Pierderile de căldură la nivelul sursei de căldură (Q_G)
- III.1.4.17. Pierderile de căldură ale instalației de încălzire (Q_{th})
- III.1.4.18. Căldura recuperată de la instalația de încălzire (Q_{rhh})
- III.1.4.19. Căldura recuperată de la instalația de apă caldă de consum (Q_{rhw})
- III.1.4.20. Consumul total de căldură pentru încălzire în cazul clădirilor alimentate din surse proprii (Q_{th})

III.2. INSTALAȚII DE VENTILARE ȘI CLIMATIZARE

III.2.1. Conținut general

III.2.2. Evaluarea consumului de energie pentru instalații de climatizare (răcire), considerând numai sarcina de căldură sensibilă; scheme generale

- III.2.2.1. Calculul necesarului de energie pentru răcirea clădirilor/apartamentelor, metoda lunară, numai căldură sensibilă
- III.2.2.2. Necesarul de energie anual pentru răcire
- III.2.2.3. Energia consumată de sistemele de climatizare (răcire)

III.2.3. Calculul consumurilor de energie pentru instalațiile de ventilare mecanică

- III.2.3.1 Conținut general și domeniu de aplicare
- III.2.3.2. Calculul puterilor termice necesare tratării aerului
- III.2.3.3. Energia consumată de sistemele de ventilare

III.2.4. Calculul consumurilor de energie pentru instalațiile de climatizare considerând sarcina termică sensibilă și latentă

- III.2.4.1. Conținut și domeniu de aplicare
- III.2.4.2. Principalele date de intrare și ieșire ale metodei de calcul
- III.2.4.3. Necesarul de energie pentru răcire și deumidificare
- III.2.4.4. Consumurile de energie electrică ale aparatelor auxiliare, Q_{aux}
- III.2.4.5. Consumul de energie pentru umidificarea aerului
- III.2.4.6. Consumul de energie al instalației frigorifice
- III.2.4.7. Consumul total de energie al sistemului de climatizare

III.2.5. Durata anuală a sezonului de răcire

III.3. INSTALAȚII DE APĂ CALDĂ DE CONSUM

III.3.1. Consumul de energie pentru apa caldă de consum – formula generală

III.3.2. Procedura generala de calcul pentru apa caldă de consum; scheme generale

III.3.3. Procedura de calcul pentru clădiri alimentate de la surse urbane

- III.3.3.1. Caracteristici geometrice
- III.3.3.2. Necesarul de energie pentru prepararea apei calde de consum (energia utilă netă, Q_{hw})
- III.3.3.3. Necesarul de energie pentru pierderile de apă caldă de consum la punctele de consum ($Q_{ac,c}$)
- III.3.3.4. Pierderile de căldură prin sistemul de distribuție ($Q_{ac,d}$)
- III.3.3.5. Consumul de energie auxiliară ($W_{ac,e}$)
- III.3.3.6. Consumul total de energie pentru instalația de preparare apă caldă de consum (Q_{acc})

III.3.4. Procedura de calcul pentru clădiri alimentate de la surse proprii

- III.3.4.1. Caracteristici geometrice
- III.3.4.2. Necesarul de energie pentru prepararea apei calde de consum (energia utilă netă, Q_{ac})
- III.3.4.3. Necesarul de energie pentru pierderile de apă caldă la punctele de consum ($Q_{ac,c}$)
- III.3.4.4. Pierderile de căldură prin sistemul de distribuție ($Q_{ac,d}$)
- III.3.4.5. Consumul de energie auxiliară ($W_{ac,e}$)
- III.3.4.6. Consumul de energie pentru stocare ($Q_{ac,s}$)
- III.3.4.7. Pierderile de căldură aferente generatoarelor de preparare a apei calde de consum ($Q_{ac,g}$)
- III.3.4.8. Consumul total de energie pentru instalația de preparare apă caldă de consum (Q_{acc})

III.4. INSTALAȚII DE ILUMINAT

III.5. CALCULUL ENERGIEI PRIMARE

III.6. CALCULUL EMISIILOR DE CO₂

IV. SCHEME GENERALE DE APLICARE A METODOLOGIEI Mc001 ÎN VEDEREA ELABORĂRII CERTIFICATULUI DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ PENTRU CLĂDIRILE NOI ȘI EXISTENTE; AUDITAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR EXISTENTE

IV.1. CERTIFICATUL ENERGETIC AL CLĂDIRILOR/APARTAMENTELOR.....

IV.2. AUDITUL ENERGETIC AL CLĂDIRILOR EXISTENTE ȘI ANALIZA ECONOMICĂ A SOLUȚIILOR PROPUSE

V. CONCLUZII

VI. EXEMPLU DE CALCUL PRIVIND APLICAREA BREVIARULUI DE CALCUL PENTRU STABILIREA PERFORMANȚELOR ENERGETICE ALE UNUI BLOC DE LOCUINȚE

VII. EXEMPLU DE CALCUL PRIVIND APLICAREA BREVIARULUI DE CALCUL PENTRU STABILIREA PERFORMANȚELOR ENERGETICE ALE UNUI APARTAMENT DE LOCUIT

INTRODUCERE

“ Breviar de calcul al performanței energetice a clădirilor și apartamentelor”

1. Domeniul de aplicare

Prevederile acestui breviar se referă la sistematizarea modului de aplicare a Metodologiei de calcul privind performanța energetică a clădirilor Mc001–2006.

Domeniul de aplicare este cel privind:

- calculul indicatorilor de performanță energetică a clădirilor;
- calculul consumurilor de energie aferente tipurilor de instalații interioare care asigură confortul sau condițiile interioare de muncă;
- întocmirea certificatului energetic al clădirilor;
- auditul energetic și analiza eficienței economice a soluțiilor de creștere a performanței energetice a clădirilor existente și instalațiilor aferente.

Breviarul de calcul se aplică atât clădirilor și apartamentelor existente care se certifică sau se auditează energetic cât și clădirilor și apartamentelor noi care necesită certificat energetic.

2. Utilizatori

Prezenta lucrare se adresează în mod direct următorilor factori:

- auditorilor energetici pentru clădiri care întocmesc certificate și realizează auditurile energetice ale clădirilor;
- inginerilor și specialiștilor implicați în activitatea de evaluare a consumurilor de energie rezultate din exploatarea clădirilor și a instalațiilor aferente;
- experților tehnici și verifcătorilor de proiecte;
- persoanelor și instituțiilor însărcinate cu prognoza și întocmirea programelor de economisire a energiei la nivel local sau național;
- Ministerului Dezvoltării Regionale și Locuinței, Ministerului Administrației și Internelor, Ministerului Economiei, Ministerului Mediului etc.
- administrațiilor publice locale, Primării și Consilii Locale, responsabile cu aplicarea programelor de reabilitare energetică a clădirilor;
- instituții cu atribuții de control în domeniul construcțiilor (Inspectoratul de Stat în Construcții) și mediului (Garda Națională de Mediu etc.).

3. Necesitate și scop

Metodologia de calcul privind performanța energetică a clădirilor Mc001–2006 a fost elaborată pe baza standardelor europene și conține un volum foarte mare de informații. Metodologia acoperă toate tipurile de clădiri echipate cu sisteme diverse de instalații, ceea ce a necesitat introducerea

unor detalieri și explicații suplimentare. Utilizarea directă a lucrării este anevoioasă, fiind necesară precizarea unor proceduri clare de calcul.

Breviarul de calcul al performanței energetice a clădirilor are ca obiectiv prezentarea unui material concis și sistematizat, bazat pe scheme generale care ajută utilizatorii în aplicarea Metodologiei Mc001-2006 atât pentru clădirile noi cât și pentru cele existente.

Breviarul preia din Metodologia Mc001 o serie de relații de calcul necesare pentru a înțelege schemele generale și etapele care trebuie parcurse. Pentru valorile parametrilor de calcul se fac trimiteri la Metodologia de calcul Mc001 și la anexele cuprinse în această lucrare.

4. Armonizare cu normele europene

Acest breviar s-a elaborat în concordanță cu normele și standardele europene care au stat la baza întocmirii Metodologiei de calcul Mc001-2006.

I. CLASIFICAREA CLĂDIRILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL APLICĂRII METODOLOGIEI Mc001

Pentru aplicarea corectă a *Metodologiei de calcul al performanței energetice a clădirilor Mc001-2006* (denumită în continuare **Metodologia Mc001**) este necesară încadrarea clădirii analizate (construcție+instalațiile aferente) într-una din următoarele situații de calcul:

- Clădire existentă sau clădire nouă (în faza de proiectare sau având mai puțin de 2 ani de funcționare, în garanție);
- Clădire rezidențială (individuală sau colectivă) sau clădire din domeniul terțiar (școli, spitale, săli de spectacol, spații comerciale, birouri, bănci sau alte tipuri);
- Clădire monozonă sau multizonă;
- Apartament în clădire existentă sau clădire nouă;
- Clădire cu ocupare continuă sau discontinuă (instalațiile au funcționare continuă sau intermitentă);
- Clădire de categoria I (clădirile cu "ocupare continuă" și clădirile cu "ocupare discontinuă" de clasă de inerție termică mare) sau clădire de categoria II (clădirile cu "ocupare discontinuă" și clasă de inerție medie sau mică);
- Clădire prevăzută cu instalații de
 - încălzire+iluminat+a.c.c.
 - încălzire+iluminat+a.c.c.+ventilare mecanică
 - încălzire+iluminat+a.c.c.+climatizare
 - alte combinații de instalații.

Aplicarea Metodologiei Mc001 se face în funcție de tipul și complexitatea instalațiilor (încălzire, iluminat, a.c.c., răcire/climatizare, ventilare), utilizând ecuațiile particulare de calcul al performanței energetice a clădirii analizate. Spre exemplu:

- alimentarea cu căldură se poate realiza dintr-o sursă de căldură exterioară clădirii („încălzire urbană”) sau dintr-o sursă de căldură înglobată în clădire („încălzire proprie”); sursa de energie poate fi clasică (consum de combustibil fosil) sau regenerabilă (biomasă, pompe de căldură, instalații solare pasive sau active, centrale de co- sau tri-generare, celule fotovoltaice, instalații eoliene etc.);
- ventilarea poate fi naturală (organizată), mecanică sau mixtă;
- răcirea se poate realiza cu aparate de tip split, cu aer tratat în centrale de tratare a aerului, cu ventilo-convectoare etc.;
- apa caldă de consum se poate obține în instalații exterioare sau interioare clădirii, consumând combustibil fosil, energie solară sau doar energie electrică.

Definițiile mărimilor fizice utilizate în *BREVIARUL DE CALCUL AL PERFORMAȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR* (denumit în continuare **Breviar de calcul**) precum și notațiile acestora sunt indicate în Metodologia Mc001, capitolul I.4 „Terminologie și notații”.

II. SCHEME GENERALE DE APLICARE A METODOLOGIEI DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR

Modul general de abordare pentru determinarea performanței energetice a clădirilor, pentru certificarea energetică și pentru propunerea măsurilor de reabilitare energetică este descris de schemele generale din figura II.1-cazul auditării energetice a clădirilor existente, figura II.2-cazul certificării energetice a clădirilor existente sau noi, cu vechimea mai mică de 2 ani și figura II.3-cazul certificării de performanță energetică a clădirilor noi aflate în faza de proiectare. Se precizează logic pașii care trebuie făcuți de la culegerea de date și până la prezentarea concluziilor finale ale auditorului energetic.

Din schema prezentată în figura II.1 rezultă că etapele generale aferente unui audit energetic (doar pentru cazul clădirilor existente) sunt următoarele:

- I. analiza energetică a clădirii și instalațiilor aferente acesteia;
- II. auditul energetic propriu-zis cu identificarea măsurilor de reabilitare energetică și analiza economică a soluțiilor propuse.

Din schemele prezentate în figurile II.2 și II.3 rezultă că etapele generale aferente certificării performanței energetice sunt următoarele:

- I. analiza energetică a clădirii și instalațiilor aferente acesteia;
- II. întocmirea certificatului de performanță energetică (CPE) și completarea anexelor care însoțesc certificatul de performanță energetică.

Analiza energetică presupune ca pe baza informațiilor privind:

- zona climatică în care este amplasată clădirea, inclusiv vecinătățile,
- tipul clădirii conform clasificării din capitolul I al Breviarului de calcul,
- caracteristicile termo-tehnice ale elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirii, starea și configurația acestora,
- tipurile instalațiilor interioare existente și starea acestora, caracteristicile tehnice și regimul lor de funcționare, precum și starea acestora,

să se calculeze estimativ și în condiții normale de funcționare, toate consumurile energetice anuale globale (MWh/an) și specifice (kWh/m²,an) ale sistemelor de instalații cu care clădirea este echipată. Toate informațiile necesare calculului de consumuri energetice vor fi culese atât direct pe teren cât și din documentația tehnică existentă (Cartea Tehnică a Construcției). Formulele aplicabile fiecărui caz în parte sunt prezentate detaliat în Metodologia Mc001, părțile P I și P II.

Certificarea energetică presupune ca pe baza datelor obținute prin aplicarea formulelor de calcul din Metodologia Mc001-PI și PII, să se încadreze clădirea într-una din clasele de performanță energetică (A...G), să se acorde o notă energetică clădirii (20...100) și să se compare clădirea reală cu o clădire virtuală, denumită "clădire de referință". Se estimează de asemenea consumurile de energie primară și emisiile de CO₂ astfel ca datele obținute pe baza aplicării Metodologiei Mc001 să fie utilizate ulterior la întocmirea *Documentației Tehnice de Avizare a lucrărilor de reabilitare*.

Toate informațiile obținute în urma analizei energetice a clădirii și instalațiilor aferente se vor prezenta detaliat în **CONCLUZIILE ASUPRA EVALUĂRII CLĂDIRII**.

Pentru clădirile existente se întocmește auditul energetic, se propun soluțiile și pachetele de soluții de reabilitare energetică și se analizează efectele tehnice și economice ale aplicării măsurilor de reabilitare propuse de auditorul energetic (analiza economică). Tot acum, pe baza aplicării formulelor de calcul din Metodologia Mc001-PIII, se obțin rezultate numerice care permit auditorului să concluzioneze care dintre măsurile de reabilitare propuse sunt cele mai fiabile din punct de vedere tehnico-economic.

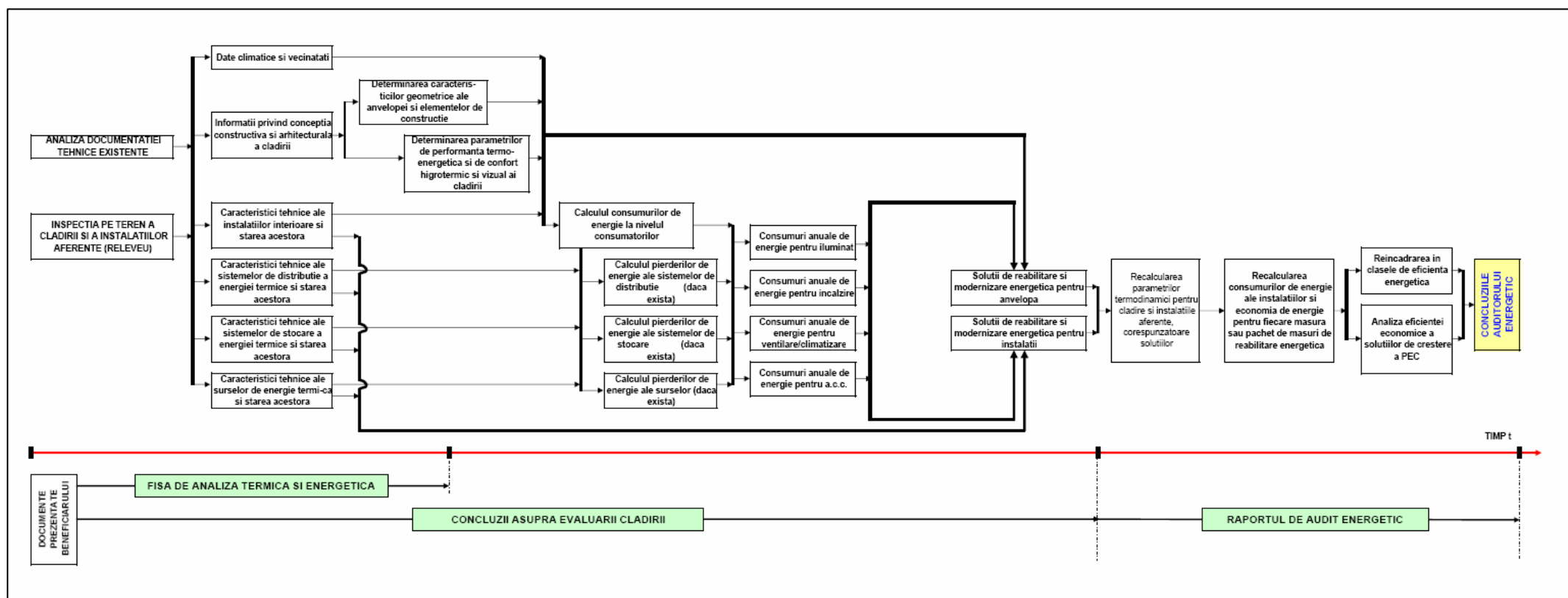


Figura II.1 Schema generală pentru auditarea energetică a clădirilor și apartamentelor existente

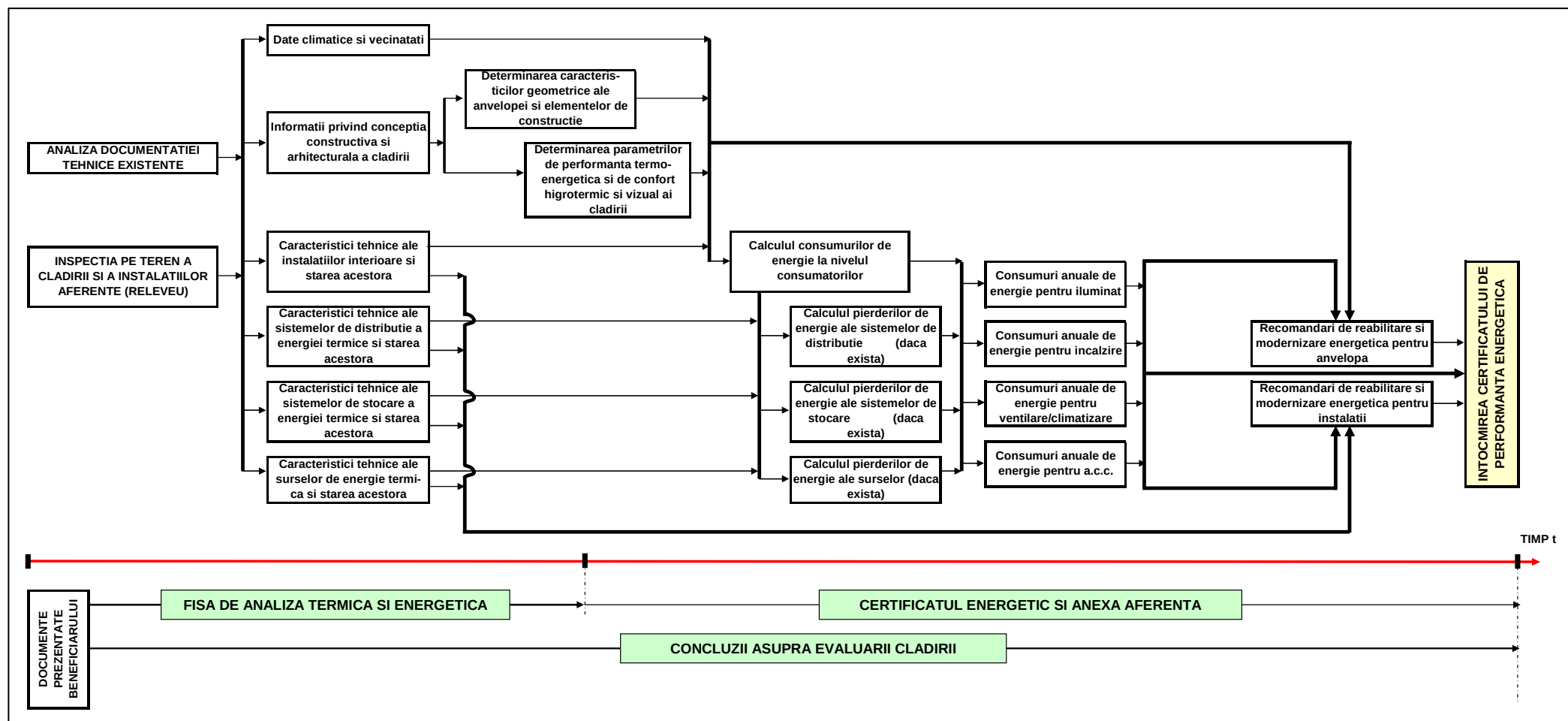


Figura II.2 Schema generală pentru certificarea energetică a clădirilor și apartamentelor existente sau noi cu vechimea mai mică de 2 ani

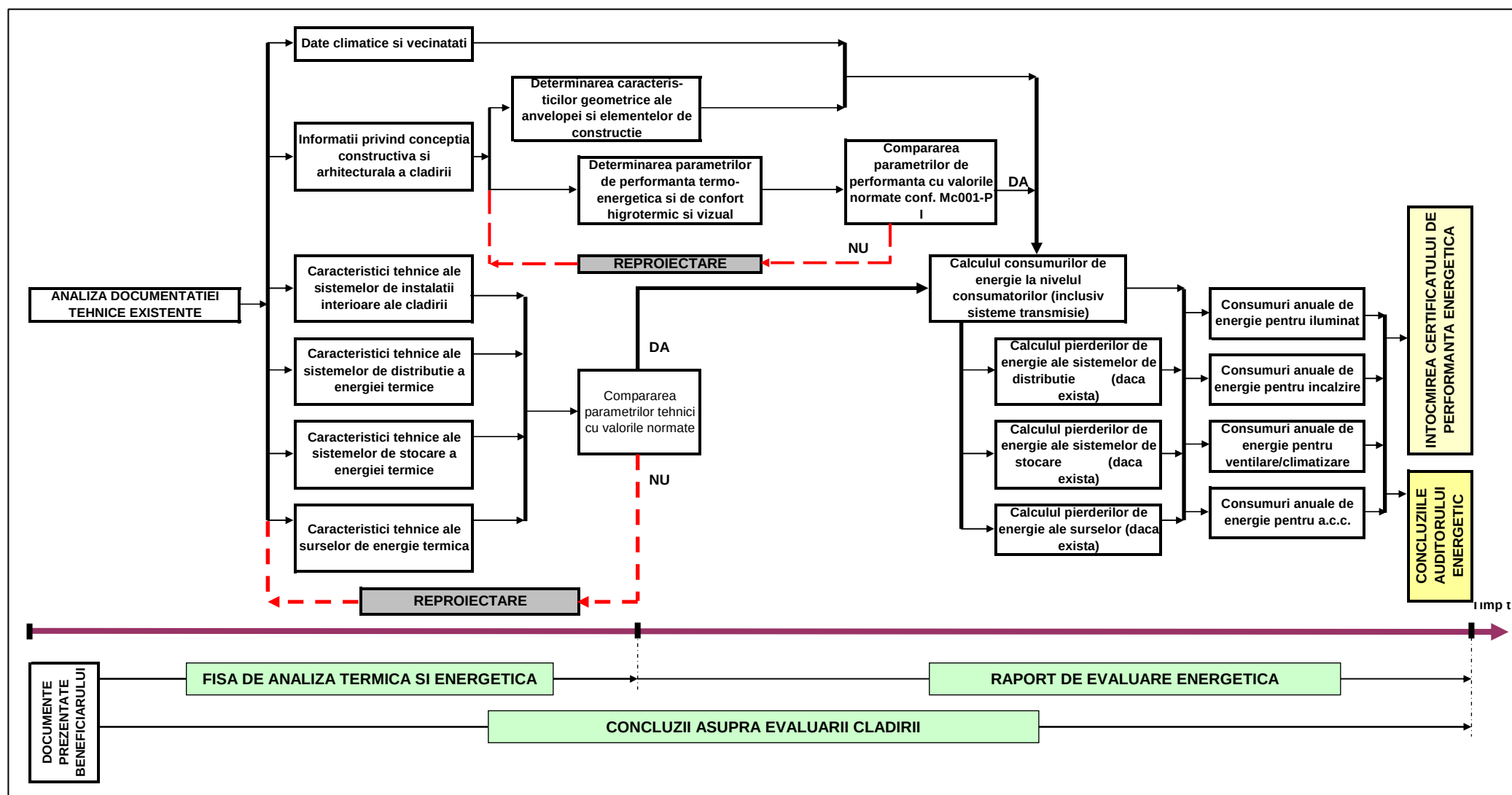


Figura II.3 Schema generală pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor noi aflate în faza de proiectare

III. SCHEME GENERALE PENTRU DETERMINAREA PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR ȘI A APARTAMENTELOR ÎN FUNCȚIE DE TIPUL INSTALAȚIILOR: ÎNCĂLZIRE, VENTILARE/ CLIMATIZARE, APĂ CALDĂ DE CONSUM, ILUMINAT

În BREVIARUL DE CALCUL descrierea procedurilor de calcul a consumului de energie pentru încălzirea, respectiv ventilarea/climatizarea unei clădiri sau apartament se limitează la **metodele simplificate lunare**-cazul ventilării/climatizării, respectiv **sezoniere**-cazul încălzirii. Decizia de limitare a numărului de proceduri prezentate în cazul încălzirii se bazează pe rezultatele obținute prin aplicarea metodei lunare și sezoniere asupra aceleași clădiri rezidențiale amplasată în aceeași zonă climatică. Rezultatele au evidențiat diferențe nesemnificative între valorile calculate ale energiilor consumate aplicând metoda lunară și cea sezonieră.

III.1. INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE

Capitolul III.1. al Breviarului de calcul descrie succint metoda de determinare a consumului de energie termică pentru încălzirea unei clădiri și a eficienței energetice a instalației de încălzire până la branșamentul clădirii. Așa cum se specifică în Metodologia Mc001, PII.1, performanța energetică a sursei de căldură se ia în calcul numai în cazul clădirilor cu sursă termică proprie.

Aplicarea metodei de calcul conform Metodologiei Mc001 depinde de modul de alimentare cu căldură a instalațiilor interioare de încălzire:

- Clădiri rezidențiale sau terțiare alimentate de la surse de căldură urbane;
- Clădiri rezidențiale sau terțiare alimentate de la surse de căldură proprii.

III.1.1. Consumul de energie pentru încălzirea clădirilor-formula generală

Pentru calculul sezonier consumul de energie pentru încălzirea clădirilor, $Q_{f,h}$, se calculează cu relația următoare:

$$Q_{f,h} = (Q_h - Q_{rhh} - Q_{rwh}) + Q_{th} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.1})$$

în care:

Q_h - necesarul de energie pentru încălzirea clădirii, în kWh;

Q_{rhh} - căldura recuperată de la instalația de încălzire (componente termice sau electrice), în kWh; această componentă reprezintă o parte a lui Q_{th} ;

Q_{rwh} - căldura recuperată de la instalația de preparare a a.c.c. (componente termice sau electrice) și utilizată pentru încălzirea clădirii, în kWh;

Q_{th} - pierderile totale de căldură ale instalației de încălzire, în kWh; aceste pierderi includ componenta Q_{rhh} .

Pentru funcționarea instalației se înregistrează și un consum de energie auxiliară, de obicei sub forma energiei electrice, aceasta fiind utilizată pentru acționarea pompelor de circulație, arzătoarelor, servomotoarelor și dispozitivelor automate de reglare, măsurare și control. Consumul de energie auxiliară poate fi disponibil ca valoare pentru fiecare sistem (transmisie, distribuție,

stocare sau generare) sau ca valoare globală (W_{de}). O parte din energia auxiliară poate fi recuperată sub formă de căldură, Q_{rhh} pentru instalația de încălzire sau Q_{rwh} aferentă instalației de apă caldă de consum (acc).

III.1.2. Procedura generală de calcul sezonier pentru încălzire; scheme generale

Metoda de calcul pentru stabilirea necesarului anual de căldură pentru încălzire al unei clădiri are la bază întocmirea unui bilanț energetic care include următorii termeni (se ia în considerare numai căldura sensibilă):

- pierderile de căldură prin transmisie și ventilare de la spațiul încălzit către mediul exterior;
- pierderile de căldură prin transmisie și ventilare între zonele învecinate;
- degajările interne de căldură;
- aporturile solare;
- pierderile de căldură aferente producerii, distribuției, cedării de căldură și aferente reglajului instalației de încălzire;
- energiile introduse în instalația de încălzire, inclusiv energia recuperată.

În funcție de tipul instalației de încălzire, în bilanț se va introduce dacă este cazul și aportul surselor alternative, fiind inclusă energia obținută din diverse surse regenerabile (panouri solare, pompe de căldură etc.).

Procedura generală de calcul este sintetizată după cum urmează:

- 1) se stabilesc în funcție de localitate: zona climatică, temperaturile exterioare medii lunare, viteza convențională a vântului de calcul și valorile medii lunare ale intensităților radiației solare conform Metodologia Mc001;
- 2) se definesc limitele spațiului încălzit și ale spațiilor neîncălzite; dacă este cazul se împarte clădirea în zone diferite, realizându-se zonele acestea (cazul clădirilor multizonale) așa cum se specifică în Metodologie și se stabilesc caracteristicile geometrice A_{anv} , A_{inc} , V_{inc} ;
- 3) în cazul încălzirii cu intermitență, se definesc intervalele de timp care sunt caracterizate de programe diferite de încălzire (de exemplu zi, noapte, sfârșit de săptămână);
- 4) în cazul clădirilor monozonale se calculează caracteristicile termice ale elementelor de construcție, coeficienții de pierderi prin transmisie și ventilare ai spațiului încălzit; în cazul clădirilor multizonale, se determină coeficienții de pierderi de căldură pentru fiecare zonă în parte;
- 5) se stabilește temperatura interioară a zonelor încălzite, θ_i ;
- 6) se stabilește preliminar perioada de încălzire, conform SR 4839;
- 7) se calculează temperatura exterioară medie a perioadei de încălzire preliminară și intensitățile radiației solare medii pe perioada de încălzire în funcție de orientare;
- 8) se calculează pierderile de căldură ale clădirii pe perioada preliminară;
- 9) se calculează aporturile de căldură ale clădirii pe perioada preliminară (interne și solare);
- 10) se calculează factorul de utilizare al aporturilor, η_1 ;
- 11) se recalculează temperatura de echilibru și perioada reală de încălzire;
- 12) se calculează temperatura exterioară medie a perioadei de încălzire reale și intensitățile radiației solare medii pe perioada de încălzire în funcție de orientare;
- 13) se calculează pierderile de căldură ale clădirii, Q_L ;

- 14) se calculează degajările interne de căldură, Q_i ;
- 15) se calculează aporturile solare, Q_s ;
- 16) se calculează factorul de utilizare al aporturilor de căldură pentru clădirea reală, η ;
- 17) se calculează necesarul anual de energie pentru încălzire al clădirii, Q_h ;
- 18) se calculează pierderile de căldură ale subsistemelor care compun instalația de încălzire (transmisie la nivelul corpului de încălzire, distribuției, generării și energiei auxiliare);
- 19) se calculează energia recuperată de la instalația de încălzire și de la instalația de apă caldă de consum;
- 20) se calculează necesarul total de energie pentru încălzire, $Q_{f,h}$;
- 21) se calculează energia primară corespunzătoare consumurilor de energie și combustibililor utilizați;
- 22) se calculează emisiile de CO_2 corespunzătoare consumurilor de energie și combustibililor utilizați;

În figurile III.1.2-a și b sunt prezentate schemele generale pentru determinarea consumurilor globale de energie pentru încălzire în cazurile:

- clădiri rezidențiale și apartamente sau clădiri terțiare racordate la surse de căldură urbane (procedura de calcul detaliată în paragraf III.1.3);
- clădiri rezidențiale și apartamente sau clădiri terțiare cu sursă de căldură proprie (procedura de calcul detaliată în paragraf III.1.4).

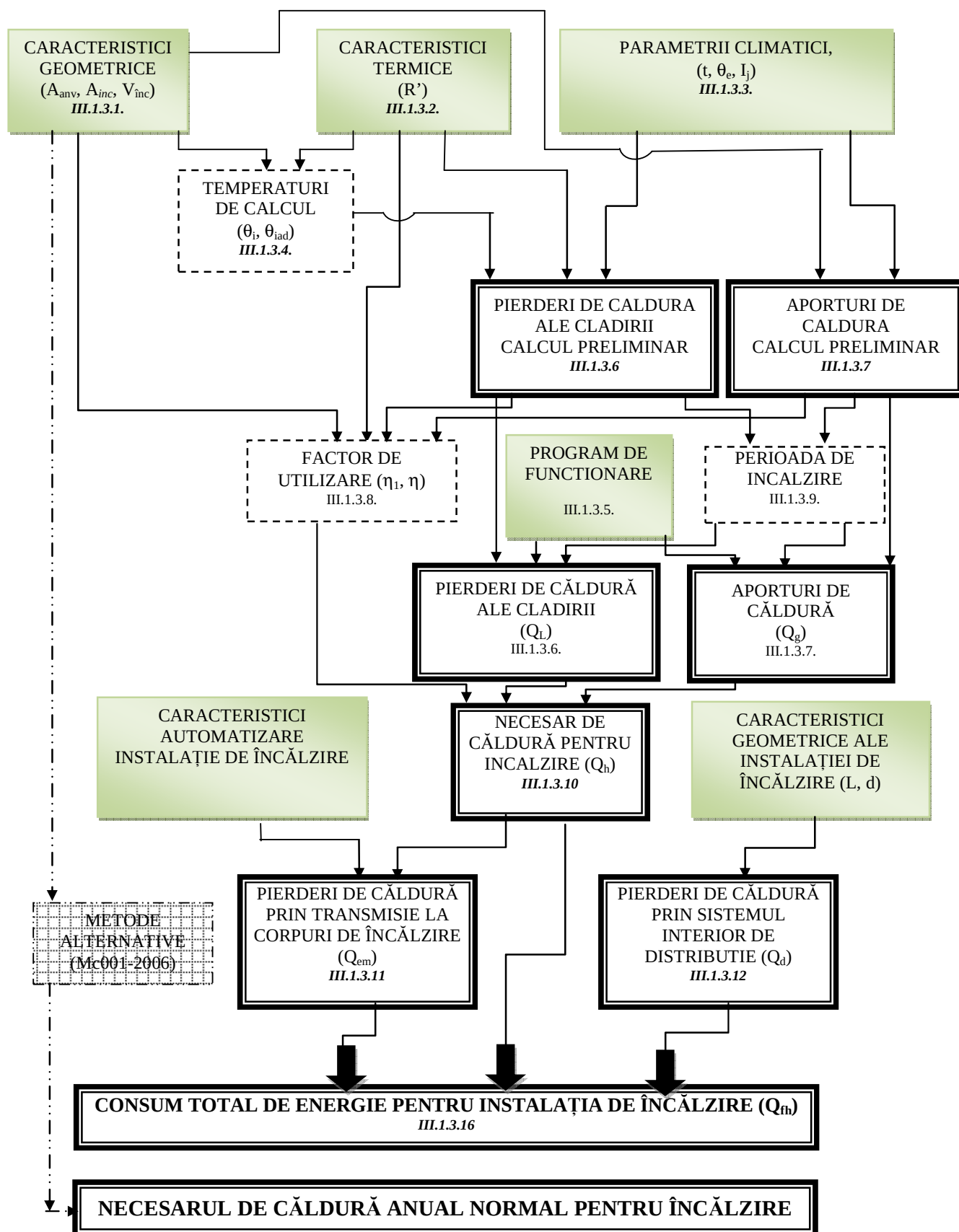


Figura III.1.2-a Schema bloc de calcul al consumului de energie pentru încălzirea clădirilor rezidențiale, apartamentelor/terțiare alimentate de la surse urbane

(*indicațiile din casete se referă la paragrafele din breviar)

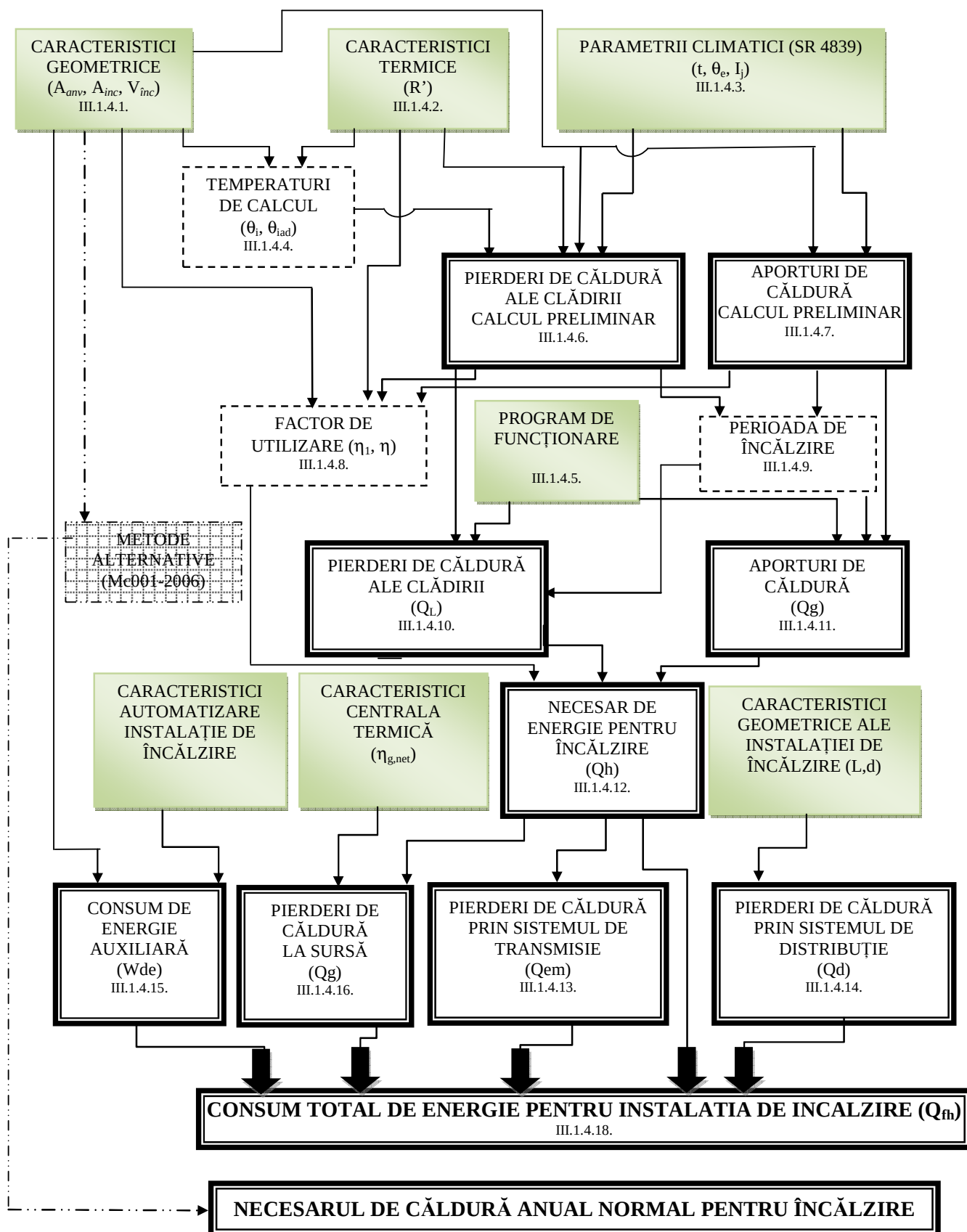


Figura III.1.2-b Schema bloc de calcul al consumului de energie pentru încălzirea clădirilor rezidențiale, apartamentelor/tertiare alimentate de la surse proprii

(*indicațiile din casete se referă la paragrafele din breviar)

III.1.3. Procedura de calcul simplificată, pe sezonul de încălzire, pentru clădiri rezidențiale, apartamente și clădiri terțiare alimentate de la surse urbane

Regimul de ocupare pentru astfel de clădiri este fie continuu (cu furnizare continuă de energie pentru încălzire), fie intermitent (cu furnizare intermitentă de energie pentru încălzire). Modelul de calcul este simplificat în regim permanent, metoda de calcul aplicându-se pe întreaga perioadă de încălzire.

III.1.3.1. Caracteristici geometrice

În cadrul caracteristicilor geometrice se disting lungimi și înălțimi ale elementelor ce compun anvelopa, înălțimi de nivel, volumul clădirii conform Mc001/2006. Toate aceste arii și volume se determină fie din planurile de arhitectură (dacă acestea există) fie din măsurări efectuate in situ, respectând convențiile stabilite în Mc001-PI.

III.1.3.2. Caracteristici termice

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

- rezistențe termice unidirecționale (R) în [$\text{m}^2\text{K/W}$], respectiv transmitanțe termice unidirecționale (U) în [$\text{W/ m}^2\text{K}$];
- rezistențe termice corectate (R') în [$\text{m}^2\text{K/W}$], respectiv transmitanțe termice corectate (U') în [$\text{W/ m}^2\text{K}$] cu efectul punților termice; raportul dintre rezistența termică corectată și rezistența termică unidirecțională (r);
- rezistențe termice corectate, medii, pentru fiecare tip de element de construcție perimetral, pe ansamblul clădirii (R'_m) în [$\text{m}^2\text{K/W}$];
- rezistență termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M); respectiv transmitanță termică corectată, medie, a anvelopei clădirii ($U'_{clădire}$) în [$\text{W/ m}^2\text{K}$].

Valorile mărimilor menționate mai sus se determină conform părții I a Metodologiei Mc001.

III.1.3.3. Parametrii climatici ($\theta_{e,i}$, I_i), perioada de încălzire preliminară

Pentru clădiri rezidențiale/terțiare valorile de calcul ale temperaturii exterioare și intensității radiației solare se obțin prin medierea proporțională cu numărul de zile a valorilor lunare, pentru întreaga perioadă de încălzire. Perioada de încălzire preliminară se stabilește conform SR 4839 considerand temperatura de echilibru de 12°C (vezi anexă – exemplu de calcul).

III.1.3.4. Temperaturi de calcul (θ_i , θ_u , θ_{iad})

- *Temperaturile interioare ale încăperilor încălzite (θ_i)*

Se consideră conform reglementărilor tehnice în vigoare (Mc001/2006, SR 1907/2).

Dacă într-o clădire încăperile au temperaturi de calcul diferite (în limita a $\pm 4^\circ\text{C}$), dar există o temperatură predominantă, în calcule se consideră această temperatură. Pentru clădirile de locuit se consideră $\theta_i = +20^\circ\text{C}$, ca temperatură predominantă conform Mc001-PI(I.9.1.1.1).

Dacă adiacent volumului încălzit (apartamente), sunt spații a căror temperatură indicată de norme sau rezultată dintr-un calcul de bilanț termic (casa scărilor), este mai mică cu cel mult 4°C decât a volumului încălzit, calculul se consideră monozonal iar temperatura interioară de calcul se poate considera temperatura medie ponderată a tuturor zonelor încălzite:

$$\theta_i = \frac{\sum \theta_{ij} \cdot A_j}{\sum A_j} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{III.1.2})$$

în care:

A_j este aria zonei j în m^2 , având temperatura interioară θ_{ij} în $[^{\circ}\text{C}]$.

- *Temperatura interioară corectată θ_{iad} (în cazul clădirilor terțiare cu energie furnizată intermitent) pe perioada de încălzire*

Acest parametru are o valoare constantă care conduce la aceleași pierderi termice ca și în cazul încălzirii cu intermitență pe perioada considerată. Pentru fiecare perioadă de încălzire redusă temperatura interioară corectată se calculează utilizând procedura definită în Mc001/2006.

- *Temperatura interioară a spațiilor neîncălzite θ_u se calculează conform Mc 001 – PI.*

III.1.3.5. Determinarea programului de funcționare

În cazul utilizării încălzirii cu intermitență, programul de funcționare se împarte în intervale de încălzire normală alternând cu intervale de încălzire redusă (de exemplu nopți, sfârșituri de săptămână și vacanțe).

Pentru intervalele de încălzire normală se stabilește temperatura interioară convențională de calcul constantă.

Pentru perioadele de încălzire redusă pot fi programe de funcționare diferite. În acest caz consumurile de energie se vor calcula pentru fiecare tip de perioadă de încălzire, conform Mc001-PII.1

III.1.3.6. Calculul pierderilor de căldură ale clădirii (Q_L)

Pierderile de căldură, Q_L , ale unei clădiri monozonă, încălzită la o temperatură interioară θ_i considerată constantă, pentru o perioadă de calcul dată, sunt :

$$Q_L = H \cdot (\theta_i - \theta_e) t = \Phi_L \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.3})$$

în care

θ_i este temperatura interioară de calcul, conform indicațiilor de la paragraful III.1.3.4 în $[^{\circ}\text{C}]$;

θ_e - temperatura exterioară medie pe perioada de calcul conform indicațiilor de la paragraful III.1.3.3 în $[^{\circ}\text{C}]$;

t - număr de ore din perioada de calcul în [h];

H - coeficientul de pierderi termice al clădirii în [W/K];

$\Phi_L = H(\theta_i - \theta_e)$ - fluxul termic pierdut de clădire, în [W].

Coeficientul de pierderi termice H , se calculează cu relația:

$$H = H_T + H_V \quad [\text{kW/K}] \quad (\text{III.1.4})$$

Coeficientul de pierderi termice prin transmisie H_T :

$$H_T = L + L_s + H_u \quad [\text{kW/K}] \quad (\text{III.1.5})$$

unde:

L este coeficientul de cuplaj termic prin anvelopa exterioră clădirii, definit prin relația $L = \sum U_j A_j + \sum \psi_k l_k + \sum \chi_j$, în $[\text{W/K}]$ unde U_j este transmitanța termică a elementului de construcție j în $[\text{W/m}^2\text{K}]$, A_j este aria elementului de construcție j în $[\text{m}^2]$, ψ_k este transmitanță punților termice liniare k , l_k este lungimea punții termice liniare k în $[\text{m}]$ iar χ_j este coeficientul punților termice punctuale ale elementului de construcție j (conform Mc001-PI);

L_s este coeficientul de cuplaj termic prin sol, (conform Mc001-PI, în $[\text{W/K}]$;

H_u este coeficientul de pierderi termice prin spații neîncălzite (conform Mc001-PI), în $[\text{W/K}]$;

H_v este coeficientul de pierderi termice aferente debitului de aer pătruns în clădire, în $[\text{W/K}]$.

Pierderile termice cauzate de permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii (conform Mc001-PI,) sunt exprimate cu relația:

$$H_v = \rho_a c_a \dot{V} \quad [\text{kW/K}] \quad (\text{III.1.6})$$

în care:

$\rho_a \cdot c_a$ - capacitatea termică volumică; $\rho_a \cdot c_a = 1200 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$ sau $\rho_a \cdot c_a = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$;

$\dot{V}$ - debitul mediu volumic de aer proaspăt, în $[\text{m}^3/\text{s}]$ sau $[\text{m}^3/\text{h}]$.

Sau cu relația:

$$H_v = \rho_a c_a n_a V \quad [\text{kW/K}] \quad (\text{III.1.7})$$

în care:

n_a este numărul mediu de schimburi de aer pe oră, în $[\text{h}^{-1}]$;

V - volumul încălzit, în m^3 .

Pentru clădirile de locuit și asimilate acestora, numărul mediu de schimburi de aer pe oră datorate permeabilității la aer a clădirii, poate fi evaluat în funcție de:

- categoria de clădire;
- clasa de adăpostire a clădirii;
- clasa de permeabilitate la aer a clădirii,

utilizând datele din tabelul 9.7.1 din Metodologia Mc001-PI.

În cazul în care se aplică împărțirea în perioade de încălzire diferite, pierderile termice, Q_L , ale unei clădiri mono-zonă încălzită la o temperatură uniformă și pentru o perioadă de calcul dată, se calculează cu relația:

$$Q_L = \sum_{j=1}^N N_j H_j (\theta_{iad,j} - \theta_e) t_j \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.8})$$

în care

N_j - numărul de perioade de încălzire de fiecare tip (de exemplu 3: pentru normal, noapte și sfârșit de săptămână), pe durata perioadei de calcul;

$\theta_{iad,j}$ - temperatura interioară corectată a perioadei de încălzire j , în $[\text{°C}]$;

- t_j - număr de ore din perioada de încălzire j , corespunzătoare regimului de încălzire, în [h];
 H_j - coeficientul de pierderi termice ale clădirii în perioada j , în [W/K].
 Θ_e - temperatura exterioară medie a perioadei de încălzire în [°C];

$\sum_{j=1}^N N_j t_j$ reprezintă durata perioadei de calcul.

III.1.3.7. Calculul aporturilor de căldură (Q_g)

Aporturile totale de căldură ale unei clădiri sau zone, Q_g , reprezintă suma degajărilor interioare de căldură și aporturilor radiației solare:

$$Q_g = Q_i + Q_s = \Phi_g \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.9})$$

$\Phi_g = \Phi_i + \Phi_s$ - fiind fluxul termic al aporturilor totale de căldură, exprimat în [kW].

Aporturile interioare de căldură, Q_i , cuprind toată cantitatea de căldură generată în spațiul încălzit de sursele interioare, altele decât instalația de încălzire, ca de exemplu :

- degajări metabolice care provin de la ocupanți;
- degajări de căldură de la aparate și instalația de iluminat.

Pentru calculul degajărilor de căldură la clădirile rezidențiale se utilizează fluxurile termice medii lunare sau pe sezonul de încălzire, în funcție de perioada de calcul stabilită. În acest caz, aporturile de căldură interioare se consideră 4W/m^2 pentru clădiri de locuit, iar energia termică corespunzătoare se calculează cu relația următoare:

$$Q_i = 4 \cdot A_{\text{INC}} \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.10})$$

$$\Phi_i = 4 \cdot A_{\text{inc}} \quad [\text{kW}]$$

Pentru clădirile terțiare, aporturile de la sursele interioare se determină ținând cont de numărul de surse interioare și puterea lor, de aporturile de la iluminat dar și de aporturile de la ocupanți în funcție de numărul de ore de ocupare.

$$Q_i = [\Phi_{i,h} + (1 - b) \Phi_{i,u}] \cdot t = \Phi_i \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.11})$$

unde:

$\Phi_{i,h}$ – sunt aporturi de la sursele interioare, în [kW]

$\Phi_{i,u}$ – sunt aporturi interioare încăperilor neîncălzite alăturate, în [kW]

b – coeficient de reducere ce ține seama că spațiul neîncălzit este la o temperatură diferită de cea exterioară (se consultă Mc001-PI);

Pentru calculul aporturilor de căldură datorate radiației solare, suprafețele care se iau în considerare pentru iarnă sunt vitrajele, pereții și planșeele interioare ale serelor și verandelor, pereții situați în spatele unei plăcări transparente sau a izolației transparente. Aporturile solare depind de radiația solară totală corespunzătoare localității, de orientarea suprafețelor receptoare, de umbrirea permanentă și caracteristicile de transmisie și absorbție solară ale suprafețelor receptoare.

Pentru o perioadă de calcul dată, t , aporturile solare prin suprafețe vitrate se calculează cu relația următoare :

$$Q_s = \left(\sum_j [I_{sj} \sum_n A_{snj}] + (1-b) \sum_j [I_{sj} \sum_j A_{snj,u}] \right) * t = \Phi_s * t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.12})$$

unde:

- I_{sj} este radiația solară totală medie pe perioada de calcul pe o suprafață de 1 m² având orientarea j , în [W/m²];
- A_{snj} - aria receptoare echivalentă a suprafeței n având orientarea j în [m²];
- $A_{snj,u}$ - aria receptoare echivalentă a suprafeței n având orientarea j pentru spațiile neîncălzite adiacente spațiului încălzit în [m²];

Prima sumă se efectuează pentru toate orientările j , iar a doua pentru toate suprafețele n care captează radiația solară.

Aria receptoare echivalentă A_s a unui element de anvelopă vitrat (de exemplu o fereastră) este:

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_F \cdot g \quad [\text{m}^2] \quad (\text{III.1.13})$$

unde :

- A este aria totală a elementului vitrat n (de exemplu, aria ferestrei) în [m²];
- F_s - factorul de umbrire al suprafeței n ;
- F_F - factorul de reducere pentru ramele vitrajelor, egal cu raportul dintre aria suprafeței transparente și aria totală a elementului vitrat (conform Mc001-PI);
- g - transmitanța totală la energia solară a suprafeței n .

Pentru definirea factorului de umbrire și a transmitanței la energia solară a vitrajului, se iau în considerare numai elementele de umbrire și de protecție solară permanente, conform indicațiilor din Metodologia Mc001-PI (anexa A12).

Transmitanța g se calculează în funcție de $g_{\perp}$ aplicând un factor de corecție astfel:

$$g = F_w \cdot g_{\perp} \quad (\text{III.1.14})$$

Documentul recomandat pentru calculul valorilor g și a unor valori tipice pentru factorii de transmisie solară este Mc001/2006 – PI, anexa A12.

Factorul de umbrire, F_s , variază între 0 și 1, reprezintă reducerea radiației solare incidente cauzată de umbriri permanente ale suprafeței considerate datorită unuia din următorii factori:

- alte clădiri;
- elemente topografice (coline, arbori etc.);
- proeminențe;
- alte elemente ale aceleiași clădiri ;
- poziția elementului vitrat față de suprafața exterioară a peretelui exterior.

Factorul de umbrire este definit astfel :

$$F_s = \frac{I_{s,ps}}{I_s} \quad (\text{III.1.15})$$

unde :

$I_{s,ps}$ este radiația solară totală primită de suprafața receptoare cu umbriri permanente pe durata sezonului de încălzire în $[W/m^2]$;

I_s - radiația solară totală pe care ar primi-o suprafața receptoare în absența umbririi în $[W/m^2]$.

III.1.3.8. Determinarea factorului de utilizare (η)

Calculul factorului de utilizare al aporturilor de căldură se face ținând seama de coeficientul adimensional γ care reprezintă raportul dintre aporturi și pierderi de căldură:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L} = \frac{\Phi_g}{\Phi_L} \quad (III.1.16)$$

Factorul de utilizare, η , are rolul de a compensa pierderile termice suplimentare care apar atunci când aporturile de căldură depășesc pierderile termice calculate și se calculează astfel:

$$\text{dacă } \gamma \neq 1 \quad \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (III.1.17)$$

$$\text{dacă } \gamma = 1 \quad \eta = \frac{a}{a + 1} \quad (III.1.18)$$

unde a este un parametru numeric care depinde de constanta de timp τ , definită prin relația:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (III.1.19)$$

Valorile pentru a_0 și τ_0 sunt indicate în tabelul II.1.2 din Metodologia Mc001-PII.1 pentru clădirile alimentate continuu respectiv intermitent cu energie termică

Constanta de timp, τ , caracterizează inerția termică interioară a spațiului încălzit și se determină cu relația:

$$\tau = \frac{C}{H} \quad [h] \quad (III.1.20)$$

C este capacitatea termică interioară a clădirii în $[Wh/K]$;

H - coeficientul de pierderi termice al clădirii în $[W/K]$.

Figura II.1.5 din Metodologia Mc001-PII.1 prezintă factorii de utilizare pentru perioadele de calcul lunar și pentru diverse constante de timp, pentru clădiri din categoria I (încălzite continuu) și II (încălzite numai pe timpul zilei).

Capacitatea termică interioară a clădirii, C , se calculează prin însumarea capacităților termice ale tuturor elementelor de construcție în contact termic direct cu aerul interior al zonei considerate:

$$C = \sum \chi_j A_j = \sum_j \sum_i \rho_{ij} c_{ij} d_{ij} A_j \quad [Wh/K] \quad (III.1.21)$$

unde:

χ_j - este capacitatea termică interioară raportată la arie a elementului de construcție j ;

A_j - aria elementului j , în $[m^2]$;

ρ_{ij} - densitatea materialului stratului i din elementul j , în $[kg/m^3]$;

c_{ij} - căldura specifică masică a materialului stratului i , din elementul j , în $[J/kgK]$;

d_{ij} - grosimea stratului i din elementul j , în $[m]$.

Suma se efectuează pentru toate straturile fiecărui element de construcție, pornind de la suprafața interioară până fie la primul strat termoizolant, grosimea maximă fiind indicată în tabelul II.1.1 din Metodologia Mc001-PII.1, fie în mijlocul elementului de construcție, la distanța cea mai mică.

III.1.3.9. Perioada de încălzire a clădirii

Perioada de încălzire reală se stabilește în funcție de temperatura de echilibru a clădirii conform Mc001-2006 (II.1.5.11.2).

III.1.3.10. Necesarul de căldură pentru încălzire (Q_h)

Se determină pentru fiecare perioadă de calcul/sezon cu relația:

$$Q_h = Q_L - \eta Q_g \quad [kWh] \quad (III.1.22)$$

unde pierderile termice, Q_L , și aporturile de căldură, Q_g , se calculează de asemenea pentru fiecare perioadă de calcul/sezon.

III.1.3.11. Pierderile de căldură prin transmisie la nivelul corpurilor de încălzire (Q_{em})

Pierderile la transmisia căldurii către volumul încălzit se calculează astfel:

$$Q_{em} = Q_{em, str} + Q_{em, emb} + Q_{em, c} \quad [kWh] \quad (III.1.23)$$

în care:

$Q_{em, str}$ sunt pierderile de căldură cauzate de distribuția neuniformă a temperaturii, în $[kWh]$;

$Q_{em, emb}$ - pierderile de căldură cauzate de poziția suprafețelor încălzitoare montate în elementele de construcție - cazul pardoselii, plafonului sau pereților radianți, în $[kWh]$;

$Q_{em, c}$ - pierderile de căldură cauzate de dispozitivele de reglare a temperaturii interioare, în $[kWh]$.

Pierderile de căldură datorate distribuției neuniforme a temperaturii interioare se calculează folosind valori experimentale stabilite pentru eficiența sistemelor de transmisie a căldurii η_{em} cu relația:

$$Q_{em, str} = \frac{1 - \eta_{em}}{\eta_{em}} \cdot Q_h \quad [kWh] \quad (III.1.24)$$

Anexa II.1.B din Metodologia Mc001-PII.1 conține exemple de valori pentru eficiența sistemelor de transmisie a căldurii η_{em} ca urmare a distribuției neuniforme a temperaturii interioare.

Pierderile de căldură $Q_{em, emb}$ se calculează atunci când elementul de construcție încălzitor conține o suprafață orientată către exteriorul spațiului încălzit, către sol, către alte clădiri sau către alte spații neîncălzite.

În situația în care caracteristicile suprafețelor emise (exemplu: grosimea sau tipul izolației termice) sunt diferite în cadrul aceleiași clădiri, este necesară separarea calculelor pentru fiecare zonă omogenă din punct de vedere al instalației de încălzire prin radiație. Relațiile de calcul pentru aceste pierderi se găsesc în Metodologia Mc001-PII.1.

Pierderile de căldură ale instalațiilor de încălzire $Q_{em,c}$ se referă doar la sistemul de reglare al consumatorului (sistemul de emisie), neluând în calcul influențele pe care reglarea centrală sau locală le poate avea asupra eficienței sursei de căldură sau asupra pierderilor de căldură din rețeaua de distribuție.

Dacă se cunoaște eficiența sistemului de reglare η_c , pierderile de căldură pe care le implică utilizarea unui sistem real de reglare sunt date de:

$$Q_{em,c} = \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} \cdot Q_h \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.25})$$

în care valori ale eficienței sistemului de reglare η_c se pot lua din Anexa II.1.C din Metodologia Mc001-PII.1.

III.1.3.12. Pierderi de căldură prin sistemul de distribuție interior clădirii (Q_d)

Energia termică pierdută pe rețeaua de distribuție în perioada de calcul t , este:

$$Q_d = \sum_i U_i \cdot (\theta_m - \theta_{a,i}) \cdot L_i \cdot t_H \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.26})$$

unde:

- U valoarea coeficientului de transfer de căldură, în $[\text{W/mK}]$;
- θ_m temperatura medie a agentului termic, în $^{\circ}\text{C}$;
- θ_a temperatura aerului exterior (ambianță), în $^{\circ}\text{C}$;
- L lungimea conductei, în $[\text{m}]$;
- t numărul de ore în perioada de calcul $[\text{h}]$;
- i indicele corespunzător conductelor cu aceleași condiții la limită

coeficientul de transfer de căldură U pentru conductele izolate, montate în exterior este dat de relația:

$$U = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{D_a}{D_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot D_a} \right)} \quad [\text{W/mK}] \quad (\text{III.1.27})$$

în care:

- D_i, D_a - diametrele conductei fără izolație, respectiv diametrul exterior al conductei în $[\text{m}]$;
- α_a - coeficientul global de transfer termic la exteriorul conductei $(\text{W/m}^2\text{K})$;
- λ_D - coeficientul de conducție a izolației $[\text{W/mK}]$.

Coeficientul de transfer U pentru conducte pozate subteran se calculează cu relația:

$$U_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{D_a}{D_i} + \frac{1}{\lambda_E} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{D_a} \right)} \quad [\text{W/mK}] \quad (\text{III.1.28})$$

unde:

z este adâncimea de pozare, în [m];

λ_E – coeficientul de conductivitate al solului [W/mK].

La calculul pierderilor de căldură ale conductelor se vor lua în considerare și pierderile aferente elementelor conexe (robinete, armături, suporturi neizolate, etc.) sub forma unor lungimi echivalente L_e . În cazul pierderilor prin corpul robinetelor, inclusiv flanșele de îmbinare, lungimea echivalentă considerată depinde de existența izolației așa cum arată tabelul II.1.3 din Metodologia Mc001-PII.1 Lungimea echivalentă se va însuma cu lungimea conductelor.

În mod similar, se calculează pierderile de căldură nerecuperabile prin conductele orizontale și verticale (coloane), dacă acestea sunt pozate în spații neîncălzite.

În cazul în care conductele orizontale sau verticale se află în spații încălzite, aceste pierderi se consideră recuperabile, valoarea lor fiind introdusă în bilanțul de căldură sub forma Q_{rhh} .

Pentru apartamente, se vor calcula pierderile de căldură nerecuperabile ale rețelelor de distribuție aferente clădirii și se vor repartiza proporțional cu suprafața încălzită a apartamentului.

III.1.3.13. Pierderile de căldură ale instalației de încălzire (Q_{th})

Pierderile de căldură ale instalației de încălzire țin cont de pierderile sistemului de transmisie al căldurii la nivelul corpurilor de încălzire Q_{em} și de pierderile sistemului de distribuție al căldurii Q_d .

$$Q_{th} = Q_{em} + Q_d \quad [kWh] \quad (III.1.29)$$

III.1.3.14. Căldura recuperată de la instalația de încălzire (Q_{rhh})

Căldura recuperată de la instalația de încălzire este o parte a termenului Q_{th} și se determină cu relația:

$$Q_{rhh} = Q_{d,recuperat} \quad [kWh] \quad (III.1.30)$$

unde:

$Q_{d,recuperat}$ este căldura recuperată din pierderile sistemului de distribuție a agentului termic, calculată conform paragrafului III.1.3.11 pentru tronsoanele de conducte aflate în spații încălzite, în [kWh];

III.1.3.15. Căldura recuperată de la instalația de apă caldă de consum (Q_{rhw})

Căldura recuperată de la instalația de apă caldă de consum se determină cu relația:

$$Q_{rhw} = Q_{d,recuperat,a.c.c} \quad [kWh] \quad (III.1.31)$$

unde:

$Q_{d,recuperat,a.c.c.}$ este căldura recuperată din pierderile sistemului de distribuție a apei calde de consum, calculată conform paragrafului III.3.3.4 pentru tronsoanele de conducte aflate în spații încălzite, în [kWh];

III.1.3.16. Consumul total de energie pentru încălzire în cazul clădirilor alimentate din surse urbane (Q_{fh})

Consumul total de energie pentru încălzire se obține din însumarea termenilor prezentați în paragrafele anterioare, respectiv:

$$Q_{f,h} = (Q_h - Q_{rhh} - Q_{rhw}) + Q_{th} = Q_h + Q_{em} + Q_d - (Q_{rhw} + Q_{rhh} + Q_{rhw}) \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{III.1.32})$$

III.1.4. Procedura de calcul simplificată, pe sezonul de încălzire, pentru clădiri rezidențiale, apartamente și clădiri terțiare alimentate de la surse proprii

Regimul de ocupare pentru astfel de clădiri este fie continuu (cu furnizare continuă de energie pentru încălzire), fie intermitent (cu furnizare intermitentă de energie pentru încălzire). Modelul de calcul este simplificat, în regim permanent, metoda de calcul aplicându-se pe întreaga perioadă de încălzire.

III.1.4.1. Caracteristici geometrice

A se vedea subcapitolul III.1.3.1.

III.1.4.2. Caracteristici termice

A se vedea subcapitolul III.1.3.2.

III.1.4.3. Determinarea parametrilor climatici (θ_e , I_{ij} perioada de încălzire preliminară)

A se vedea subcapitolul III.1.3.3.

III.1.4.4. Temperaturi de calcul (θ_{ij} , θ_{uz} , θ_{iad})

A se vedea subcapitolul III.1.3.4.

III.1.4.5. Determinarea programului de funcționare

A se vedea subcapitolul III.1.3.5.

III.1.4.6. Calculul pierderilor de căldură ale clădirii (Φ_L)

A se vedea subcapitolul III.1.3.6. în care $\Phi_L = H \cdot (\theta_i - \theta_e)$, exprimat în kW.

III.1.4.7. Calculul aporturilor de căldură (Φ_g)

A se vedea subcapitolul III.1.3.7. în care $\Phi_g = \Phi_i + \Phi_s$, exprimat în kW.

III.1.4.8. Determinarea factorului de utilizare (η)

A se vedea paragraful III.1.3.8. în care $\eta = \frac{\Phi_g}{\Phi_L}$

III.1.4.9. Determinarea perioadei de încălzire

Perioada de încălzire cuprinde toate zilele pentru care aporturile de căldură calculate cu factorul de utilizare η , nu compensează pierderile termice. Calculul perioadei de încălzire se face conform MC001-2006-PII.

III.1.4.10. Calculul pierderilor de energie termică ale clădirii (Q_L)

Pierderile de căldură, Q_L , ale unei clădiri mono-zonă, încălzită la o temperatură interioară uniformă, pentru o perioadă de calcul dată, sunt :

$$Q_L = H(\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.33})$$

în care t reprezintă durata perioadei de calcul, în ore.

III.1.4.11. Calculul aporturilor de căldură (Q_g)

Dacă aporturile de căldură sunt exprimate ca fluxuri de căldură, Φ_g , energia corespunzătoare acestora se determină astfel :

$$Q_g = \Phi_g \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.34})$$

III.1.4.12. Necesarul de căldură pentru încălzire (Q_h)

A se vedea paragraful III.1.3.10.

III.1.4.13. Pierderile de căldură prin transmisie la nivelul corpurilor de încălzire (Q_{em})

A se vedea paragraful III.1.3.11.

III.1.4.14. Pierderile de căldură prin sistemul de distribuție (Q_d)

A se vedea paragraful III.1.3.12.

III.1.4.15. Consumul auxiliar de energie (W_{de})

Consumul anual auxiliar de energie electrică, W_{de} , pentru pompele din instalațiile de încălzire se stabilește simplificat pe baza unei metode tabelare în funcție de aria pardoselilor încălzite din zona de calcul, tipul sursei și modul de reglare al pompei. În anexa II.1.F din Metodologia Mc001 se găsesc valorile orientative privind consumul auxiliar anual de energie electrică pentru instalații de încălzire cu circulație prin pompare.

În timpul funcționării pompelor de circulație, o parte din energia electrică este transformată în energie termică care se transferă apei. O altă parte din energia termică este transferată (transmisă) mediului ambiant.

Energia recuperată din apă este:

$$Q_{d,r,w} = kW_{d,e} = 0,25 \cdot W_{d,e} \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{III.1.35})$$

III.1.4.16. Pierderile de căldură la nivelul sursei de căldură (Q_G)

Pierdere de căldură totală la nivelul generatorului se calculează în funcție de randamentul sezonier net η_{Gnet} cu relația următoare:

$$Q_G = Q_{G,out} \frac{1 - \eta_{G,net}}{\eta_{G,net}} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.36})$$

$Q_{G,out}$ se calculează în funcție de tipul de cazan:

o pentru cazane de încălzire:

$$Q_{G,out} = Q_h + Q_{em} + Q_d - kW_{d,e} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.1.37})$$

Pentru termenul $kW_{d,e}$ a se vedea paragraful III.1.4.15.

o pentru cazane de încălzire și preparare apă caldă de consum:

$$Q_{G,out} = Q_h + Q_{em} + Q_d - kW_{d,e} + Q_{acc} \quad [kWh] \quad (III.1.38)$$

Pentru termenul Q_{acc} (energia consumată de instalația de apă caldă de consum în [kWh]) a se vedea capitolul III.3.

o pentru instalațiile de încălzire care utilizează combinat surse clasice și neconvenționale sau regenerabile de energie:

$$Q_{G,out} = Q_h + Q_{em} + Q_d - kW_{d,e} + Q_{acc} - Q_{rg} \quad [kWh] \quad (III.1.39)$$

unde

Q_{rg} este energia furnizată de sursele regenerabile în perioada de calcul, în [kWh];

Q_{acc} - energia consumată de instalația de preparare apă caldă de consum, în [kWh].

Randamentul sezonier net η_{Gnet} se calculează în funcție de tipul de cazan, de tipul de combustibil și de modul de funcționare. Pentru ca rezultatele să acopere solicitarea cazanului în sarcină variabilă se consideră randamentul la încărcare maximă și randamentul la sarcina minimă de 30%.

În tabelul II.1.7 din Metodologia Mc001-P.1.1 se indică valoarea maximă acceptată de norme pentru randamentul sezonier net, $\eta_{G,net,r}$ în funcție de tipul cazanului.

Pentru calculul randamentului brut se utilizează factorii de conversie f din tabelul II.1.8 în ecuația următoare:

$$\eta_{G,net} = \eta_{G,net,r} / f \quad (III.1.40)$$

Randamentele cazanelor se calculează conform capitolului II.1.8.3.1. din Metodologia Mc001-P.1.1.

III.1.4.17. Pierderile de căldură ale instalației de încălzire (Q_{th})

Pierderile de căldură ale instalației de încălzire țin cont de pierderile sistemului de transmisie al căldurii $Q_{em,r}$, de pierderile sistemului de distribuție al căldurii Q_d de pierderile sistemului de generare al căldurii Q_G și de energia auxiliară consumată de pompe $W_{d,e}$.

$$Q_{th} = Q_{em} + Q_d + Q_G \quad [kWh] \quad (III.1.41)$$

III.1.4.18. Căldura recuperată de la instalația de încălzire (Q_{rhh})

Căldura recuperată de la instalația de încălzire (componente termice sau electrice) este o parte a termenului Q_{th} și se determină cu relația:

$$Q_{rhh} = Q_{d,recuperat} \quad [kWh] \quad (III.1.42)$$

unde:

$Q_{d,recuperat}$ se calculează conform paragrafului III.1.3.14, în [kWh];

III.1.4.19. Căldura recuperată de la instalația de apă caldă de consum (Q_{rhw})

Căldura recuperată de la instalația de apă caldă de consum (componente termice sau electrice) se determină cu relația:

$$Q_{rhw} = Q_{d,recuperat,a.c.c} + Q_{d,r,w,a.c.c} \quad [kWh] \quad (III.1.43)$$

unde:

$Q_{d,recuperat\ a.c.c.}$ este căldura recuperată din pierderile sistemului de distribuție a apei calde de consum, calculată conform paragrafului III.3.3.4 pentru tronsoanele de conducte aflate în spații încălzite, în [kWh];;

$$Q_{d,r,w,a.c.c.} = 0,25 W_{ac,e}$$

$W_{ac,e}$ se determină conform capitol III.3.3.5

III.1.4.20. Consumul total de căldură pentru încălzire în cazul clădirilor alimentate din surse proprii (Q_{fh})

Consumul total de energie pentru încălzire se obține din însumarea termenilor prezentați în paragrafele anterioare, respectiv:

$$Q_{f,h} = (Q_h - Q_{rhh} - Q_{rhw}) + Q_{th} = Q_h + Q_{em} + Q_d + W_{de} + Q_G - (Q_{rhh} + Q_{rhw}) \text{ [kWh/an]} \text{ (III.1.44)}$$

Pentru apartamentele dintr-o clădire alimentată cu energie termică de la surse proprii pierderile de căldură pe distribuție, consumul de energie electrică și pierderile de căldură la nivelul sursei se vor repartiza proporțional cu suprafața încălzită a apartamentului.

III.2. INSTALAȚII DE VENTILARE ȘI CLIMATIZARE

Acest capitol cuprinde metodele de calcul pentru evaluarea consumului de energie al instalațiilor de ventilare și climatizare, pentru următoarele situații:

- instalații de climatizare (răcire) pentru clădiri și apartamente, considerând numai sarcina de căldură sensibilă;
- instalații de ventilare mecanică;
- instalații de climatizare considerând sarcina de căldură sensibilă și latentă.

Metodele detaliază necesarul de energie la nivelul clădirii/apartamentului și consumul de energie al sistemelor.

III.2.1. Conținut general

În forma cea mai generală, consumul de energie al instalațiilor de climatizare se determină pe bază de bilanț care cuprinde următoarele componente:

- necesarul de energie pentru răcire/climatizare (la nivelul clădirii/apartamentului);
- consumul de energie al instalației de ventilare mecanică (dacă există);
- consumul de energie al componentelor auxiliare ale sistemului de ventilare/climatizare: pompe, ventilatoare, recuperatoare etc.;
- consumul de energie al sistemului de generare a frigului;
- pierderile termice pe circuitele de apă și de aer ale sistemului;
- recuperările de energie din sistem.

Componentele menționate se evaluează și se însumează diferit la nivelul sistemelor, în funcție de tipul și de complexitatea acestora.

III.2.2. Evaluarea consumului de energie pentru instalații de climatizare (răcire), considerând numai sarcina de căldură sensibilă; scheme generale

Metoda se aplică la clădiri rezidențiale/apartamente sau clădiri terțiare climatizate cu sarcini reduse de căldură latentă. Sistemul de climatizare poate fi „numai aer” sau „aer – apă”.

Pentru determinarea **necesarului de energie pentru răcirea clădirilor**, metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor Mc001-PII detaliază:

- metoda de calcul lunară,
- metoda orară simplificată.

În Breviar se detaliază **metoda lunară**; metoda orară necesită un calcul automat.

Consumul de energie din sistemul de climatizare se poate calcula:

- printr-o metodă simplificată care introduce randamentul global al sistemului;
- pe baza puterilor calculate în condiții nominale de calcul și considerând un timp echivalent de funcționare a sistemului.

Astfel, consumul de energie din sistemul de climatizare, în cazul în care se ia în considerare numai căldura sensibilă, se determină cuplând metodele de calcul ale necesarului de energie pentru răcirea clădirii, cu metodele de calcul al consumului de energie din sistem.

Procedura pentru diferitele situații, se poate urmări în schemele logice după cum urmează:

- necesarul de energie al încăperii (sarcina sensibilă) după metoda lunară și evaluarea consumului de energie al sistemului prin metoda simplificată, figura III.2.1;
- necesarul de energie al încăperii (sarcina sensibilă) și evaluarea consumului de energie al sistemului pe baza puterilor stabilite în condiții nominale de calcul, figura III.2.2.

Pentru sistemele care iau în considerare numai căldura sensibilă se recomandă ca fluxurile de energie să fie urmărite în diagrama din figura 2.4 din Mc001-PII.

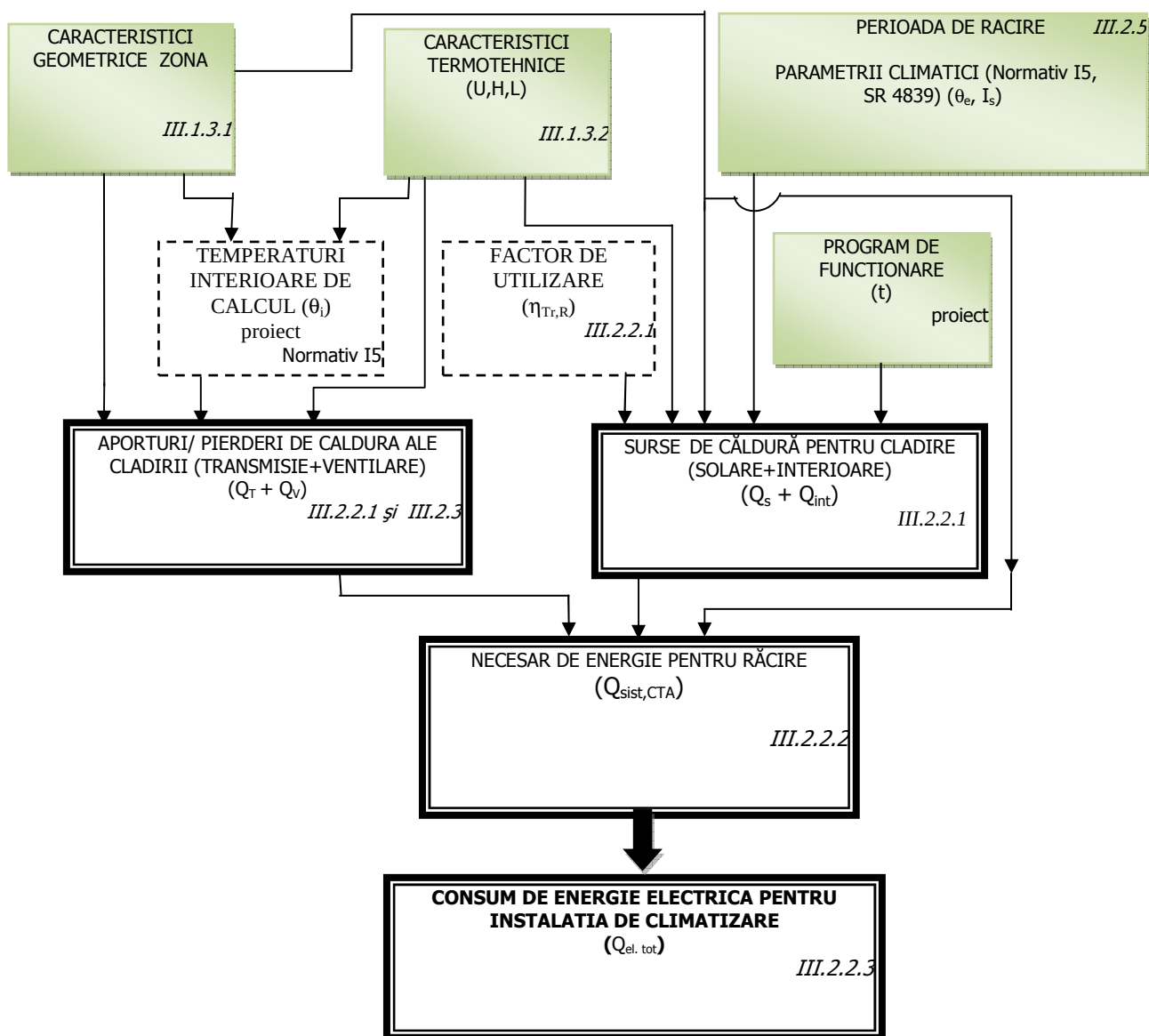


Fig. III.2.1. Schema de calcul pentru necesarul de energie al clădirii/apartament (sarcina sensibilă), metoda lunară și evaluarea consumului de energie al sistemului prin metoda simplificată

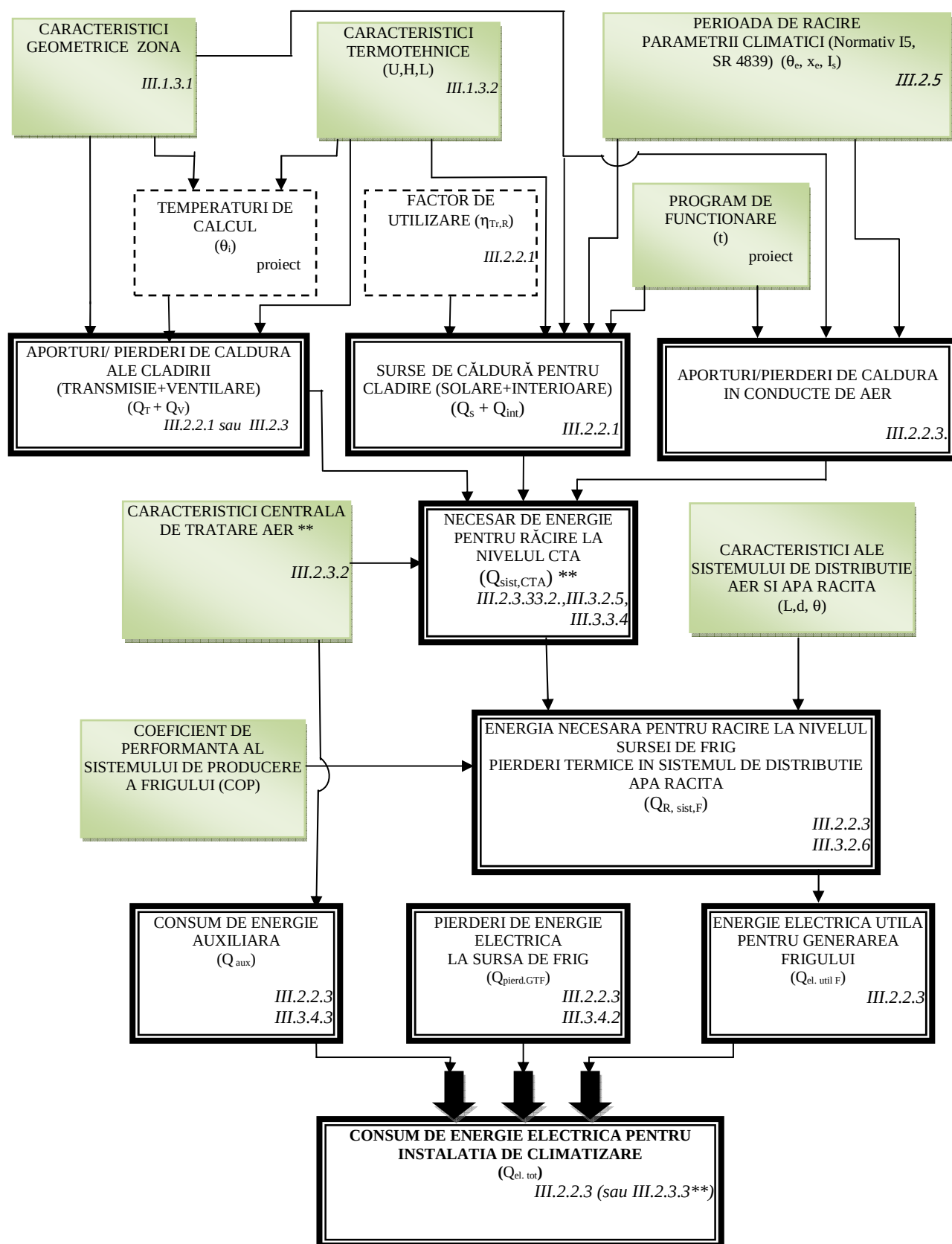


Fig. III.2.2. Necesarul de energie al clădirii/apartament (sarcina sensibilă) și evaluarea consumului de energie al sistemului pe baza puterilor stabilite în condiții de calcul.

** Numai pentru sistemele de ventilare care realizează tratarea aerului, utilizate și pentru răcire/încălzire

Procedura generală de calcul

Principalele date de intrare necesare pentru efectuarea calculelor sunt:

- caracteristicile elementelor de anvelopă și ale sistemului de ventilare;
- sursele interioare de căldură,
- date referitoare la climatul exterior;
- date privind sistemul de climatizare (răcire):
 - partiționarea clădirii în zone de calcul;
 - tipul de sistem pe fiecare zonă, elemente componente și eficiența acestora;
 - pierderi de energie la sursele de răcire și pe distribuția agentului termic;
 - sisteme de recuperare a energiei și care utilizează surse regenerabile;
 - debitele de aer
 - modul de comandă și control pentru menținerea parametrilor la valorile prescrise;
- date referitoare la sistemul de ventilare: tipul sistemului (naturală sau mecanică, cu sau fără tratarea aerului), elemente componente.

Principalele rezultate ale calculelor sunt:

- durata sezonului de răcire;
- necesarul de energie lunar și anual pentru răcirea clădirilor ;
- consumul de energie lunar și anual pentru răcirea clădirilor ;
- consumul de energie auxiliar pentru răcire și ventilare;
- consumul total de energie pentru climatizare.

În metoda lunară, bilanțul de energie se scrie pentru o perioadă de timp de o lună. Parametrii climatici sunt valori medii pentru luna de calcul.

Clădirea poate avea mai multe zone termice, cu temperaturi interioare prescrise diferite și cu scenarii de funcționare diferite. În cele ce urmează se prezintă calculul pentru o clădire monozonă; în cazul mai multor zone, calculul se repetă similar pentru fiecare zonă și rezultatele se însumează după caz, la nivelul zonelor și a sistemelor, cu sau fără a lua în considerare interacțiunea dintre zone.

Sistemul de răcire poate avea o funcționare continuă sau intermitentă.

Calculul se realizează urmărind etapele descrise în cele ce urmează.

1) Se definește conturul zonei condiționate (răcite), cu toate caracteristicile termofizice ale anvelopei.

2) Se stabilește durata sezonului de răcire.

3) Se calculează pentru fiecare lună, pe bază de bilanț, necesarul de energie pentru răcirea clădirii, Q_R .

Bilanțul de energie la nivelul clădirii include următorii termeni (*numai căldură sensibilă*):

- transferul de căldură prin transmisie, dintre spațiul climatizat și mediul exterior, datorat diferențelor de temperatură,

- transferul de căldură pentru încălzirea/răcirea aerului de ventilare introdus mecanic sau natural, datorat diferențelor de temperatură dintre spațiul climatizat și aerul introdus,
- căldura provenită de la sursele interioare de căldură,
- căldura datorată aporturilor solare.

4) Se calculează energia consumată la nivelul sistemului, pe baza bilanțului de energie al sistemului de răcire care include după caz, următorii factori:

necesarul de energie pentru răcirea clădirii;

- energia furnizată de sistemele ce utilizează energie regenerabilă;
- pierderile de energie care au loc la generare, stocare, distribuție și emisie în sistemele de răcire;
- energia introdusă în sistemele de răcire;
- ca un caz particular, energia primară produsă de aceste sisteme de răcire (de exemplu energie electrică ce rezultă dintr-un sistem de co sau trigenerare).

Bilanțul de energie al fiecărui sistem cuprinde de asemenea și energia recuperată în sistem de la diverse surse și la diferite niveluri.

III.2.2.1. Calculul necesarului de energie pentru răcirea clădirilor/apartamentelor, metoda lunară, numai căldură sensibilă.

Necesarul de energie pentru fiecare lună de calcul Q_R [MJ], se calculează conform relației:

$$Q_R = Q_{\text{surse},R} \pm \eta_R Q_{Tr,R} \quad (\text{III.2.1})$$

în care:

- $Q_{Tr,R}$ - energia totală transferată între clădire și mediul exterior, în situația răcirii clădirilor, [MJ];
- $Q_{\text{surse},R}$ - energia furnizată clădirii de sursele de căldură, în situația răcirii, [MJ],
- η_R - factorul de utilizare a pierderilor de căldură, în situația răcirii.

Semnul plus sau minus din relația III.2.1 are semnificația că în metoda lunară, $Q_{Tr,R}$ poate apare ca aport sau pierdere de căldură.

Căldură transferată între clădire și mediul adiacent neclimatizat, Q_{Tr} se calculează cu relația:

$$Q_{Tr} = Q_T + Q_V \quad (\text{III.2.2})$$

în care:

- Q_T - căldura transferată prin transmisie, [MJ];
- Q_V - căldura transferată prin aerul de ventilare, [MJ].

Căldura totală de la sursele interioare, Q_{surse} :

$$Q_{\text{surse}} = Q_{\text{int}} + Q_S \quad (\text{III.2.3})$$

cu:

- Q_{int} - căldura degajată de sursele interioare , [MJ];
- Q_S - căldura provenită de la soare , [MJ].

Pentru calcul se detaliază în continuare mărimile din relațiile III.2.2 și III.2.3.

$$Q_T = \sum_k \{ H_{T,k} \cdot (\theta_i - \theta_{e,k}) \} \cdot t \quad (\text{III.2.4})$$

în care:

$H_{T,k}$ – coeficientul de transfer termic al elementului k, către spațiul sau zona de temperatură $\theta_{e,k}$, [W/K];

θ_i - temperatura interioară a clădirii, prevăzută în proiect pentru a realiza confortul termic interior în situația climatizării;

$\theta_{e,k}$ - temperatura exterioară medie lunară sau a zonei adiacente elementului k;

t - durata de calcul (pentru fiecare lună); [Ms].

Pentru fiecare element exterior, transmitanța H_T , se calculează cu relația:

$$H_T = L + L_s + H_u \quad (\text{III.2.5})$$

unde: L - coeficientul de cuplaj termic pentru anvelopa clădirii, [W/K]; L_s - coeficientul de cuplaj termic pentru sol, [W/K]; H_u - coeficientul de transfer termic către spații neclimate, [W/K].

$$L = \sum U_j A_j + \sum \psi_k l_k + \sum \chi_j \quad [\text{W/K}] \quad (\text{III.2.6})$$

unde: U_j - transmitanța termică a elementului „j” de anvelopă a clădirii, [W/(m²K)]; A_j – aria elementului „j”, [m²]; ψ_k - transmitanța termică liniară a punții termice liniare „k”, [W/(mK)]; l_k – lungimea punții termice liniare „k”, [m]; χ_j - transmitanța termică punctuală a punții termice punctuale j, [W/K].

Pentru semnificația fizică și detalierea calculelor privind caracteristicile termice ale elementelor de construcție - document recomandat: Mc001/2006.

În calculul transferului de căldură către zone/clădiri adiacente zonei climatizate, temperatura $\theta_{e,k}$ reprezintă temperatura zonei/clădirii adiacente, având valori care corespund structurii și utilizării acesteia; efectul radiației solare asupra temperaturii $\theta_{e,k}$ asupra spațiilor foarte vitrate adiacente zonei climatizate, trebuie tratat prin modele detaliate; la calculul transferului de căldură către sol temperatura $\theta_{e,k}$ este egală cu temperatura mediului exterior.

Efectul radiației nocturne trebuie luat în considerare mai ales în cazul ferestrelor protejate prin dispozitive exterioare (obloane sau jaluzele). Pentru tratarea acestor situații ca și pentru alte cazuri speciale (pereți solari ventilați, alte elemente ventilate ale anvelopei, surse interioare de joasă temperatură), se recomandă Metodologia Mc001 și studii specializate.

Energia disipată de clădire prin ventilare, Q_v [MJ] se calculează în fiecare conform relației:

$$Q_v = \sum_k \{ H_{V,k} (\theta_i - \theta_{intr,k}) \cdot t \} \quad (\text{III.2.7})$$

în care: $H_{V,k}$ - coeficientul de transfer prin ventilare datorat aerului introdus în zona de calcul, prin elementul k, [W/K]; $\theta_{intr,k}$ - temperatura de introducere (refulare), [K]; θ_i - temperatura interioară a clădirii, prescrisă pentru a realiza confortul termic interior în situația climatizării, [K]; t - durata de calcul, pentru luna respectivă, [Ms].

Pentru un debit de aer volumic $\dot{V}_{v,k}$ cunoscut, coeficientul de transfer de căldură prin ventilare $H_{V,k}$ pentru fiecare lună de calcul, se calculează conform relației:

$$H_{V,k} = \rho_a c_a \dot{V}_{v,k} \quad (\text{III.2.8})$$

în care: $\dot{V}_{v,k}$ - debitul volumic aferent elementului aerului k, [m³/s]; $\rho_a c_a$ - capacitatea calorică a aerului refulat ce poate fi considerată 1200 J/m³K.

Valoarea temperaturii de introducere $\theta_{intr,k}$ a acestui debit, se stabilește pentru una din următoarele situații:

- ventilare naturală inclusiv infiltrații de aer din exterior – $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura aerului exterior θ_e ;
- ventilare naturală ce include infiltrații de aer din încăperile adiacente necondiționate sau din poduri, mansarde sau alte spații închise însoțite (sere), $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura echivalentă a spațiilor adiacente;
- ventilare provenită de la un sistem de ventilare mecanică – $\theta_{intr,k}$ este egală cu temperatura de introducere a aerului ce intră prin acest tip de sistem.

Precizări pentru situații particulare

În cazul în care aerul de ventilare este tratat (răcit, încălzit), se poate ca $\theta_{intr} = \theta_{intr,k}$, caz în care energia disipată de clădire prin ventilare, $Q_v = 0$. În acest caz, în calculul consumului de energie al zonei se va include consumul de energie pentru ventilare (§ III.2.3).

Cazul utilizării recuperatoarelor de căldură

Recuperarea căldurii din aerul evacuat se ia în considerare fie prin introducerea în calcul a unui debit de aer mai mic decât cel real, reducerea fiind proporțională cu eficiența recuperatorului, fie înlocuind temperatura exterioară cu temperatura aerului introdus, obținută ca funcție de temperatura zonei și de eficiența recuperatorului. Alte detalii sunt furnizate în Mc001-PII (§ II.2.4.8.2).

În cazul ventilării nocturne, se consideră un debit volumic mediu suplimentar $\Delta \dot{V}_{v,k}$ [m³/s], calculat prin introducerea unor factori de corecție ce țin cont de diferența de temperatură, de efectele dinamice și de eficiența sistemului. Detalii suplimentare sunt furnizate în Mc001-PII (§ II.2.4.8.2).

Degajări de căldură de la surse interioare

În funcție de procesul din încăperea, sursele de căldură pot fi: ocupanții, aparate electrice, iluminatul, căldura degajată sau absorbită datorită instalațiilor ce strabat încăperea, inclusiv cele de canalizare; căldura disipată sau absorbită de instalațiile de ventilare, încălzire sau răcire, altele decât cele pentru climatizarea spațiului respectiv, căldura din procesele tehnologice desfășurate în încăperea.

Energia totală furnizată de sursele interioare de căldură, în situația răcirii clădirii, Q_{surse} [MJ] se calculează cu relația:

$$Q_{surse} = \sum_k Q_{surse,k} + \sum_l (1 - b_l) * Q_{surse,nc,l} \quad (III.2.9)$$

unde:

$$Q_{surse,k} = \Phi_{surse,med,k} t$$

$$Q_{surse,nc,l} = \Phi_{surse,med,nc,l} t$$

în care: $Q_{surse,k}$ - energia furnizată de sursa k în spațiul climatizat, în timpul lunii considerate, [MJ]; $Q_{surse,nc,l}$ - energia furnizată de sursa interioară / dintr-un spațiu adiacent neclimatizat, în timpul sezonului sau lunii considerate, [MJ]; b_l - factor de reducere al efectului sursei din spațiul adiacent neclimatizat, $\Phi_{surse,med,k}$ - fluxul de căldură mediu degajat de sursa interioară k , $\Phi_{surse,med,nc,l}$ - fluxul de căldură mediu degajat de sursa interioară, aflată în spațiul adiacent neclimatizat, t - durată perioadei de calcul (luna), [Ms];

Pentru calcularea degajărilor de căldură de la sursele interioare, se fac următoarele precizări:

- o parte din căldura degajată de sursele interioare, poate fi recuperată fie în elementele perimetrale ale clădiri, fie în sistemul care se calculează, fie în alt sistem; în cele ce urmează se consideră numai căldura recuperată în clădire;
- pentru simplificare, cantitățile mici de căldură disipate în sistem și recuperate în clădire pot fi ignorate în calculul necesarului de energie pentru răcire, putând fi evaluate în cadrul calculului performanței energetice globale a sistemului, prin introducerea unor factori de corecție;
- o sursă rece, ce contribuie la eliminarea unei cantități de căldură din zona de calcul trebuie tratată ca o sursă obișnuită, dar de semn opus (negativă);

Cu aceste observații, fluxul total de căldură datorat surselor interioare Φ_{surse} [W], se scrie:

$$\Phi_{surse} = \Phi_{oc} + \Phi_{ap,e} + \Phi_{il} + \Phi_{acm+c} + \Phi_{i,r,V} + \Phi_{proc} \quad (III.2.10)$$

în care: Φ_{oc} - fluxul de căldură cedat de ocupanți, [W]; $\Phi_{ap,e}$ - fluxul de căldură cedat de aparatura electrică, [W]; Φ_{il} - fluxul de căldură de la iluminat, [W]; Φ_{acm+c} - fluxul de căldură de la instalațiile de apă caldă menajeră și canalizare, [W]; $\Phi_{i,r,V}$ - fluxul de căldură cedat de instalațiile de încălzire, răcire și ventilare, [W]; Φ_{proc} - fluxul de căldură din procese tehnologice și prepararea hranei, [W].

Căldura degajată de ocupanți și căldura de la aparatura electrică

Valorile orare și săptămânale ale fluxului de căldură cedat de ocupanți și de aparatura electrică aflată în încăpere trebuie determinate în funcție de tipul și gradul de ocupare al clădirii, de modul de utilizare a clădirii, și de scopul calculului. În acest caz, dificultatea calculului este de a utiliza valori medii lunare, care să ia în considerare scenarii de funcționare, factori de simultaneitate etc.

În absența altor date, pot fi utilizate valorile din Mc001-PII.

Căldura degajată de la iluminatul artificial

Valoarea fluxului de căldură degajat de la iluminat Φ_{il} este suma dintre:

- fluxul de căldură cedat de corpurile de iluminat și
- fluxul de căldură degajat de alte aparate de iluminat prezente în încăpere și care nu fac parte din prima categorie : corpuri de iluminat decorative, iluminat de siguranță, lampi speciale, îngropate etc. Pentru toate aceste dispozitive, trebuie utilizate valorile existente în documentația de specialitate, în funcție de utilizarea clădirii și scopul calculului.

Observație : Fluxul de căldură nu include căldura evacuată direct prin sistemul de ventilare utilizat pentru evacuarea căldurii de la corpurile de iluminat (dacă este utilizat un astfel de sistem).

Căldura degajată de la instalațiile de apă caldă, apă rece și canalizare

Fluxul de căldură cedat/primit de instalațiile de apă rece, apă caldă de consum și canalizare către/de la încăperea climatizată, se scrie conform relației:

$$\Phi_{acm+c} = \Phi_{acm} + \Phi_{ar+c} \quad (\text{III.2.11})$$

în care: $\Phi_{acm} = \varphi_{acm} \cdot L_{acm}$

unde: Φ_{acm+c} - fluxul de căldură cedat/primit de instalațiile de apă rece, apă caldă de consum și canalizare, [W] ; Φ_{acm} - flux de căldură datorat conductelor de apă caldă, [W]; Φ_{ar+c} - fluxul de căldură datorat apei reci și canalizării interioare, [W]; φ_{acm} - fluxul de căldură unitar cedat de instalația de apă caldă de consum, [W/m] ; L_{acm} - lungimea conductelor din sistemul de apă caldă menajeră din zona de clădire considerată, [m].

Pentru detalieri, document de referință Mc001-PII.

Dacă se apreciază ca fiind neimportante în raport cu alte fluxuri de căldură, ele pot fi neglijate.

Căldura cedată/absorbită de la sistemele de încălzire, răcire și ventilare, $\Phi_{I,R,V}$:

$$\Phi_{I,R,V} = \Phi_I + \Phi_R + \Phi_V \quad (\text{III.2.12})$$

în care :

Φ_I - flux de căldură de la sistemul de încălzire din spațiul climatizat, [W];

Φ_R - flux de căldură de la sistemul de răcire din spațiul climatizat, [W];

Φ_V - flux de căldură de la sistemul de ventilare din spațiul climatizat, [W];

Valoarea fluxului de căldură de la sistemul de încălzire Φ_I , poate proveni de la surse de energie auxiliară (pompe, ventilatoare și componente electronice), precum și la căldura disipată în procesele de emisie, circulație, distribuție și înmagazinare a căldurii din sistemul de încălzire, în zona considerată. Aceste date trebuie considerate, fie ca medii lunare.

Valoarea fluxului de căldură provenit de la sistemul de răcire Φ_R se referă la sursele de energie auxiliară (pompe, ventilatoare și componente electronice) din zona considerată precum și la căldura disipată în procesele de emisie, circulație, distribuție și stocare din sistemul de răcire. Pentru această metodă, aceste date trebuie obținute ca valori medii lunare.

Valoarea fluxului de căldură transferat de la sistemul de ventilare, Φ_V se referă la căldura disipată în zona de calcul de alt sistem de ventilare. Căldura care provine de la sistemul de ventilare care introduce aer în zona respectivă, trebuie luată în considerare printr-o creștere a temperaturii de introducere (relația III.2.34) și de aceea nu trebuie considerată ca o sursă interioară în sine.

Căldura degajată de la procese tehnologice și prepararea hranei

Fluxul de căldură transferat către sau de la încăpere ce rezultă din procese tehnologice sau de preparare a hranei - Φ_{proc} - depinde de tipul de utilizare a clădirii și poate fi determinat pe baza documentației de specialitate. Pentru valori prin lipsă se recomandă Mc001-PII.

Fluxurile de căldură se înmulțesc cu durata de emisie pentru a obține energia introdusă în încăpere, pe perioada de calcul

Aporturi de căldură solare

Aporturile de căldură solare sunt funcție de radiația solară la nivelul localității în care se află clădirea, de orientarea suprafețelor receptoare, de coeficienții lor de transmitere, absorbție și reflexie a radiației solare, precum și de caracteristicile de transfer ale acestor suprafețe.

Energia totală pătrunsă în interior, într-o zonă a clădirii, datorită radiației solare (aportul solar) Q_s [MJ], se calculează cu relația:

$$Q_s = Q_{s,c} + \sum_j [(1 - b_j) Q_{s,nc,j}] \quad (\text{III.2.13})$$

în care:

$$Q_{s,c} = \sum_k (I_{s,k} F_{su,k} A_{s,k}) \quad \text{și}$$

$$Q_{s,nc,j} = \sum_j (I_{s,j} F_{su,j} A_{s,j})_{nc}$$

unde:

$Q_{s,c}$ - energia solară pătrunsă în zona de calcul, prin elementele perimetrice exterioare ale clădirii, pentru luna considerată, [MJ];

$Q_{s,nc,j}$ - energia solară pătrunsă în zona de calcul pentru luna considerată, datorată aporturilor solare din zona adiacentă "j", neclimatizată), [MJ];

b_j - factor de reducere a aporturilor de la spațiul neclimatizat j,

$F_{su,k}$ - factor de reducere a aporturilor solare datorită umbririi prin elemente exterioare, a ariei de captare efectivă corespunzătoare suprafeței k,

$A_{s,k}$ - aria de captare efectivă a suprafeței k, pentru o orientare și un unghi de înclinare dat, în zona considerată

$A_{s,j}$ - idem $A_{s,k}$ pentru aporturi solare către spațiul adiacent j neclimatizat, [m²];

$I_{s,k}$ - radiația solară totală, integrată pe perioada de calcul, egală cu energia solară captată de 1 m² al suprafeței k, pentru o orientare și înclinare dată a acesteia;

$I_{s,j}$ - idem $I_{s,k}$ pentru aporturi solare către spațiul adiacent j neclimatizat, [m²];

F_{su} - factor subunitar denumit factor de reducere al aporturilor solare datorat umbririi exterioare. Pentru detalii și valori, document recomandat Mc001-PII.

Arii de captare efective a radiației solare

Ariile de captare a radiației solare se determină pentru toate tipurile de elemente perimetrice ale unei clădiri, care captează radiația solară (suprafețe vitrate exterioare, elemente opace exterioare, pereți și planșee interioare din spații tip seră, precum și pereți aflați în spatele unor elemente de

acoperire sau izolații transparente. Caracteristicile de captare ale acestor suprafețe depind de climatul local și de factori dependenți de perioada de calcul, cum ar fi poziția soarelui sau raportul dintre radiația directă și difuză; în consecință, trebuie alese valori medii adecvate scopului urmărit (răcire sau verificarea confortului termic de vară).

Aria de captare efectivă a unui element de anvelopa vitrat se calculează cu relația:

$$A_{S,F} = F_u \tau (1 - F_t) A_F \quad (\text{III.2.14})$$

în care:

A_F - aria totală a elementului vitrat, inclusiv rama, [m²];

F_t - factor de tâmplărie, egal cu raportul dintre aria ramei și aria totală a geamului;

F_u - factor de umbrire al fereastrei datorat dispozitivelor de umbrire mobile, cu care aceasta este prevăzută;

τ - factor de transmisie (transmitanța) a energiei solare prin elementul vitrat.

Ca valoare prin lipsă, se poate utiliza o pondere a ramei $F_t = 0,2$.

Transmitanța τ a elementului vitrat reprezintă media raportului dintre energia solară transmisă prin elementul vitrat neumbrit și energia solară incidentă. Mc 001 stabilește metodele de calcul pentru determinarea transmitanței totale a suprafețelor vitrate echipate cu dispozitive de protecție solară.

Reducerea aporturilor solare prin utilizarea elementelor de umbrire mobile, se ia în considerare prin factorul de reducere a aporturilor, care se calculează cu relația:

$$F_u = [(1 - f_u) \tau + f_u \tau_u] / \tau \quad (\text{III.2.15})$$

în care:

F_u - Factorul de reducere a aporturilor solare datorat elementelor de umbrire mobile

τ - transmitanța totală a ferestrei, în situația în care nu sunt utilizate elemente de umbrire mobile ;

τ_u - transmitanța totală a ferestrei, în situația utilizării elementelor de umbrire mobile;

f_u - factor de corecție în funcție de durată de utilizare a elementelor de umbrire mobile.

Factorul f_u se determină pe baza metodei detaliate în Anexa II.2.D din Mc001-PII.

Umbrirea elementelor vitrate trebuie luată în calcul atunci când radiația solară incidentă pe suprafața elementului la ora de calcul, depășește 300 W/m² și neglijată dacă radiația este inferioară acestei valori.

Aria de captare efectivă a radiației solare pentru elemente opace

Aria de captare efectivă a unui element opac de anvelopa (perete, terasă) $A_{s,p}$ (m²) se calculează cu formula:

$$A_{s,p} = F_{cer} \alpha_p R_{p,se} U_p A_p \quad (\text{III.2.16})$$

în care:

F_{cer} - factor de corecție ce ține cont de schimbul de căldură prin radiație al peretelui către bolta cerească, [m²K/W];

α_p - coeficient de absorbție a radiației solare de către elementul opac considerat;

A_p - aria totală a peretelui considerat de calcul, [m²];

$R_{p,se}$ - rezistența termică a elementului opac, determinată conform Mc001-PI, [m²K/W];

U_p - transmitanța termică a peretelui, determinată conform Mc001-PI, [W/m²K];

Factorul de corecție F_{cer} se calculează cu relația :

$$F_{cer} = \frac{1 - \varphi_{cer} t}{\alpha_p I_{s,p}} \quad (III.2.17)$$

în care :

φ_{cer} - fluxul de căldură unitar datorat transferului de căldură prin radiație către bolta cerească, [W/m²];

$I_{s,p}$ - radiația solară totală integrată (energia solară) la nivelul elementului opac, [MJ/m²];

t - perioada de calcul, [Ms];

Fluxul de căldură unitar transferat prin radiație către bolta cerească se scrie:

$$\varphi_{cer} = F_f h_{r,e} \Delta\theta_{e-cer} \quad (III.2.18)$$

în care:

F_f - factor de formă dintre elementul opac și bolta cerească (1 pentru terasă orizontală deschisă, 0,5 pentru un perete exterior nemască);

$h_{r,e}$ - coeficient de transfer de căldură prin radiație la exterior, [W/m²K];

$\Delta\theta_{e-cer}$ - **diferența medie de temperatură dintre aerul exterior și temperatura aparentă a bolții cerești, [°C].**

Pentru calculul coeficientului de transfer $h_{r,e}$ se recomandă Mc001-PII.

Ca valoare prin lipsă $h_{r,e} = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$, valoare ce corespunde la o temperatură medie a suprafeței exterioare de 10 °C. Atunci când temperatura bolții cerești nu este disponibilă în bazele de date climatice, diferența medie de temperatură $\Delta\theta_{e-cer} = 11\text{K}$.

Calculul factorului de utilizare a pierderilor de căldură

Efectele dinamice ale transferului de căldură sunt luate în considerare prin introducerea factor de utilizare a aporturilor/pierderilor de căldură în situația răcirii, $\eta_{Tr,R}$.

Efectul inerției termice a clădirii în cazul răcirii intermitente sau opririi furnizării frigului este luat în considerare prin introducerea unei ajustări (corecții) a temperaturii interioare prescrise sau a unei corecții aplicate necesarului de energie pentru răcire.

Factorul de utilizare a pierderilor de căldură este funcție de raportul dintre pierderile și aporturile de căldură și de inerția termică a clădirii, conform următoarelor relații:

Notând cu λ_R raportul dintre pierderile și aporturile de căldură în situația răcirii,

$$\text{- dacă } \lambda_R > 0 \text{ și } \lambda_R \neq 1 \text{ atunci } \eta_{Tr,R} = \frac{1 - \lambda_R^{\alpha_R}}{1 - \lambda_R^{\alpha_R + 1}}; \quad (III.2.19)$$

- dacă $\lambda_R = 1$ atunci $\eta_{Tr,R} = \frac{\alpha_R}{\alpha_R + 1}$;

- dacă $\lambda_R < 0$ atunci $\eta_{Tr,R} = 1$

în care, pentru fiecare lună și pentru fiecare zonă considerată:

$\eta_{Tr,R}$ - factorul de utilizare a pierderilor de căldură în situația răcirii;

λ_R - raportul dintre aporturile și pierderile de căldură ale zonei în perioada de răcire:

$$\lambda_R = \frac{Q_{surse,R}}{Q_{Tr,R}} \quad (III.2.20)$$

$Q_{surse,R}$ - aporturile de căldură totale pentru răcire, determinate anterior, [MJ];

$Q_{Tr,R}$ - energia totală transferată între clădire și mediul exterior, în situația răcirii clădirilor,

α_R - parametru numeric adimensional ce depinde de constanta de timp a clădirii pentru răcire τ_R , care se calculează cu relația:

$$\alpha_R = \alpha_{0R} + \frac{\tau_R}{\tau_{0R}} \quad (III.2.21)$$

unde: α_{0R} - parametru numeric de referință;

τ_R - constanta de timp pentru răcire, în ore;

τ_{0R} - constanta de timp de referință pentru răcire,

Valorile recomandate pentru α_{0R} și τ_{0R} ca și graficul variației factorului de utilizare η_{tr} pentru o perioadă de calcul lunară și pentru diverse constante de timp, sunt date în Mc001-PII.

Constanta de timp a clădirii pentru răcire, τ_R [ore] se calculează cu relația :

$$\tau_R = \frac{C_m / 3,6}{H_T} \quad (III.2.22)$$

unde :

C_m - capacitatea termică a clădirii, [kJ/K];

H_T - coeficient de transmisie a căldurii prin elementele clădirii [W/K].

Valori convenționale ale constantei de timp pentru diverse tipuri de clădiri pot fi calculate pentru tipuri de clădiri reprezentative construite. Valori curente sunt date în Mc 001.

Capacitatea termică internă a clădirii sau a unei zone, C_m se obține prin însumarea capacităților termice ale tuturor elementelor de construcții aflate în contact cu aerul interior al zonei luate în considerare (document recomandat Mc001-PII).

Corecții pentru regimul de funcționare al instalațiilor

Cazul funcționării în regim continuu

Pentru răcirea continuă a clădirii pe toată perioada sezonului de răcire, calculul energiei pentru răcire se face cf. relației III.2.1 utilizând ca temperatură interioară, temperatura prescrisă pentru climatizare θ_i .

Cazul răcirii în regim intermitent

Energia necesară pentru răcire în cazul răcirii intermitente $Q_{R,interm}$ se calculează cu relația:

$$Q_{R,interm} = a_{R,interm} Q_R + (1 - a_{R,interm}) Q_{R,tot,interm} \quad (III.2.23)$$

unde:

Q_R - energia necesară pentru răcire, calculată conform relației III.2.1 presupunând că pentru toate zilele lunii, controlul și setarea termostatului de ambianță corespunde unei situații de răcire în regim continuu, [MJ];

$Q_{R,tot,interm}$ - energia necesară pentru răcire, calculată conform relației III.2.1, presupunând că pentru toate zilele lunii, controlul și setarea termostatului de ambient corespund perioadei de intermitență, [MJ];

$a_{R,interm}$ - factor adimensional de corecție pentru răcirea intermitentă, determinat cu relația:

$$a_{R,interm} = 1 - b_{R,interm} (\tau_{0R} / \tau_R) (1 / \lambda_R) (1 - f_{R,N}) \quad (III.2.24)$$

având ca valoare minimă: $a_{R,interm} = f_{R,N}$; se stabilește din fig. III.2.3.

în care:

$f_{R,N}$ - raportul dintre numărul de zile din săptămână cu răcire normală și numărul de zile dintr-o săptămână (ex. 5/7);

$b_{R,interm}$ - factor de corelație empiric cu valoare constantă $b_{R,interm} = 3$;

τ_R - constanta de timp pentru răcire, cf. relației III.2.22 [ore];

τ_{0R} - constanta de timp de referință pentru răcire [ore];

λ_R - raportul dintre aporturile și pierderile de căldură ale clădirii (zonei) în modul de răcire.

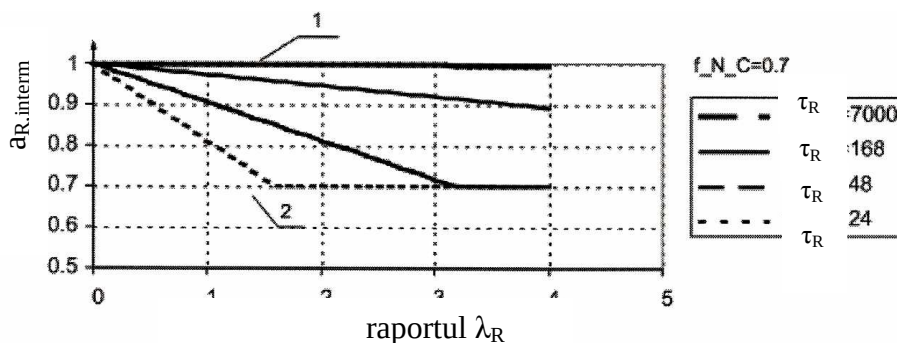


Figura III.2.3 - Nomograma de alegere a factorului de corecție $a_{R,interm}$ pentru răcirea intermitentă; 1 – clădiri cu inerție mare ; 2 – clădiri cu inerție mică

Cazul răcirii cu perioade mari de întrerupere a funcționării

În anumite clădiri cum ar fi școlile, perioadele de vacanță în timpul sezonului de răcire conduc la o reducere importantă a necesarului de frig.

Necesarul de frig în perioada de întrerupere se calculează astfel:

- pentru luna ce include o perioadă de întrerupere, calculul se face diferențiat: a) pentru perioada de răcire normală; și b) pentru perioada de întrerupere;
- se interpolează liniar rezultatele obținute, ținând cont de raportul dintre perioada de întrerupere și perioada de timp normală, utilizând următoarea relație:

$$Q_{R,vac} = f_{R,N} Q_R + (1 - f_{R,N}) Q_{R,tot,vac} \quad (III.2.25)$$

unde:

$Q_{R,vac}$ - necesarul de energie pentru răcire ce ține cont de perioadele de vacanță, [MJ];

Q_R - necesarul de energie pentru răcire calculat conform relației III.2.1, presupunând ca pentru toate zilele lunii, setările și controlul termostatlui de ambianță sunt cele corespunzătoare perioadei normale, [MJ];

$Q_{R,tot,vac}$ - necesarul de energie pentru răcire calculat conform III.2.1, presupunând că pentru toate zilele lunii, setările și controlul termostatlui de ambianță sunt cele corespunzătoare perioadei de întrerupere, [MJ];

f_{RN} - factor reprezentând numărul de zile din luna cu răcire normală, raportate la numărul total de zile al perioadei (ex. 10/31) .

III.2.2.2. Necesarul de energie anual pentru răcire

Necesarul anual de energie pentru răcire, pentru o zonă de clădire dată, se calculează însumând necesarul de energie pe perioadele (lunile) distincte din an în care este necesară răcirea, ținând cont de durata acestor perioade de-a lungul unui an calendaristic:

$$Q_{R,an} = \sum_j Q_{R,j} \quad (III.2.26)$$

în care:

$Q_{R,an}$ - necesarul anual de răcire pentru zona considerată, [MJ];

$Q_{R,j}$ - necesarul de răcire al zonei considerate pentru luna j , [MJ];

III.2.2.3. Energia consumată de sistemele de climatizare (răcire)

1) Evaluarea energiei consumate pe baza randamentului global al sistemului de climatizare.

Energia consumată se determină cu relația:

$$Q_{R,sistF} = \frac{Q_R}{\eta_{sist,R}} \quad (III.2.27)$$

unde:

$Q_{R,sistF}$ - energia consumată în sistemul de răcire, care include pierderile de energie ale sistemului, [MJ];

Q_R - energia necesară pentru răcire a clădirii sau zonei, [MJ],

$\eta_{sist,R}$ - eficiența globală a sistemului de răcire, care include pierderile de energie la generarea, transportul, acumularea, distribuția și emisia de agent termic (aer și apă) din sistem.

Această eficiență nu ține cont de:

- energia electrică auxiliară introdusă în sistemul de climatizare, Q_{aux}
- de coeficientul de performanță al sursei frigorifice.

De aceea, **energia electrică totală consumată în sistemul de climatizare** (răcire),

$Q_{el. tot}$, [MJ] va fi:

$$Q_{el. tot} = \frac{Q_{R,sistF}}{COP} + Q_{aux} \quad (III.2.28)$$

în care:

COP - coeficientul mediu de performanță al mașinii frigorifice, indicat de producător.

Q_{aux} - energia electrică auxiliară utilizată de pompe, ventilatoare, servomotoare etc; calculul va fi detaliat în continuare, la pct.2.

Deoarece există foarte puține date fiabile referitoare la eficiența globală a sistemelor și ținând seama de diversitatea soluțiilor tehnice, este recomandat ca pierderile și recuperările de energie să fie evaluate pe componente, conform procedurii care urmează.

2) Evaluarea energiei consumate pe baza puterilor calculate în condiții de calcul și considerând un timp de funcționare echivalent al sistemului.

În acest caz se evaluează separat:

- pierderile de energie din sistem, Q_{pierd}
- consumul de energie electrică pentru transportul aerului în instalațiile de ventilare/climatizare, Q_{ta} ,
- consumul de energie electrică pentru transportul agentului primar (apă caldă sau apă răcită) ce alimentează componentele instalației de climatizare (Centrala de Tratare a Aerului și aparatele locale de tratare a aerului), $Q_{tapă}$,
- energia electrică auxiliară utilizată de pompe, ventilatoare, servomotoare etc, Q_{aux}
- energia recuperată în sistem, Q_{rec} ,
- consumul de energie electrică pentru producerea frigului, la nivelul sursei de frig.

Atunci, energia consumată în sistemul de răcire $Q_{R,sistF}$ se calculează pe bază de bilanț:

$$Q_{R,sistF} = Q_R + Q_{pierd} + Q_{ta} + Q_{tapă} - Q_{rec} \quad (III.2.29)$$

unde: Q_R - energia necesară pentru răcire a clădirii sau zonei (cf. III.2.1).

În cele ce urmează sunt date relații de calcul pentru evaluarea consumurilor și recuperărilor de căldură. Dacă relațiile exprimă puteri termice, calculate în condiții nominale, energia corespunzătoare se calculează prin multiplicare cu timpul echivalent de funcționare la sarcina nominală a sistemelor (Anexa II.2.K din Mc 001-PII).

După evaluarea energiei pierdute sau recuperate în sistem, **se calculează energia electrică totală consumată în sistemul de climatizare** (răcire), $Q_{el. tot}$ (cf. III.2.28).

a) Pierderi/aporturi de căldură prin suprafața conductelor de transport al aerului

Pierderile sau aporturile de căldură prin suprafața conductelor (canalelor) situate în încăperea/zona climatizată.

Aceste pierderi trebuie luate în considerare doar atunci când diferența dintre temperatura aerului transportat și temperatura încăperii sau zonei climatizate este semnificativă. Ele pot fi neglijate în cazul când sistemul nu asigură încălzirea sau răcirea aerului, ci doar ventilarea simplă.

Pierderile sau aporturile de căldură prin suprafața conductelor situate în afara încăperii/zonei climatizate

Temperatura și umiditatea aerului la ieșire din conductă se calculează cu relațiile:

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \theta_1 + \Delta T_{cta} \\ x_2 &= x_1\end{aligned}\quad (III.2.30)$$

$$\Delta T_{cta} = (\theta_1 - \theta_{ext}) \left(1 - e^{-\frac{H_{cta}}{0,34 q_{v,cta}}} \right) S \quad (III.2.31)$$

unde :

θ_1, x_1 - temperatura și conținutul de umiditate al aerului la intrare în conductă, [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$],

θ_2, x_2 - temperatura și conținutul de umiditate al aerului la ieșire din conductă, [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$],

H_{cta} – aportul/pierdere de căldură a aerului prin pereții conductei, către mediul ambiant, [W],

$q_{v,cta}$ - debitul de aer din conductă [m^3/h],

S - suprafața laterală a conductelor de aer, prin care se cedează căldură [m^2].

$$H_{cta} = \sum_i U_i \cdot (\theta_m - \theta_{a,i}) \cdot L_i \quad [\text{W}] \quad (III.2.32)$$

cu U coeficientul de transfer de căldură în [W/mK];

θ_m temperatura medie a agentului termic în [$^{\circ}\text{C}$];

θ_a temperatura aerului exterior (ambianță) în [$^{\circ}\text{C}$];

L lungimea conductei în [m];

i indicele corespunzător conductelor de același tip, în aceleași condiții

coeficientul de transfer de căldură U pentru conductele izolate, montate în încăperi, este dat de relația:

$$U = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{D_a}{D_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot D_a} \right)} \quad [\text{W}/\text{mK}] \quad (III.2.33)$$

în care:

D_i, D_a - diametrele conductei fără izolație, respectiv diametrul exterior al conductei izolate, [m];

α_a - coeficientul global de transfer termic la exteriorul conductei ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) ($\alpha_a=1/0,33$);

λ_D - coeficientul de conducție a izolației [W/mK].

Relațiile III.2.31 și III.2.32 se rezolvă prin iterație.

b) Pierderi/aporturi de aer din conductele de transport ale aerului

Aerul infiltrat/exfiltrat în/din conductele de transport de aer se calculează conform §2.6.7 din Mc001-PII. Dacă aerul este exfiltrat din conductă, nu există o modificare a parametrilor aerului transportat; dacă însă se infiltrează aer în conductă, acești parametri se modifică în funcție de

parametrii aerului infiltrat, care se amestecă cu cel transportat. De la caz la caz, în funcție de clasa de etanșitate la aer a canalelor de transport, pentru a putea estima pierderile de energie pe traseu trebuie calculat un debit de aer infiltrat în conductă și efectuat un bilanț termic pe toată lungimea conductei unde se realizează infiltrațiile de aer.

c) Pierdere /recuperare de căldură de la ventilatoare

Creșterea de temperatură a aerului la trecere prin ventilator, ΔT_{vent} conduce la o pierdere / recuperare de căldură (în perioada de răcire/încălzire). ΔT_{vent} se calculează cu relația :

$$\Delta T_{vent} = \frac{P_{abs,vent} R_{rc}}{\rho_{aer} c_{p,aer} q_{v,vent}} \quad (III.2.34)$$

unde :

- ΔT_{vent} - diferența de temperatură cu care se încălzește aerul în ventilator, [°C],
- ρ_{aer} (kg/m³) - densitatea aerului,
- $c_{p,aer}$ (J/kgK) - căldura specifică masică a aerului.
- $q_{v,vent}$ (m³/h) - debitul volumic la ventilator;
- $P_{abs,vent}$ (W) - puterea absorbită la ventilator ;
- R_{rc} - rata de transformare a energiei electrice în căldură, absorbită de aer – (0,9 pentru motor plasat în curentul de aer; 0,6 pentru motor plasat în afară curentului de aer).

Creșterea de temperatură a aerului conduce la un debit de căldură în sistem:

$$\Phi = \rho_{aer} c_{p,aer} q_{v,vent} \Delta T_{vent} \quad [W] \quad (III.2.35)$$

Pentru ventilarea mecanică cu debit de aer constant sau variabil (sistem VAV) fără aer recirculat puterea medie consumată este cea pentru un debit de aer continuu $C_{cont} q_v$ (m³/h).

Pentru sistemele VAV cu recirculare, C_{cont} depinde de acțiunea asupra clapetei de reglare pe aerul exterior în timp ce puterea absorbită de ventilator, $P_{abs,vent}$ (W) depinde de raportul dintre debitul mediu și debitul maxim refulat. În orice situație, reglarea ventilatorului trebuie luată în calcul (document de referință Mc001-PII).

d) Consumul de energie electrică pentru transportul aerului

Se calculează pornind de la puterea absorbită de ventilator, $P_{abs,vent}$ (kW), și randamentul motorului electric de antrenare, η_{motor} :

$$P_{el,motor} = \frac{P_{abs,vent}}{\eta_{motor}} \quad (kW) \quad (III.2.36)$$

în care:

- $P_{abs,vent} = \frac{q_v \Delta p}{\eta_{vent}}$ este puterea absorbită de ventilator, q_v (m³/s) debitul volumic de aer transportat de ventilator (egal cu debitul instalației de climatizare), Δp (Pa) presiunea ventilatorului; η_{vent} randamentul ventilatorului, furnizat de producător.
- $P_{el,motor}$ (kW) este puterea electrică consumată de motorul de antrenare.

e) Consumul de energie electrică pentru transportul agentului termic primar de răcire/încălzire

Se consideră debitele de agent termic primar (apă caldă, apă răcită), necesare proceselor de tratare a aerului în CTA sau în aparatele locale de răcire/încălzire. Puterea electrică consumată de motorul pompei, $P_{el,motor}$ (kW), se va scrie:

$$P_{el,motor} = \frac{P_{abs,pompa}}{\eta_{motor}} \text{ [kW]} \quad (III.2.37)$$

în care:

$$P_{abs,pompa} = \frac{q_v \Delta p}{\eta_{pompa}} \text{ este puterea absorbită de pompă, } q_v \text{ (m}^3/\text{s) debitul volumic de apă}$$

transportat de pompă, Δp (Pa) înălțimea de pompare a pompei, iar η_{pompa} randamentul pompei, furnizat de producător.

III.2.3. Calculul consumurilor de energie pentru instalațiile de ventilare mecanică

Metoda se aplică la clădiri rezidențiale sau terțiare prevăzute cu instalații de ventilare mecanică. Metoda poate fi aplicată și clădirilor climatizate cu sisteme „numai aer” care au rol de ventilare și de încălzire/răcire, umidificare.

III.2.3.1 Conținut general și domeniu de aplicare

Metoda se bazează pe calculul puterilor necesare echipamentelor de tratare și de vehiculare a aerului din sisteme. Se vor lua în calcul acele puteri care corespund procesului de tratare în condiții de calcul (de bază) prevăzut în proiect pentru sistemul respectiv (cu sau fără amestec dintre aerul proaspăt și recirculat, cu sau fără încălzire, răcire, umidificare etc).

Pentru a obține energia necesară fiecărui echipament în procesul de tratare a aerului, se folosește un timp echivalent de funcționare la sarcina nominală a sistemelor (Anexa II.2.K din Mc001-PII).

Scopul final al calculului este să se determine energia totală consumată în sistem, care rezultă din însumarea energiei necesare echipamentelor cu energia consumată de echipamentele auxiliare (pompe, ventilatoare și servomotoare) și cu energia consumată de instalația de producere a frigului.

III.2.3.2. Calculul puterilor termice necesare tratării aerului

În acest paragraf, se vor detalia metodele de calcul pentru:

- recuperatoarele de căldură,
- bateriile de încălzire și răcire,
- camera de amestec,
- umidificatorul cu abur.

Procedura va calcula:

- temperaturile și umiditățile aerului introdus (refulat) în încăperi;
- puterile termice necesare pentru a realiza tratarea aerului, pe baza debitelor de aer cunoscute din proiect sau măsurate.

1) Recuperatoare de căldură sensibilă

mărimi de intrare :

- $\theta_{ev,1}$; $x_{ev,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului evacuat din încăperi, la intrarea în recuperator [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $g_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{ aer uscat.}}$];
- $\theta_{ref,1}$; $x_{ref,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului exterior la intrarea în recuperator, [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $g_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{ aer uscat.}}$];
- $q_{v,ref}$; $q_{v,ev}$ – debitele volumice, refulat și evacuat în/din încăperi, ce trec prin recuperator, [m^3/s];
- ε_{recup} – eficiența recuperatorului pentru debite refulat/evacuat aproximativ egale;
- $\Delta\theta_{recup}$ - creșterea de temperatura a aerului în recuperator.

relații de calcul:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\theta_{recupref} = \varepsilon_{recup}(\theta_{ev,1} - \theta_{ref,1}) \\ \theta_{ref,2} = \theta_{ref,1} + \Delta\theta_{recupref} \\ \Delta\theta_{recupev} = -\Delta\theta_{recupref} \\ \theta_{ev,2} = \theta_{ev,1} + \Delta\theta_{recupev} \\ x_{ref,2} = x_{ref,1} \\ x_{ev,2} = x_{ev,1} \end{array} \right. \quad (\text{III.2.38})$$

mărimi de ieșire :

- $\theta_{ev,2}$; $x_{ev,2}$ – temperatura și conținutul de umiditate al aerului evacuat la ieșirea din recuperator;
- $\theta_{ref,2}$; $x_{ref,2}$ – temperatura și conținutul de umiditate al aerului exterior la ieșirea din recuperator.

Observații: În metodologia Mc001-PII sunt date detalii referitoare la:

- a) recuperatoarele de căldură, în situația folosirii ventilării în regim de evoluție liberă "free-cooling",
- b) situația utilizării recuperatoarelor de caldură sensibilă și latentă (entalpice) când trebuie tratate distinct probleme legate de îngheț.

2) Camere de amestec

mărimi de intrare

- $\theta_{ref,1}$; $x_{ref,1}$ – temperatura si conținutul de umiditate al aerului exterior [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $g_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{ aer uscat.}}$];
- q_{rec} (echivalent ca notație cu $q_{ev,1}$) - debitul masic de aer recirculat [kg/s];
- q_{ext} (echivalent ca notație cu $q_{ref,1}$) - debitul masic de aer exterior (proaspat)
- $R_{rec} = \frac{q_{rec}}{q_{ext}}$ - raportul de recirculare în camera de amestec, (raport dintre debitul masic de aer recirculat q_{rec} si debitul masic de aer exterior q_{ext})

mărimi de ieșire:

- $\theta_{ref,2}$; $x_{ref,2}$ – temperatura și conținutul de umiditate al aerului exterior la ieșirea din camera de amestec [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$], calculate pe baza relațiilor de bilanț masic și de umiditate la nivelul camerei de amestec:

$$\begin{cases} \theta_{ref,2} = \theta_{ev,1} + (1 - R_{rec}) \theta_{ref,1} \\ x_{ref,2} = x_{ev,1} + (1 - R_{rec}) x_{ref,1} \end{cases} \quad (\text{III.2.39})$$

unde:

- $q_{ref,2} = q_{ext}(1 + R_{rec})$ – debitul masic la ieșirea din camera de amestec [kg/s];
- $q_{ev,2} = q_{ext}$ – debitul masic de aer evacuat în exterior, [kg/s].

3) Baterii de încălzire a aerului

Calculul se referă la bateriile de preîncălzire și de reîncălzire a aerului, din centrala de tratare a aerului (CTA). Se consideră că în urma încălzirii, aerul are o temperatură impusă θ_{inc} .

mărimi de intrare:

- θ_1 , x_1 – temperatura și conținutul de umiditate al aerului la intrarea în baterie de încălzire (aer exterior sau ieșit dintr-o cameră de amestec pe circuitul de refulare), [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$];
- q_{inc} – debitul masic de aer ce trece prin bateria de încălzire (aer exterior sau ieșit dintr-o cameră de amestec pe circuitul de refulare), în kg/s ;

Calculul puterii termice utile pentru încălzire :

$$\Phi_{util,inc} = q_{inc} (\theta_{inc} - \theta_1) \quad (\text{kW}) \quad (\text{III.2.40})$$

mărimi de ieșire:

- $\theta_2 = \theta_{inc}$ – temperatura aerului la ieșirea din bateria de încălzire, [$^{\circ}\text{C}$];
- $x_2 = x_1$ – conținutul de umiditate la ieșirea aerului din bateria de încălzire, egal cu cel de la intrarea în baterie (nu există schimb de energie latent), [$\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$];
- G_{apa} - debitul de agent primar (apă), pentru o diferență de temperatură între intrarea și ieșirea din baterie ($\theta_{apa,tur} - \theta_{apa,retur}$):

$$G_{apa} = \frac{\Phi_{util,inc}}{\eta_{BI} c_{p,apa} (\theta_{apa,tur} - \theta_{apa,retur})} \quad (\text{kg/s}) \quad (\text{III.2.41})$$

- puterea termică utilizată (necesară) pentru încălzire pe partea agentului termic primar se scrie:

$$\Phi_{nec,inc} = \frac{\Phi_{util,inc}}{\eta_{BI}} \quad (\text{kW}) \quad (\text{III.2.42})$$

în care η_{BI} - randamentul termic al bateriei de încălzire a aerului furnizat de producător.

4) Baterii de răcire a aerului

Calculul se referă la bateriile de răcire a aerului, din centrala de tratare a aerului (CTA). Se consideră că aerul exterior este răcit până la o temperatură θ_{rac} impusă.

mărimi de intrare:

- θ_1 , x_1 – temperatura si conținutul de umiditate al aerului la intrarea în baterie de răcire (aer exterior sau ieșit dintr-o cameră de amestec pe circuitul de refulare) [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$];
- $q_{v,rac}$ – debitul volumic de aer ce trece prin bateria de răcire, [m^3/s];
- θ_{BR} – temperatura medie a bateriei de răcire, [$^{\circ}\text{C}$].

relații de calcul:

- variația temperaturii aerului în procesul de răcire $\Delta\theta_{rac}$:

$$\Delta\theta_{rac} = \theta_1 - \theta_{rac} \quad (\text{III.2.43})$$

- θ_2 – temperatura aerului la ieșirea din bateria de răcire:

$$\theta_2 = \theta_1 - \Delta\theta_{rac} \quad (\text{III.2.44})$$

- eficiența procesului de răcire ε_{rac} :

$$\varepsilon_{rac} = \frac{\theta_{rac} - \theta_{BR}}{\theta_1 - \theta_{BR}} \quad (\text{III.2.45})$$

- conținutul de umiditate al aerului la suprafața exterioară a bateriei de răcire x_{BR} :

$$x_{BR} = \text{EXP}(18.8161 - 4110.34 / (\theta_{BR} + 235)) \quad (\text{III.2.46})$$

- variația conținutului de umiditate al aerului în urma răcirii Δx_{rac} :

$$\Delta x_{rac} = \min(0; (x_{BR} - x_1)(1 - \varepsilon_{rac})) \quad (\text{III.2.47})$$

- conținutul de umiditate al aerului la ieșirea din bateria de răcire x_2 :

$$x_2 = x_1 - \Delta x_{rac} \quad (\text{III.2.48})$$

- puterea utilă pentru a asigura procesul de răcire $\Phi_{util,rac}$ (kW) :

$$\Phi_{util,rac} = q_{v,rac} [0.83(x_2 - x_1) + 0.34(\theta_2 - \theta_1)] \quad (\text{III.2.49})$$

mărimi de ieșire:

- θ_2 , x_2 , $\Phi_{nec,rac}$
- G_{apa} - debitul de apă pentru agent primar apă răcită, cu diferența de temperatură între intrarea și ieșirea din baterie $(\theta_{apa,retur} - \theta_{apa,tur})$, :

$$G_{apa} = \frac{\Phi_{util,rac}}{\eta_{BR} c_{p,apa} (\theta_{apa,retur} - \theta_{apa,tur})} \quad (\text{kg/s}) \quad (\text{III.2.50})$$

- puterea termică utilizată (necesară) pentru răcire pe partea agentului termic primar se scrie:

$$\Phi_{nec,rac} = \frac{\Phi_{util,rac}}{\eta_{BR}} \quad (\text{kW}) \quad (\text{III.2.51})$$

în care η_{BR} - randamentul termic al bateriei de răcire a aerului furnizat de producător.

Dacă agentul primar este un agent frigorific, atunci debitul de agent frigorific, $G_{ag.frig.}$ se va scrie:

$$G_{ag.frig.} = \frac{\Phi_{util,rac}}{r_{ag.frig.}} \quad (\text{kg/s}), \quad (\text{III.2.52})$$

în care - $r_{ag.frig.}$ [kJ/kg] - căldura latentă de vaporizare a agentului frigorific.

5) Umidificarea izotermă a aerului

Mărimi de intrare:

- θ_1 , x_1 – temperatura și conținutul de umiditate al aerului la intrarea în camera de umidificare (aer exterior sau ieșit dintr-o cameră de amestec), [$^{\circ}\text{C}$, respectiv $\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$];
- $q_{v,\text{umidif}}$ – debitul volumic de aer în procesul de umidificare, [m^3/s];
- x_{umidif} – valoare setată a conținutului de umiditate al aerului după umidificare [$\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$].

Relații de calcul:

$\theta_2 = \theta_1 = \theta_{iz}$ (temperatura la ieșirea din umidificator este egală cu cea la intrare, în condițiile menționate) , [$^{\circ}\text{C}$];

$x_2 = x_{\text{umidif}}$ – conținutul de umiditate al aerului la ieșirea din umidificator, [$\text{g}_{\text{vapori}}/\text{kg}_{\text{aer uscat}}$];

$$\Phi_{\text{util,umidif}} = \rho_{\text{aer}} * q_{v,\text{umidif}} * (1,85 * \theta_{iz} + 2500) * (x_{\text{umidif}} - x_1) \quad (\text{kW}) \quad (\text{III.2.53})$$

este puterea termică utilă umidificării izoterme a debitului de aer volumic $q_{v,\text{umidif}}$ (m^3/s).

Mărimi de ieșire

θ_2 , x_2 , $\Phi_{\text{nec,umidif}}$

Puterea necesară umidificării izoterme a aerului va ține cont de randamentul sistemului de distribuție a aburului de la generatorul până la duzele de injecție, $\eta_{\text{Distrib,abur}} * \eta_{\text{Duze}}$, (fără a ține cont și de randamentul propriu al generatorului),

$$\Phi_{\text{nec,umidif}} = \frac{\Phi_{\text{util,umidif}}}{\eta_{\text{Distrib,abur}} * \eta_{\text{Duze}}} \quad (\text{kW}) \quad (\text{III.2.54})$$

Consumul de energie electrică pentru umidificarea izotermă, ținând cont de randamentul propriu de funcționare al generatorului de abur, $\eta_{\text{Gen,abur}}$:

$$P_{\text{el,Gen.abur}} = \frac{\Phi_{\text{nec,umidif}}}{\eta_{\text{Gen,abur}}} \quad (\text{kW}) \quad (\text{III.2.55})$$

III.2.3.3. Energia consumată de sistemele de ventilare

Energia totală consumată într-un sistem rezultă din însumarea energiei necesare echipamentelor cu energia consumată de echipamentele auxiliare (pompe, ventilatoare și servomotoare) și cu energia consumată de instalația de producere a frigului.

Energia necesară fiecărui echipament se determină folosind puterile calculate corespunzător procesului de tratare a aerului, înmulțite cu timpul echivalent de funcționare la sarcina nominală (cf. Anexa II.2.K din Mc001-PII).

Calculul energiei consumate în sistem se face după procedurile descrise la § III.2.2.3.

III.2.4. Calculul consumurilor de energie pentru instalațiile de climatizare considerând sarcina termică sensibilă și latentă.

III.2.4.1 Conținut și domeniu de aplicare

Prin calcul se determină:

- necesarul de energie pentru răcire și dezumidificare al unei încăperi, zone sau clădiri climatizate,
- consumurile de energie electrică ale aparatelor auxiliare,
- consumul de energie pentru umidificarea aerului,
- consumul de energie al instalației frigorifice,
- consumul total de energie al sistemului de climatizare.

Sunt luați în considerare factori specifici, corespunzători domeniului de aplicare și anume:

- consumurile de energie datorate sarcinilor de căldură latentă,
- sarcina de răcire datorată debitului de aer proaspăt,
- utilizarea în cadrul sistemelor de climatizare a recuperatoarelor de căldură (sensibilă sau sensibilă și latentă),
- inerția termică a elementelor de construcție,
- varietatea mare de tipuri de instalații de climatizare și a surselor de frig utilizate (sisteme centralizate „numai aer”, sisteme cu aparate terminale de tip „aer-apă”, chillere cu compresie mecanică, chillere cu absorbție, chillere reversibile – pompe de căldură, etc.).

Metoda de calcul se utilizează pentru încăperile climatizate care au sarcini semnificative de căldură latentă, datorate condensării vaporilor de apă din aerul interior. Climatizarea se poate realiza cu sau fără controlul umidității interioare, folosind unul din următoarele tipuri de sisteme de climatizare:

- sisteme de climatizare de tip „numai aer”,
- sisteme de climatizare de tip „aer-apă” cu aparate terminale – ventiloconvectoare.

Calculul se aplică la clădiri rezidențiale sau terțiare sau părți ale acestora.

Metoda poate fi dezvoltată și pentru estimarea consumurilor energetice în cazul altor tipuri de sisteme de climatizare.

III.2.4.2. Principalele date de intrare și ieșire ale metodei de calcul

Datele de intrare necesare în calcul sunt:

- caracteristicile elementelor de anvelopă pentru încăperea climatizată;
- scenariul de ocupare al încăperii climatizate;
- sursele interne de căldură și umiditate;
- climatul exterior;
- date privind sistemul de climatizare:
 - debitul de aer; debitul de aer proaspăt,
 - valorile prescrise pentru parametrii de confort (temperatura, umiditate),
 - temperatura și umiditatea aerului introdus în încăperea,

- coeficientul de performanță al instalației frigorifice,
- pierderea de sarcină din sistem,
- randamentul ventilatorului,
- modul de funcționare al ventilatorului (1 treaptă de turație, 2 trepte de turație, variație continuă a turației),
- eficacitatea recuperatorului de căldură (dacă există).

Datele de ieșire sunt:

- necesarul de energie lunar și anual pentru climatizarea clădirilor,
- consumul de energie electrică al instalației frigorifice,
- consumul total de energie al sistemului de climatizare.

III.2.4.3. Necesarul de energie pentru răcire și dezumidificare

Metoda de calcul pentru necesarul de energie pentru răcire și dezumidificare este de tip „grade-zile”.

Numărul de „grade-zile”, NGZ , pentru răcire se stabilește pentru fiecare lună cu relația:

$$NGZ = \frac{N \times (\theta_{aem} - \theta_b)}{1 - e^{-K \times (\theta_{aem} - \theta_b)}} \quad (III.2.56)$$

unde:

N – număr de zile (pentru luna de calcul considerată) [zile];

θ_{aem} – temperatura medie lunară a aerului exterior (pentru luna de calcul considerată) [°C];

θ_b – temperatura de bază calculată conform metodologiei de mai jos, în funcție de tipul sistemului de climatizare [°C];

K – constantă, valoare recomandată, $K = 0,71$.

Temperatura de bază, θ_b din relația (III.2.74), se calculează în funcție de tipul sistemului de climatizare după cum urmează:

a) sisteme de climatizare „numai aer”

Temperatura de bază utilizată depinde de:

- temperatura de confort a aerului interior (valoarea setată) din încăperea climatizată,
- sarcina sensibilă pentru răcirea aerului proaspăt
- încălzirea aerului în ventilatorul de introducere (termenul al doilea din ecuația de mai jos),
- degajările de căldură sensibilă de la surse interioare din încăperea climatizată și aporturile de căldură datorate radiației solare (termenul al treilea din ecuația de mai jos)
- aporturile de căldură prin transmisie pentru încăperea climatizată (termenul al patrulea din ecuația de mai jos)
- degajările de căldură latentă de la surse interioare din încăperea climatizată și sarcina de răcire latentă datorată aerului proaspăt (ultimul termen din ecuația de mai jos)

$$\theta_b = \theta_{ai} - \frac{\dot{V} \Delta P}{\dot{m} c_p \eta_v} - \frac{Q_{si}}{\dot{m} c_p} - \frac{U'}{\dot{m} c_p} (\theta_{aem} - \theta_{ai}) - 2400 \Delta x \quad (°C) \quad (III.2.57)$$

unde:

θ_{ai} – temperatura prescrisă a aerului interior din încăperea climatizată (°C);

$\dot{V}$ – debitul volumic de aer vehiculat în sistemul de climatizare (m³/s);

$\dot{m}$ – debitul masic de aer vehiculat în sistemul de climatizare (kg/s);

c_p – căldura specifică a aerului, egală cu aproximativ 1 kJ/kg K;

ΔP – presiunea ventilatorului (Pa);

η_v – randamentul ventilatorului;

Q_{si} – degăjări de căldură sensibilă de la surse interioare: ocupanți, iluminat, echipamente - și aporturi de căldură de la radiația solară – (kW); pe baza valorilor calculate se determină valoarea medie lunară (pentru luna de calcul considerată) (kW);

$U' = AU$ (kW/K), A – suprafața elementului de construcție prin care au loc aporturi de căldură prin transmisie (m^2); U – coeficient global de transfer termic al elementului de construcție prin care au loc aporturi de căldură prin transmisie ($kW/m^2\text{°C}$);

θ_{aem} – temperatura medie a aerului exterior pe perioada de ocupare a încăperii climatizate (pentru luna de calcul considerată) ($^{\circ}\text{C}$);

θ_{ai} – temperatura aerului interior a încăperii climatizate, ($^{\circ}\text{C}$);

$\Delta x = x_e - x_s$, diferența medie lunară de conținut de umiditate (pentru luna de calcul considerată), (kg/kg), x_e – conținutul de umiditate al aerului exterior (kg/kg) și x_s - conținutul de umiditate la ieșirea din bateria de răcire (kg/kg); diferența medie de conținut de umiditate se determină utilizând relația:

$$\overline{(x_e - x_s)} = \frac{\bar{x}_e - x_s}{1 - e^{-k(\bar{x}_e - x_s)}} \quad (\text{kg/kg}) \quad (\text{III.2.58})$$

cu $\bar{x}_e$ - conținutul de umiditate mediu lunar al aerului exterior (pentru luna de calcul considerată) (kg/kg) și k – parametru calculat pe baza expresiei:

$$k = \frac{2,5}{\sigma_x} \quad (\text{III.2.59})$$

σ_x – deviația standard pentru conținutul de umiditate lunar al aerului exterior; valoarea depinde de amplasarea geografică a clădirii climatizate.

Alte situații

1) Pentru luarea în considerare a inerției termice, expresia de calcul a temperaturii de bază se modifică astfel:

$$\theta_b = \theta_{ai} - \frac{\dot{V} \Delta P}{\dot{m} c_p \eta_v} - \frac{Q_{si}}{\dot{m} c_p} - \frac{U'}{\dot{m} c_p} (\theta_{aem} - \theta_{ai}) - 2400 \Delta x + \frac{Q_c}{\dot{m} c_p} \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (\text{III.2.60})$$

unde:

$$Q_c = \frac{C \Delta \theta_i}{24 \times 3600} \quad (\text{kW})$$

Q_c – rata medie zilnică de stocare termică a elementelor de construcție (kW);

$C = \rho c_{pm} V$ (kJ/ $^{\circ}\text{C}$), capacitatea termică a elementelor de construcție ale încăperii climatizate;

ρ - densitatea materialelor elementelor de construcție (kg/m^3);

c_{pm} – căldura specifică a materialelor elementelor de construcție (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$);

V – volumul elementelor de construcție (m^3);

$$\Delta \theta_i = e^{-\frac{t}{\tau}} (\theta_{ai} - \theta_{aen}) \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (\text{III.2.61})$$

$\Delta \theta_i$ – rata de răcire a elementelor de construcție (diferența de temperatură între temperatura elementelor de construcție și temperatura aerului interior) ($^{\circ}\text{C}$);

t – perioada de neocupare a încăperii climatizate (h);
 τ – constanta de timp a elementelor de construcție stabilită la § III.1.3.8, (h);
 θ_{aen} – temperatura medie a aerului exterior noaptea (pentru luna de calcul considerată), (°C).

2) în cazul în care există în cadrul sistemului de climatizare recuperatoare de căldură (numai sensibilă sau sensibilă și latentă) numărul de grade-zile se calculează cu relația:

$$NGZ = N \left(\frac{(\theta_{aem} - \theta_b)}{1 - e^{-k(\theta_{aem} - \theta_b)}} - \frac{\varepsilon(\theta_{aem} - \theta_{ai})}{1 - e^{-k(\theta_{aem} - \theta_{ai})}} \right) \quad (III.2.62)$$

unde:

ε - eficacitatea recuperatorului de căldură; în absența unei valori, se poate determina conform relației:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\dot{m}_{AP}}{\dot{m}_{AP} + \dot{m}_R} \quad (III.2.63)$$

unde:

$\dot{m}_{AP}$ – debitul de aer proaspăt (kg/s; m³/s);

$\dot{m}_R$ – debitul de aer recirculat (kg/s; m³/s).

** Notațiile din această ecuație sunt identice cu cele utilizate anterior, cu mențiunea că în expresia temperaturii de bază se modifică calculul diferenței medii de conținut de umiditate după cum urmează:*

$$(\overline{x_e - x_s}) = \frac{\overline{x_e} - x_s}{1 - e^{-k(\overline{x_e} - x_s)}} - \frac{\varepsilon(\overline{x_e} - x_r)}{1 - e^{-k(\overline{x_e} - x_r)}} \quad (\text{kg/kg}) \quad (III.2.64)$$

unde:

x_r – conținutul de umiditate din aerul recirculat (considerat egal cu conținutul de umiditate din încăperea climatizată) (kg/kg)

b) sisteme de climatizare de tip „aer-apă” cu aparate terminale – ventiloconvectoare

Există două situații de calcul, în funcție de configurația sistemului de climatizare:

- cazul în care ventiloconvectoarele din încăperi preiau sarcinile latente; în această situație metoda de calcul este similară metodologiei descrisă mai sus pentru determinarea temperaturii de bază, considerând toate ventiloconvectoarele prin intermediul unui ventiloconvector echivalent și utilizând sarcini medii la nivelul întregii clădiri

- cazul în care ventiloconvectoarele asigură doar partea sensibilă, bateria de răcire a centralei de tratare pentru aerul proaspăt asigurând sarcina latentă; în această situație expresia de calcul a temperaturii de bază pentru calculul numărului de grade-zile se scrie:

$$\theta_b = \left[\theta_s + \frac{\dot{m}_R}{\dot{m}} (\theta_{ae} - \theta_r) - \frac{\dot{m}_{AP}}{\dot{m}} 2400 \Delta x \right] \quad (^\circ\text{C}) \quad (III.2.65)$$

în care:

θ_s – temperatura aerului la ieșirea din bateria de răcire a ventiloconvectorului (°C);

θ_r – temperatura aerului din încăperea climatizată (°C).

Necesarul anual de energie pentru răcire și dezumidificare, Q_r se calculează în funcție de numărul de grade zile obținut pentru toată perioada de răcire, $NGZ_R = \sum NGZ$, folosind relația:

$$Q_r = 24 \cdot \dot{m} c_p NGZ_R \text{ [kWh]} \quad (\text{III.2.66})$$

unde:

$\dot{m}$ – debitul masic de aer vehiculat în sistemul de climatizare (kg/s);

c_p – căldura specifică a aerului (kJ/kg°C).

III.2.4.4. Consumurile de energie electrică ale aparatelor auxiliare, Q_{aux}

Calculul pentru echipamentele auxiliare (pompe, ventilatoare) se face identic cu cel descris în §III.2.2.3.

III.2.4.5. Consumul de energie pentru umidificarea aerului

Consumul energetic se determină în funcție de următorii parametri:

- valoarea minimă a umidității aerului din încăpere
- sursele de umiditate din încăpere
- umiditatea aerului exterior
- debitul de aer proaspăt al încăperii

În cadrul metodologiei de calcul se consideră valori medii zilnice pentru aceste mărimi.

Metoda de calcul ține seama și de eventuala prezență a unui recuperator de căldură latentă în cadrul sistemului de climatizare.

Umiditatea transferată aerului din instalația de climatizare prin intermediul echipamentelor specifice se calculează conform relației:

$$x_z = x_{i,\min} - \left(\frac{X_g}{m'_e} \right) \quad (g_{\text{vapori}}/m^3_{\text{aer}}) \quad (\text{III.2.67})$$

unde:

x_z – umiditatea adăugată aerului tratat de sistemul de climatizare, ($g_{\text{vapori}}/m^3_{\text{aer}}$);

$x_{i,\min}$ – valoarea minimă a umidității din aerul interior, ($g_{\text{vapori}}/m^3_{\text{aer}}$);

X_g – degajările medii de umiditate de la surse interne, $g_{\text{vapori}}/h \cdot m^2$ (valori recomandate conform Anexei II.2.I din Mc001-PII);

m'_e – debitul de aer proaspăt raportat la unitatea de suprafață, $m^3/h \cdot m^2$;

Cantitatea totală anuală de apă utilizată pentru umidificare se determină pe baza debitului de aer tratat și a diferenței zilnice între valoarea conținutului de umiditate al aerului refulat în încăpere și valoarea conținutului de umiditate al aerului exterior:

$$W = 24h \sum (m'_e (x_z - x_e)) = 24h \sum [(m'_e (x_{i,\min} - x_e)) - x_g] \quad (g_{\text{apa}}/\text{an}) \quad (\text{III.2.68})$$

Relația de mai sus este utilizată numai pentru momentele de timp pentru care este satisfăcută inegalitatea:

$$(x_z - x_e) = x_{i,\min} - x_e - \frac{x_g}{m'_e} > 0 \quad (\text{III.2.69})$$

Dacă sistemul de climatizare este prevăzut cu un recuperator de căldură latentă, umidificarea aerului exterior pe baza schimbului de masă din recuperator se determină astfel:

$$\Delta x = \eta_{\text{recuperator}} (x_{i,\min} - x_e) \quad (\text{III.2.70})$$

unde:

$\eta_{\text{recuperator}}$ – eficiența schimbului de căldură latent la nivelul recuperatorului

În acest caz, cantitatea de apă necesară pentru umidificare este:

$$W = 24h \sum \left[(m'_e (x_{i,\min} - x_e) (1 - \eta_{\text{recuperator}})) - x_g \right] \quad (\text{g}_{\text{apa}}/\text{an}) \quad (\text{III.2.71})$$

Calculul pe baza relației anterioare se efectuează pentru momentele de timp pentru care:

$$(x_{i,\min} - x_e) (1 - \eta_{\text{recuperator}}) - \frac{x_g}{m'_e} > 0 \quad (\text{III.2.72})$$

Energia consumată pentru umidificare se determină pe baza consumului de apă necesar pentru umidificare estimat cu relațiile de mai sus, în funcție de configurația sistemului de climatizare:

$$Q_h = C_h W \quad (\text{Wh/an}) \quad (\text{III.2.73})$$

unde:

C_h – coeficient de consum specific de energie electrică pentru umidificare, în funcție de tipul procesului de umidificare folosit (umidificare cu abur sau umidificare cu apă) (Wh/g). Valorile recomandate sunt date în Anexa II.2.J din Mc001-PII.

- consumul de energie al instalației frigorifice,
- consumul total de energie al sistemului de climatizare.

III.2.4.6. Consumului de energie al instalației frigorifice se determină pe baza necesarului de energie anual pentru răcire și dehumidificare (relația III.2.66) și a valorii medii a coeficientului de performanță al instalației frigorifice, COP. Astfel:

$$Q_{\text{enIF}} = \frac{Q_r}{\text{COP}} \quad (\text{kWh}) \quad (\text{III.2.74})$$

III.2.4.7. Consumul total de energie al sistemului de climatizare

Consumul total de energie, Q_t , din sistem se calculează prin însumarea consumurilor evaluate anterior:

- consumurile de energie electrică ale aparatelor auxiliare (pompe, ventilatoare),
- consumul de energie pentru umidificarea aerului,
- consumul de energie al instalației frigorifice.

$$Q_t = Q_{\text{aux}} + Q_h + Q_{\text{enIF}} \quad (\text{III.2.75})$$

III.2.5. Durata anuală a sezonului de răcire

Durata sezonului de încălzire și de răcire (număr de zile sau ore) se determină considerând momentul de început și de sfârșit al perioadei de încălzire/răcire atunci când necesarul de căldură

sau frig depășește 1 W/m^2 . Această durată va fi luată în considerare și pentru calculul energiei auxiliare consumată în sisteme.

Pentru metoda lunară de calcul, durata sezonului de răcire se determină prin numărarea zilelor pentru care energia necesară pentru răcire este mai mare ca zero.

O soluție simplă este de a reprezenta grafic variația temperaturii medii lunare (pe ordonată), pentru diferite luni ale perioadei calde și de tranziție (pe abscisă) – fig. III.2.3. 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 aer de ventilare Q_V), calculate pentru temperatura interioară de calcul pentru climatizare.

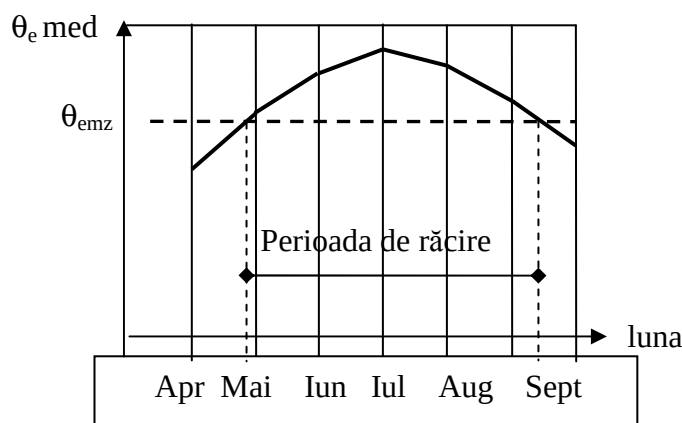


Fig III.2.3: Stabilirea grafică a perioadei anuale de răcire

Se calculează temperatura exterioară medie zilnică θ_{emz} care satisface relația:

$$\theta_{emz} = \theta_i - \frac{\eta_1 Q_{surse,z}}{H_T t_z} \quad (\text{III.2.76})$$

în care : θ_i – temperatura interioară de calcul pentru climatizare, $Q_{surse,z}$ – energia de la soare și surse interioare, calculată pentru o zi medie din luna respectivă (de început sau sfârșit de sezon de răcire), H_T – coeficientul total de pierderi/aporturi de căldură al încăperii, η_1 – factor de utilizare a pierderilor de căldură calculat pentru $\lambda = 1$ (v.relația III.2.24), t_z – durata unei zile (86400 secunde).

Coeficientul total rezultă din suma coeficienților de pierderi/aporturi prin transmisie a pereților exteriori și prin aerul de ventilare (v. relațiile III.2.5 și III.2.8). Energia provenită de la sursele interioare se va stabili, conform § III.2.2.1. Procedura de determinare a duratei sezonului de răcire, cu ajutorul figurii III.2.3, este următoarea:

Grafic, se intersectează curba temperaturii exterioare cu dreapta $\theta_{emz} = \text{const}$ și se determină perioada de răcire care corespunde unei temperaturi $\theta_e > \theta_{emz}$. Reprezentarea se face la scară, considerând că temperatura medie a fiecărei luni corespunde datei de 15 a lunii, pentru a citi pe abscisă numărul de zile din lunile în care se începe și se termină răcirea.

Durata sezonului de răcire poate fi redusă prin aplicarea unor tehnici care conduc la economii de energie pentru răcire (de exemplu, prin utilizarea ventilării nocturne); în aceste situații este necesară evaluarea perioadelor de funcționare a eventualelor sisteme auxiliare, păstrând pentru calculul consumului de energie, doar perioada de timp în care funcționează sistemul de răcire de bază.

III.3. INSTALAȚII DE APĂ CALDĂ DE CONSUM

Energia consumată de instalațiile de alimentare cu apă caldă de consum (furnizare, distribuție, stocare și generare) reprezintă consumul total de energie pentru furnizarea necesarului de apă (energia utilă netă) și acoperirea pierderilor din sistem.

Energia necesară acoperirii pierderilor cuprinde, pe de o parte, pierderile de căldură aferente sistemelor, cât și energiile auxiliare (electrice) necesare alimentării agregatelor de pompare și/sau servomecanismelor, $W_{ac,er}$ care se calculează separat (în cazul în care se apreciază că este necesară estimarea lor).

Pe perioada sezonului de încălzire sau în lunile în care necesarul de căldură pentru încălzirea spațiului este semnificativ ca valoare, o parte din pierderile de căldură aferente instalației de alimentare cu apă caldă de consum și o parte din energia auxiliară pentru fiecare din sistemele componente devin energii recuperabile, Q_{rhw} .

III.3.1. Consumul de energie pentru apa caldă de consum – formula generală

Pentru o perioadă determinată (an, lună, săptămână) consumul de energie pentru apa caldă Q_{acc} , se calculează cu relația următoare:

$$Q_{acc} = (Q_{ac} + Q_{ac,c} + Q_{ac,d} + Q_{ac,s} + Q_{ac,g}) \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.3.1})$$

în care:

Q_{ac} consumul de energie datorat furnizării/utilizării la consumator a apei calde [kWh];

$Q_{ac,c}$ pierderea de căldură datorată furnizării/utilizării la consumator a apei calde la temperatură diferită de temperatura nominală de calcul [kWh]

$Q_{ac,d}$ pierderea de căldură pe conductele de distribuție [kWh];

$Q_{ac,s}$ pierderea de căldură corespunzătoare sistemelor de acumulare a apei calde de consum [kWh];

$Q_{ac,g}$ pierderea de căldură aferentă echipamentului de preparare a apei calde de consum cât și pe circuitul de agent termic primar, atât pe perioada de funcționare a acestuia cât și pe perioada de nefuncționare [kWh].

Relația III.3.1 se adaptează în funcție de sistemul de preparare și furnizare a apei calde de consum. Spre exemplu:

- în cazul preparării locale a apei calde de consum cu centrale termice de apartament, valoarea $Q_{ac,d}$ poate fi nesemnificativă și poate fi neglijată;
- pentru evaluarea instalațiilor cu sisteme de recirculare, $Q_{ac,d}$ trebuie determinat distinct pe zone din instalație cu și fără recirculare;
- în cazul prezenței sistemelor locale de încălzire și preparare a apei calde de consum (centrale murale), este dificilă separarea cantităților de energie necesare producerii acc $Q_{ac,g}$ și stocării acc $Q_{ac,s}$, astfel că în final cei doi termeni $Q_{ac,s}$ și $Q_{ac,g}$ trebuie să fie exprimați cumulat.

Datele necesare stabilirii consumului anual de energie pentru instalațiile de alimentare cu apă caldă de consum se obțin în două moduri, după cum urmează:

- utilizând date înregistrate pe durata funcționării anuale a instalației, date care permit determinarea unor valori medii globale (cazul clădirilor existente pentru care există date privind consumurile facturate de apă caldă de consum);
- împărțind anul într-un număr de perioade de calcul (ex: luni, săptămâni), și determinând consumul total estimat prin calcul teoretic, însumând energiile corespunzătoare pentru fiecare perioadă (metodă utilizabilă pentru clădiri noi și pentru cele existente).

III.3.2. Procedura generala de calcul pentru apa caldă de consum; scheme generale

Procedura generală de calcul este sintetizată după cum urmează:

- 1) se stabilește numărul de persoane sau consumatori;
- 2) în cazul ocupării clădirii cu intermitență, se definesc pentru perioada de calcul, intervalele de timp care sunt caracterizate de programul de furnizare apă caldă (de exemplu zi, noapte, sfârșit de săptămână);
- 3) se calculează consumul de energie pentru cantitatea de apă caldă consumată, Q_{ac}
- 4) se calculează consumul de energie pentru cantitatea de apă caldă pierdută, Q_{acc}
- 5) se calculează necesarul de energie pentru apa caldă ținând cont de pierderi pe rețeaua de distribuție, la stocare sau producerea apei calde.

În cele ce urmează sunt prezentate schemele generale și relațiile de calcul pentru clădiri sau apartamente racordate la surse centralizate (paragraf III.3.3 - figura III.3.1.a), respectiv clădiri sau apartamente cu preparare locală a acc (paragraf III.3.4 – figura III.3.1.b).

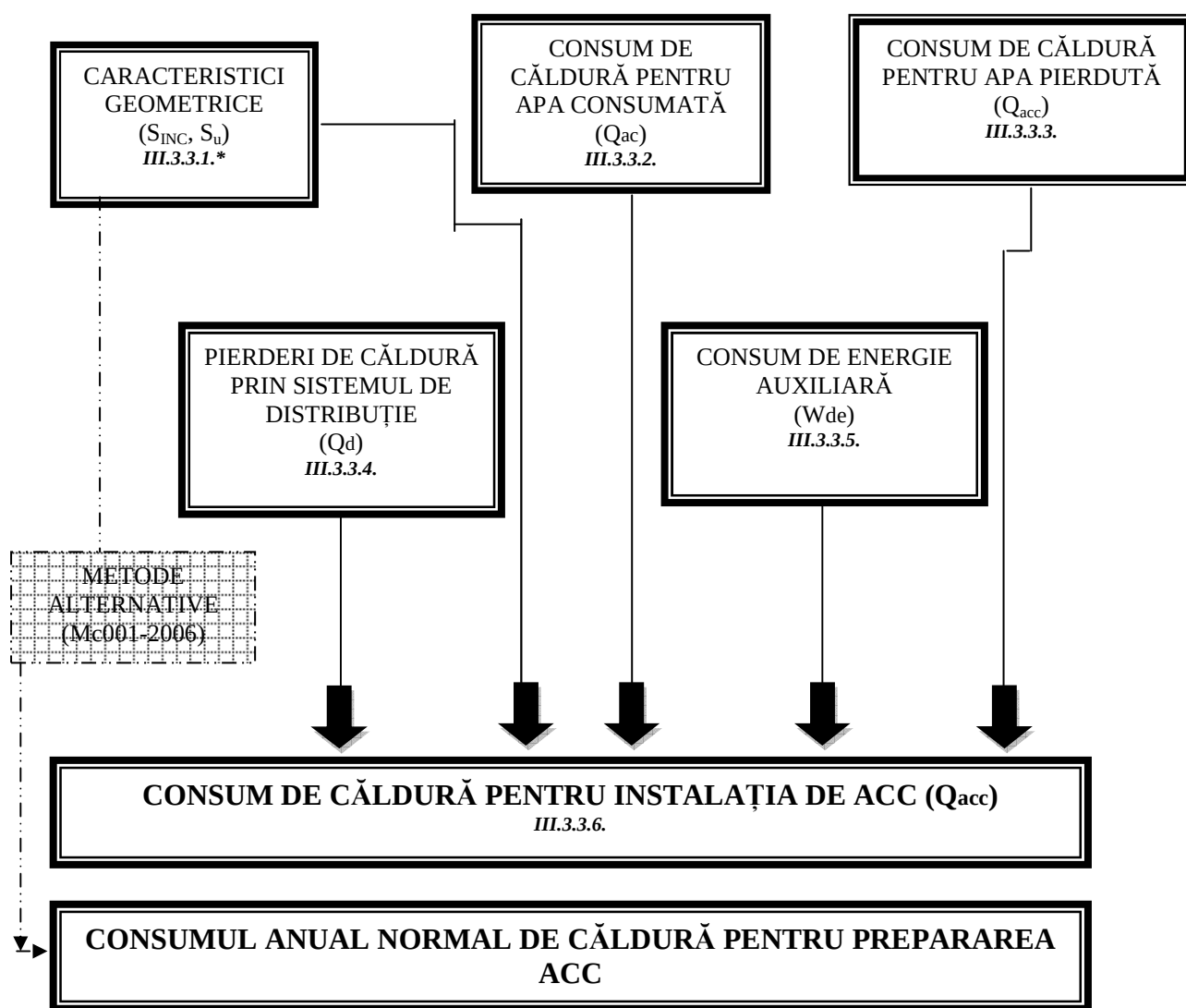


Figura III.3.1.a Schema de calcul a consumului de energie pentru apă caldă pentru clădiri/apartamente alimentate de la surse centralizate

(*indicațiile din casete se referă la paragrafe din lucrare)

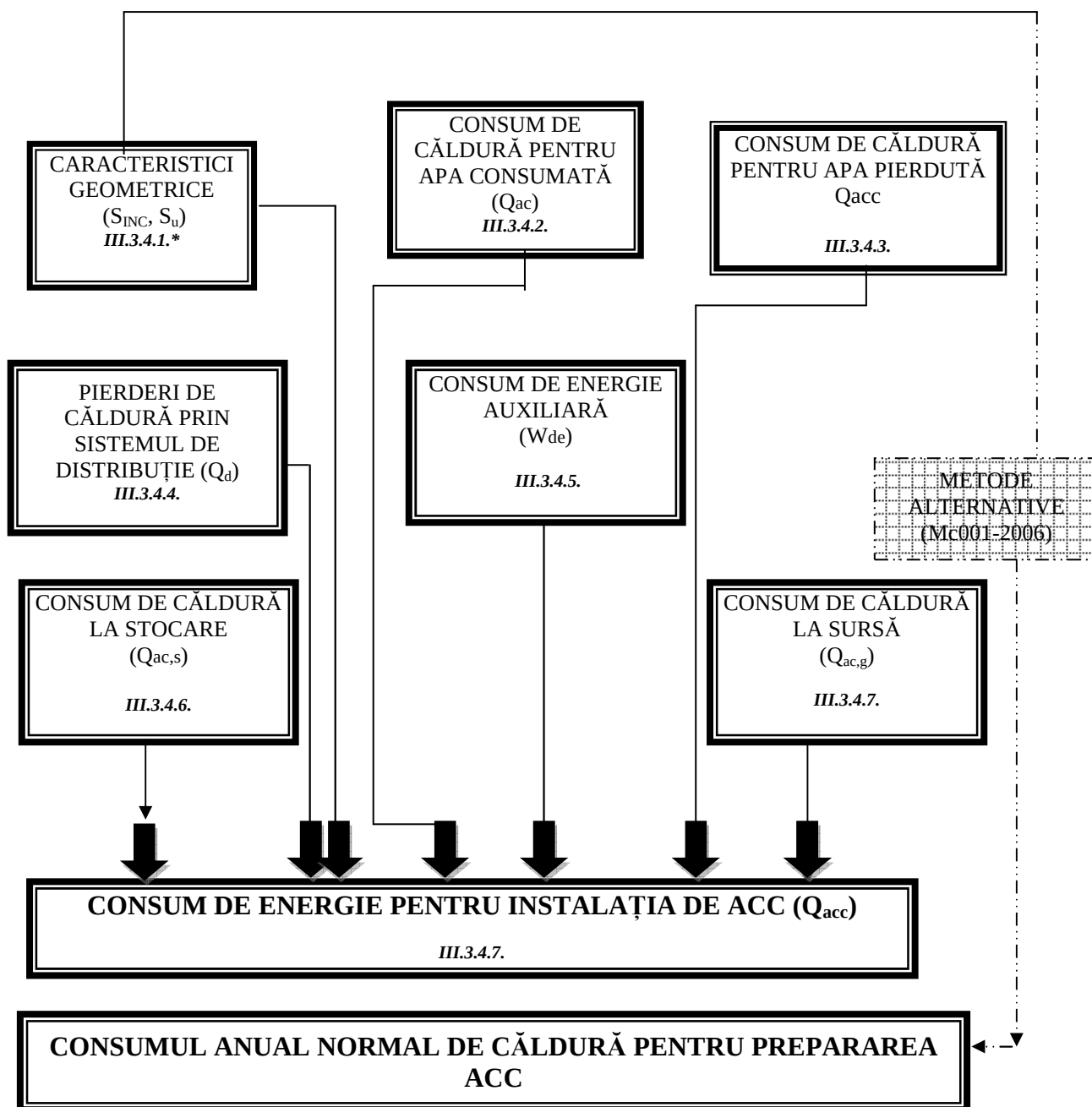


Figura III.3.1.b Schema de calcul a consumului de energie pentru apă caldă pentru clădiri/apartamente cu preparare locală

(*indicațiile din casete se referă la paragrafe din lucrare)

III.3.3. Procedura de calcul pentru clădiri alimentate de la surse urbane

III.3.3.1. Caracteristici geometrice

- *Aria încălzită* : suma ariilor tuturor spațiilor încălzite direct și indirect sau în contact cu spații încălzite (holuri, camere de depozitare, spații de circulație comună);
- *Aria utilă* S_u : suma ariilor tuturor camerelor de zi, dormitoare, holuri, bucătărie, baie etc. (nu se consideră suprafața balcoanelor și teraselor);
- *Suprafața locuibilă* S_{Loc} : suma ariilor spațiilor locuite (dormitoare, livinguri, holuri locuite)

III.3.3.2. Necesarul de energie pentru prepararea apei calde de consum (energia utilă netă, Q_{hw})

Necesarul de energie pentru prepararea apei calde de consum corespunde energiei necesare încălzirii apei calde cerută de consumator, la temperatura dorită.

Necesarul de apă caldă de consum se determină în funcție de numărul și de tipul consumatorilor, indiferent dacă în clădire/apartament există sau nu un sistem de contorizare al volumului de apă caldă de consum.

Formula generală de calcul al necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum, Q_{ac} , este dată de relația:

$$Q_{ac} = \sum_{i=1}^n \rho * c * V_{ac} * (\theta_{ac} - \theta_{ar}) \quad , \text{ [kWh]} \quad \text{(III.3.2)}$$

în care:

- ρ densitatea apei calde de consum [kg/m³] (tabel II.3.3 din Metodologia Mc001-PII.3);
- c căldura specifică a apei calde de consum [J/kg K] (tabel II.3.3 din Metodologia Mc001-PII.3);
- V_{ac} volumul necesar de apă caldă de consum pe perioada considerată [m³];
- θ_{ac} temperatura de preparare a apei calde, [$\theta_{ac}=60$ °C];
- θ_{ar} temperatura apei reci care intră în sistemul de preparare a apei calde de consum [°C];
- i 1, n reprezintă indice de calcul pentru categoriile de consumatori.

Relația de calcul (III.3.2) poate fi aplicată diferitelor perioade de timp reprezentative pentru consum. De exemplu, acolo unde volumul de apă V_{ac} reprezintă volumul anual de apă, atunci necesarul de căldură pentru prepararea apei calde are valoarea anuală.

Temperatura de preparare a apei calde de consum se diferențiază față de temperatura de utilizare a apei calde; pentru preparare, se adoptă temperaturi de 45-60 °C, iar pentru utilizare, temperaturile se încadrează în intervalul 35 și 60 °C, după cum urmează:

- pentru igienă corporală, 35–40°C;
- pentru spălat / degresat, 50-60°C.

Volumul de apă caldă de consum se determină cu următoarea relație de calcul:

$$V_{ac} = a N_u / 1000 \quad [m^3] \quad (III.3.3)$$

în care:

a necesarul specific de apă caldă de consum, la 60 °C [m^3], pentru unitatea de utilizare/folosință, pe perioada considerată;

N_u numărul unităților de utilizare / folosință a apei calde de consum (persoană)

Valorile pentru a și N_u depind de:

- tipul și destinația clădirii;
- tipul activității desfășurate în clădire;
- tipul activităților, pe zone ale clădirii, atunci când în clădire există mai multe activități care diferențiază volumele de apă caldă consumate în clădire;
- standardele sau clasa de activitate, ca de exemplu numărul de stele pentru hoteluri sau categoria restaurantelor.

Valorile lui a sunt prezentate în anexa II.3.A din Metodologia Mc001-PII.3.

Numărul de persoane N_u aferent clădirilor de locuit se determină ca valoare medie, în funcție de indicele mediu de ocupare a suprafeței locuibile a clădirilor, utilizând următoarea procedură de calcul:

- se determină suprafața locuibilă S_{LOC} [m^2];
- se apreciază indicele mediu de locuire, i_{Loc} , în funcție de tipul clădirii (individuală, înșiruită sau bloc) și de amplasarea acesteia (județ și mediu – urban sau rural), Mc001-PII, Anexa II.3.C;
- se determină numărul mediu normat de persoane aferent clădirii, utilizând următoarea relație de calcul;

$$N_u = S_{LOC} \times i_{Loc} \quad [\text{persoane}] \quad (III.3.4)$$

Pentru alte tipuri de clădiri valorile consumului de apă caldă sunt prezentate în anexa II.3.A din Metodologia Mc001-PII.3.

Numărul de persoane N_u aferent clădirilor terțiare se consideră ca valoare obținută de la administratorul clădirii.

Temperatura de preparare a apei calde menajere este cuprinsă în intervalul 45-60 °C, în funcție de poziția echipamentului de preparare în raport cu punctele de consum. În scopul definirii unor date comparabile de calcul, se va folosi ca temperatură nominală de preparare a apei calde de consum, temperatura de 60 °C.

Temperatura apei reci se poate considera convențional egală cu 10 °C.

Pentru a ține seama de diferitele zone geografice se pot lua în considerare variații locale în funcție de categoria sursei, conform datelor din tabelul II.3.4 din Metodologia Mc001-PII.3.

III.3.3.3. Necesarul de energie pentru pierderile de apă caldă de consum la punctele de consum ($Q_{ac,c}$)

Pentru clădiri noi volumul de apă caldă corespunzător pierderilor și risipei de apă caldă de consum pe perioada considerată se consideră zero.

$Q_{ac,c}$ reprezintă pierderea de căldură datorată furnizării/utilizării la consumator a apei calde la temperatură diferită de temperatura nominală de calcul și se determină cu relația:

$$Q_{ac,c} = \sum_{i=1}^n \rho * c * V_{ac,c} * (\theta_{ac,c} - \theta_{ar}) , [kWh] \quad (III.3.5)$$

în care:

$V_{ac,c}$ volumul corespunzător pierderilor și risipei de apă caldă de consum pe perioada considerată [m^3];

$\theta_{ac,c}$ temperatura de furnizare/utilizare a apei calde la punctul de consum [$^{\circ}C$].

Pentru clădiri existente la evaluarea termenului $V_{ac,c}$ se ține seama de următoarele aspecte:

- starea tehnică a echipamentelor de consum;
- prezența rețelei de recirculare a apei calde de consum.

Dacă există posibilitatea vizitării subsolului aflat în stare uscată, pierderile de apă se estimează după starea tehnică a armăturilor din imobilul vizat, după cum urmează:

- în cazul armăturilor într-o stare tehnică bună în proporție de 30%, atunci se estimează pierderi de maxim 5 l/om,zi x ($n_{ac}/24$), unde n_{ac} reprezintă numărul zilnic de ore de livrare a apei calde de consum (valoare medie anuală);
- în cazul armăturilor într-o stare tehnică precară (armături defecte) și în cazul în care se constată că subsolul blocului/scării expertizate este umed, atunci se consideră pierderi de maxim 30 l/om,zi x ($n_{ac}/24$).

Aceste valori corespund unor coeficienți de pierderi și risipă de apă de 10-25% din volumul de apă normat.

Dacă nu există posibilitatea vizitării subsolului acesta fiind inundat, pierderile de apă caldă de consum se pot estima și cu ajutorul unor coeficienți de calcul, astfel încât volumul real de apă caldă necesară consumului este determinat de valoarea teoretică a volumului de apă caldă amendată de coeficienți supraunitari, care majorează valoarea teoretică, în funcție de timpul de așteptare pentru furnizarea, la punctele de consum (datorită lipsei sistemelor de recirculare a apei calde și datorită stării tehnice a armăturilor):

$$V_{ac} + V_{ac,c} = V_{ac} \times f_1 \times f_2 \quad [m^3] \quad (III.3.6)$$

Se pot adopta următoarele valori pentru coeficienții f :

- $f_1 = 1, 30$ 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 instalații echipate cu baterii clasice
- $f_2 = 1, 05$ pentru instalații echipate cu baterii monocomandă

în care:

f_1 depinde de tipul instalației la care este racordat punctul de consum,

f_2 depinde de starea tehnică a armăturilor la care are loc consumul de apă caldă.

III.3.3.4. Pierderile de căldură prin sistemul de distribuție ($Q_{ac,d}$)

Se calculează cu relația:

$$Q_d = \sum_i U_i \cdot (\theta_m - \theta_{a,i}) \cdot L_i \cdot t_H \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.3.7})$$

cu U valoarea coeficientului de transfer de căldură în W/mK

θ_m temperatura medie a agentului termic în $^{\circ}\text{C}$

θ_a temperatura aerului exterior(ambianță) în $^{\circ}\text{C}$

L lungimea conductei

i indicele corespunzător conductelor cu aceleași condiții la limită

t_H numărul de ore în pasul de timp (h/pasul de timp)

Valoarea coeficientului U de transfer de căldură pentru conductele izolate, care ia în considerare atât transferul de căldură prin radiație cât și prin convecție este dat de relația:

$$U = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}\right)} \quad (\text{III.3.8})$$

în care:

d_i, d_a –diametrele conductei fără izolație, respectiv diametrul exterior al conductei (m)

α_a - coeficientul global de transfer termic la exteriorul conductei (W/m²K)

λ_D –coeficientul de conducție a izolației (W/mK)

Pentru conductele pozate subteran coeficientul de transfer U se calculează cu relația:

$$U_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\lambda_E} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{D} \right)} \quad (\text{III.3.9})$$

unde z – adâncimea de pozare

λ_E – coeficientul de conducție al solului (W/mK).

Pierderile de căldură ale unui sistem de conducte trebuie să ia în considerare nu numai pierderile aferente conductelor dar și pe cele ale elementelor conexe (robinete, armături, suporturi neizolate, etc.).

Luând în considerare lungimea conductelor din spațiile neîncălzite se pot calcula pierderile de căldură nerecuperabile.

În cazul în care conductele se află în spații încălzite, aceste pierderi se consideră recuperabile ($Q_{d,recuperat,acc}$)intrând în calcul la bilanțul necesarului de căldură.

Pierderile de căldură prin conductele de recirculare pot fi evaluate în funcție de diametrul conductelor și de materialul din care sunt realizate acestea, cu ajutorul datelor precalculate, oferite tabelar sau grafic. Pentru calcule orientative/informative, se poate aproxima o pierdere de căldură pe conductele de recirculare de 40 W/m.

Dacă sistemul de recirculare a apei calde de consum nu funcționează continuu, atunci se vor înregistra pierderi de căldură suplimentare de la traseele de distribuție și circulație către mediul exterior, în perioadele de nefuncționare a pompelor.

Pierderile de căldură corespunzătoare se pot aprecia cu următoarea relație de calcul:

$$Q_{ac,d, fara_c} = \sum c_{ac} \times V_{ac,d} \times \rho \times (\theta_{m,ac,d} - \theta_{amb}) \times N_n \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.3.10})$$

în care:

$V_{ac,d}$ volumul de apă caldă de consum conținut în conductele de distribuție și circulație [m^3];

N_n perioada de nefuncționare a instalației de recirculare a apei calde, în ore.

Aceste pierderi de căldură suplimentare, aferente perioadei de nefuncționare a sistemului de circulație se adaugă pierderilor de căldură totale pe distribuție.

Pentru apartamente, pierderile de căldură nerecuperabile de pe rețelele de distribuție a apei calde de consum se repartizează proporțional cu suprafața încălzită.

III.3.3.5. Consumul de energie auxiliară ($W_{ac,e}$)

Consumul de energie electrică al pompelor poate fi determinat cu relația:

$$W_{ac,e} = \sum n_0 \times P_{pompa} \quad (\text{III.3.11})$$

în care

$W_{ac,e}$ – energia electrică necesară acționării pompei (de la hidrofor, de circulație etc)

[kWh/an]

n_0 – numărul de ore de funcționare / an

[ore/an]

P_{pompa} – puterea pompei

[kW]

Pentru apartamente, consumul de energie auxiliară se repartizează proporțional cu suprafața încălzită.

III.3.3.6. Consumul total de energie pentru instalația de preparare apă caldă de consum (Q_{acc})

Consumul total de energie pentru apa caldă se obține din însumarea termenilor prezentați în paragrafele anterioare, respectiv:

$$Q_{acc} = (Q_{ac} + Q_{ac,c} + Q_{ac,d}) + W_{ac,e} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{III.3.12})$$

III.3.4. Procedura de calcul pentru clădiri alimentate de la surse proprii

III.3.4.1. Caracteristici geometrice

A se vedea paragraf III.3.3.1.

III.3.4.2. Necesarul de energie pentru prepararea apei calde de consum (energia utilă netă, Q_{ac})

A se vedea paragraf III.3.3.2.

III.3.4.3. Necesarul de energie pentru pierderile de apă caldă de consum ($Q_{ac,c}$)

A se vedea paragraf III.3.3.3.

III.3.4.4. Pierderile de căldură prin sistemul de distribuție ($Q_{ac,d}$)

A se vedea paragraf III.3.3.4.

III.3.4.5. Consumul de energie auxiliară ($W_{ac,e}$)

A se vedea paragraf III.3.3.5.

III.3.4.6. Consumul de energie pentru stocare ($Q_{ac,s}$)

Pierderile de căldură ale unui recipient de preparare și acumulare a apei calde de consum sunt reprezentate în principal de pierderile de căldură prin mantaua recipientului. Aceste pierderi pot fi cuantificate pe perioada unui an.

Cantitatea anuală de căldură disipată prin mantaua boilerului amplasat în subsolul unei clădiri existente (într-un spațiu rece) se determină cu relația:

$$Q_{ac,s} = \sum_1^k \frac{0,001 \times S_{Lat}}{0,10 + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} n_{hk} \times (\theta_{acb} - \theta_{amb}), \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{III.3.13})$$

în care:

S_{Lat} - suprafața laterală a acumulatorului $[\text{m}^2]$

δ_m - grosimea peretelui acumulatorului (metal) $[\text{m}]$

λ_m - conductivitatea termică a peretelui $[\text{W/mK}]$

δ_{iz} - grosimea medie a izolației $[\text{m}]$

λ_{iz} - conductivitatea termică a izolației, în funcție de starea acesteia $[\text{W/mK}]$

n_{hk} - numărul mediu de ore de livrare a apei corespunzătoare pentru fiecare lună k din sezonul de încălzire $[\text{h/lună}]$

θ_{acb} - temperatura medie a apei în acumulatorul de apă caldă de consum, determinată cu relația:

$$\theta_{acb} = 0,70 \times \theta_{ac0}, \quad (\text{III.3.14})$$

unde θ_{ac0} reprezintă temperatura de preparare a apei calde de consum, în secțiunea de ieșire din echipamentul de stocare; se consideră $\theta_{ac0} = 55 - 60^\circ \text{C}$.

Pentru apartamente, pierderile de căldură aferente stocării apei calde de consum se repartizează proporțional cu suprafața încălzită.

III.3.4.7. Pierderile de căldură aferente generatoarelor de preparare a apei calde de consum ($Q_{ac,g}$)

Necesarul de apă caldă de consum este asigurat cu ajutorul unei surse de căldură, prin intermediul unui echipament generator de căldură. Acesta poate fi un cazan alimentat de un combustibil (solid, lichid, gazos), un echipament folosind energia electrică sau, ca variantă suplimentară, utilizând energia provenind de la o sursă neconvențională de energie (energie solară, de exemplu).

În cazul clădirilor cu mai multe instalații de preparare a apei calde de consum, performanța energetică corespunzătoare se calculează ținând seama de toate tipurile de instalații de preparare a apei calde existente în clădire (exemplu: cazul clădirilor de locuit cu apartamente cu preparare individuală de apă caldă; clădiri cu mai multe funcțiuni: de ex. apartamente + magazine la parter, magazine + birouri etc).

Dacă apa caldă de consum este preparată de mai multe echipamente, racordate fiecare la un alt tip de energie, atunci trebuie evaluată ponderea, în preparare, a fiecărui sistem. Contribuția fiecărui sistem pleacă de la premiza că apa caldă de consum poate fi furnizată de maxim trei tipuri de echipamente interconectate între ele; de exemplu, preîncălzirea apei calde de consum poate fi realizată cu ajutorul energiei solare, cea de a doua treaptă de preparare este asigurată de un alt tip de echipament și în final, un al treilea echipament de preparare a apei calde în perioada vârfurilor de consum. Suma acestor ponderi nu trebuie să depășească valoarea 1.

Dacă într-o instalație se utilizează mai multe echipamente pentru generarea cantității de căldură aferente necesarului pentru apa caldă de consum, se calculează contribuția proporțională a fiecărui echipament, $\alpha_{Tac,g}$; în final, energia termică necesară totală se calculează cu formula:

$$Q_g = \sum_1^i \alpha_{Tac,g,i} * Q_i \quad (III.3.15)$$

Pentru situațiile în care apa caldă de consum este direct preparată de cazane, se utilizează relațiile de calcul prezentate la paragraful III.1.4.16 al Breviarului de calcul.

Pentru apartamente, pierderile de căldură aferente generării apei calde de consum se repartizează proporțional cu suprafața încălzită.

III.3.4.8. Consumul total de energie pentru instalația de preparare a apei calde de consum (Q_{acc})

Consumul total de energie al instalației de apă caldă de consum se obține din însumarea termenilor prezentați în paragrafele anterioare, respectiv:

$$Q_{acc} = (Q_{ac} + Q_{ac,c} + Q_{ac,d} + Q_{ac,s} + Q_{ac,g}) + W_{ac,e} \quad [kWh] \quad (III.3.16)$$

III.4. INSTALAȚII DE ILUMINAT

Pentru clădirile de locuit, se va opta pentru stabilirea unui consum mediu de energie electrică, în funcție de tipul apartamentului, conform tabel 4 din anexa II.4.A1 din Metodologia Mc001-P.4.

Metoda de determinare a consumului de energie electrică pentru clădiri terțiare presupune calcule estimative și constă în aplicarea următoarelor relații de calcul:

$$W_{ilum} = 6A + \frac{t_u \sum P_n}{1000} \quad [kWh / an] \quad (III.4.1.)$$

unde:

$$t_u = (t_D \cdot F_D \cdot F_O) + (t_N \cdot F_O) \quad (III.4.2.)$$

iar

P_n - puterea instalată

t_D - timpul de utilizare a iluminatului artificial pe timp de zi în funcție de tipul clădirii (anexa II.4.A1 din Metodologia Mc001-P.4)

t_N - timpul de utilizare a iluminatului artificial pe timp de seară/noapte (când nu este utilizată lumina naturală) (anexa II.4.A1 din Metodologia Mc001-P.4)

F_D - factorul de dependență de lumina de zi (anexa II.4.A1 din Metodologia Mc001-P.4) care depinde de sistemul de control al iluminatului din clădire și de tipul de clădire.

F_O - factorul de dependență de durata de utilizare (anexa II.4.A1 din Metodologia Mc001-P.4)

A - aria totală a pardoselii folosite din clădire [m^2].

Numărul 6 din relația de calcul reprezintă $1kWh/m^2/an$ (consumul de energie estimat pentru încărcarea bateriilor corpurilor de iluminat de siguranță) la care se adaugă $5kWh/m^2/an$ (consumul de energie electrică pentru sistemul de control al iluminatului). Acest termen nu se aplică pentru clădirile de locuit și pentru clădiri unde nu există un control al iluminatului.

În cazul în care nu se cunoaște puterea instalată se pot folosi valorile din anexa II.4.B1 din Metodologia Mc001-P.4.

III.5. CALCULUL ENERGIEI PRIMARE

Pentru o perioadă determinată de timp (an, lună, săptămână), energia consumată de o clădire/apartament prin utilizarea unei anumite energii de tip $Q_{f,i}$, este dată de relația următoare:

$$Q_{f,i} = Q_{fhi} + Q_{fvi} + Q_{fci} + Q_{fwi} + Q_{fLi} \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{III.5.1})$$

unde termenii reprezintă energia consumată pentru încălzire Q_{fhi} , ventilare Q_{fvi} , răcire Q_{fci} , preparare apă caldă de consum Q_{fwi} și iluminat Q_{fLi} , calculată conform prezentei metodologii.

Energia primară se calculează, pe același interval de timp, pornind de la valoarea energiei consumată, astfel:

$$E_p = \sum (Q_{f,i} f_{p,i} + \sum W_h f_{p,i}) - \sum (Q_{ex,i} f_{pex,i}) \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{III.5.2})$$

în care:

$Q_{f,i}$ consumul de energie utilizând energia i , (kWh/an);

W_h consumul auxiliar de energie pentru asigurarea utilităților, (kWh/an);

$f_{p,i}$ factorul de conversie în energie primară, având valori tabelate pentru fiecare tip de energie utilizată (termică, electrică, etc), conform tabel I.1.12 din Metodologia Mc001-PI.1;

$Q_{ex,i}$ pierderile de energie la nivelul sursei aferente energiei termice exportate, (kWh/an);

$f_{pex,i}$ factorul de conversie în energie primară, care poate avea valori identice cu $f_{p,i}$.

Consumul de energie primară poate fi mai mic sau mai mare decât consumul final de energie după cum sunt sau nu utilizate surse regenerabile de energie.

III.6. CALCULUL EMISIILOR DE CO₂

Emisia de CO₂ se calculează similar cu energia primară utilizând un factor de transformare corespunzător:

$$E_{CO_2} = \sum (Q_{f,i} \times f_{CO_2,i} + \sum W_h \times f_{CO_2,i}) - \sum (Q_{ex,i} \times f_{CO_2ex,i}) \quad [\text{kg/an}] \quad (\text{III.6.1})$$

unde f_{CO_2} , reprezintă factorul de emisie stabilit conform tabelelor I.1.13 și I.1.14 din Metodologia Mc001-PI.1.

IV. SCHEME GENERALE DE APLICARE A METODOLOGIEI Mc001 ÎN VEDEREA ELABORĂRII CERTIFICATULUI DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ PENTRU CLĂDIRILE NOI ȘI EXISTENTE; AUDITAREA ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR EXISTENTE

În acest capitol se descriu succint, pe baza unor scheme întocmite în conformitate cu partea a III-a a Metodologiei Mc001, etapele care urmează după efectuarea analizei energetice a clădirii/apartamentului și instalațiilor aferente.

IV.1. CERTIFICATUL ENERGETIC AL CLĂDIRILOR/APARTAMENTELOR

Elaborarea certificatului de performanță energetică al unei clădiri/apartament presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. Determinarea consumurilor anuale specifice ale clădirii/apartamentului certificate reale,

pentru fiecare tip de instalație în parte ($q_{inc}^{(C)}$, $q_{acc}^{(C)}$, $q_{clim}^{(C)}$, $q_{vm}^{(C)}$ și $q_{il}^{(C)}$), unde $q_j^{(C)} = \frac{Q_j^{(C)}}{S_{inc}}$

[kWh/m²,an] (j=înc, acc, clim, vm sau il)

2. Definirea clădirii de referință asociată clădirii reale și evaluarea performanței energetice a

acesteia ($q_{inc}^{(R)}$, $q_{acc}^{(R)}$, $q_{clim}^{(R)}$, $q_{vm}^{(R)}$ și $q_{il}^{(R)}$), unde $q_j^{(R)} = \frac{Q_j^{(R)}}{S_{inc}}$ [kWh/m²,an]

3. În cazul apartamentelor nu se definește clădirea de referință;
4. Încadrarea în clasele de performanță și de mediu folosind referențialele energetice adecvate categoriei de clădire (locuință individuală, bloc de apartamente, clădire de birouri, spital, centru comercial, hotel, clădire de învățământ etc.);
5. Notarea energetică a clădirilor reală și de referință folosind formula III.4.1 din Mc001, adică

$$N = \begin{cases} \exp(-B_1 \cdot q_T \cdot p_o + B_2), & \text{pentru } (q_T \cdot p_o) > q_{Tm} \text{ kWh/m}^2\text{an}; \\ 100, & \text{pentru } (q_T \cdot p_o) \leq q_{Tm} \text{ kWh/m}^2\text{an}; \end{cases}$$

6. Completarea certificatului de performanță energetică al clădirii (CPE);
7. Completarea anexelor la certificatul de performanță energetică al clădirii (anexa la CPE ș.a.).

Aceste etape sunt descrise de către schema de certificare energetică din figura IV.1. Notele de calcul privind consumurile anuale și specifice de energie împreună cu calculul notelor energetice pentru clădirea reală și cea de referință se înscriu în Raportul de Analiză și Certificare Energetică a clădirii.

Notă: La momentul finalizării Breviarului de calcul nu existau referențiale energetice (grile de eficiență) decât pentru clădiri rezidențiale (bloc de locuințe sau case individuale) . Până la apariția celorlalte tipuri de grile energetice pentru toate categoriile de clădiri aflate sub incidența legii 372/2005, se vor utiliza referențialele energetice existente.

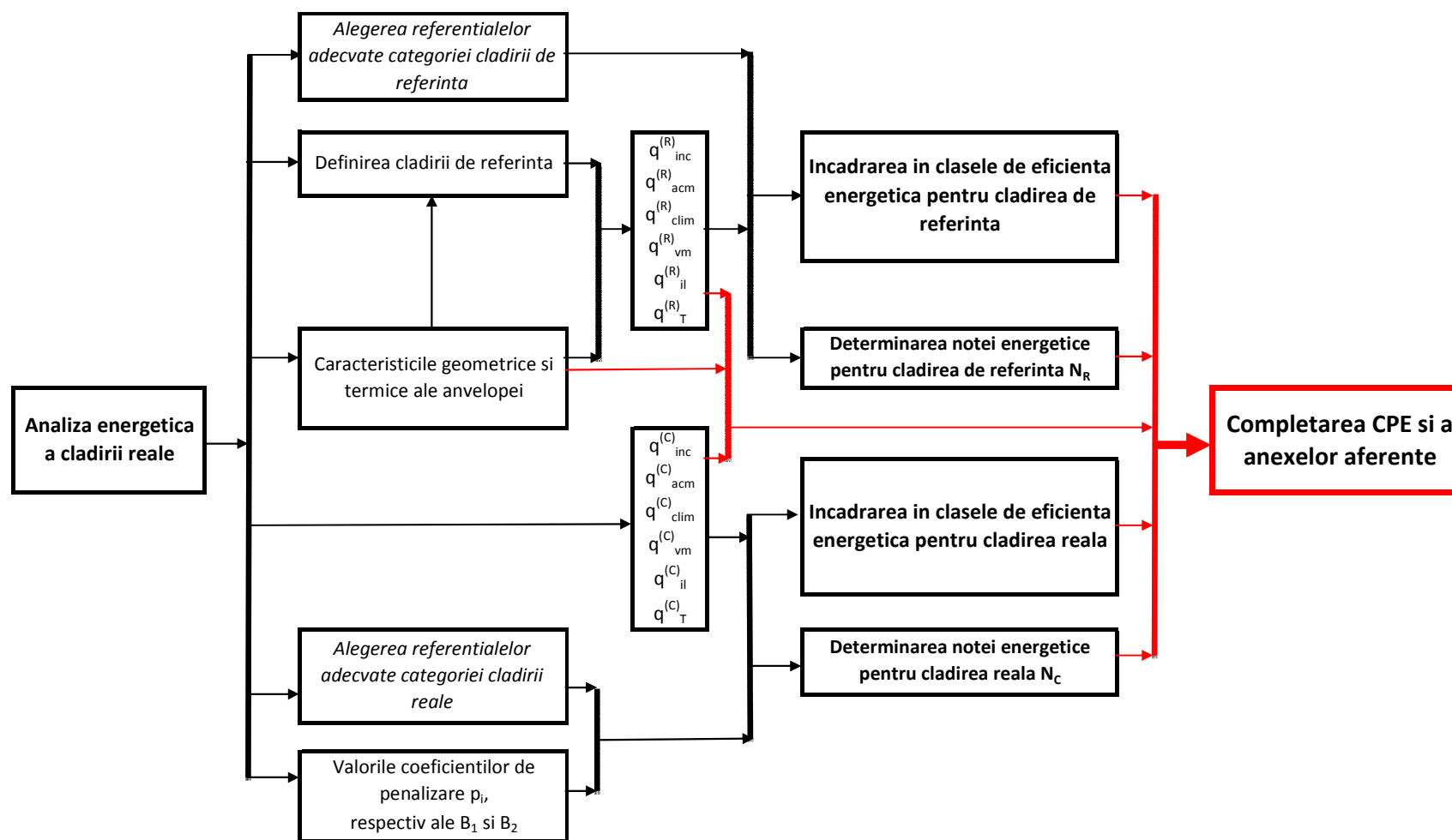


Figura IV.1 Schema de întocmire a certificatului de performanță energetică

IV.2. AUDITUL ENERGETIC AL CLĂDIRILOR EXISTENTE ȘI ANALIZA ECONOMICĂ A SOLUȚIILOR PROPUSE

În cadrul etapei de audit energetic propriu-zis se urmărește identificarea soluțiilor și pachetelor de soluții cele mai potrivite din punct de vedere tehnic și economic pentru reabilitarea și modernizarea energetică a clădirii și instalațiilor aferente acesteia. Soluțiile de reabilitare care vor fi propuse de către auditorii energetici au la bază caracteristicile termotehnice și energetice ale construcției și instalațiilor aferente, obținute prin analiza energetică realizată în conformitate cu părțile I și II ale Metodologiei Mc001.

Audit energetic pentru stabilirea soluțiilor de reabilitare ale unui obiectiv se face prin parcurgerea următoarelor etape, descrise în detaliu în partea a III-a (capitolul III.2) a Metodologiei Mc001:

1. analiza energetică pentru determinarea nivelului de protecție termică a clădirii și a eficienței energetice a instalațiilor și pentru depistarea stării actuale a acestora, comparativ cu soluția de proiect;
2. enunțarea concluziilor asupra evaluării energetice prin sintetizarea informațiilor obținute, interpretarea acestora și indicarea deficiențelor privind pe de o parte protecția termică a construcției iar pe de altă parte gradul de utilizare a energiei la nivelul instalațiilor analizate;
3. enunțarea soluțiilor și pachetelor de soluții tehnice pentru creșterea performanței energetice a construcției și instalațiilor aferente, inclusiv analiza tehnică prin determinarea influențelor intervențiilor asupra performanței energetice a clădirii prin recalcularea (conform părților I și a II-a ale Metodologiei Mc001) noilor consumuri energetice anuale specifice și globale pentru fiecare tip de instalație în parte;
4. analiza economică a soluțiilor și pachetelor tehnice de reabilitare energetică prin calcularea indicatorilor de eficiență economică;
5. elaborarea raportului de audit energetic, inclusiv ierarhizarea soluțiilor/pachetelor de soluții de reabilitare din punct de vedere tehnic și economic precum și recomandările expertului auditor.

Schema generală asociată etapei de audit energetic propriu-zis este prezentată în figura IV.2. Definițiile mărimilor care intervin în schemă sunt cuprinse în capitolul III.2.1 iar semnificația notațiilor este dată în tabelele I.1 și I.2 ale aceluiași capitol din Metodologia Mc001-PIII.

Analiza economică a măsurilor de reabilitare/modernizare energetică a unei clădiri existente se realizează prin evaluarea următorilor indicatorilor economici ai investiției:

- valoarea netă actualizată aferentă investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de reabilitare/modernizare energetică și economiei de energie rezultată prin aplicarea proiectului menționat, ΔVNA_m [Euro];
- durata de recuperare a investiției suplimentare pentru aplicarea unui proiect de reabilitare/modernizare energetică, N_R [ani], reprezentând timpul scurs din momentul realizării investiției în modernizarea energetică a unei clădiri și momentul în care valoarea acesteia este egalată de valoarea economiilor realizate prin implementarea măsurilor de modernizare energetică, adusă la momentul inițial al investiției;

- costul unității de energie economisită, e [Euro/kWh], reprezentând raportul dintre valoarea investiției suplimentare pentru aplicarea măsurii/pachetului de măsuri de reabilitare energetică și economiile de energie realizate prin implementarea acestuia pe durata de recuperare a investiției;
- rata lunară de rambursare a creditului, r_c [Euro/lună], indicator utilizat în situația creditării într-o proporție $1-a_c$ a investiției în reabilitarea energetică (a_c fiind avansul procentual din suma totală $C_{(m)}$ necesară pentru realizarea reabilitării energetice).

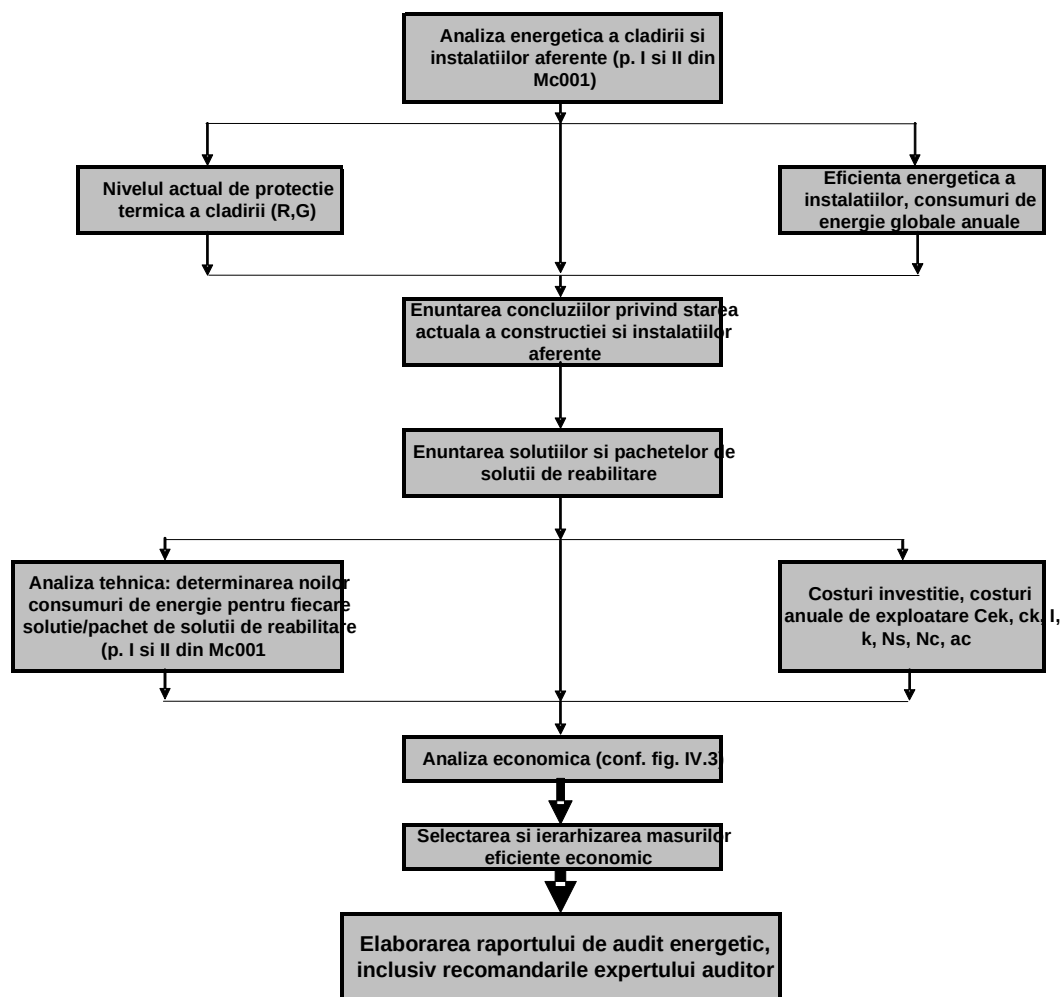


Figura IV.2 Schema generală de audit energetic

În funcție de valorile indicatorilor economici menționați mai sus, auditorul energetic va selecta acele măsuri de reabilitare caracterizate prin:

- valoare netă actualizată, $\Delta VNA_{(m)}$, cu valori negative pentru durata de viață estimată pentru măsura/pachetul de măsuri de modernizare energetică analizate;
- durată de recuperare a investiției, N_R , cât mai mică și nu mai mare decât o perioadă de referință, impusă din considerente economico-financiare de către creditor/investitor sau tehnice (durată de viață estimată N_S a soluției de modernizare energetică);
- costul unității de energie economisită, e , cât mai mic și nu mai mare decât proiecția la momentul investiției a costului actualizat al unității de energie c_k [Euro/kWh];

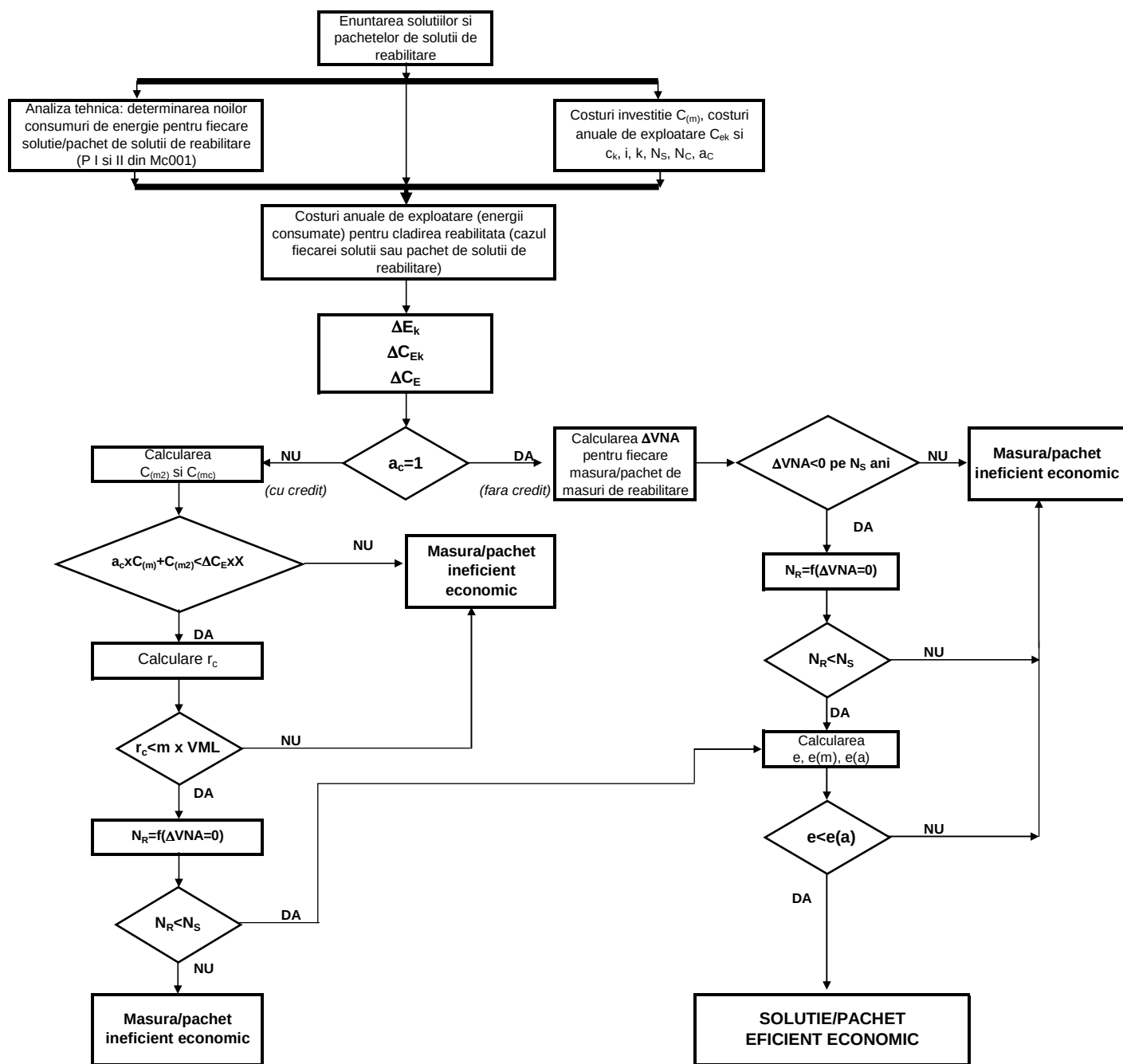
- rată lunară r_c de rambursare a creditului necesar pentru punerea în operă a măsurii/pachetului de măsuri de reabilitare analizate, mai mică decât cca. 33% din veniturile medii lunare (VML) ale beneficiarului creditat.

În figura IV.3 este detaliată procedura de determinare a indicatorilor economici și de selectare a măsurilor și pachetelor de măsuri de reabilitare eficiente din punct de vedere economic. Schema logică se va aplica pentru fiecare măsură sau pachet de măsuri de reabilitare în parte.

Notă: Coeficientul m subunitar reprezintă gradul admisibil de îndatorare a beneficiarului sau frontiera de admisibilitate a pachetului de măsuri de modernizare energetică; depinde de capacitatea de rambursare în termenul stabilit a creditului bancar angajat de beneficiarul lucrărilor de reabilitare.

Ierarhizarea din punct de vedere tehnic a măsurilor/pachetelor de măsuri de reabilitare energetică se va face în ordinea crescătoare a consumurilor anuale globale de energie, respectiv în ordine descrescătoare a duratei de viață estimată N_s). Cele mai bune soluții/pachete vor fi cele caracterizate de valori minime ale consumurilor, respectiv valori maxime ale duratei estimate de viață.

Din punct de vedere economic, cele mai bune soluții sau pachete de soluții analizate vor fi acelea pentru care $\Delta VNA_{(m)}$, N_{R_v} e și eventual r_c prezintă valorile cele mai mici.



PROCEDURA DETERMINARE INDICATORI ECONOMICI SI SELECTARE MASURI/PACHETE DE MASURI DE REABILITARE

Figura IV.3 Procedura de determinare a indicatorilor economici și de selectare a măsurilor/pachetelor de măsuri de reabilitare eficiente economic

V. CONCLUZII

Această reglementare stabilește o procedură simplificată de aplicare a Metodologiei de calcul Mc001, indiferent de tipul clădirii și instalațiilor aferente: clădiri existente sau noi, clădiri rezidențiale (clădiri de locuit individuale, apartamente, case unifamiliale, cuplate sau înșiruite, tip duplex, blocuri de locuit cu mai multe apartamente) sau nerezidențiale (birouri, creșe, grădinițe, cămine, internate, clădiri de învățământ, spitale, policlinici, hoteluri și restaurante, săli de sport, clădiri pentru servicii de comerț, clădiri industriale cu regim normal de exploatare ș.a.).

În BREVIARUL DE CALCUL se prezintă succint, sub forma unor scheme graduale, etapele de determinare simplificată a consumurilor energetice ale unui obiectiv ținând cont de pierderile de energie la nivelul consumatorilor, la nivelul distribuției, a echipamentelor de stocare (dacă există) și la nivelul echipamentelor de generare a energiei.

Schemele generale concepute pentru fiecare situație de calcul detaliată în Metodologia Mc001 pot fi utilizate atât la etapa de analiză energetică a clădirii și instalațiilor aferente, cât și pentru certificarea energetică, respectiv etapa de propuneri de măsuri de reabilitare pentru cazul clădirilor existente.

VI. EXEMPLU DE CALCUL
PRIVIND APLICAREA BREVIARULUI DE CALCUL PENTRU
STABILIREA PERFORMANTELOR ENERGETICE ALE
UNUI BLOC DE LOCUINȚE

1. Obiectul lucrării

Exemplul de calcul privind evaluarea termo-energetică pentru o clădire din București de tip bloc de locuințe, având S+P+3 niveluri, este efectuat pe baza datelor și observațiilor obținute în urma analizei in situ a clădirii și instalațiilor de încălzire, preparare a apei calde de consum și iluminat. Evaluarea s-a realizat de asemenea pe baza documentației tehnice.

Etapele de calcul urmează structura indicată în Breviarul de calcul.

Rezultatele obținute pe baza evaluării energetice a clădirii și instalațiilor de încălzire, preparare a apei calde de consum și iluminat aferente acestora servesc la **Certificarea energetică** a clădirii, precum și la întocmirea **Raportului de audit energetic** care cuprinde soluțiile tehnice de reabilitare/modernizare a elementelor de construcție și a instalațiilor aferente.

2. Analiza energetică a clădirii

2.1. Caracteristici geometrice și de alcătuire a clădirii

2.1.1. Descrierea arhitecturală a clădirii

Clădirea evaluată este de tip bloc de locuințe fiind situată în București și administrată de Asociația de Proprietari.

Construcția a fost executată în anul 1985 și a fost proiectată de Institutul de Proiectare, București.

Clădirea, de formă paralelipipedică, se compune din 2 tronsoane, fiecare având regim de înălțime S+P+3. Dimensiunile în plan ale clădirii sunt 34.90 m x 13.00 m cu o suprafață totală construită de 1814.88 m².

Blocul are 24 apartamente, câte 3 apartamente pe fiecare etaj, respectiv câte 12 apartamente pe fiecare scară.

Fiecare tronson de clădire are o scară interioară comună, cu o singură rampă și podest de nivel și nu este prevăzută cu ascensor.

Soluția arhitecturală existentă pentru o scară grupează următoarele funcțiuni pe nivel:

- subsol: subsol tehnic
- parter: apartamente și uscătorie
- etaj 1...3: apartamente de 2 și 3 camere

Înălțimile de nivel sunt:

- subsol: 2.65 m
- parter: 2.65 m
- etajele 1..3: 2.65 m

Clădirea este alcătuită din două tipuri de tronsoane, numite în proiect scara A și B, fiecare din ele regăsindu-se în poziția de tronson de capăt.

Accesul principal în clădire are loc pe fațada SE, fațada NE fiind prevăzută cu o cale de acces secundară.

Accesul în subsol se face printr-o rampă amplasată în casa scării. Subsolul este destinat boxelor și adăpostirii conductelor de distribuție a apei reci, apei calde de consum și a agentului termic pentru încălzire. Planșeul peste subsol este alcătuit dintr-o placă de beton neizolată, având un strat de sapa de egalizare și un finisaj interior de tip pardoseala caldă sau rece.

Terasa clădirii prezintă degradări și neetanșeități.

2.1.2. Descrierea alcătuirii elementelor de construcție și structurii de rezistență

Peretii exteriori care alcătuiesc anvelopa clădirii sunt alcătuiți astfel:

- tencuieli de cca. 2 cm grosime la interior;
- zidărie din blocuri de B.C.A. având grosimea de 35 cm;
- tencuieli de cca. 2 cm grosime la exterior;

Peretii interiori sunt din zidărie de blocuri din B.C.A., iar cei în contact direct cu casa scării sunt din beton armat.

Tâmplăria exterioară a apartamentelor din clădire este parțial cu rama din lemn de rășinoase, de tip cuplată, cu 2 foi de geam simplu, prezentând elemente de degradare și parțial din tâmplărie cu rama din PVC cu geamuri termoizolante duble montate de către locatari în ultimii ani.

Ușa de intrare în clădire și usa de serviciu sunt metalice, neetanșe, prezentând rosturi mari. Ușa de intrare în clădire nu este prevăzută cu sistem automat de închidere.

Structura de rezistență a blocului deasupra cotei 0,00 este alcătuită astfel:

- elemente verticale din beton armat monolit – stalpi de rezistență;
- elemente orizontale – planșee prefabricate din beton armat și grinzi realizate atât prefabricat cât și monolit; scările sunt prefabricate.

Infrastructura este realizată după cum urmează:

- pereți structurali din beton armat atât pe linia elementelor structurale ale suprastructurii cât și suplimentari față de acestea;
- planșeu peste subsol realizat din beton armat turnat monolit;
- fundații continue de tip talpă și cuzinet din beton armat.

2.1.3. Descrierea tipurilor de instalații interioare și alcătuirea acestora (încălzire, ventilare/climatizare, apă caldă menajeră, iluminat)

Încălzirea blocului analizat este asigurată prin alimentarea cu agent termic de la un punct termic învecinat. Conductele subtraversează carosabilul și o zonă verde până la PT, printr-un canal termic care se deschide în subsolul clădirii expertizate. Ca urmare a uzurii avansate a conductelor de

încălzire și apă caldă și a armăturilor cu care acestea sunt echipate, se constată pierderi mari de căldură și umiditate atât pe canalul termic cât și în subsolul blocului.

Corpurile de incalzire din apartamente sunt in marea lor majoritate cele inițiale din fonta.

Casa scării nu este încălzită în mod direct.

Distribuția agentului termic se realizează prin sistem bitubular cu distribuție inferioară și coloane verticale care străbat planșeele. Coloanele sunt aparente și sunt racordate la partea superioară a clădirii la vasul de aerisire. În subsolul tehnic al clădirii conductele formează o rețea de distribuție ramificată.

Instalația de alimentare cu apă caldă de consum urmează același traseu la subsol, ca și instalația de alimentare cu căldură și se ramifică pe verticală în coloane care alimentează bucătăriile și băile din apartamente. Se constată degradarea și lipsa pe arii extinse a termoizolației aferente conductelor de alimentare cu apă caldă de consum.

Cladirea este alimentată cu apă rece de la rețeaua orășenească. În blocul de locuinte sunt montate 112 puncte de consum apă rece și 80 de puncte de consum apă caldă.

Condițiile convenționale de calcul sunt fixate de valorile: $\theta_T=80^{\circ}\text{C}$, $\theta_R=60^{\circ}\text{C}$, $\theta_i=20^{\circ}\text{C}$, $\theta_e=-15^{\circ}\text{C}$.

Sistemul de iluminat este echipat preponderent cu becuri incandescente atât în apartamente cât și în spațiile comune.

2.1.4. Regimul de ocupare al clădirii

Regimul de ocupare al clădirii este de 24 de ore pe zi, iar alimentarea cu căldură se consideră în regim continuu. Clădirea nu este echipată cu sisteme de ventilare mecanică, răcire sau condiționarea aerului.

2.1.5. Anvelopa clădirii și volumul încălzit al clădirii

Anvelopa clădirii reprezintă totalitatea elementelor de construcție care închid volumul încălzit, direct sau indirect.

2.2. Caracteristici termice

2.2.1. Calculul rezistențelor termice unidirecționale

$$R = R_i + \sum \frac{\delta_j}{a_j \lambda_j} + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_j}{a_j \lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e} \quad \left[\frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Tabel 2.2.1.1 PERETE EXTERIOR						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]
1	Tencuiala din mortar de var	0,02	0.7	1.05	0.74	0.03
2	Zidarie din blocuri B.C.A.	0,35	0.22	1.15	0.25	1.38
3	Tencuiala din mortar var - ciment	0,02	0.87	1.15	1.00	0.02
TOTAL						1.43
$R_0 = 1/\alpha_i + R + 1/\alpha_e$						1.60

α_i : coeficient de transfer termic superficial interior 8 [W/m²K]
 α_e : coeficient de transfer termic superficial exterior 24 [W/m²K]
a: coeficient de majorare a conductivitatii termice in functie de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI
 λ : conductivitatea termică de calcul
 λ' : conductivitatea termică corectată de calcul

Tabel 2.2.1.2: PERETI ADIACENTI CASEI SCARII (BETON ARMAT)						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]
1	Tencuiala din mortar de var	0,02	0.7	1.05	0.74	0.03
2	Beton armat	0,15	2.03	1.05	2.13	0.07
3	Tencuiala din mortar var - ciment	0,02	0.87	1.05	0.91	0.02
TOTAL						0.12
$R_0 = 1/\alpha_i + R + 1/\alpha_e$						0.33

α_i : coeficient de transfer termic superficial interior 8 [W/m²K]
 α_e : coeficient de transfer termic superficial exterior 12 [W/m²K]
a: coeficient de majorare a conductivității termice in funcție de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI
 λ : conductivitatea termica de calcul
 λ' : conductivitatea termica corectata de calcul

Tabel 2.2.1.3: TAMPLARIE EXTERIOARA	
Material	R
[-]	[m²K/W]
Tamplarie termoizolanta	0.55
Tamplarie din lemn cuplata	0.39
Tamplarie din metal simpla	0.17

Tabel 2.2.1.4: PLANSEU PESTE SUBSOL – PARDOSEALA RECE						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]
1	Beton armat	0,15	2.03	1.15	2.33	0.06
2	Izolatie termica	0,02	0.042	1.15	0.05	0.41
3	Sapa autonivelanta	0,025	0.46	1.05	0.48	0.05
4	Gresie si quartite	0,015	2.03	1.05	2.13	0.01
TOTAL						0.54
$R_0=1/a_i+R+1/a_e$						0.79

a_i : coeficient de transfer termic superficial interior 6 [W/m²K]

a_e : coeficient de transfer termic superficial exterior 12 [W/m²K]

a: coeficient de majorare a conductivitatii termice in functie de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI

λ : conductivitatea termica de calcul

λ' : conductivitatea termica corectata de calcul

Tabel 2.2.1.5: PLANSEU PESTE SUBSOL – PARDOSEALA CALDA						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]
1	Beton armat	0,15	2.03	1.15	2.33	0.06
2	Izolatie termica	0,02	0.04	1.15	0.05	0.41
3	Sapa autonivelanta	0,025	0.46	1.05	0.48	0.05
4	Covor PVC cu suport textil	0,015	0.29	1.05	0.30	0.05
TOTAL						0.58
$R_0=1/a_i+R+1/a_e$						0.83

a_i : coeficient de transfer termic superficial interior 6 [W/m²K]

a_e : coeficient de transfer termic superficial exterior 12 [W/m²K]

a: coeficient de majorare a conductivitatii termice in functie de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI

λ : conductivitatea termica de calcul

λ' : conductivitatea termica corectata de calcul

Tabel 2.2.1.6: PLANSEU PESTE ULTIMUL NIVEL (TERASA CIRCULABILA)						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m ² K/W]
1	Tencuiala din mortar de var	0,02	0.7	1.05	0.74	0.03
2	Beton armat	0,15	2.03	1.05	2.13	0.07
3	Beton de panta	0,15	0.93	1.05	0.98	0.15
4	BCA	0,20	0.22	1.05	0.23	0.87
5	Mortar de ciment	0,0125	0.87	1.15	1.00	0.01
6	Hidroizolatie bitum	0,015	0.17	1.15	0.20	0.08
7	Nisip	0,02	0.70	1.05	0.74	0.05
8	Dale din beton	0,02	1.62	1.05	1.70	0.01
TOTAL						1.27
R₀=1/α_i+R+1/α_e						1.44

α_i: coeficient de transfer termic superficial interior 8 [W/m²K]

α_e: coeficient de transfer termic superficial exterior 24 [W/m²K]

a: coeficient de majorare a conductivitatii termice in functie de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI

λ: conductivitatea termica de calcul

λ': conductivitatea termica corectata de calcul

2.2.2. Calculul rezistențelor termice corectate

$$R' = r \cdot R = R \frac{1}{1 + \frac{R \left[\sum (\Psi \cdot l) + \sum \chi \right]}{A}} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Tabel 2.2.2.1: COEFICIENTI SPECIFICI LINIARI DE TRANSFER TERMIC					
Elementul de constructie	Detaliu	Tabel C107/3	Ψ [W/mK]	l [m]	Ψ·l [W/K]
Perete exterior	1.Intersectie pereti cu stalpisor	1	0.1	763.2	76.32
	2.Intersectie pereti fara stalpisor	1	-0.04	318	-12.72
	3.Colt pereti cu stalpisor	3	0.16	360.4	57.66
	4.Colt pereti fara stalpisor	3	0.09	127.2	11.45
	5. Grinda B.A. (consola sus) 1	24	0.14	559.36	78.31
	6. Grinda B.A. (consola sus) 2	24	0.04	559.36	22.37
	7. Soclu subsol	42	0.05	139.84	6.99
	8. Tamplarie cuplata (fara urechi)	61	0.12	316	37.92
	9. Buiandrug tamplarie cuplata	62	0.12	198.6	23.83
	10.Solbanc tamplarie cuplata	53	0.12	198.6	23.83
Total					325.97
Placa peste subsol	11. Perete interior pe placa peste subsol	46	0.09	173.00	15.57
	12. Soclu subsol	42	0.30	139.84	41.95
	Total				57.52
Placa peste ultimul etaj	13. Atic terasa 1	31	0.32	139.84	44.75
	14. Atic terasa 2	31	0.22	139.84	30.76
	Total				75.51

- ψ = transmitanta termica liniară a punții termice liniare;

- l = lungimea punților termice liniare de același fel;

Tabel 2.2.2.2: REZISTENTE TERMICE CORECTATE							
Elementul de construcție	A	R	$\Sigma(\psi l)$	$[\Sigma(\psi l)]/A$	$1/R'$	R'	r
	[m ²]	[m ² K/W]	[W/K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m ² K/W]	[-]
Perete exterior	1362.51	1.60	325.97	0.24	0.87	1.16	0.72
Planșeu peste subsol	453.72	0.83	57.52	0.13	1.34	0.75	0.91
Planșeu peste ultimul etaj	453.72	1.42	75.51	0.17	0.87	1.15	0.81

- **A** = aria elementelor anvelopei;
- **R** = rezistența termică specifică unidirecțională aferentă ariei A (Conform C107/1);
- **R'** = rezistența termică corectată;
- **r** = coeficient de corecție pentru punțile termice

2.3. Parametrii climatici

2.3.1. Temperatura convențională exterioară de calcul

Pentru iarnă, temperatura convențională de calcul a aerului exterior se consideră în funcție de zona climatică în care se află localitatea București (zona II), conform STAS 1907/1, astfel:

$$\theta_e = -15^{\circ}\text{C}$$

2.3.2. Intensitatea radiației solare și temperaturile exterioare medii lunare

Intensitățile medii lunare și temperaturile exterioare medii lunare au fost stabilite în conformitate cu Mc001 – PI, anexa A.9.6, respectiv SR4839, pentru localitatea București.

Tabel 2.3.2.1: Valori medii ale intensității radiației solare				
Luna	Intensitatea radiației solare [W/m ²]			
	NV	SE	SV	NE
Ianuarie	14.90	59.3	59.3	14.9
Februarie	28	87.3	87.3	28
Martie	38.9	91.4	91.4	38.9
Aprilie	52.8	91.6	91.6	52.8
Mai	70.4	86	86	70.4
Iunie	78.2	92.8	92.8	78.2
Iulie	71.1	89.9	89.9	71.1
August	75.8	123.8	123.8	75.8
Septembrie	60.1	119.1	119.1	60.1
Octombrie	36.3	104.1	104.1	36.3
Noiembrie	16.5	57.4	57.4	16.5
Decembrie	12.3	53	53	12.3

Tabel 2.3.2.2: Valori medii ale temperaturii exterioare	
Luna	Temperatura medie [°C]
Ianuarie	-2.4
Februarie	-0.1
Martie	4.8
Aprilie	11.3
Mai	16.7
Iunie	20.2
Iulie	22
August	21.2
Septembrie	16.9
Octombrie	10.8
Noiembrie	5.2
Decembrie	0.2

2.4. Temperaturi de calcul ale spațiilor interioare

2.4.1. Temperatura interioară predominantă a încăperilor încălzite

Conform Metodologiei Mc001- PI (I.9.1.1.1), temperatura predominantă pentru clădiri de locuit este:

$$\theta_i = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.4.2. Temperatura interioară a spațiilor neîncălzite

Conform Metodologiei Mc001- PI (I.9.1.1.1), temperatura interioară a spațiilor neîncălzite de tip subsol și casa scărilor, se calculează pe bază de bilanț termic.

- Temperatura subsolului fără instalație de încălzire, este:

$$\theta_s = 8.73 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

pentru temperatura exterioară de calcul

- Temperatura casei scării fără instalație de încălzire, este:

$$\theta_{scs} = 17.13 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

pentru temperatura exterioară de calcul

2.4.3. Temperatura interioară de calcul

Conform Metodologiei Mc001 – 2006/PII, dacă diferența de temperatură între volumul încălzit și casa scărilor este mai mică de 4°C, întregii clădiri se aplică calculul monozoneal. În acest caz, temperatura interioară de calcul a clădirii, este:

$$\theta_i = \frac{\sum \theta_{ij} * A_j}{\sum A_j} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- A_j = aria zonei j [m^2];
- θ_{ij} = temperatura interioară a zonei j [$^{\circ}\text{C}$]

$$\theta_i = 19.67 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.5. Calculul coeficienților de pierderi de căldură H_T și H_V

a. Calculul coeficientului de pierderi de căldură al clădirii, H

$$H = H_V + H_T \left[\frac{W}{K} \right]$$

b. Calculul coeficientului de pierderi de căldură al clădirii, prin ventilare, H_V

$$H_V = \frac{\rho_a * c_a * n_a * V}{3,6} \left[\frac{W}{K} \right]$$

- $\rho_a = 1,2 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ - densitatea aerului (Mc001-P II-1, pag. 14);
- $c_a = 1,005 \left[\frac{kJ}{kgK} \right]$ – căldura specifică a aerului;
- $n_a = 0,6 [h^{-1}]$ – numărul mediu de schimburi de aer (conform Mc001-PI);
-

Numărul de schimburi de aer pe oră					
Categoria clădirii		Clasa de adăpostire	Clasa de permeabilitate		
			ridicată	medie	scăzută
Clădiri individuale		neadăpostite	1.5	0.8	0.5
		moderat adăp.	1.1	0.6	0.5
		adăpostite	0.7	0.5	0.5
Clădiri cu mai multe apartamente, cămine, internate etc.	dublă expunere	neadăpostite	1.2	0.7	0.5
		moderat adăp.	0.9	0.6	0.5
		adăpostite	0.6	0.5	0.5
	simplă expunere	neadăpostite	1	0.6	0.5
		moderat adăp.	0.7	0.5	0.5
		adăpostite	0.5	0.5	0.5

- $V = 4252,19 [m^3]$ – volumul încălzit.

$$H_V = 854,69 \left[\frac{W}{K} \right]$$

c. Calculul coeficientului de pierderi de căldură al clădirii, prin transmisie, H_T

$$H_T = L + H_V \left[\frac{W}{K} \right]$$

o $L =$ coeficient de cuplaj termic prin anvelopa exterioară a clădirii $\left[\frac{W}{K} \right]$;

$$L = \sum U'_{j} * A_j \left[\frac{W}{K} \right]$$

- U'_{j} = transmitanța termică corectată a părții j din anvelopa clădirii $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$;
- A_j = aria pentru care se calculează $U'_{j} [m^2]$.

Tabel 2.5.1: Coeficienti de cuplaj termic ai spatiului incalzit					
Elementul de constructie		R'_j	$U'_j = 1/R'_j$	A_j	$U'_j \times A_j$
		[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/K]
Perete	Exterior	1.16	0.87	1362.51	1179.00
Planșeu	Terasa	1.16	0.86	453.72	390.80
Tampilărie	Lemn	0.39	2.56	75.01	192.33
	Termoizolant	0.55	1.82	171.67	312.13
Ușă	Metal	0.17	5.88	10.08	59.29
Ușă	Metal	0.17	5.88	10.08	59.29

$$L = 2192.85 \left[\frac{W}{K} \right]$$

o H_U - coeficient de pierderi termice prin anvelopa clădirii spre spații

neîncălzite, (conform SR EN ISO 13789) $\left[\frac{W}{K} \right]$

$$H_u = H_{iu} * b \left[\frac{W}{K} \right]$$

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \left[\frac{W}{K} \right]$$

- H_{iu} - coeficient de transfer de caldura de la spatiile incalzite la spatiile neincalzite $\left[\frac{W}{K} \right]$;

$$H_{iu} = L_{T,iu} + H_{V,iu} \left[\frac{W}{K} \right]$$

- $L_{T,iu} = 604,60$ - coeficient de cuplaj termic al placii peste subsol $\left[\frac{W}{K} \right]$.
- $H_{V,iu}$ - coeficient de transfer de caldura prin ventilatie de la spatiile incalzite la spatiile neincalzite $\left[\frac{W}{K} \right]$.

$$H_{V,iu} = \frac{\rho_a * c_a * n_a * V}{3,6} = 854,69 \left[\frac{W}{K} \right]$$

- $n_a = 0,6 \text{ h}^{-1}$ - numarul de schimburi de aer al cladirii cu exteriorul $[h^{-1}]$.

$$H_{iu} = 1459,29 \left[\frac{W}{K} \right]$$

- H_{ue} - coeficient de transfer de caldura de la spatiile neincalzite la mediul exterior $\left[\frac{W}{K} \right]$.

$$H_{ue} = L_{T,ue} + H_{V,ue} \left[\frac{W}{K} \right]$$

- $L_{T,ue} = 133,11$ - coeficient de cuplaj termic al elementelor de constructie ale spatiului neincalzit in contact cu mediul exterior $\left[\frac{W}{K}\right]$.
- $H_{V,ue}$ - coeficient de transfer de caldura prin ventilatie de la spatiile neincalzite la mediul exterior $\left[\frac{W}{K}\right]$.

$$H_{V,ue} = \frac{\rho_a * c_a * n_a * V_u}{3,6} = 136,8 \left[\frac{W}{K}\right]$$

- $n_a = 0,6 \text{ h}^{-1}$ - numarul de schimburi de aer al cladirii $[\text{h}^{-1}]$.

$$H_{ue} = 269.90 \left[\frac{W}{K}\right]$$

$$b = 0.23[-]$$

$$H_u = 331.15 \left[\frac{W}{K}\right]$$

$$H_T = 2524.00 \left[\frac{W}{K}\right]$$

Coeficientul de pierderi de caldura al cladirii este:

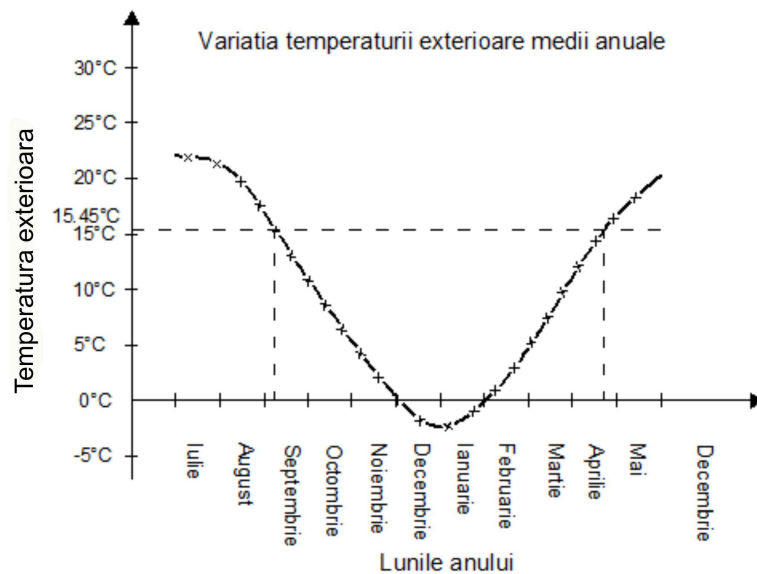
$$H = H_V + H_T = 3378.69 \left[\frac{W}{K}\right]$$

2.6. Stabilirea perioadei de incalzire preliminară

În prima faza a calculului consumurilor de energie se stabilește perioada de încălzire preliminară, conform SR 4839. In acest caz temperatura conventională de echilibru este $\theta_{eo}=12^{\circ}\text{C}$.

Tabel 2.6.: Determinarea perioadei de incalzire				
		24 septembrie – 4 aprilie		
		Valori conventionale		
Luna	θ_{eo}	t	θ_e	θ_{em}
-	[°C]	[zile]	[°C]	[°C]
Iulie	12	0	22	3,725
August	12	0	21,2	
Septembrie	12	6	16,9	
Octombrie	12	31	10,8	
Noiembrie	12	30	5,2	
Decembrie	12	31	0,2	
Ianuarie	12	31	-2,4	
Februarie	12	28	-0,1	
Martie	12	31	4,8	
Aprilie	12	4	11,3	
Mai	12	0	16,7	
Iunie	12	0	20,2	
		192	zile de incalzire	

Temperatura exterioară medie pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a temperaturilor medii lunare cu numărul de zile cu încălzire ale fiecărei luni.



2.6.1. Calculul pierderilor de caldura ale cladirii Q_L (calcul preliminar, pentru $\theta_{eo}=12^\circ\text{C}$)

$$Q_L = H * (\theta_i - \theta_e) * t \quad [\text{kWh}]$$

- $H = 3378.69 \frac{\text{W}}{\text{K}}$ - coeficient de pierderi de caldura al cladirii $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}}\right]$;
- $\theta_i = 19.67^\circ\text{C}$ - temperatura interioara de calcul $[\text{C}]$;
- $\theta_e = 3,725^\circ\text{C}$ - temperatura exterioara medie pe perioada de incalzire $[\text{C}]$;
- $Dz = 192$ zile – durata perioadei de incalzire preliminara determinata grafic $[\text{zile}]$;
- $t = 192 \times 24 = 4608$ h - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_L = 248215,03 \quad [\text{kWh/an}]$$

Calculul aporturilor de căldură ale clădirii Q_g (calcul preliminar, pentru $\theta_{eo}=12^\circ\text{C}$)

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad [\text{kWh/an}]$$

- Q_i = degajari de căldură interne $[\text{kWh}]$;

$$Q_i = [\phi_{i,h} + (1-b) * \phi_{i,u}] * t \quad [\text{kWh}]$$

- o $\phi_{i,h}$ = fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile incalzite $[\text{W}]$;

$$\phi_{i,h} = \phi_i * A_{inc} = 6418.4 \quad [\text{W}]$$

- $\phi_i = 4 \text{ W/m}^2$ fluxul termic mediu al degajarilor interne, cf. Mc001 – PII, $[\text{W}]$;
- $A_{inc} = 1604,60$ - aria totala a spatiului încălzit, $[\text{m}^2]$;

- o $\phi_{i,u} = 0$ - fluxul termic mediu al degajarilor interne in spațiile neîncălzite $[\text{W}]$;

- o $Dz = 192$ zile – durata perioadei de încălzire preliminară determinată grafic $[\text{zile}]$;

- o $t = 192 \times 24 = 4608$ h - număr de ore perioada de încălzire.

$$Q_i = 29575,98 \quad [kWh]$$

- Q_s = aporturi solare prin elementele vitrate, $[kWh]$;

$$Q_s = \sum \left[I_{sj} * \sum A_{snj} \right] * t \quad [kWh]$$

- o I_{sj} = radiația solară totală medie pe perioada de calcul pe o suprafață de $1m^2$ având orientarea j $\left[\frac{W}{m^2} \right]$;
- o A_{snj} = aria receptoare echivalentă a suprafeței n având orientarea j $[m^2]$
- o $A_{snj} = A * F_s * F_F * g \quad [m^2]$
- A = aria totală a elementului vitrat n $[m^2]$;
 - F_s = factorul de umbră a suprafeței n;

$$F_s = F_h * F_o * F_f$$

- F_h = factorul parțial de corecție datorită orizontului;
- F_o = factorul parțial de corecție pentru proeminente;
- F_f = factorul parțial de corecție pentru aripioare.
- F_F = factorul de reducere pentru ramele vitrajelor;

$$F_F = \frac{A_c}{A}$$

- g = transmitanța totală la energie solară a suprafeței n;

$$g = F_w g_l$$

- F_w = factor de transmisie solară;
- g_l = transmitanța totală la energia solară pentru radiațiile perpendiculare pe vitraj;

Valorile factorilor F_h , F_o , F_f , F_w și g_l se găsesc în SR ISO 13790 anexa H.

Tabel 2.6.1.1: Valori medii ale intensității radiației solare pentru perioada de încălzire									
Luna	Zile	Intensitatea radiației solare $[W/m^2]$							
		NV		SE		SV		NE	
Ianuarie	31	14.90	26,17	59.3	77.03	59.3	77,03	14.9	26,17
Februarie	28	28		87.3		87.3		28	
Martie	31	38.9		91.4		91.4		38.9	
Aprilie	4	52.8		91.6		91.6		52.8	
Mai	0	70.4		86		86		70.4	
Iunie	0	78.2		92.8		92.8		78.2	
Iulie	0	71.1		89.9		89.9		71.1	
August	0	75.8		123.8		123.8		75.8	
Septembrie	6	60.1		119.1		119.1		60.1	
Octombrie	31	36.3		104.1		104.1		36.3	
Noiembrie	30	16.5		57.4		57.4		16.5	
Decembrie	31	12.3		53		53		12.3	

Intensitatea radiației solare medii pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a intensităților medii lunare, cu numărul de zile ale fiecărei luni.

Tabel 2.6.1.2: Determinarea ariei receptoare echivalente a suprafeței vitrate A_s									
Scara A									
Tip	Nr. ferestre	Orientare	Latime	Înălțime	A	F_s	F_F	g	A_s
-	-	-	[m]	[m]	[m ²]	-	-	-	[m ²]
F1	3	SE	1.2	1.2	1.44	0.9506	0.83	0.60	2.06
	1	SE	1.2	1.2	1.44	0.931	0.83	0.60	0.67
	2	SE	1.2	1.2	1.44	0.8827	0.83	0.60	1.28
	1	SE	1.2	1.2	1.44	0.9506	0.83	0.60	0.69
	1	SE	1.2	1.2	1.44	0.931	0.83	0.60	0.67
	3	SE	1.2	1.2	1.44	0.6984	0.83	0.60	1.52
	1	SE	1.2	1.2	1.44	0.684	0.83	0.60	0.49
	3	SE	1.2	1.2	1.44	0.8455	0.83	0.60	1.84
	1	SE	1.2	1.2	1.44	0.9506	0.83	0.60	0.69
F2	3	SE	1.8	1.2	2.16	0.9506	0.86	0.60	1.92
	1	SE	1.8	1.2	2.16	0.931	0.86	0.60	1.88
F3	7	SE	0.9	1.2	1.08	0.39	0.81	0.60	1.43

Analog, determinarea ariei receptoare echivalente a suprafețelor vitrate se face pentru fiecare fereastră, în funcție de orientare, pentru scara B a blocului, rezultând:

Tabel 2.6.1.3: Aporturi solare pe orientări			
Orientare	ΣA_{snj} [m ²]	I_{sj} [W/m ²]	Q_{sj} [W]
NV	30.34	26.17	794.11
SE	39.22	77.03	3020.98
SV	6.14	77.03	473.33
NE	11.08	26.17	289.953483
TOTAL			4578.37

- o $Dz = 192$ zile – durata perioadei de încălzire preliminară determinată grafic [zile];
- o $t = 192 \times 24 = 4608$ h - număr de ore perioada de încălzire.

$$Q_s = 21097.13 \text{ [kWh]}$$

$$Q_g = 50673.12 \text{ [kWh]}$$

Fluxul aporturilor de căldură se calculează astfel:

$$\phi_g = \frac{Q_g}{t} = 10996.77 \text{ [W]}$$

2.6.2. Determinarea factorului de utilizare preliminar, η_1

Pentru a putea calcula factorul de utilizare trebuie stabilit un coeficient adimensional, γ , care reprezintă raportul dintre aporturi, Q_g și pierderi, Q_L , astfel:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L}$$

- o $Q_g = 50673,12$ - aporturi totale de căldură [kWh];
- o $Q_L = 248215,03$ - pierderile de căldură ale clădirii [kWh];

$$\gamma = 0,20$$

Deoarece coeficient adimensional $\gamma \neq 1$, atunci:

$$\eta_1 = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

- o $\gamma = 0,20$ - coeficient adimensional reprezentand raportul dintre aporturi si pierderi;
- o a = parametru numeric care depinde de constanta de timp τ ;

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

- $a_0 = 0,8$ - parametru numeric (conform Metodologiei Mc 001-1);
- $\tau_0 = 30$ h (conform Metodologiei Mc 001-1);
- τ = constanta de timp care caracterizeaza inertia termica interioara a spatiului incalzit, h;

$$\tau = \frac{C}{H}$$

- C = capacitatea termica interioara a cladirii

$$C = \sum \chi_j * A_j = \sum \sum \rho_{ij} * c_{ij} * d_{ij} * A_j \quad \left[\frac{J}{K} \right]$$

Tabel 2.6.2.1: Determinarea capacitatii termice interioare a cladirii

Elementul de constructie	Componente	ρ	c	d	A	C
		[kg/m ³]	[J/kgK]	[m]	[m ²]	[J/K]
Pereti interiori	Tencuiala	1700	840	0,02+0,02	1545,48	88277817.60
	BCA	1800	870	0,075+0,075	1545,48	363033252.00
Pereti interiori 2	Tencuiala	1700	840	0,02+0,02	176,78	10097673.60
	Beton	2600	840	0,075+0,075	176,78	57913128.00
Pereti exterior	Tencuiala	1700	840	0,02	1362.51	38913171.36
	BCA	1800	870	0,08	1362.51	170694751.68
Pardoseala calda	Covor PVC	1600	1460	0,015	1030.18	36097507.20
	Sapa suport	1200	840	0,025	1030.18	25960536.00
	Placa beton	2600	840	0,06	1030.18	134994787.20
Pardoseala rece	Placi gresie	2400	920	0,015	607.48	20119737.60
	Sapa suport	1200	840	0,025	607.48	15308496.00
	Placa beton	2600	840	0,06	607.48	79604179.20
Terasa	Tencuiala	1700	840	0,02	453.72	12958243.20
	Placa beton	2600	840	0,08	453.72	79273958.40
Tavan	Tencuiala	1700	840	0,01	1637.66	23385784.80
	Placa beton	2600	840	0,09	1637.66	321898449.60

- ρ = densitatea materialului;
- c = capacitatea calorica masica a materialului;
- d = grosimea stratului;
- A = aria elementului;

$$C = 1478,53 \left[\frac{MJ}{K} \right]$$

$$H = 3378.69 \left[\frac{W}{K} \right] - \text{coeficient de transfer de caldura} \left[\frac{W}{K} \right];$$

$$\tau = 437605.14 \text{ s} = 121.56 \text{ [h]}$$

$$\alpha = 4.85$$

$$\eta_1 = 0.9996$$

2.6.3. Determinarea temperaturii de echilibru si perioada de incalzire reala a clădirii

$$\theta_{ed} = \theta_{id} - \frac{\eta * \phi_{\alpha}}{H}$$

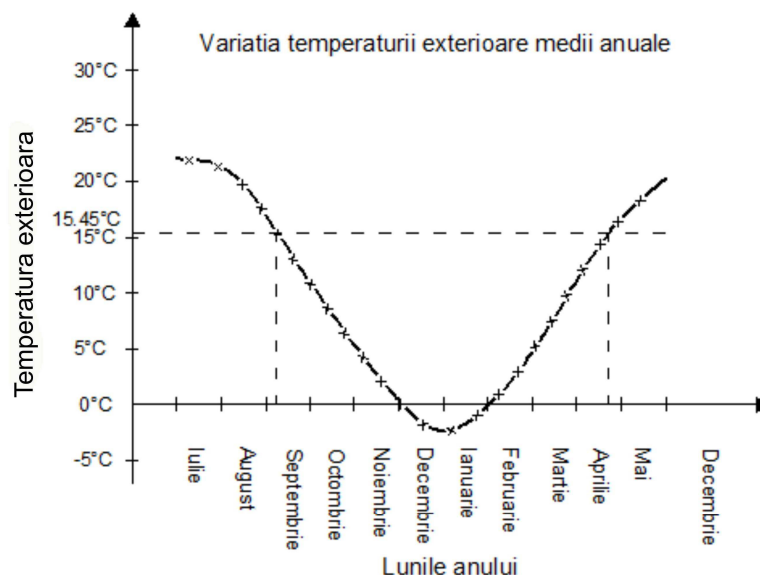
- θ_{ed} = temperatura de echilibru;
- $\theta_{id} = 19.67 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - temperatura interioara de calcul;
- $\eta = 0,9996$ factorul de utilizare al aporturilor;
- $\phi_{\alpha} = 10996,77 \text{ W}$ - aporturile solare si interne medii pe perioada de incalzire $\left[\frac{W}{K} \right]$;
- $H = 3378.69 \frac{W}{K}$ - coeficientul de pierderi termice ale cladirii $\left[\frac{W}{K} \right]$;

Temperatura de echilibru a cladirii este:

$$\theta_{ed} = 16.41 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Tabel 2.6.3.1: Determinarea perioadei de incalzire				
		2 Septembrie – 29 Aprilie		
		Valori conventionale		
Luna	θ_{ed}	t	θ_e	θ_{em}
-	[°C]	[zile]	[°C]	[°C]
Iulie	16.41	0	22	5,7301
August	16.41	0	21.2	
Septembrie	16.41	28	16.9	
Octombrie	16.41	31	10.8	
Noiembrie	16.41	30	5.2	
Decembrie	16.41	31	0.2	
Ianuarie	16.41	31	-2.4	
Februarie	16.41	28	-0.1	
Martie	16.41	31	4.8	
Aprilie	16.41	29	11.3	
Mai	16.41	0	16.7	
Iunie	16.41	0	20.2	
		239	zile de incalzire	

Durata sezonului de incalzire reala este de 239 de zile, adica 5736 ore. Temperatura exterioară medie pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a temperaturilor medii lunare cu numărul de zile ale fiecărei luni.



2.7. Programul de functionare si regimul de furnizare a agentului termic

Cladirea de locuit are un program de functionare continuu, avand un regim de furnizare a agentului termic continuu.

2.8. Calculul pierderilor de caldura ale cladirii

$$Q_L = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

- $H = 3378.69 \frac{W}{K}$ - coeficient de pierderi de caldura $\left[\frac{W}{K}\right]$;
- $\theta_i = 19,67^\circ C$ - temperatura interioara conventionala de calcul $[^\circ C]$;
- $\theta_e = 5,7301^\circ C$ - temperatura exterioara medie pe perioada de incalzire $[^\circ C]$;
- $Dz = 239$ zile - durata perioadei de incalzire determinata grafic $[zile]$;
- $t = 239 \times 24 = 5736$ h - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_L = 270116,36 \quad [kWh]$$

2.9. Calculul aporturilor de căldură ale clădirii

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad [kWh]$$

- Q_i = degajari de caldura interne $[kWh]$;

$$Q_i = [\phi_{i,h} + (1-b) \cdot \phi_{i,v}] \cdot t \quad [kWh]$$

- o $\phi_{i,h}$ = fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile incalzite $[W]$;

$$\phi_{i,h} = \phi_i \cdot A_{inc} = 6418,4 [W]$$

- $\phi_i = 4 \text{ W/m}^2$ fluxul termic mediu al degajarilor interne $[W]$
 $A_{inc} = 1604,60$ - aria totala a spatiului incalzit $[m^2]$;

- o $\phi_{i,u} = 0$ - fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile neincalzite [W];
- o $Dz = 239$ zile – durata perioadei de incalzire determinata grafic [zile];
- o $t = 239 \times 24 = 5736$ h - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_i = 36815.94 \text{ [kWh]}$$

- Q_s = aporturi solare ale elementelor vitrate [kWh];

$$Q_s = \sum \left[I_{sj} * \sum A_{snj} \right] * t \text{ [kWh]}$$

- o I_{sj} = radiatia solara totala pe perioada de calcul pe o suprafata de 1m2 avand orientarea j $\left[\frac{W}{m^2} \right]$;

- o A_{snj} = aria receptoare echivalenta a suprafetei n avand orientarea j [m²]

$$A_{snj} = A * F_s * F_f * g \text{ [m}^2\text{]}$$

- A = aria totala a elementului vitrat n [m²];
- F_s = factorul de umbrire a suprafetei n;

$$F_s = F_h * F_o * F_f$$

- F_h = factorul partial de corectie datorita orizontului;
- F_o = factorul partial de corectie pentru proeminente;
- F_f = factorul partial de corectie pentru aripioare.
- F_F = factorul de reducere pentru ramele vitrajelor;

$$F_F = \frac{A_r}{A}$$

- g = transmitanta totala la energia solara a suprafetei n;
- F_w = factor de transmisie solara;
- g_l = transmitanta totala la energia solara pentru radiatiile perpendiculare pe vitraj;

Tabel 2.9.1: Valori medii ale intensitatii radiatiei solare pentru perioada de incalzire

Luna	Zile	Intensitatea radiatiei solare [W/m ²]							
		NV		SE		SV		NE	
Ianuarie	31	14.90	32,08	59.3	82,42	59.3	82,42	14.9	32,08
Februarie	28	28		87.3		87.3		28	
Martie	31	38.9		91.4		91.4		38.9	
Aprilie	29	52.8		91.6		91.6		52.8	
Mai	0	70.4		86		86		70.4	
Iunie	0	78.2		92.8		92.8		78.2	
Iulie	0	71.1		89.9		89.9		71.1	
August	0	75.8		123.8		123.8		75.8	
Septembrie	28	60.1		119.1		119.1		60.1	
Octombrie	31	36.3		104.1		104.1		36.3	
Noiembrie	30	16.5		57.4		57.4		16.5	
Decembrie	31	12.3		53		53		12.3	

Tabel 2.9.2: Aporturi solare pe orientari			
Orientare	ΣA_{snj}	I_{sj}	Q_{sj}
NV	30.34	32.08	973.37
SE	39.22	82.42	3232.65
SV	6.14	82.42	506.49
NE	11.08	32.08	355.40
TOTAL			5067.93

- o $Dz = 239$ zile – durata perioadei de incalzire determinata grafic [zile];
- o $t = 239 \times 24 = 5736$ [h] - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_s = 29069.63 \quad [kWh]$$

$$Q_g = 65885.58 \quad [kWh]$$

2.10. Necesarul de căldură pentru încălzirea clădirii, Q_h

Necesarul de caldura pentru incalzirea spatiilor se obtine facand diferenta intre pierderile de caldura ale cladirii, Q_L , si aporturile totale de caldura Q_g , cele din urma fiind corectate cu un factor de diminuare, η , astfel:

$$Q_h = Q_L - \eta * Q_g \quad [kWh]$$

- $Q_L = 270116.36$ - pierderile de caldura ale cladirii [kWh];
- $Q_g = 65885.58$ - aporturi totale de caldura [kWh];
- η = factor de utilizare;

Pentru a putea calcula factorul de utilizare trebuie stabilit un coeficient adimensional, γ , care reprezinta raportul dintre aporturi, Q_g si pierderi, Q_L , astfel:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L} = 0,24$$

Deoarece coeficient adimensional $\gamma \neq 1$, atunci:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

- o $\gamma = 0,24$ - coeficient adimensional reprezentand raportul dintre aporturi si pierderi;
- o a = parametru numeric care depinde de constanta de timp;

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

- $a_0 = 0,8$ - parametru numeric (conform Metodologiei Mc 001/1);
- $\tau_0 = 30$ h (conform Metodologiei Mc 001/1);
- $\tau = 437605.14 \text{ s} = 121.56 \text{ [h]}$

$$a = 4.85$$

$$\eta = 0.9991$$

$$Q_h = 204283.80 \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

2.11. Consumul de energie pentru încălzire , Q_{fh}

$$Q_{fh} = Q_h + Q_{th} - Q_{rh,h} - Q_{rwh} \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- $Q_h = 204283.80 \text{ [kWh]}$ - necesarul de energie pentru incalzirea cladirii;
- Q_{th} = totalul pierderilor de caldura datorate instalatiei de incalzire, inclusiv pierderile de caldura recuperate. Se includ de asemenea pierderile de caldura suplimentare datorate distributiei neuniforme a temperaturii in incinte si reglarea imperfectă a temperaturii interioare, in cazul in care nu sunt luate deja in considerare la temperatura interioara conventionala;

$$Q_{th} = Q_{em} + Q_d \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- o Q_{em} = pierderi de caldura cauzate de un sistem non-ideal de transmisie a caldurii la consumator;

$$Q_{em} = Q_{em, str} + Q_{em, c} \text{ [kWh]}$$

- $Q_{em, str}$ = pierderi de caldura cauzate de distributia neuniforma a temperaturii;

$$Q_{em, str} = \frac{1 - \eta_{em}}{\eta_{em}} * Q_h \text{ [kWh]}$$

- $\eta_{em} = 0,93$ - eficienta sistemului de transmisie a caldurii in functie de tipul de corp de incalzire (MC II-1 Anexa II. Tab. 1B);
- $Q_h = 204283.80$ - necesarul de energie pentru incalzirea cladirii;

$$Q_{em, str} = 15376,20 \text{ [kWh]}$$

- $Q_{em, c}$ = pierderi de caldura cauzate de dispozitivele de reglare a temperaturii interioare utilizand metoda bazata pe eficienta sistemului de reglare η_c ;

$$Q_{em, c} = \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} * Q_h \text{ [kWh]}$$

- $\eta_{ec} = 0,94$ - eficienta sistemului de reglare (MC II-1 Anexa II. Tab. 3B);
- $Q_h = 204283.80$ - necesarul de energie pentru incalzirea cladirii;

$$Q_{em, c} = 13039,39 \text{ [kWh]}$$

$$Q_{em} = 28415,59 \text{ [kWh]}$$

- o Q_d = energia termica pierduta pe reseaua de distributie;

$$Q_d = \sum_i U'_i * (\theta_m - \theta_{ai}) * L_i * t_H \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- U'_i = valoarea coeficientului de transfer de caldura;

$$U_i' = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

- $\lambda_{iz} = 0,0462 \left[\frac{W}{mK} \right]$ – coeficientul de conductie a izolatiei $\left[\frac{W}{mK} \right]$;
- d_a = diametrul exterior al conductei cu izolatie [m];
- d_i = diametrul conductei fara izolatie [m];
- $\alpha_a = \frac{1}{0,33} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ - coeficientul global de transfer termic $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$;

- θ_m = temperatura medie a agentului termic;

$$\theta_m = \frac{\theta_{tur} + \theta_{retur}}{2} = 70 [^{\circ}C]$$

- θ_{ai} = temperatura aerului exterior conductelor [$^{\circ}C$];
- L_i = lungimea conductei [m];
- $t_H = t \cdot 24 = 5736$ [h] numarul de ore in pasul de timp [h];

Tabel 2.11.1: Pierderi ale sistemului de distributie a caldurii catre consumatori									
	d_i	d_a	L_i	L_{ea}	U_i'	θ_m	θ_{ai}	t_H	Q_d
	[m]	[m]	[m]	[m]	[W/mK]	[$^{\circ}C$]	[$^{\circ}C$]	[h]	[kWh/an]
Subsol	0.04	0.09	206.28	1.5	0.24	70	8.73	5736	17118.52
Coloane	0.025	0.029	254.4	1.5	0.25	70	20	5736	18025.72
Racorduri	0.015	0.019	960	4	0.16	70	20	5736	44348.56

- $L_{ea} = 4$ [m] - lungimea echivalenta a armaturilor pentru conducte neizolate, cu diametrul < 100 mm si $L_{ea} = 1,5$ [m] - lungimea echivalenta a armaturilor pentru conducte izolate, cu diametrul < 100 mm.

$$Q_d = 79492,81 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

$$Q_{th} = 107908,40 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Q_{rhh} = caldura recuperata de la subsistemul de incalzire: coloane + racorduri;

$$Q_{rhh} = 62374,28 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Q_{rhw} = caldura recuperata de la subsistemul de preparare a a.c.c. pe perioada de incalzire (vezi paragraf 2.12);
-

$$Q_{rwh} = Q_{coloane acc} + Q_{distributie acc} = 25027,01 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

$$Q_{fh} = 224790,91 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

2.12. Consumul de energie pentru prepararea apei calde de consum , Q_{acm}

$$Q_{acm} = Q_{ac} + Q_{ac,c} + Q_{ac,d} \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Q_{ac} = necesarul de caldura pentru prepararea apei calde de consum livrata;

$$Q_{ac} = \rho * c * V_{ac} * (\theta_{ac} - \theta_{ar}) \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- o $\rho = 983,2 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ - densitatea apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o $c = 4,183 \text{ [kJ/kgK]}$ - caldura specifica a apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o V_{ac} = volumul necesar de apa calda de consum pe perioada consumata $\left[\frac{m^3}{an} \right]$;

$$V_{ac} = a * \frac{N_u}{1000} \left[\frac{m^3}{an} \right]$$

- $a = 50 \left[\frac{l}{om zi} \right]$ - necesarul specific de apa calda de consum pentru o persoana in cladiri de locuit, conform cu MC001/2;
- $N_u = 62 \text{ [persoane]}$ - numar de persoane;

$$V_{ac} = 1131,5 \left[\frac{m^3}{an} \right]$$

- o $\theta_{ac} = 60 \text{ [}^\circ\text{C]}$ - temperatura apei calde de consum;
- o $\theta_{ar} = 10 \text{ [}^\circ\text{C]}$ - temperatura medie a apei reci care intra in sistemul de preparare a apei calde de consum.

$$Q_{ac} = 64632,62 \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- $Q_{ac,c}$ = Pierderi de caldura aferente pierderilor si risipei de apa calda de consum;

$$Q_{ac,c} = \sum \rho * c * V_{ac,c} * (\theta_{ac,c} - \theta_{ar}) \quad \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- o $\rho = 983,2 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ - densitatea apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o $c = 4,183 \text{ [kJ/kgK]}$ - caldura specifica a apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o $V_{ac,c}$ = volumul corespunzator pierderilor si risipei de apa calda de consum

pe perioada considerata $\left[\frac{m^3}{perioada} \right]$;

$$V_{ac,c} = V_{ac} * f_1 * f_2 - V_{ac} \left[\frac{m^3}{perioada} \right]$$

- $V_{ac} = 1131,5 \left[\frac{m^3}{an} \right]$ - volumul necesar de apa calda de consum pe

perioada consumata $\left[\frac{m^3}{an} \right]$;

- $f_1 = 1,3$ - pentru obiective alimentate in sistem centralizat, fara recirculare;

- $f_2 = 1,1$ - pentru instalatii echipate cu baterii clasice;

$$V_{ac,c} = 486,55 \left[\frac{m^3}{an} \right]$$

- o $\theta_{ac,c} = 50 [^{\circ}C]$ - temperatura de furnizare/utilizare a apei calde la punctul de consum;
- o $\theta_{ar} = 10 [^{\circ}C]$ - temperatura apei reci care intra in sistemul de preparare a apei calde de consum.

$$Q_{ac,c} = 22233,62 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- $Q_{ac,d}$ = pierderi de caldura pe conductele de distributie a apei calde de consum;

$$Q_{ac,d} = \sum_i U_i' * (\theta_m - \theta_{ai}) * L_i * t_H \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- U_i' = valoarea coeficientului de transfer de caldura;

$$U_i' = \frac{\pi}{\frac{1}{2 * \lambda_{iz}} * \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a * d_a}} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

- $\lambda_{iz} = 0,0462 \left[\frac{W}{mK} \right]$ – conductivitatea termica a izolatiei;
- d_a = diametrul exterior al conductei cu izolatie [m];
- d_i = diametrul exterior al conductei fara izolatie [m];
- $\alpha_a = \frac{1}{0,33} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ - coeficientul de transfer termic;

- θ_m = temperatura medie a apei calde de consum livrate;

$$\theta_m = \frac{\theta_{tur} + \theta_{retur}}{2} = 50 [^{\circ}C]$$

- θ_{ai} = temperatura aerului din spatiul unde se afla distributia [$^{\circ}C$];
- L_i = lungimea conductei [m];
- $t_H = t * 24 = 8760$ [h] numarul de ore in pasul de timp [h];

Tabel 2.12.1: Pierderi ale sistemului de distributie a apei calde menajere catre consumatori

	d_i	d_a	L_i	U_i'	θ_m	θ_{ai}	t_{Han}	$Q_{ac,d}$	t_{Hsz}	Q_{sezon}
	[m]	[m]	[m]	[W/mK]	[$^{\circ}C$]	[$^{\circ}C$]	[h]	[kWh/an]	[h]	[kWh/an]
Subsol	0.032	0.082	124.00	0.22	50	8.73	8760	9912.22	5736	6490.47
Coloane	0.025	0.065	148.4	0.20	50	20.00	8760	7946.61	5736	5203.40
Racorduri	0.015	0.019	576	0.20	50	20.00	8760	30274.56	5736	19823.61

$$Q_{ac,d} = 48133,41 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

Pierderile de caldura recuperate ale conductelor de apa calda de consum calculate pentru perioada de incalzire:

$$Q_{rwh} = Q_{coloane\ acc} + Q_{racorduri\ acc} = 25027,01 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

$$Q_{acm} = 134999,65 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

2.13. Consumul de energie pentru iluminat

Calculul necesarului de energie pentru iluminat, in cazul cladirilor de locuit, se realizeaza conform Metodologiei Mc001 – PIV- tabelului 4 anexa II 4A1:

Tabel 2.13.1: Calculul consumului de energie pentru iluminat					
Tip apart	S [m ²]	Nr. Apart.	W' _{il} [kWh/an]	Total/apart	W' _{il,total} [kWh/an]
2 camere	46.36	8	501.8	4014.8	15648,4
3 camere	66.1	16	727.1	11633.6	

Valoarea consumului total se corecteaza cu coeficienti in functie de:

- raportul dintre suprafata vitrata a anvelopei si suprafata pardoselii spatiului incalzit:

$$\frac{S_v}{S_p} = 0,27 < 0,3 \Rightarrow \text{totalul se majoreaza cu } 10\%$$

- datorita faptului ca grupurile sanitare nu sunt prevazute cu ferestre exterioare:

$\Rightarrow$ totalul se majoreaza cu 5 %

$$W_{il} = 18073,87 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

2.14. Energia primara si emisiile de CO₂

2.14.1. Energia primara

$$E_p = Q_{f,h,l} * f_{h,l} + A_{f,w,l} * f_{w,l} + W_{i,l} * f_{i,l} \quad [kWh/an]$$

- $Q_{f,h,l} = 224790,91 \left[\frac{kWh}{an} \right]$ energia termica consumata pentru incalzire, produsa la sursa din combustibil gaz natural;
- $Q_{f,w,i} = 134999,65 \left[\frac{kWh}{an} \right]$ energia termica consumata pentru prepararea apei calde de consum, produsa la sursa din combustibil gaz natural ; $Q_{f,w} = Q_{acm}$
- $W_{i,l} = 18073,87 \left[\frac{kWh}{an} \right]$ energia electrica consumata pentru iluminat din S.E.N.
- $f_{w,l} = f_{h,l} = 1,1 \left[\frac{kg}{kWh} \right]$ - factorul de conversie in energie primara pentru gaz natural;
- $f_{i,l} = 2,8$ - factorul de conversie in energie primara pentru energie electrică

$$E_p = 446376,46 \quad [kWh/an]$$

2.14.2. Emisia de CO₂

$$E_{CO2} = Q_{f,h,l} * f_{h,CO2} + Q_{f,w,l} * f_{w,CO2} + W_{i,l} * f_{i,CO2} \quad \left[\frac{kg}{an} \right]$$

- $f_{h,CO_2} = f_{w,CO_2} = 0,205 \left[\frac{kg}{kWh} \right]$ - factorul de emisie la arderea gazului natural;
se aplica energiei la sursa primara
- $f_{i,CO_2} = f_{h,CO_2} = 0.09 \left[\frac{kg}{kWh} \right]$ - factorul de emisie electricitate

$$E_{CO_2} = 75383,71 \left[\frac{kg}{an} \right]$$

Indicele de emisie echivalent CO₂

$$I_{CO_2} = \frac{E_{CO_2}}{A_{inc}} = 46.98 \left[\frac{kgCO_2}{m^2 an} \right]$$

3. Certificarea energetică a blocului de locuințe

Notarea energetică a clădirii se face în funcție de consumurile specifice corespunzătoare utilităților din clădire și penalităților stabilite corespunzător exploatarei. Încadrarea în clasele energetice se face în funcție de consumul specific de energie pentru fiecare tip de consumator în funcție de scala energetică specifică.

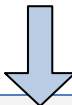
3.1. Consumul anual specific de energie pentru încălzirea spațiilor

$$q_{inc} = \frac{Q_{inc}}{A_{inc}} = 140.09 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$

Unde $Q_{inc} = Q_{f,h}$

Suprafata incalzita a cladirii este

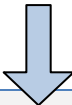
$$A_{inc} = 1604,6 \text{ m}^2.$$



CLASA C

3.2. Consumul anual specific de energie pentru prepararea apei calde de consum

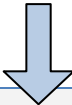
$$q_{acm} = \frac{Q_{acm}}{A_{inc}} = 84.13 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



CLASA D

3.3. Consumul anual specific de energie pentru iluminat

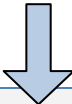
$$w_{il} = \frac{W_{il}}{A_{inc}} = 11.26 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



CLASA A

3.4. Consumul total anual specific de energie

$$q_{tot} = q_{inc} + q_{acm} + w_{il} = 235.49 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



CLASA C

3.5. Penalizari acordate clădirii certificate

- **p₁** - coeficient de penalizare functie de starea subsolului tehnic
p₁=1.05
- **p₂** - coeficient de penalizare functie de utilizarea usii de intrare in cladire
p₂=1.05
- **p₃** - coeficient de penalizare functie de starea elementelor de inchidere mobila din spatiile comune
p₃=1.02
- **p₄** - coeficient de penalizare functie de starea armaturilor de inchidere si reglaj de la corpurile statice
p₄=1.02
- **p₅** - coeficient de penalizare functie de spalarea/curatirea instalatiei de incalzire interioara
p₅=1.05
- **p₆** - coeficient de penalizare functie de existenta armaturilor de separare si golire a coloanelor de incalzire
p₆=1.02
- **p₇** - coeficient de penalizare functie de existenta echipamentelor de masura pentru decontarea consumurilor de caldura
p₇=1.00
- **p₈** - coeficient de penalizare functie de starea finisajelor exterioare ale peretilor exteriori
p₈=1.05
- **p₉** - coeficient de penalizare functie de starea peretilor exteriori din punct de vedere al continutului de umiditate al acestora
p₉=1.05
- **p₁₀** - coeficient de penalizare functie de starea acoperisului peste pod
p₁₀=1.00
- **p₁₁** - coeficient de penalizare functie de starea cosului/cosurilor de evacuare a fumului
p₁₁=1.00
- **p₁₂** - coeficient de penalizare care tine seama de posibilitatea asigurarii necesarului de aer proaspat la valoarea de confort
p₁₂=1.06

$$p_0 = \prod p_i = 1,436$$

3.6. Nota energetica

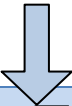
Relatia de calcul a notei energetice este urmatoarea:

$$N = \exp(-B_1 * q_{tot} * p_0 + B_2) \quad \text{dacă } q_{tot} * p_0 \geq q_{Tm}$$

$$N = 100 \quad \text{dacă } q_{tot} * p_0 < q_{Tm}$$

- $B_1=0.001053$, $B_2=4.73667$ - coeficienti numerici determinati conform MC 001 – 2006;
- p_0 - coeficient de panalizare a notei acordate cladirii;
- q_{Tm} - consumul specific anual normal de energie minim.

$$q_{tot} * p_0 = 341.20 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



$$N = 79,64$$

3.7. Definirea clădirii de referință

Conform definitiei cladirii de referinta din MC001 / PIII, se vor obtine urmatoarele valori caracteristice pentru clădirea de referinta atașată clădirii reale:

- Rezistentele termice corectate conform cerintelor minime sunt:

Tabel 3.7.1: REZISTENTE TERMICE CORECTATE			
Elementul de constructie	A	R' real	R' minim referinta
	[m ²]	[m ² K/W]	[m ² K/W]
Perete exterior	1362.51	1.16	1.40
Placa peste subsol	453.72	0.75	1.65
Placa peste ultimul etaj	453.72	1.16	3.00

- Coeficientii de transfer de caldura ai cladirii de referinta calculati conform metodologiei prezentate anterior:

$$H_T = 1899.15 \left[\frac{W}{K} \right]$$

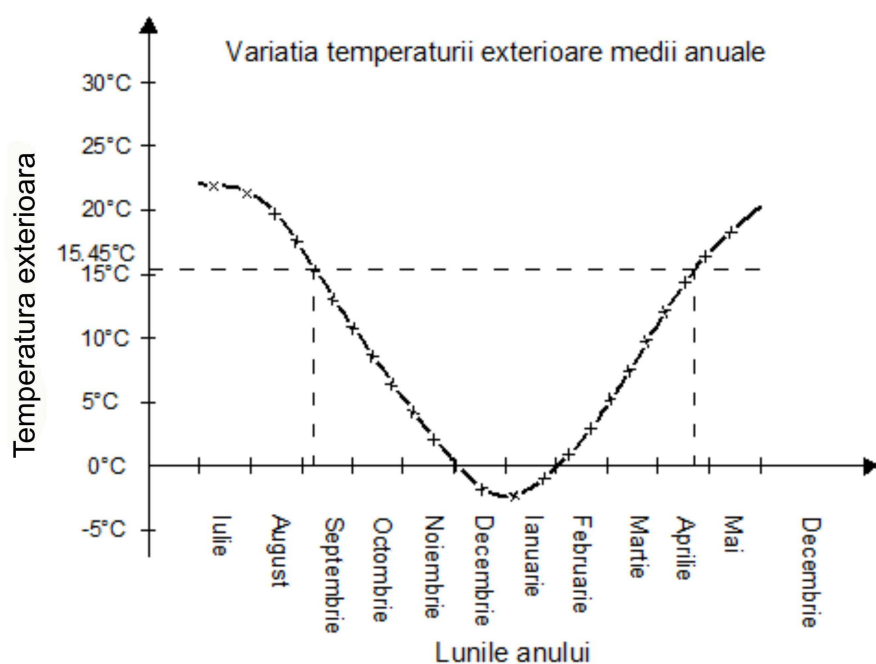
$$H_V = 712.24 \left[\frac{W}{K} \right]$$

$$H = 2611.39 \left[\frac{W}{K} \right]$$

- Determinarea perioadei de incalzire a cladirii de referinta:

$$\theta_{ed} = 15.45 \text{ } ^\circ C$$

Tabel 3.7.2: Determinarea perioadei de incalzire				
		8 septembrie – 23 aprilie		
		Valori conventionale		
Luna	t _{eo}	t	θ _e	θ _{em}
-	[°C]	[zile]	[°C]	[°C]
Iulie	15.45	0	22	5,3385
August	15.45	0	21.2	
Septembrie	15.45	23	16.9	
Octombrie	15.45	31	10.8	
Noiembrie	15.45	30	5.2	
Decembrie	15.45	31	0.2	
Ianuarie	15.45	31	-2.4	
Februarie	15.45	28	-0.1	
Martie	15.45	31	4.8	
Aprilie	15.45	23	11.3	
Mai	15.45	0	16.7	
Iunie	15.45	0	20.2	
		228	zile de incalzire	



- Pierderile de caldura ale cladirii de referinta:

$$Q_L = 204759,12 [kWh]$$

- Aporturile de caldura ale cladirii de referinta:

$$Q_i = 35121,48 [kWh]$$

$$Q_s = 27209,26 [kWh]$$

$$Q_g = 62330,75 [kWh]$$

$$\eta = 0.9994$$

- Necesarul de caldura pentru incalzire cladirii de referinta,:

$$Q_h = 142461,17 [kWh]$$

- Consumul de energie pentru incalzire , Q_{fh} :

$$Q_{fh} = 154732,83 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Consumul de energie pentru prepararea apei calde de consum , Q_{acm} :

Calculul consumului specific de caldura pentru prepararea apei calde de consum la cladirea de referinta, racordata la un sistem de incalzire districtual (punct termic central sau centrala termica de cartier), se face coform MC001 / PIII, Anexa 9:

$$q_{acm} = 1958 \cdot i_{loc} \cdot \frac{A_{loc}}{A_{inc}} \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$

- o $i_{loc} = 0,078$ – indice mediu statistic de ocupare a locuintelor (Metodologia de calcul al performantei energetice a cladirilor – partea a II-a, Anexa II.3.C);
- o $A_{loc} = 916.7$ – aria utila a camerelor de locuit;
- o $A_{inc} = 1604.60$ – aria utila a spatiului incalzit.

$$q_{acm} = 87.25 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$

$$Q_{acm} = 140002.09 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Consumul de energie pentru iluminat, W_{il} :

$$W_{il} = 18073.87 \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Energia primara si emisiile de CO_2 :

$$E_p = 374815.26 \left[\frac{kg}{an} \right]$$

$$E_{CO_2} = 62047.31 \left[\frac{kg}{an} \right]$$

$$I_{CO_2} = \frac{E_{CO_2}}{A_{inc}} = 38.67 \left[\frac{kgCO_2}{m^2 an} \right]$$

Notarea energetica a cladirii de referinta se realizeaza in functie de consumurile specifice aferente utilitatilor din cladire, utilizand scalele energetice corespunzatoare fiecarui consum, considerandu-se penalizarile $p_0=1$, astfel:

- Consumul anual specific de energie pentru incalzirea spatiilor:

$$q_{inc} = \frac{Q_{inc}}{A_{inc}} = 96.43 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$

↓
CLASA B

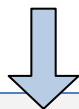
- Consumul anual specific de energie pentru prepararea apei calde de consum:

$$q_{acm} = \frac{Q_{acm}}{A_{inc}} = 87.25 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$

↓
CLASA D

- Consumul anual specific de energie pentru iluminat:

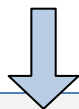
$$w_{il} = \frac{W_{il}}{A_{inc}} = 11,26 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



CLASA A

- Consumul anual specific de energie:

$$q_{tot} = 194,95 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



CLASA B

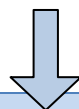
Relatia de determinare a notei energetice este urmatoarea:

$$N = \exp(-B_1 * q_{tot} * p_0 + B_2) \quad \text{dacă } q_{tot} * p_0 \geq q_{Tm}$$

$$N = 100 \quad \text{dacă } q_{tot} * p_0 < q_{Tm}$$

- $B_1=0.001053$, $B_2=$ - coeficienti numerici determinati conform MC 001 – 2006;
- p_0 - coeficient de panalizare a notei acordate cladirii;
- q_{Tm} - consumul specific anual normal de energie minim.

$$q_{tot} * p_0 = 194,95 \left[\frac{kWh}{m^2 an} \right]$$



N = 92,90

4. Descrierea solutiilor de reabilitare/modernizare termica

Auditul energetic s-a efectuat conform noii metodologii de auditare aprobate prin Ordinul nr. 157/2007 al Ministerului Construcțiilor, Transporturilor și Turismului.

Solutiile propuse corespund cerintelor din Ordonanta de Guvern OG 18/2009 care mentioneaza limitarea consumului specific de energie termica pentru incalzire la valoarea de 100 [kWh/m²an] si valori sporite ale rezistentelor termice corectate.

In cazul cladirii auditate s-au identificat urmatoarele solutii posibile de reabilitare:

Solutia 1 (S1) - Sporirea rezistentei termice a peretilor exteriori peste valoarea de 2,5 m²k/W prevazuta de norma metodologica de aplicare a OG 18/2009, prin izolarea termica a peretilor exteriori cu un strat de polistiren expandat ignifugat de 10 cm grosime, inclusiv protectia acestuia si aplicarea tencuielii exterioare. La aplicarea termosistemului se va acorda o atentie deosebita acoperirii punctelor termice existente.

Solutia 2 (S2) - Inlocuirea tamplariei existente din lemn și metal de pe fațade, corespunzatoare celor doua scari, cu tamplarie termoizolanta etansa cu rama din PVC, având minim 5 camere si geamuri duble, tratate low-e și eventual cu strat de Argon. Pentru asigurarea calitatii aerului interior si evitarea cresterii umiditatii interioare tamplaria va fi prevazuta cu fante higroreglabile.

Solutia 3 (S3) – Sporirea rezistentei termice a placii peste subsol peste valoarea minima de 1,25 m²K/W prevazuta de norma metodologica de aplicare a OG 18/2009, prin fixarea, lipirea sau prinderea cu dispozitive mecanice a unui strat termoizolant realizat din placi din polistiren expandat de 10 cm grosime sau vata minerala. Stratul termoizolant se va cobora pe peretii laterali ai subsolului pe o inaltime de 0,9 m pentru a „inchide” punctele termice. Termoizolatia se va proteja cu o masa de spaclu armata cu plasa din fibra de sticla.

Solutia 4 (S4) – Sporirea rezistentei termice a terasei peste valoarea minima de 3,5 m²K/W prevazuta de norma metodologica de aplicare a OG 18/2009, prin indepartarea straturilor exterioare pana la hidroizolatie si montarea unui nou strat termoizolant, de calitate si grosime corespunzatoare noilor cerinte. Stratul termoizolant poate fi alcatuit din:

- placi de polistiren expandat de inalta densitate, cu grosime de 10cm, protejate cu o șapă din mortar de ciment armată, sau
- placi de polistiren extrudat cu grosime de 10cm.

La exterior terasa se va proteja cu un strat hidroizolant alcatuit din cel puțin 2 membrane bituminoase multistrat, cea exterioară fiind cu ardezie.

Stratul termoizolant va „imbraca” aticul si se va racorda cu cel de pe fatadele cladirii.

Soluțiile propuse formează împreună un pachet de soluții care răspunde cerințelor OG 18/2009

▪ Soluții recomandate pentru instalațiile aferente clădirii

- refacerea izolației conductelor de distribuție agent termic încălzire și apă caldă de consum aflate în subsolul clădirii
- montare robineti cu termostat pe racordul corpurilor de încălzire
- montare debitmetre la punctele de consum apă caldă și apă rece
- montarea becurilor economice în locul celor incandescente
- asigurarea calității aerului interior prin ventilare naturală sau ventilare hibridă a apartamentelor (introducere permanentă aer exterior prin orificii pe fațade și evacuare aer interior prin băi și grupuri sanitare)

Pachetul 1, P1 -> S1 + S2 + S3 + S4 – Cuplarea soluției S1 cu soluția S2, S3 și S4 propune izolarea termică a peretilor exteriori, înlocuirea tamplariei existente vechi cu tamplarie termoizolantă etansă din PVC, sporirea rezistenței termice a plăcii peste subsol și sporirea rezistenței termice a planșeului peste ultimul nivel.

Analiza energetică a soluțiilor de reabilitare

Această analiză presupune reevaluarea indicatorilor energetici de bază ai clădirii pentru fiecare soluție în parte. În principal, este vorba de consumul anual de energie al clădirii care rezultă prin aplicarea fiecărei măsuri, mai redus decât cel aferent situației actuale. Analiza s-a efectuat atât pentru soluțiile prezentate cât și pentru pachetul de soluții menționat.

Rezultatele analizei sunt următoarele:

Varianta	Necesar caldura al cladirii	Consum anual incalzire	Consum anual specific incalzire	Consum total specific	Consum total	Economia anuala		Nota Energetica	Durata de incalzire
	(kWh/an)	(kWh/an)	(kWh/m ² ,an)	(kWh/m ² ,an)	(kWh/an)	(kWh/an)	(%)		[zile]
V0 (Cl.Reala)	204283,81	224790,91	140,09	235,49	377864,4	0	0	79,64	239
V1 (S1)	129958,20	140589,97	87,62	183,01	293663,5	84200,93	22,28	88,54	225
V2 (S2)	179364,56	196537,79	122,48	217,88	349611,3	28253,11	9,62	85,11	235
V3 (S3)	197037,44	216536,58	134,95	230,34	369610,1	8254,32	2,18	81,62	239
V4 (S4)	184811,73	202676,47	126,31	221,71	355750,9	22114,44	5,85	81,33	237
V5 (P1)	89383,22	94768,14	59,06	154,46	247841,6	130022,76	34,41	95,34	213

Analiza economica a solutiilor propuse

Aceasta analiza presupune evaluarea urmatorilor indicatori:

- costurilor de investitie a variantelor de reabilitare;
- duratei de viata a variantelor de reabilitare;
- economiile energetice datorate adoptarii variantelor de reabilitare.

Ținând seama de costul specific al energiei termice se stabilesc urmatoarele:

- durata de recuperare a investitiei pentru fiecare varianta de reabilitare;
- costul specific al energiei termice economisite;
- reducerea procentuala a facturii la utilitatile de energie termica.

In analiza economica a variantelor de reabilitare s-a avut in vedere un cost specific al agentului de incalzire de 0,5 lei/kWh. Aceasta valoare reprezinta pretul nesubventionat indicat de furnizorul de agent termic pentru incalzire in Bucuresti. Preturile unitare aferente fiecarei solutii reprezinta valori medii ale pietei la momentul intocmirii auditului.

Rezultatele analizei economice:

Varianta	Economia anuala	Cost aproximativ investitie	Durata de viata	Durata recuperare investitie	Costul specific al economiei energetice
	(kWh/an)	(lei)	(ani)	(ani)	(lei/kWh)
V1 (S1)	84200,93	172902,01	20	4,11	0,103
V2 (S2)	28253,12	35993,07	15	2,55	0,085
V3 (S3)	8254,32	34546,24	15	8,37	0,279
V4 (S4)	22114,44	61415,53	10	5,55	0,278
V5 (P1)	130022,76	304856,86	10	4,69	0,156

5. Concluzii

Analizele energetice si economice prezentate in tabelele 1 si 2 pun in evidenta performantele diferitelor solutii de reabilitare. Astfel :

- Varianta de reabilitare V1(S1) – implica un cost de cca. 172902 lei si se recupereaza in cca. 4.11 ani, costul specific al economiei energetice fiind de 0.102 lei/kWh. Aceasta solutie implica un cost relativ mare al investitiei dar aduce o economie semnificativa de energie si imbunatateste confortul termic interior. In acelasi timp, solutia aduce imbunatatiri performantei energetice a anvelopei cladirii prin limitarea efectelor puntilor termice. Aceasta solutie se va aplica conform detaliilor si indicatiilor date in proiectul de executie intocmit de un specialist in domeniul constructiilor civile care va analiza starea cladirii din punct de vedere al rezistentei.
- Varianta de reabilitare V2(S2) – implica un cost de cca. 35993 lei si se recupereaza in cca. 2.55 ani, costul specific al economiei energetice fiind de 0.08 lei/kWh. Aceasta solutie este cea mai performanta din punct de vedere tehnico-economic.
- Varianta de reabilitare V3(S3) – implica un cost de cca. 34546 lei si se recupereaza in cca. 8.37 ani, costul specific al economiei energetice fiind de 0.27 lei/kWh. Aplicand solutia de termoizolare a placii peste subsol printr-o costul investitiei este relativ mare comparativ cu economia de energie insa imbunatateste semnificativ confortul termic din spatiile de la parter si asigura inchiderea puntilor termice pe ansamblul anvelopei.
- Varianta de reabilitare V4(S4) – implica un cost de cca. 61415.53 lei si se recupereaza in cca. 5.55 ani, costul specific al economiei energetice fiind de 0.27 lei/kWh. Aplicand solutia de termoizolare a placii planseului de pod ca si in cazul termoizolarii placii pe sol se asigura continuitatea stratului termoizolant aplicat anvelopei cladirii si se reduc pierderile de energie.
- Varianta de reabilitare V5(P1) – implica un cost de cca. 304856 lei si se recupereaza in cca. 4.69 ani, costul specific al economiei energetice fiind de 0,15 lei/kWh. Varianta de reabilitare este buna atat din punct de vedere energetic cat si economic rezultand scaderea consumului anual specific pentru incalzire la valoarea de 59.06 kwh/m²an, respectand prevederile Ordonantei de Guvern OG 18/2009.

In analiza si decizia finala privind adoptarea anumitor solutii si pachete de solutii in scopul reducerii consumurilor energetice trebuie avut in vedere faptul ca pretul specific al energiei termice va creste in urmatoorii ani, astfel incat durata de recuperare a investitiilor se va reduce corespunzator.

Centralizator al solutiilor de reabilitare energetica a cladirii din Bucuresti

Nr. Crt.	Soluție/Pachet soluții modernizare	Consum specific incalzire (kWh/m ² ,an)	Consum specific acm (kWh/m ² ,an)	Consum specific total (kWh/m ² ,an)	Econ. de energie, Δ E (kWh/an)	Econ. relat de energie (%)	Durata de viață, N _s (ani)	Costul investiției (LEI)	Durata de recup. a investiției, N _R (ani)	Costul energiei economisite, e (LEI/kWh)
1	V1 (S1)	87,62	84,13	183,01	84200,9	22,28	20	172902,01	4,11	0,102672
2	V2 (S2)	122,48	84,13	217,88	28253,1	9,62	15	35993,07	2,55	0,08493
3	V3 (S3)	134,95	84,13	230,34	8254,3	2,18	15	34546,24	8,37	0,279015
4	V4 (S4)	126,31	84,13	221,71	22114,4	5,85	10	61415,53	5,55	0,277717
5	V5 (P1)	59,06	84,13	154,46	130022,8	34,41	10	304856,86	4,69	0,156309

Bibliografie

Întocmirea raportului de audit energetic al clădirii s-a efectuat în conformitate cu prevederile noii Metodologii Mc 001/2006, privind calculul consumurilor de energie a clădirilor.

Alte documente conexe sunt:

- Legea 325/27.05.2002 pentru aprobarea O.G. 29/30.01.2000 privind reabilitarea termică a fondului construit existent și stimularea economisirii energiei termice.
- O.G. 29/30.01.2000 privind reabilitarea termică a fondului construit existent și stimularea economisirii energiei termice.
- O.G. 18/04.03.2009 – Ordonanța de urgență privind creșterea performanței energetice a blocurilor de locuințe publicată în MO nr. 155/2009.
- Norma Metodologica din 17.03.2009 – Norma metodologica de aplicare a O.G. 18/04.03.2009
- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții.
- NP 008-97 - Normativ privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate în regim de iarnă-vară.
- GT 032-2001 - Ghid privind proceduri de efectuare a măsurărilor necesare expertizării termoenergetice a construcțiilor și instalațiilor aferente.
- SC 007-2002 - Soluții cadru pentru reabilitarea termo-higro-energetică a anvelopei clădirilor de locuit existente.
- C 107/1-2005 - Normativ privind calculul coeficienților globali de izolare termică la clădirile de locuit.
- C 107/3-2005 - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.
- C 107/5-2005 - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție în contact cu solul.
- SR 4839-1997 - Instalații de încălzire. Numărul anual de grade-zile.
- SR 1907/1-1997 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Prescripții de calcul.
- SR 1907/2-1997 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul.
- STAS 4908-85 - Clădiri civile, industriale și agrozootehnice. Aree și volume convenționale.
- STAS 11984-83 - Instalații de încălzire centrală. Suprafața echivalentă termică a corpurilor de încălzire.

Cod poștal
localitateNr. înregistrare la
Consiliul LocalData
înregistrării

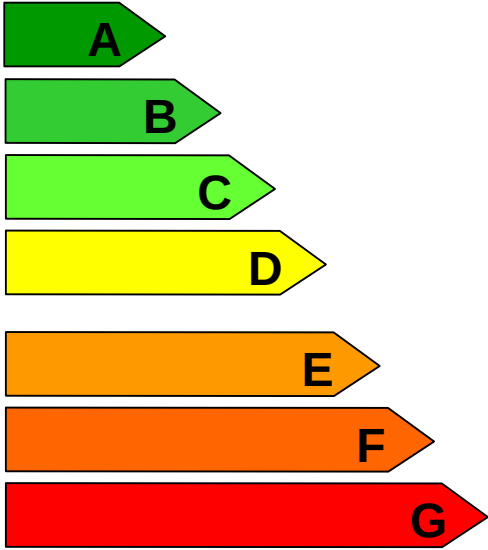
z z l l a a

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

Certificat de performanță energetică

Performanța energetică a clădirii	Notare energetică: 79,64		
Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005	Clădirea certificată	Clădirea de referință	
Eficiență energetică ridicată  Eficiență energetică scăzută	C	B	
Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	235,49	194,95	
Indice de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]	46,98	38,67	
Consum anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică	
		Clădirea certificată	Clădirea de referință
Încălzire:	140,09	C	B
Apă caldă de consum:	84,13	D	D
Climatizare:	-	-	-
Ventilare mecanică:	-	-	-
Iluminat artificial:	11,26	A	A
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]:		0	

Date privind clădirea certificată:

Adresa clădirii: BucureștiCategoría clădirii: Clădire de locuit cu mai multe apartamente (bloc)Regim de înălțime: **S+P+3**Anul construirii: 1985Scopul elaborării certificatului energetic: reabilitare energeticaSuprafata incalzita: 1604.6 m²Volumul incalzit al clădirii: 4252.19 m³Programul de calcul utilizat: X, versiunea: 1, Metoda de calcul: sezonieră

Date privind identificarea auditorului energetic pentru clădiri:

Gradul și
Specialitatea
(c, i, ci)gr. I C+I

Numele și prenumele

Alexandru S.Seria și
Nr. certificat
de atestareNr. și data înregistrării
certificatului în registrul
auditorului12 / 01.08.2009Semnătura
și ștampila
auditorului

Clasificarea energetică a clădirii este făcută funcție de consumul total de energie al clădirii, estimat prin analiză termică și energetică a construcției și instalațiilor aferente.

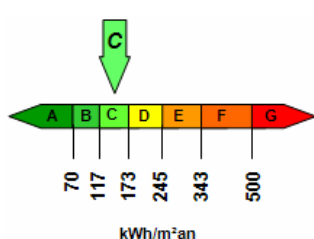
Notarea energetică a clădirii ține seama de penalizările datorate utilizării neraționale a energiei.

Perioada de valabilitate a prezentului Certificat Energetic este de 10 ani de la data eliberării acestuia

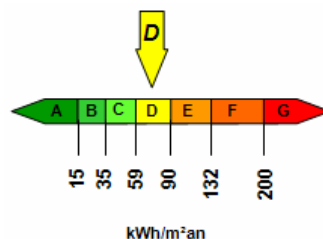
DATE PRIVIND EVALUAREA PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRII

Grile de clasificare energetică a clădirii funcție de consumul de căldură anual specific:

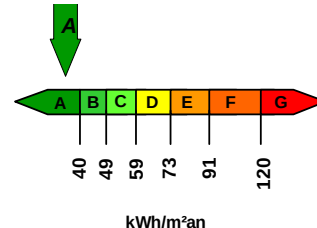
ÎNCĂLZIRE:



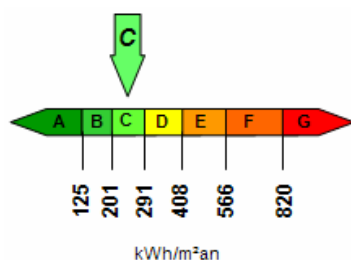
APĂ CALDĂ DE CONSUM:



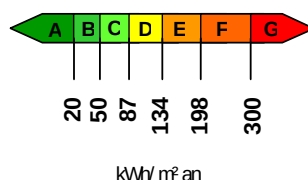
ILUMINAT:



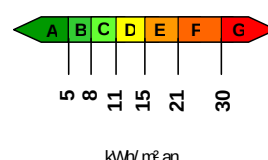
TOTAL: ÎNCĂLZIRE, APĂ CALDĂ DE CONSUM, ILUMINAT



CLIMATIZARE:



VENTILARE MECANICĂ:



Performanța energetică a clădirii de referință:

Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	Notare energetică
pentru:	92,90
Încălzire:	
Apă caldă de consum:	
Climatizare:	
Ventilare mecanică:	
Iluminat:	

Penalizări acordate clădirii certificate și motivarea acestora:

$P_0 = 1.436$ – după cum urmează.

▪ Subsol inundat/inundabil	$p_1 = 1,05$
▪ Usa nu este prevazuta cu sistem automat de inchidere si este lasata frecvent deschisa in perioada de neutilizare	$p_2 = 1,05$
▪ Ferestre/usi in stare proasta, lipsa sau sparte	$p_3 = 1,02$
▪ Corpuri statice sunt dotate cu armaturi de reglaj dar unele nu functioneaza	$p_4 = 1,02$
▪ Corpurile statice nu au fost demontate si spalate / curatate in totalitate dupa ultimul sezon de incalzire	$p_5 = 1,05$
▪ Coloanele de incalzire sunt prevazute cu armaturi de separare si golire a acestora, functionale	$p_6 = 1,02$
▪ Exista contor general de caldura pentru incalzire si acm.m	$p_7 = 1,00$
▪ Stare proasta a tencuielii exterioare	$p_8 = 1,05$
▪ Pereții exteriori umezi	$p_9 = 1,05$
▪ Terasa degradata, dar in stare uscata	$p_{10} = 1,00$
▪ Nu prezinta cosuri de fum	$p_{11} = 1,00$
▪ Exista sistem de ventilare naturala, stare de nefunctionare	$p_{12} = 1,06$

Clasificarea energetică a clădirii este făcută funcție de consumul total de energie al clădirii, estimat prin analiză termică și energetică a construcției și instalațiilor aferente.

Notarea energetică a clădirii ține seama de penalizările datorate utilizării neraționale a energiei.

Perioada de valabilitate a prezentului Certificat Energetic este de 10 ani de la data eliberării acestuia

□ **Recomandări pentru reducerea costurilor prin îmbunătățirea performanței energetice a clădirii:**

▪ Soluții recomandate pentru anvelopa clădirii:

Solutia 1 (S1) - Sporirea rezistenței termice a peretilor exterior peste valoarea de $2,5 \text{ m}^2\text{k/W}$., prevazuta de norma metodologica de aplicare a OG 18/2009, prin izolarea termica a peretilor exteriori cu un strat de polistiren expandat ignifugat de 10 cm grosime, inclusiv protectia acestuia si aplicarea tencuielii exterioare. La aplicarea termosistemului se va acorda o atentie deosebita inchiderii puntilor termice existente.

Solutia 2 (S2) - Inlocuirea tamplariei existente din lemn și metal de pe fațade, corespunzatoare celor doua scari, cu tamplarie termoizolanta etansa din PVC, minim 3 camere si geamuri duble cu strat de Argon. Pentru asigurarea calitatii aerului interior si evitarea cresterii umiditatii interioare tamplaria va fi prevazuta cu fante higroreglabile.

Solutia 3 (S3) – Sporirea rezistenței termice a placii peste subsol peste valoarea minima de $1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ prevazuta de norma metodologica de aplicare a OG 18/2009, prin fixarea, lipirea sau prinderea cu dispozitive mecanice a unui strat termoizolant realizat din placi din polistiren extrudat de 10 cm grosime sau vata minerala. Stratul termoizolant se va cobora pe peretii laterali ai subsolului pe o inaltime de 0,9 m pentru a inchide punctele termice. Termoizolatia se va proteja cu un strat impermeabil rezistent.

Solutia 4 (S4) – Sporirea rezistenței termice a terasei peste valoarea minima de $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ prevazuta de norma metodologica de aplicare a OG 18/2009, prin indepartarea straturilor exterioare până la hidroizolația existentă și montarea unui nou strat termoizolant, de calitate si grosime corespunzatoare noilor cerinte. Stratul termoizolant poate fi alcatuit din:

- placi de polistiren expandat cu grosime de 10cm, armat cu plasa de sarma si protejat cu o sapa din mortar de ciment, sau
- placi de polistiren extrudat cu grosime de 10cm, protejat cu o sapa din mortar de ciment,

La exterior terasa se va proteja cu un strat hidroizolant din membrana de bitum in doua straturi.

Soluțiile propuse formează împreună un pachet de soluții care răspunde cerințelor OG 18/2009

▪ Soluții recomandate pentru instalațiile aferente clădirii

- Refacerea izolației conductelor de distribuție agent termic încălzire și apă caldă de consum aflate în subsolul clădirii
- Montare robineti cu termostat pe racordul corpurilor de încălzire
- Montare debitmetre la punctele de consum apă caldă și apă rece
- Montarea becurilor economice în locul celor incandescente
- Asigurarea calității aerului interior prin ventilare naturală sau ventilare hibridă a apartamentelor (introducere permanentă aer exterior prin orificii pe fațade și evacuare aer interior prin băi și grupuri sanitare)

INFORMAȚII PRIVIND CLĂDIREA CERTIFICATĂ
Anexa la Certificatul de performanță energetică nr.

1. Date privind construcția:

- ☐ Categoria clădirii: ☐ de locuit, individuală ☒ de locuit cu mai multe apartamente (bloc)

- ☐ cămine, internate ☐ spitale, policlinici
☐ hoteluri și restaurante ☐ clădiri pentru sport
☐ clădiri social-culturale ☐ clădiri pentru servicii de comerț
☐ alte tipuri de clădiri consumatoare de energie

- ☐ Nr. niveluri: ☒ Subsol, ☐ Demisol,
☒ Parter + ...3... etaje

- ☐ Nr. de apartamente și suprafețe :

Tip. ap.	Nr. ap.	S _{ap} [m²]
1	2	3
2 cam.	8	46,36
3 cam.	16	66,1

- ☐ Volumul încălzit al clădirii: 4252,19 m³

- ☐ Caracteristici geometrice și termotehnice ale anvelopei:

Element de construcție	Suprafață	Rezistență termică corectată
	m²	m²K/W
1	2	3
Perete exterior opaci	1362.51	1,16
Planseu peste subsol	453.72	0,75
Planseu peste ultimul nivel	453.72	1,15
Tamplarie lemn	75.01	0.39
Tamplarie PVC	171.67	0.55
Tamplarie metal	10.08	0,17

2. Date privind instalația de încălzire interioară:

- ☐ Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor:

- ☐ Sursă proprie, cu combustibil:
☐ Centrală termică de cartier
☐ Termoficare – punct termic central
☒ Termoficare – punct termic local
☐ Altă sursă sau sursă mixtă:

- ☐ Tipul sistemului de încălzire:

- ☐ Încălzire locală cu sobe,
☒ Încălzire centrală cu corpuri statice,
☐ Încălzire centrală cu aer cald,
☐ Încălzire centrală cu planșee încălzitoare,
☐ Alt sistem de încălzire:

- ☐ Date privind instalația de încălzire locală cu sobe:
- Numărul sobelor:
 - Tipul sobelor,
- ☐ Date privind instalația de încălzire interioară cu corpuri statice:

Tip corp static	Număr de corpuri statice [buc]		
	În spațiul locuit	În spațiul comun	Total
624/4	144	-	144

- Necesarul de căldură de calcul: :**84412.48**.....W
- Racord la sursa centralizată cu căldură: ☒ racord unic,
☐ multiplu: puncte,
- Contor de căldură: - tip contor,
- anul instalării,
- existența vizei metrologice
- Elemente de reglaj termic și hidraulic:
- la nivel de racord,
- la nivelul coloanelor,
- la nivelul corpurilor statice armături de reglaj;
- Lungimea totală a rețelei de distribuție amplasată în spații neîncălzite206,28 m

3. Date privind instalația de apă caldă de consum:

- ☐ Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum:
- ☐ Sursă proprie, cu:
 - ☐ Centrală termică de cartier
 - ☐ Termoficare – punct termic central
 - ☒ Termoficare – punct termic local
 - ☐ Altă sursă sau sursă mixtă:
- ☐ Tipul sistemului de preparare a apei calde de consum:
- ☒ Din sursă centralizată,
 - ☐ Centrală termică proprie,
 - ☐ Boiler cu acumulare,
 - ☐ Preparare locală cu aparate de tip instant a.c.m.,
 - ☐ Preparare locală pe plită,
 - ☐ Alt sistem de preparare a.c.m.:
- ☐ Puncte de consum a.c.m.:80.....
- ☐ Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri: 32 WC: 32 lavoare: 24 baterii: 24 spalatoare
- ☐ Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic,
- ☐ multiplu: puncte,
- ☐ Conducta de recirculare a a.c.m.:
- ☐ funcțională,
 - ☐ nu funcționează
 - ☒ nu există

Ștampila și semnătura

VII. EXEMPLU DE CALCUL
PRIVIND APLICAREA BREVIARULUI DE CALCUL PENTRU
STABILIREA PERFORMANTELOR ENERGETICE ALE UNUI
APARTAMENT DE LOCUIT

1. Obiectul lucrării

Exemplul de calcul privind evaluarea energetică pentru un apartament din Bucuresti dintr-un bloc de locuinte, având S+P+3 niveluri, este efectuat pe baza datelor și observațiilor obținute în urma analizei apartamentului și a instalațiilor de încălzire, preparare a apei calde de consum și iluminat. Apartamentul nu este dotat cu sistem de ventilare mecanica sau de climatizare. Evaluarea s-a realizat pe baza documentatiei tehnice.

Rezultatele obținute pe baza evaluării energetice a apartamentului și instalațiilor de încălzire, preparare a apei calde de consum și iluminat aferente acestora servesc la **Certificarea energetică** a apartamentului.

2. Analiza termică și energetică a apartamentului

2.1. Caracteristici geometrice si de alcătuire a apartamentului

2.1.1. Descrierea arhitecturală a apartamentului

Apartamentul evaluat este situat într-un bloc de locuințe din Bucuresti, administrat de Asociația de Proprietari.

Construcția a fost executată în anul 1985 și a fost proiectată de Institutul de Proiectare, Bucuresti.

Apartamentul studiat este situat la etajul al doilea (apartament de mijloc), orientarea principală fiind Sud-Est. Apartamentul este decomandat. Dimensiunile în plan ale acestuia sunt 9,6 m x 6,5 m cu o suprafața totală construită de 62,22 m².

Accesul în apartament se face pe o scară interioară comună, cu o singură rampă și podest de nivel.

Soluția de compartimentare arhitecturală existentă pentru apartament:

- cameră de zi
- dormitor
- dormitor
- bucatarie
- baie
- hol

Înălțimea liberă de nivel este 2,65 m.

2.1.2. Descrierea alcătuirii elementelor de construcție si structurii de rezistență

Peretii exteriori care alcătuiesc anvelopa apartamentului sunt alcătuiți astfel:

- tencuieli de cca. 2 cm grosime la interior;
- zidărie din blocuri de B.C.A. având grosimea de 35 cm;
- tencuieli de cca. 2 cm grosime la exterior;

Peretii interiori sunt din zidarie de blocuri din B.C.A., iar cei in contact direct cu casa scarii sunt din beton armat.

Tâmplăria exterioară a apartamentului este din lemn de rășinoase, de tip cuplată, cu 2 foi de geam simplu, prezentand elemente de degradare.

Usa de intrare in apartament si usa de la apartament sunt din lemn.

Finisajele interioare sunt obișnuite:

- tencuieli de cca. 2 cm grosime la interior, zugrăveli în culori de apă;
- pereții băilor și bucătărilor au fost prevăzuți cu faianța pe toată suprafața pereților;
- tencuieli de cca. 2 cm la exterior, cu finisaj de praf de piatră;
- pardoseli, în camere, din parchet; pardoseli de gresie, în bucătării, băi și spații comune;

Structura de rezistență a blocului deasupra cotei 0,00 este alcătuită astfel:

- elemente verticale din beton armat monolit – stalpi de rezistență;
- elemente orizontale – planșee prefabricate din beton armat și grinzi realizate atât prefabricat cat și monolit; scările sunt prefabricate.

Infrastructura este realizată după cum urmează:

- pereți structurali din beton armat atât pe linia elementelor structurale ale suprastructurii cat și suplimentari față de aceștia;
- planșeul peste nivel realizat din beton armat turnat monolit;
- fundații continue de tip talpă și cuzinet din beton armat.

2.1.3. Descrierea tipurilor de instalații interioare și comune și alcătuirea acestora (încălzire, ventilare/climatizare, apă caldă menajeră, iluminat)

Încălzirea apartamentului analizat este asigurată prin alimentarea cu agent termic de la un punct termic învecinat. Conductele subtraversează carosabilul și o zonă verde până la PT, printr-un canal termic care se deschide în subsolul clădirii. Ca urmare a uzurii avansate a conductelor de încălzire și apă caldă și a armăturilor cu care acestea sunt echipate, se constată pierderi mari de căldură și umiditate atât pe canalul termic cât și în subsolul blocului.

Corpurile de incalzire din apartament sunt din fonta.

Casa scării nu este încălzită în mod direct.

Distribuția agentului termic se realizează prin sistem bitubular cu distribuție inferioară și coloane verticale care străbat planșeele. Coloanele sunt aparente și sunt racordate la partea superioară a apartamentului la vasul de aerisire. În subsolul tehnic al clădirii conductele formează o rețea de distribuție ramificată.

Instalația de alimentare cu apă caldă de consum urmează același traseu la subsol, ca și instalația de alimentare cu căldură și se ramifică pe verticală în coloane care alimentează bucătăriile și băile din apartament. Se constată degradarea și lipsa pe arii extinse a termoizolației aferente conductelor de alimentare cu apă caldă de consum.

Apartamentul este alimentat cu apă rece de la rețeaua orășenească. În apartament sunt montate 4 puncte de consum apă rece și 3 de puncte de consum apă caldă.

Condițiile convenționale de calcul sunt fixate de valorile: $\theta_T=80^\circ\text{C}$, $\theta_R=60^\circ\text{C}$, $\theta_i=20^\circ\text{C}$, $\theta_e=-15^\circ\text{C}$.

Sistemul de iluminat este echipat cu becuri incandescente.

2.1.4. Regimul de ocupare al apartamentului

Regimul de ocupare al apartamentului este de 24 de ore pe zi, iar alimentarea cu căldură se consideră în regim continuu. Apartamentul nu este echipat cu sisteme de ventilare mecanică, răcire sau condiționarea aerului.

2.1.5. Anvelopa apartamentului și volumul încălzit al apartamentului

Anvelopa apartamentului reprezintă totalitatea elementelor de construcție care închid volumul încălzit, direct sau indirect, al acestuia.

2.2. Caracteristici termice

2.2.1. Calculul rezistențelor termice unidirecționale

$$R = R_i + \sum \frac{\delta_j}{\alpha_j \lambda_j} + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_j}{\alpha_j \lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e} \quad \left[\frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Tabel 2.2.1.1 PERETE EXTERIOR						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]
1	Tencuiala din mortar de var	0,02	0.7	1.05	0.74	0.03
2	Zidarie din blocuri B.C.A.	0,35	0.22	1.15	0.25	1.38
3	Tencuiala din mortar var - ciment	0,02	0.87	1.15	1.00	0.02
TOTAL						1.43
$R_0=1/\alpha_i+R+1/\alpha_e$						1.60

α_i : coeficient de transfer termic superficial interior 8 [W/m²K]

α_e : coeficient de transfer termic superficial exterior 24 [W/m²K]

a: coeficient de majorare a conductivitatii termice in functie de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI

λ : conductivitatea termică de calcul

λ' : conductivitatea termică corectată de calcul

Tabel 2.2.1.2: PERETI ADIACENTI CASEI SCARII (BETON ARMAT)						
Nr.crt	Material	δ	λ	a	λ'	R
[-]	[-]	[m]	[W/mK]	[-]	[W/mK]	[m²K/W]
1	Tencuiala din mortar de var	0,02	0.7	1.05	0.74	0.03
2	Beton armat	0,15	2.03	1.05	2.13	0.07
3	Tencuiala din mortar var - ciment	0,02	0.87	1.05	0.91	0.02
TOTAL						0.12
$R_0=1/\alpha_i+R+1/\alpha_e$						0.33

α_i : coeficient de transfer termic superficial interior 8 [W/m²K]

α_e : coeficient de transfer termic superficial exterior 12 [W/m²K]

a: coeficient de majorare a conductivității termice in funcție de starea si vechimea materialelor, cf. tab. 5.3.2, Mc001 - PI

λ : conductivitatea termica de calcul

λ' : conductivitatea termica corectata de calcul

Tabel 2.2.1.3: TAMPLARIE EXTERIOARA	
Material	R
[-]	[m ² K/W]
Tamplarie din lemn cuplata	0.39

2.2.2. Calculul rezistențelor termice corectate

$$R' = r \cdot R = R \frac{1}{1 + \frac{R [\sum (\Psi \cdot l) + \sum \chi]}{A}} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Tabel 2.2.2.1: COEFICIENTI SPECIFICI LINIARI DE TRANSFER TERMIC

Elementul de construcție	Detaliu	Tabel C107/3	Ψ [W/mK]	l [m]	$\Psi \cdot l$ [W/K]
Perete exterior	1. Intersecție pereti cu stalpisor	1	0.1	56.77	5.677
	2. Intersecție pereti fara stalpisor	1	-0.04	13.25	-0.53
	3. Colt pereti cu stalpisor	3	0.16	15.1	2.416
	4. Colt pereti fara stalpisor	3	0.09	5.32	0.4788
	5. Grinda B.A. (consola sus) 1	24	0.14	23.3	3.262
	6. Grinda B.A. (consola sus) 2	24	0.04	23.3	0.932
	7. Tamplarie cuplata (fara urechi)	61	0.12	12.8	1.536
	8. Buiandrug tamplarie cuplata	62	0.12	8.2	0.984
	9. Solbanc tamplarie cuplata	53	0.12	8.2	0.984
	Total				15.74

- Ψ = transmitanța termică liniară a punții termice liniare;
- l = lungimea punților termice liniare de același fel;

Tabel 2.2.2.2: REZISTENȚE TERMICE CORECTATE

Elementul de construcție	A	R	$\Sigma(\Psi \cdot l)$	$[\Sigma(\Psi \cdot l)]/A$	$1/R'$	R'	r
	[m ²]	[m ² K/W]	[W/K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m ² K/W]	[-]
Perete exterior	66.22	1.60	15.74	0.24	0.87	1.16	0.72

- A = aria elementelor anvelopei apartamentului;
- R = rezistența termică specifică unidirecțională aferentă ariei A (Conform C107/1);
- R' = rezistența termică corectată;
- r = coeficient de corecție pentru punțile termice

2.3. Parametrii climatici

2.3.1. Temperatura convențională exterioară de calcul

Pentru iarnă, temperatura convențională de calcul a aerului exterior se consideră în funcție de zona climatică în care se află localitatea București (zona II), conform STAS 1907/1, astfel:

$$\theta_e = -15^\circ\text{C}$$

2.3.2. Intensitatea radiatiei solare si temperaturile exterioare medii lunare

Intensitățile medii lunare și temperaturile exterioare medii lunare au fost stabilite în conformitate cu Mc001 – PI, anexa A.9.6, respectiv SR4839, pentru localitatea București.

Tabel 2.3.2.1: Valori medii ale intensitatii radiatiei solare				
Luna	Intensitatea radiatiei solare [W/m ²]			
	NV	SE	SV	NE
Ianuarie	14.90	59.3	59.3	14.9
Februarie	28	87.3	87.3	28
Martie	38.9	91.4	91.4	38.9
Aprilie	52.8	91.6	91.6	52.8
Mai	70.4	86	86	70.4
Iunie	78.2	92.8	92.8	78.2
Iulie	71.1	89.9	89.9	71.1
August	75.8	123.8	123.8	75.8
Septembrie	60.1	119.1	119.1	60.1
Octombrie	36.3	104.1	104.1	36.3
Noiembrie	16.5	57.4	57.4	16.5
Decembrie	12.3	53	53	12.3

Tabel 2.3.2.2: Valori medii ale temperaturii exterioare	
Luna	Temperatura medie [°C]
Ianuarie	-2.4
Februarie	-0.1
Martie	4.8
Aprilie	11.3
Mai	16.7
Iunie	20.2
Iulie	22
August	21.2
Septembrie	16.9
Octombrie	10.8
Noiembrie	5.2
Decembrie	0.2

2.4. Temperaturi de calcul ale spațiilor interioare

2.4.1. Temperatura interioară predominantă a încăperilor încălzite

Conform Metodologiei Mc001- PI (I.9.1.1.1), temperatura predominantă pentru clădiri de locuit este:

$$\theta_i = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.4.2. Temperatura interioară a spațiilor neîncălzite

Conform Metodologiei Mc001- PI (I.9.1.1.1), temperatura interioară a spațiilor neîncălzite de tip subsol și casa scării, se calculează pe bază de bilanț termic.

- Temperatura casei scării neîncălzită, este:

$$\theta_{ues} = 17.13 [^{\circ}\text{C}]$$

2.4.3. Temperatura interioară de calcul

Conform Metodologiei Mc001 – 2006/PII, dacă diferența de temperatură între volumul încălzit și casa scării este mai mică de 4°C, întregii clădiri se aplică calculul monozonal. În acest caz, temperatura interioară de calcul a apartamentului, este:

$$\theta_i = \frac{\sum \theta_{ij} * A_j}{\sum A_j} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

A_j = aria zonei j [m^2];

- θ_{ij} = temperatura interioară a zonei j [$^{\circ}\text{C}$]

$$\theta_i = 19.67 [^{\circ}\text{C}]$$

2.5. Calculul coeficienților de pierderi de căldură H_T și H_V

a. Calculul coeficientului de pierderi de căldură al apartamentului, H

$$H = H_V + H_T \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

b. Calculul coeficientului de pierderi de căldură al apartamentului, prin ventilație, H_V

$$H_V = \frac{\rho_a * c_a * n_a * V}{3,6} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

- $\rho_a = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ - densitatea aerului (Mc001-P II-1, pag. 14);
- $c_a = 1,005 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right]$ – căldura specifică a aerului;
- $n_a = 0,6 [\text{h}^{-1}]$ – numărul mediu de schimburi de aer (conform Mc001-PI);

Numărul de schimburi de aer pe oră					
Categoria apartamentului		Clasa de adăpostire	Clasa de permeabilitate		
			ridică ­ tă	medie	scăzu ­ tă
Clădiri individuale		neadăpostite	1.5	0.8	0.5
		moderat adăp.	1.1	0.6	0.5
		adăpostite	0.7	0.5	0.5
Clădiri cu mai multe apartamente, cămine, internate etc.	dublă expunere	neadăpostite	1.2	0.7	0.5
		moderat adăp.	0.9	0.6	0.5
		adăpostite	0.6	0.5	0.5
	simplă expunere	neadăpostite	1	0.6	0.5
		moderat adăp.	0.7	0.5	0.5
		adăpostite	0.5	0.5	0.5

- $V = 168 \text{ [m}^3\text{]}$ – volumul încălzit, direct sau indirect, al apartamentului.

$$H_V = 34,27 \text{ [W/K]}$$

c. Calculul coeficientului de pierderi de căldură al apartamentului, prin transmisie, H_T

$$H_T = L + H_U \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

- o L = coeficient de cuplaj termic prin anvelopa exterioară a apartamentului $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$;

$$L = \sum U'_j \cdot A_j \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

- U'_j = transmitanța termică corectată a părții j din anvelopa apartamentului $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$;
- A_j = aria pentru care se calculează U'_j , $[\text{m}^2]$.

Tabel 2.5.1: Coeficienti de cuplaj termic ai spatiului incalzit al apartamentului

Elementul de constructie		R'_j	$U'_j = 1/R'_j$	A_j	$U'_j \times A_j$
		$[\text{m}^2 \text{K/W}]$	$[\text{W/m}^2 \text{K}]$	$[\text{m}^2]$	$[\text{W/K}]$
Perete	Exterior	1.16	0.87	56.77	49.35
Tamplarie	Lemn	0.39	2.56	10.25	26.28

$$L = 75,64 \text{ [W/K]}$$

- o H_U - coeficient de pierderi termice prin anvelopa apartamentului spre spații neîncălzite, (conform SR EN ISO 13789) $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$

$H_U = 0 \text{ [W/K]}$ deoarece diferența dintre $\theta_i = 19,67 [^\circ\text{C}]$ și $\theta_{\text{ucs}} = 17,13 [^\circ\text{C}]$ este mai mică de 4°C .

$$H_T = 75,64 \text{ [W/K]}.$$

Prin urmare coeficientul de pierderi de căldură al apartamentului este:

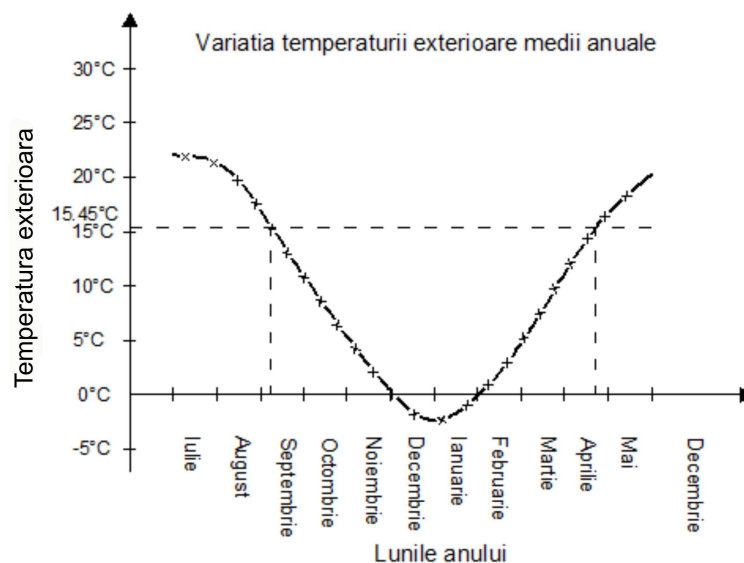
$$H = H_T + H_V = 109,91 \text{ [W/K]}$$

2.6. Stabilirea perioadei de încălzire preliminară

În prima fază a calculului consumurilor de energie se stabilește perioada de încălzire preliminară, conform SR 4839. În acest caz temperatura convențională de echilibru este $\theta_{eo} = 12^\circ\text{C}$.

Tabel 2.6.1: Determinarea perioadei de incalzire				
		24 septembrie – 4 aprilie		
		Valori conventionale		
Luna	θ_{eo}	t	θ_e	θ_{em}
-	[°C]	[zile]	[°C]	[°C]
Iulie	12	0	22	3,725
August	12	0	21,2	
Septembrie	12	6	16,9	
Octombrie	12	31	10,8	
Noiembrie	12	30	5,2	
Decembrie	12	31	0,2	
Ianuarie	12	31	-2,4	
Februarie	12	28	-0,1	
Martie	12	31	4,8	
Aprilie	12	4	11,3	
Mai	12	0	16,7	
Iunie	12	0	20,2	
		192	zile de incalzire	

Temperatura exterioară medie pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a temperaturilor medii lunare cu numărul de zile ale fiecărei luni.



2.6.1. Calculul pierderilor de caldura ale apartamentului Q_L (calcul preliminar, pentru $\theta_{eo}=12^\circ\text{C}$)

$$Q_L = H * (\theta_i - \theta_e) * t \quad [\text{kWh}]$$

- $H = 109,91 \frac{\text{W}}{\text{K}}$ - coeficient de pierderi de caldura al cladirii $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}}\right]$;
- $\theta_i = 19.67^\circ\text{C}$ - temperatura interioara de calcul $[\text{°C}]$;
- $\theta_e = 3,725^\circ\text{C}$ - temperatura exterioara medie pe perioada de incalzire $[\text{°C}]$;
- $Dz = 192$ zile– durata perioadei de incalzire preliminara determinata grafic $[\text{zile}]$;
- $t = 192 \times 24 = 4608$ h - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_L = 7144,41 \text{ [kWh]}$$

Calculul aporturilor de căldură ale apartamentului Q_g (calcul preliminar, pentru $\theta_{eo} = 12^\circ\text{C}$)

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad [\text{kWh}]$$

- Q_i = degajari de căldură interne $[\text{kWh}]$;

$$Q_i = [\phi_{i,h} + (1 - b) \cdot \phi_{i,u}] \cdot t \quad [\text{kWh}]$$

- o $\phi_{i,h}$ = fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile incalzite $[\text{W}]$;

$$\phi_{i,h} = \phi_i \cdot A_{inc} = 248.9 \text{ [W]}$$

- $\phi_i = 4 \text{ W/m}^2$ fluxul termic mediu al degajarilor interne, cf. Mc001 – PII, $[\text{W}]$;
- $A_{inc} = 62,22$ - aria totala a spatiului încălzit, $[\text{m}^2]$;
- o $\phi_{i,u} = 0$ - fluxul termic mediu al degajarilor interne in spațiile neîncălzite $[\text{W}]$;
- o $Dz = 192$ zile– durata perioadei de încălzire preliminară determinată grafic $[\text{zile}]$;
- o $t = 192 \times 24 = 4608 \text{ h}$ - numar de ore perioada de încălzire.

$$Q_i = 1146.84 \text{ [kWh]}$$

- Q_s = aporturi solare prin elementele vitrate , $[\text{kWh}]$;

$$Q_s = \sum \left[I_{sj} \cdot \sum A_{snj} \right] \cdot t \quad [\text{kWh}]$$

- o I_{sj} = radiatia solara totala medie pe perioada de calcul pe o suprafata de 1m^2 avand orientarea j $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right]$;
- o A_{snj} = aria receptoare echivalentă a suprafetei n avand orientarea j $[\text{m}^2]$

$$A_{snj} = A \cdot F_s \cdot F_F \cdot g \text{ [m}^2\text{]}$$

- A = aria totala a elementului vitrat n $[\text{m}^2]$;
- F_s = factorul de umbrire a suprafetei n;

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$$

- F_h = factorul partial de corectie datorita orizontului;
- F_o = factorul partial de corectie pentru proeminente;
- F_f = factorul partial de corectie pentru aripioare.
- F_F = factorul de reducere pentru ramele vitrajelor;

$$F_F = \frac{A_z}{A}$$

- g = transmitanta totala la energie solara a suprafetei n;

$$g = F_w g_l$$

- F_w = factor de transmisie solara;
- g_l = transmitanta totala la energia solara pentru radiatiile perpendiculare pe vitraj;

Valorile factorilor F_{hr} , F_{or} , F_f , F_w si g_l se gasesc in SR ISO 13790 anexa H.

Tabel 2.6.1.1: Valori medii ale intensitatii radiatiei solare pentru perioada de incalzire									
Luna	Zile	Intensitatea radiatiei solare [W/m ²]							
		NV		SE		SV		NE	
Ianuarie	31	14.90	26,17	59.3	77.03	59.3	77,03	14.9	26,17
Februarie	28	28		87.3		87.3		28	
Martie	31	38.9		91.4		91.4		38.9	
Aprilie	4	52.8		91.6		91.6		52.8	
Mai	0	70.4		86		86		70.4	
Iunie	0	78.2		92.8		92.8		78.2	
Iulie	0	71.1		89.9		89.9		71.1	
August	0	75.8		123.8		123.8		75.8	
Septembrie	6	60.1		119.1		119.1		60.1	
Octombrie	31	36.3		104.1		104.1		36.3	
Noiembrie	30	16.5		57.4		57.4		16.5	
Decembrie	31	12.3		53		53		12.3	

Intensitatea radiației solare medii pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a intensităților medii lunare, cu numărul de zile ale fiecărei luni.

Tabel 2.6.1.2: Determinarea ariei receptoare echivalente a suprafetei vitrate A_s									
Tip	Nr. ferestre	Orientare	Latime	Inaltime	A	F_s	F_F	g	A_s
-	-	-	[m]	[m]	[m ²]	-	-	-	[m ²]
F1	3	SE	1.2	1.2	1.44	0.9506	0.839	0.60	1.38
F2	1	SE	1.8	1.2	2.16	0.9506	0.839	0.60	1.03
F3	1	SE	0.9	1.2	1.08	0.9506	0.839	0.60	0.52

Analog, determinarea ariei receptoare echivalente a suprafetelor vitrate se face pentru fiecare fereastră, in funcție de orientare, rezultand:

Tabel 2.6.1.3: Aporturi solare pe orientări			
Orientare	ΣA_{snj} [m ²]	I_{sj} [W/m ²]	Q_{sj} [W]
SE	2.93	77.03	225.68
TOTAL			225.68

- o $Dz = 192$ zile— durata perioadei de încălzire preliminară determinată grafic [zile];
- o $t = 192 \times 24 = 4608$ h - număr de ore perioada de încălzire.
- o

$$Q_s = 1039.93 \text{ [kWh]}$$

$$Q_g = 2186,77 \text{ [kWh]}$$

Fluxul aporturilor de căldură se calculează astfel:

$$Q_g/t = 474,56 \text{ [W]}$$

2.6.2. Determinarea factorului de utilizare preliminar, η_1

Pentru a putea calcula factorul de utilizare trebuie stabilit un coeficient adimensional, γ , care reprezinta raportul dintre aporturi, Q_g si pierderi, Q_L , astfel:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L} = 0.21$$

- o $Q_g = 2186,77$ - aporturi totale de caldura pentru apartament [kWh/an]
- $Q_L = 10074,26$ - pierderile de caldura ale apartamentului [kWh/an];

Deoarece coeficient adimensional $\gamma \neq 1$, atunci:

$$\eta_1 = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

- o $\gamma = 0,21$ - coeficient adimensional reprezentand raportul dintre aporturi si pierderi;
- o a = parametru numeric care depinde de constanta de timp τ ;

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

- $a_0 = 0,8$ - parametru numeric (conform Metodologiei Mc 001-1);
- $\tau_0 = 30$ h (conform Metodologiei Mc 001-1);
- τ = constanta de timp care caracterizeaza inertia termica interioara a spatiului incalzit, h;

$$\tau = \frac{C}{H}$$

- C = capacitatea termica interioara a apartamentului

$$C = \sum x_j \cdot A_j = \sum_i \sum_j \rho_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij} \cdot A_j \left[\frac{J}{K} \right]$$

Tabel 2.6.2.1: Determinarea capacitatii termice interioare a cladirii

Elementul de constructie	Componente	ρ	c	d	A	C
		[kg/m ³]	[J/kgK]	[m]	[m ²]	[J/K]
Pereti interiori 1	Tencuiala	1700	840	0.04	40	2284800
	BCA	1800	870	0.15	40	9396000
Pereti interiori 2	Tencuiala	1700	840	0.04	8.4	479808
	Beton	2600	840	0.15	8.4	2751840
Pereti exteriori	Tencuiala	1700	840	0.02	56.77	1621351
	BCA	1800	870	0.08	56.77	7112146
	Placa beton	2600	840	0.06	26.22	3435869
Tavan	Tencuiala	1700	840	0.01	62.22	888502
	Placa beton	2600	840	0.09	62.22	12229963

- ρ = densitatea materialului;
- c = capacitatea calorica masica a materialului;
- d = grosimea stratului;
- A = aria elementului;

$$C=48,9 \text{ [MJ]}$$

- $H = 109,91 \left[\frac{W}{K} \right]$ – coeficient de transfer de caldura $\left[\frac{W}{K} \right]$;

$$\tau=393837.87 \text{ s}=109.39[h]$$

$$a=4.45$$

$$\eta_1=0.9991$$

2.6.3. Determinarea temperaturii de echilibru si perioada de incalzire reala a apartamentului

$$\theta_{ed} = \theta_{id} - \frac{\eta * \phi_a}{H}$$

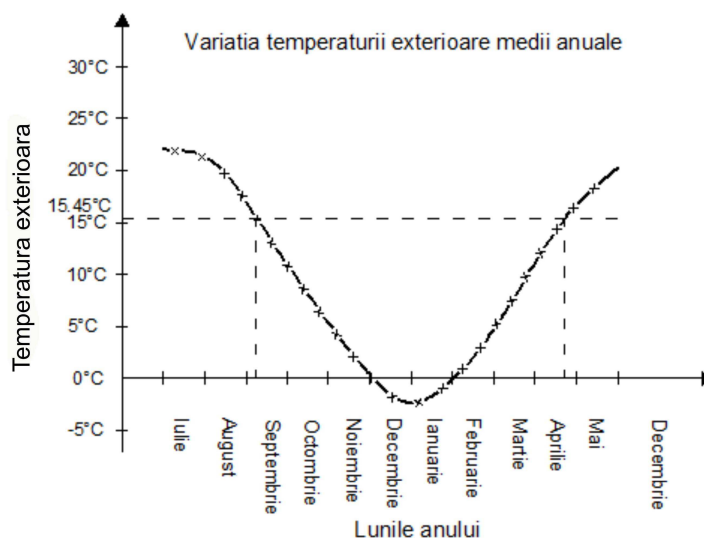
- θ_{ed} = temperatura de echilibru;
- $\theta_{id}=19.67^\circ C$ - temperatura interioara de calcul;
- $\eta = 0,9991$ factorul de utilizare al aporturilor;
- $\phi_a=225.68 \text{ W}$ - aporturile solare si interne medii pe perioada de incalzire $[W]$;
- $H = 109,91 \frac{W}{K}$ - coeficientul de pierderi termice ale cladirii $\left[\frac{W}{K} \right]$;

Temperatura de echilibru a apartamentului este:

$$\theta_{ed} = 15.21^\circ C$$

Tabel 2.6.3.1: Determinarea perioadei de incalzire				
		4 Septembrie – 26 Aprilie		
		Valori conventionale		
Luna	θ_{ed}	t	θ_e	θ_{em}
-	[°C]	[zile]	[°C]	[°C]
Iulie	15.21	0	22	5,463
August	15.21	0	21.2	
Septembrie	15.21	26	16.9	
Octombrie	15.21	31	10.8	
Noiembrie	15.21	30	5.2	
Decembrie	15.21	31	0.2	
Ianuarie	15.21	31	-2.4	
Februarie	15.21	28	-0.1	
Martie	15.21	31	4.8	
Aprilie	15.21	26	11.3	
Mai	15.21	0	16.7	
Iunie	15.21	0	20.2	
		235	zile de incalzire	

Durata sezonului de incalzire reala este de 235 de zile, adica 5640 ore. Temperatura exterioară medie pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a temperaturilor medii lunare cu numărul de zile ale fiecărei luni.



2.7. Programul de functionare si regimul de furnizare a agentului termic

Cladirea de locuit are un program de functionare continuu, avand un regim de furnizare a agentului termic continuu.

2.8. Calculul pierderilor de caldura ale apartamentului

$$Q_L = H * (\theta_i - \theta_e) * t \quad [kWh]$$

- $H = 109,91 \frac{W}{K}$ - coeficient de pierderi de caldura $\left[\frac{W}{K}\right]$;
- $\theta_i = 19,67^\circ C$ - temperatura interioara conventionala de calcul $[^\circ C]$;
- $\theta_e = 5,463^\circ C$ - temperatura exterioara medie pe perioada de incalzire $[^\circ C]$;
- $D_z = 235$ zile- durata perioadei de incalzire determinata grafic $[zile]$;
- $t = 235 \times 24 = 5640$ h - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_L = 8806,61 [kWh]$$

2.9. Calculul aporturilor de căldură ale apartamentului

$$Q_g = Q_i + Q_f \quad [kWh]$$

- Q_i = degajari de caldura interne $[kWh]$;

$$Q_i = [\phi_{i,h} + (1 - b) * \phi_{i,w}] * t \quad [kWh]$$

- o $\phi_{i,h}$ = fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile incalzite $[W]$;

$$\phi_{i,h} = \phi_i * A_{inc} = 248.9 [W]$$

- $\phi_i = 4 \text{ W/m}^2$ fluxul termic mediu al degajarilor interne [W]
- $A_{inc} = 62,22$ - aria totala a spatiului incalzit [m^2];
- o $\phi_{i,u} = 0$ - fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile neincalzite [W];
- o $Dz = 235$ zile – durata perioadei de incalzire determinata grafic [zile];
- o $t = 235 \times 24 = 5640 \text{ h}$ - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_i = 1403.68 \text{ [kWh]}$$

- Q_s = aporturi solare ale elementelor vitrate [kWh];

$$Q_s = \sum \left[I_{sj} \cdot \sum A_{snj} \right] \cdot t \text{ [kWh]}$$

- o I_{sj} = radiatia solara totala pe perioada de calcul pe o suprafata de 1 m^2 avand orientarea j [$\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$];

- o A_{snj} = aria receptoare echivalenta a suprafetei n avand orientarea j [m^2]

$$A_{snj} = A \cdot F_s \cdot F_f \cdot g \text{ [m}^2\text{]}$$

- A = aria totala a elementului vitrat n [m^2];
- F_s = factorul de umbrire a suprafetei n;

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$$

- F_h = factorul partial de corectie datorita orizontului;
- F_o = factorul partial de corectie pentru proeminente;
- F_f = factorul partial de corectie pentru aripioare.
- F_F = factorul de reducere pentru ramele vitrajelor;

$$F_F = \frac{A_z}{A}$$

- g = transmitanta totala la energie solara a suprafetei n;
- F_W = factor de transmisie solara;
- g_l = transmitanta totala la energia solara pentru radiatiile perpendiculare pe vitraj;

Tabel 2.9.1: Valori medii ale intensitatii radiatiei solare pentru perioada de incalzire

Luna	Zile	Intensitatea radiatiei solare [W/m^2]							
		NV		SE		SV		NE	
Ianuarie	31	14.90	32,08	59.3	82,42	59.3	82,42	14.9	32,08
Februarie	28	28		87.3		87.3		28	
Martie	31	38.9		91.4		91.4		38.9	
Aprilie	26	52.8		91.6		91.6		52.8	
Mai	0	70.4		86		86		70.4	
Iunie	0	78.2		92.8		92.8		78.2	
Iulie	0	71.1		89.9		89.9		71.1	
August	0	75.8		123.8		123.8		75.8	
Septembrie	26	60.1		119.1		119.1		60.1	
Octombrie	31	36.3		104.1		104.1		36.3	
Noiembrie	30	16.5		57.4		57.4		16.5	
Decembrie	31	12.3		53		53		12.3	

Tabel 2.9.2: Aporturi solare pe orientări			
Orientare	$\Sigma A_{snj} [m^2]$	$I_{sj} [W/m^2]$	$Q_{sj} [W]$
SE	2.93	82,42	241.47
TOTAL			241.46

- o $Dz = 235$ zile – durata perioadei de incalzire determinata grafic [zile];
- o $t = 235 \times 24 = 5640$ h - numar de ore perioada de incalzire.

$$Q_s = 1361.89 \text{ [kWh]}$$

$$Q_g = 2765,57 \text{ [kWh]}$$

2.10. Necesarul de căldură pentru încălzirea apartamentului, Q_h

Necesarul de caldura pentru incalzirea spatiilor se obtine facand diferenta intre pierderile de caldura ale cladirii, Q_L , si aporturile totale de caldura Q_g , cele din urma fiind corectate cu un factor de diminuare, η , astfel:

$$Q_h = Q_L - \eta \cdot Q_g \text{ [kWh]}$$

- $Q_L = 8806,61$ - pierderile de caldura ale cladirii [kWh];
- $Q_g = 2765,57$ - aporturi totale de caldura [kWh];
- η = factor de utilizare;

Pentru a putea calcula factorul de utilizare trebuie stabilit un coeficient adimensional, γ , care reprezinta raportul dintre aporturi, Q_g si pierderi, Q_L , astfel:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L} = 0.31$$

Deoarece coeficient adimensional $\gamma \neq 1$, atunci:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

- o $\gamma = 0,31$ - coeficient adimensional reprezentand raportul dintre aporturi si pierderi;
- o a = parametru numeric care depinde de constanta de timp;

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

- $a_0 = 0,8$ - parametru numeric (conform Metodologiei Mc 001/1);
- $\tau_0 = 30$ h (conform Metodologiei Mc 001/1);
- $T = 393837.87$ s = 109.39[h]

$$a = 5.35$$

$$\eta = 0.9986$$

$$Q_h = 8171.02 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$$

2.11. Consumul de energie pentru încălzire , Q_{fh}

$$Q_{fh} = Q_h + Q_{th} - Q_{rth,h} - Q_{rwh} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$$

- $Q_h = 6069,69 \text{ [kWh]}$ - necesarul de energie pentru incalzirea cladirii;
- Q_{th} = totalul pierderilor de caldura datorate instalatiei de incalzire, inclusiv pierderile de caldura recuperate. Se includ de asemenea pierderile de caldura suplimentare datorate distributiei neuniforme a temperaturii in incinte si reglarea imperfectă a temperaturii interioare, in cazul in care nu sunt luate deja in considerare la temperatura interioara conventionala;

$$Q_{th} = Q_{em} + Q_d \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$$

- o Q_{em} = pierderi de caldura cauzate de un sistem non-ideal de transmisie a caldurii la consumator;

$$Q_{em} = Q_{em, str} + Q_{em, c} \text{ [kWh]}$$

- $Q_{em, str}$ = pierderi de caldura cauzate de distributia neuniforma a temperaturii;

$$Q_{em, str} = \frac{1 - \eta_{em}}{\eta_{em}} * Q_h \text{ [kWh]}$$

- $\eta_{em} = 0,93$ - eficienta sistemului de transmisie a caldurii in functie de tipul de corp de incalzire (MC II-1 Anexa II. Tab. 1B);
- $Q_h = 8171.02$ - necesarul de energie pentru incalzirea cladirii;

$$Q_{em, str} = 456,78 \text{ [kWh/an]}$$

- $Q_{em, c}$ = pierderi de caldura cauzate de dispozitivele de reglare a temperaturii interioare utilizand metoda bazata pe eficienta sistemului de reglare η_c ;

$$Q_{em, c} = \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} * Q_h \text{ [kWh]}$$

- $\eta_{ec} = 0,94$ - eficienta sistemului de reglare (MC II-1 Anexa II. Tab. 3B);
- $Q_h = 204283.80$ - necesarul de energie pentru incalzirea cladirii;

$$Q_{em, c} = 387,36 \text{ [kWh/an]}$$

$$Q_{em} = 844,14 \text{ [kWh/an]}$$

- o Q_d = energia termica pierduta pe reseaua de distributie;

$$Q_d = \sum_i U'_i * (\theta_m - \theta_{ai}) * L_i * t_H \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$$

- U'_i = valoarea coeficientului de transfer de caldura;

$$U'_i = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

- $\lambda_{iz} = 0,0462 \left[\frac{W}{mK} \right]$ – coeficientul de conductie a izolatiei $\left[\frac{W}{mK} \right]$;
- d_a = diametrul exterior al conductei cu izolatie [m];
- d_i = diametrul conductei fara izolatie [m];
- $\alpha_a = \frac{1}{0,33} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ - coeficientul global de transfer termic $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$;
- θ_m = temperatura medie a agentului termic;

$$\theta_m = \frac{\theta_{tur} + \theta_{retur}}{2} = 70 [^{\circ}C]$$

- θ_{ai} = temperatura aerului exterior conductelor $[^{\circ}C]$;
- L_i = lungimea conductei [m];
- $t_H = t \cdot 24 = 5640$ [h] numarul de ore in pasul de timp [h];
- $L_{ea} = 4$ [m] - lungimea echivalenta a armaturilor pentru conducte neizolate, cu diametrul < 100 mm si $L_{ea} = 1,5$ [m] - lungimea echivalenta a armaturilor pentru conducte izolate, cu diametrul < 100 mm.

$$Q_d = 2897,36 \text{ [kWh/an]}$$

$$Q_{th} = 3741,51 \text{ [kWh/an]}$$

- $Q_{rh,h}$ = caldura recuperata de la subsistemul de incalzire: coloane + racorduri;

$$Q_{rh,h} = 2273,35 \text{ [kWh/an]}$$

- $Q_{rh,w}$ = caldura recuperata de la subsistemul de preparare a a.c.c. pe perioada de incalzire (vezi paragraf 2.12);

$$Q_{rwh} = Q_{\text{coloane acc}} + Q_{\text{distributie acc}} = 911,96 \text{ [kWh/an]}$$

$$Q_{fh} = 6624,88 \text{ [kWh/an]}$$

2.12. Consumul de energie pentru prepararea apei calde de consum , Q_{acm}

$$Q_{acm} = Q_{ac} + Q_{ac,c} + Q_{ac,d} \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- Q_{ac} = necesarul de caldura pentru prepararea apei calde de consum livrata;

$$Q_{ac} = \rho \cdot c \cdot V_{ac} \cdot (\theta_{ac} - \theta_{ar}) \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- o $\rho = 983,2 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ - densitatea apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o $c = 4,183 \text{ [kJ/kgK]}$ - caldura specifica a apei calde de consum la temperatura de 60°C;

- o V_{ac} = volumul necesar de apa calda de consum pe perioada consumata $\left[\frac{m^3}{an}\right]$;

$$V_{ac} = \alpha * \frac{N_u}{1000} \left[\frac{m^3}{an}\right]$$

- $\alpha = 75 \left[\frac{l}{om, zi}\right]$ - necesarul specific de apa calda de consum pentru o persoana in cladiri de locuit multifamiliale, conform cu MC001/2
- $N_u = 2$ [persoane] - numar de persoane;

$$V_{ac}=54,75 [m^3/an]$$

- o $\theta_{ac} = 60 [^{\circ}C]$ - temperatura apei calde de consum;
- o $\theta_{ar} = 10 [^{\circ}C]$ - temperatura medie a apei reci care intra in sistemul de preparare a apei calde de consum.

$$Q_{ac}=3127,39 [kWh/an]$$

- $Q_{ac,c}$ = Pierderi de caldura aferente pierderilor si risipei de apa calda de consum;

$$Q_{ac,c} = \sum \rho * c * V_{ac,c} * (\theta_{ac,c} - \theta_{ar}) \left[\frac{kWh}{an}\right]$$

- o $\rho = 983,2 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$ - densitatea apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o $c = 4,183[kJ/kgK]$ - caldura specifica a apei calde de consum la temperatura de 60°C;
- o $V_{ac,c}$ = volumul corespunzator pierderilor si risipei de apa calda de consum pe perioada considerata $\left[\frac{m^3}{perioada}\right]$;
- o în cazul armăturilor într-o stare tehnică bună în proporție de 30%, atunci se estimează pierderi de 5 l/om,zi x ($n_{ac}/24$), unde n_{ac} reprezintă numărul zilnic de ore de livrare a apei calde menajere (valoare medie anuală);
- o în cazul armăturilor într-o stare tehnică precară (armături defecte) și în cazul în care se constată că subsolul blocului/scării expertizate este umed, atunci se consideră pierderi de 30 l/om,zi x ($n_{ac}/24$), unde n_{ac} reprezintă numărul zilnic de ore de livrare a apei calde menajere (valoare medie anuală).

$$V_{ac,c}= 5*N_u/1000 [m^3/an]$$

$$V_{ac,c}= 3,65 [m^3/an]$$

- o $\theta_{ac,c} = 50 [^{\circ}C]$ - temperatura de furnizare/utilizare a apei calde la punctul de consum;
- o $\theta_{ar} = 10 [^{\circ}C]$ - temperatura apei reci care intra in sistemul de preparare a apei calde de consum.

$$Q_{ac,c}=166,79 [kWh/an]$$

- $Q_{ac,d}$ = pierderi de caldura pe conductele de distributie a apei calde de consum;

$$Q_{ac,d} = \sum_i U'_i \cdot (\theta_m - \theta_{ai}) \cdot L_i \cdot t_H \left[\frac{kWh}{an} \right]$$

- U'_i = valoarea coeficientului de transfer de caldura;

$$U'_i = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

- $\lambda_{iz} = 0,0462 \left[\frac{W}{mK} \right]$ – conductivitatea termică a izolatiei;
- d_a = diametrul exterior al conductei cu izolatia [m];
- d_i = diametrul exterior al conductei fara izolatia [m];

- $\alpha_a = \frac{1}{0,33} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ - coeficientul de transfer termic;
- θ_m = temperatura medie a apei calde de consum livrata;

$$\theta_m = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- θ_{ai} = temperatura aerului exterior conductelor [$^\circ\text{C}$];
- L_i = lungimea conductei [m];
- $t_H = t \cdot 24 = 8760$ [h] numarul de ore in pasul de timp [h];

$$Q_{ac,d} = 1866,42 \text{ [kWh/an]}$$

Pierderile de caldura recuperate ale conductelor de apa calda de consum calculate pentru perioada de incalzire:

$$Q_{rwh} = Q_{\text{coloane acc}} + Q_{\text{distributie acc}} = 911,96 \text{ [kWh/an]}$$

$$Q_{acm} = 5160,60 \text{ [kWh/an]}$$

2.13. Consumul de energie pentru iluminat

Calculul necesarului de energie pentru iluminat, in cazul cladirilor de locuit, se realizeaza conform Metodologiei Mc001 – PIV- tabelului 4 anexa II 4A1:

Tabel 2.13.1: Calculul consumului de energie pentru iluminat					
Tip apart	S [m ²]	Nr. Apart.	W' _{il} [kWh/an]	Total/apart	W' _{il,total} [kWh/an]
3 camere	62,2	1	670,2	62,2	670,2

Valoarea consumului total se corecteaza cu anumiti coeficienti in functie de:

- raportul dintre suprafata vitrata si suprafata pardoselii:

$$\frac{S_v}{S_p} = 0,27 < 0,3 \Rightarrow \text{totalul se majoreaza cu 10 \%}$$

- datorita faptului ca grupurile sanitare nu sunt prevazute cu ferestre exterioare:

$$\Rightarrow \text{totalul se majoreaza cu 5 \%}$$

$$W_{il} = 770,73 \text{ [kWh/an]}$$

2.14. Energia primara si emisiile de CO₂

2.14.1. Energia primara

$$E_p = Q_{f,h,l} * f_{h,l} + A_{f,w,l} * f_{w,l} + W_{i,l} * f_{i,l} \quad [\text{kWh/an}]$$

- $Q_{f,h,l} = 6624,88 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$ energia consumata pentru incalzire, combustibil gaz natural;
- $Q_{f,w,l} = 5160,60 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$ energia consumata pentru prepararea apei calde de consum, combustibil gaz natural ; $Q_{f,w} = Q_{acm}$
- $W_{i,l} = 770,73 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right]$ energia consumata pentru iluminat, energie electrică;
- $f_{w,l} = f_{h,l} = 1,1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right]$ - factorul de conversie in energie primara pentru gaz natural;
- $f_{i,l} = 2,8$ - factorul de conversie in energie primara pentru energie electrică

$$E_p = 15122,08 \quad [\text{kWh/an}]$$

2.14.2. Emisia de CO₂

$$E_{CO_2} = Q_{f,h,l} * f_{h,CO_2} + Q_{f,w,l} * f_{w,CO_2} + W_{i,l} * f_{i,CO_2} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{an}} \right]$$

- $f_{h,CO_2} = f_{w,CO_2} = 0,205 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right]$ - factorul de emisie gaz natural;
- $f_{i,CO_2} = f_{h,CO_2} = 0,09 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right]$ - factorul de emisie electricitate

$$E_{CO_2} = 2485,39 [\text{kg/an}]$$

Indicele de emisie echivalent CO₂

$$I_{CO_2} = E_{CO_2} / A_{inc} = 39,95 [\text{kg CO}_2/\text{m}^2\text{an}]$$

3. Certificarea energetică a apartamentului

Notarea energetică a apartamentului se face în funcție de consumurile specifice corespunzătoare utilităților din clădire și penalităților stabilite corespunzător exploatării. Încadrarea în clase energetice se face în funcție de consumul specific de energie pentru fiecare tip de consumator în funcție de scala energetică specifică.

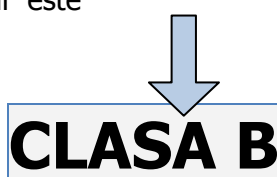
3.1. Consumul anual specific de energie pentru încălzirea spațiilor

$$q_{inc} = Q_{inc} / A_{inc} = 106,48 [\text{kWh/m}^2 \text{ an}]$$

Unde $Q_{inc} = Q_{f,h}$

Suprafața încălzită a apartamentului este

$$A_{inc} = 62,22 \text{ m}^2.$$



3.2. Consumul anual specific de energie pentru prepararea apei calde de consum

$$q_{acm} = Q_{acm} / A_{inc} = 82,94 [\text{kWh/m}^2 \text{ an}]$$



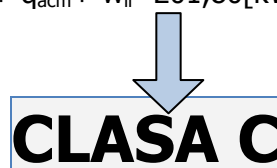
3.3. Consumul anual specific de energie pentru iluminat

$$w_{il} = W_{il} / A_{inc} = 12,39 [\text{kWh/m}^2 \text{ an}]$$



3.4. Consumul total anual specific de energie

$$q_{tot} = q_{inc} + q_{acm} + w_{il} = 201,80 [\text{kWh/m}^2 \text{ an}]$$



3.5. Penalizari acordate apartamentului certificat

- **P₁** - coeficient de penalizare functie de starea armaturilor de inchidere si reglaj de la corpurile statice

$$\mathbf{P_1=1.02}$$

- **P₂** - coeficient de penalizare functie de spalarea/curatirea instalatiei de incalzire interioara

$$\mathbf{P_2=1.05}$$

- **P₃** - coeficient de penalizare functie de existenta armaturilor de separare si golire a coloanelor de incalzire

$$\mathbf{P_3=1.02}$$

- **P₄** - coeficient de penalizare functie de existenta echipamentelor de masura pentru decontarea consumurilor de caldura

$$\mathbf{P_4=1.00}$$

- **P₅** - coeficient de penalizare functie de starea finisajelor exterioare ale peretilor exteriori

$$\mathbf{P_5=1.05}$$

- **P₆** - coeficient de penalizare functie de starea peretilor exteriori din punct de vedere al continutului de umiditate al acestora

$$\mathbf{P_6=1.05}$$

- **P₇** - coeficient de penalizare functie de starea acoperisului peste pod

$$\mathbf{P_7=1.00}$$

- **P₈** - coeficient de penalizare functie de starea cosului/cosurilor de evacuare a fumului

$$\mathbf{P_8=1.00}$$

- **P₉** - coeficient de penalizare care tine seama de posibilitatea asigurarii necesarului de aer proaspat la valoarea de confort

$$\mathbf{P_9=1.06}$$

- **P₁₀** - coeficient de penalizare care tine seama de starea tehnică a apartamentului

$$\mathbf{P_{10}=1.02}$$

$$p_0 = \prod p_i = 1,367$$

3.6. Nota energetica

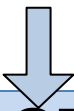
Relatia de calcul a notei energetice este urmatoarea:

$$N = \exp(-B_1 * q_{tot} * p_0 + B_2) \quad \text{dacă } q_{tot} * p_0 \geq q_{Tm}$$

$$N = 100 \quad \text{dacă } q_{tot} * p_0 < q_{Tm}$$

- $B_1=0.001053$, $B_2=4.73667$ - coeficienti numerici determinati conform MC001–2006;
- p_0 - coeficient de panalizare a notei acordate cladirii;
- q_{Tm} - consumul specific anual normal de energie minim.

$$q_{tot} * p_0 = 275,92 [\text{kWh/m}^2 \text{ an}]$$


$$\mathbf{N = 85,3}$$

Bibliografie

Întocmirea raportului de audit energetic al apartamentului s-a efectuat în conformitate cu prevederile noii Metodologii Mc 001/2006, privind calculul consumurilor de energie a clădirilor.

Alte documente conexe sunt:

- Legea 325/27.05.2002 pentru aprobarea O.G. 29/30.01.2000 privind reabilitarea termică a fondului construit existent și stimularea economisirii energiei termice.
- O.G. 29/30.01.2000 privind reabilitarea termică a fondului construit existent și stimularea economisirii energiei termice.
- O.G. 18/04.03.2009 – Ordonanța de urgență privind creșterea performanței energetice a blocurilor de locuințe publicată în MO nr. 155/2009.
- Norma Metodologica din 17.03.2009 – Norma metodologica de aplicare a O.G. 18/04.03.2009
- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții.
- NP 008-97 - Normativ privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate în regim de iarnă-vară.
- GT 032-2001 - Ghid privind proceduri de efectuare a măsurărilor necesare expertizării termoenergetice a construcțiilor și instalațiilor aferente.
- SC 007-2002 - Soluții cadru pentru reabilitarea termo-higro-energetică a anvelopei clădirilor de locuit existente.
- C 107/1-2005 - Normativ privind calculul coeficienților globali de izolare termică la clădirile de locuit.
- C 107/3-2005 - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.
- C 107/5-2005 - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție în contact cu solul.
- SR 4839-1997 - Instalații de încălzire. Numărul anual de grade-zile.
- SR 1907/1-1997 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Prescripții de calcul.
- SR 1907/2-1997 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul.
- STAS 4908-85 - Clădiri civile, industriale și agrozootehnice. Aree și volume convenționale.
- STAS 11984-83 - Instalații de încălzire centrală. Suprafața echivalentă termică a corpurilor de încălzire.

Serie și număr
Certificat atestare
auditor energetic pentru clădiri

Nr. înregistrare Certificat
de performanță energetică
în registrul auditorului

Data
înregistrării

z z l l a a

Certificat de performanță energetică

Performanța energetică a apartamentului

Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor^{*)}

Nota energetică:

85,3

Eficiență energetică ridicată



A



B



C



D



E



F



G

Eficiență energetică scăzută

Clasa energetică



Consum anual specific de energie [kWh/m²an]

201,8

Indice de emisii echivalent CO₂ [kg_{CO2}/m²an]

39,9

Consum anual specific de energie [kWh/m ² an] pentru:		Clasă energetică
Încălzire:	106,48	B
Apă caldă de consum:	82,94	D
Climatizare:	-	-
Ventilare mecanică:	-	-
Iluminat artificial:	12,39	A

Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: 0

Date privind apartamentul certificat:

Adresa: (București, sector 3, strada, nr., bloc, apartament ...) Tipul apartamentului: (**de colț** / de mijloc / parter / ultim etaj)

Categoria clădirii: bloc de locuințe

Orientarea apartamentului: S-E

Regim de înălțime: S+P+3

Suprafața utilă (încălzită): 62,22 m²

Anul construirii: 1985

Volumul util (încălzit): 168 m³

Scopul elaborării certificatului energetic: (reabilitare energetică / **vânzare-cumpărare** / închiriere)

Programul de calcul utilizat: _____, versiunea: _____, Metoda de calcul^{**) :} sezoniera

Date privind identificarea auditorului energetic pentru clădiri:

Gradul și
Specialitatea Numele și prenumele
auditorului energetic pentru clădiri

Semnătura și ștampila
auditorului energetic pentru clădiri

... I ci ...

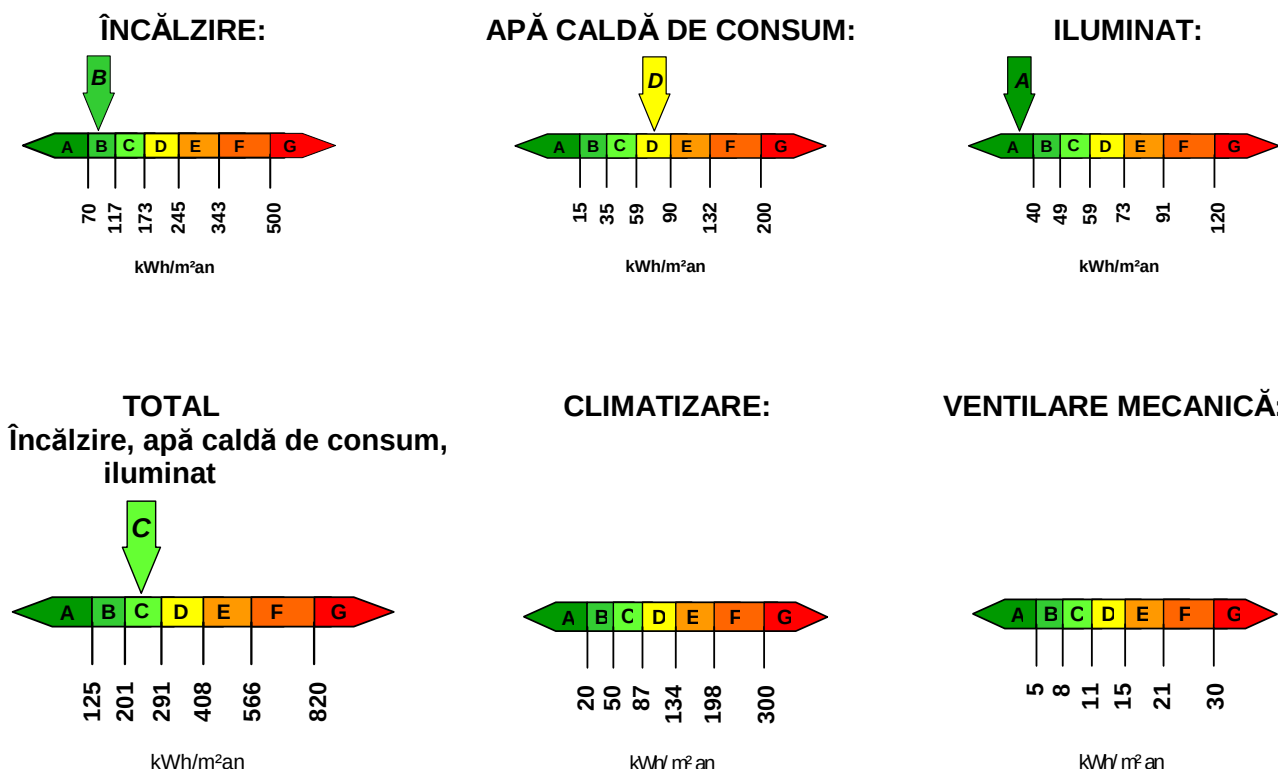
.....

^{*)}Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor aprobată prin OMTCT nr. 157/2007, cu completările și modificările ulterioare, elaborată în aplicarea prevederilor Legii nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor.

^{**) Metoda de calcul utilizată: orară / lunară / sezonieră}

DATE PRIVIND EVALUAREA PERFORMANȚEI ENERGETICE A APARTAMENTULUI

Grile de clasificare energetică funcție de consumul de căldură anual specific:



Penalizări aplicate apartamentului și motivarea acestora:

$P_0 = 1,302$ – după cum urmează:

- | | |
|---|-----------------|
| ▪ Corpuri statice sunt dotate cu armături de reglaj dar unele nu funcționează | $p_1 = 1,02$ |
| ▪ Corpurile statice nu au fost demontate și spălate / curțate în totalitate după ultimul sezon de încălzire | $p_2 = 1,05$ |
| ▪ Coloanele de încălzire sunt prevăzute cu armături de separare și golire a acestora, funcționale | $p_3 = 1,02$ |
| ▪ Există contor general de căldura pentru încălzire și a.c.c. | $p_4 = 1,00$ |
| ▪ Stare proasta a tencuielii exterioare | $p_5 = 1,05$ |
| ▪ Pereții exteriori umezi | $p_6 = 1,05$ |
| ▪ Terasă degradată, dar în stare uscată | $p_7 = 1,00$ |
| ▪ Nu prezintă coșuri de fum | $p_8 = 1,00$ |
| ▪ Există sistem de ventilare naturală, stare de nefuncționare | $p_9 = 1,06$ |
| ▪ Alte penalități funcție de starea tehnică a apartamentului/blocului de locuințe | $p_{10} = 1,02$ |

Recomandări pentru reducerea costurilor prin îmbunătățirea performanței energetice a apartamentului:

A. Soluții recomandate la nivel de clădire

Soluții recomandate pentru anvelopa clădirii:

- Sporirea rezistenței termice a peretilor exteriori peste valoarea minimă prevăzută de normele tehnice în vigoare, prin izolarea termică.
- Sporirea rezistenței termice a plăcii peste subsol peste valoarea minimă prevăzută de normele tehnice în vigoare, prin izolarea termică.
- Sporirea rezistenței termice a terasei peste valoarea minimă prevăzută de normele tehnice în vigoare, prin izolarea termică.
- Înlocuirea tâmplăriei exterioare existente din lemn și metal aferentă spațiilor comune, cu tâmplărie eficientă energetic.

Soluții recomandate pentru instalațiile aferente clădirii:

- Refacerea izolației conductelor de distribuție agent termic încălzire și apă caldă de consum aflate în subsolul clădirii.
- Montarea robinetilor cu termostat pe racordul corpurilor de încălzire din spațiile comune.
- Asigurarea calității aerului interior prin ventilare naturală sau ventilare hibridă a spațiilor comune.
- Montarea debitmetrelor pe racordurile de apă caldă și apă rece și a gicacalorimetrelor.
- Montarea becurilor economice în locul celor cu incandescență din spațiile comune.

B. Soluții recomandate la nivel de apartament

Soluții recomandate pentru anvelopa apartamentului:

- Înlocuirea tâmplăriei exterioare existente din lemn și metal aferentă camerelor apartamentului, cu tâmplărie eficientă energetic. Pentru evitarea creșterii umidității interioare și asigurarea calității aerului interior tâmplăria va fi prevăzută cu fante higroreglabile.

Soluții recomandate pentru instalațiile aferente apartamentului:

- Montarea robinetilor cu termostat pe racordul corpurilor de încălzire.
- Montarea debitmetrelor la punctele individuale de consum apă caldă și apă rece.
- Montarea becurilor economice în locul celor cu incandescență.
- Asigurarea calității aerului interior prin ventilare naturală sau ventilare hibridă a apartamentelor (introducere permanentă aer exterior prin orificii pe fațade și evacuare aer interior prin băi și grupuri sanitare)

Sunt recomandate și următoarele măsuri conexe în vederea creșterii în mod direct sau indirect a performanței energetice a apartamentului din blocul de locuințe:

-măsuri generale de organizare:

- informarea administrației și a locatarilor despre economisirea energiei;
- înțelegerea corectă a modului în care clădirea trebuie să funcționeze atât în ansamblu cât și la nivel de detaliu;
- desemnarea unui reprezentant al utilizatorilor pentru urmărirea execuției lucrărilor de reabilitare termică;
- încurajarea ocupanților de a utiliza clădirea corect, fiind motivați pentru a reduce consumul de energie;
- înregistrarea regulată a consumului de energie (electricitate, apă caldă, căldură-dacă există repartitoare de cost);
- analiza facturilor de energie și a contractelor de furnizare a energiei și modificarea contractelor, dacă este cazul;
- utilizarea serviciilor de consultanță energetică din partea unor firme specializate (care să asigure și întreținerea corespunzătoare a instalațiilor din construcții);

-măsuri asupra instalațiilor de încălzire:

- schimbarea coloanelor de încălzire și a racordurilor la corpurile de încălzire;
- demontarea și spălarea corpurilor de încălzire sau înlocuirea lor;
- îndepărtarea obiectelor care împiedică cedarea de căldură a radiatoarelor către încăperea
- introducerea între perete și radiator a unei suprafețe reflectante care să reflecteze căldura radiantă către cameră;
- echilibrarea termo-hidraulică corectă a corpurilor de încălzire, coloanelor de agent termic, rețelei de distribuție în general;
- executarea unui coș comun pentru fiecare coloană de apartamente, pentru evacuarea gazelor de ardere emise de centralele murale;

-măsuri asupra instalațiilor de apă caldă de consum:

- schimbarea coloanelor colmatate de a.c.c. și a racordurilor cu pierderi la obiectele sanitare;
- înlocuirea obiectelor sanitare vechi/ineficiente;
- utilizarea panourilor solare pentru prepararea individuală/colectivă a a.c.c.;
- utilizarea de dispersoare de duș economice;
- înlocuirea garniturilor la robinet și repararea armăturilor defecte;
- echilibrarea hidraulică a rețelei de distribuție a apei calde de consum.

INFORMAȚII PRIVIND APARTAMENTUL CERTIFICAT
Anexa la Certificatul de performanță energetică nr.

1. Date privind construcția:

- ☐ Categoria clădirii: ☐ de locuit, individuală ☒ de locuit cu mai multe apartamente
- ☐ Nr. niveluri: ☒ Subsol, ☐ Demisol,
☒ Parter + 3 etaje
- ☐ Număr & tip apartamente și suprafețe utile:

Tip. ap.	Nr. ap.	S _{ap} [m ²]
1	2	3
3 cam	24	62,2

- ☐ Volumul încălzit al apartamentului: 168 m³
- ☐ Caracteristici geometrice și termotehnice ale anvelopei:

Element de construcție	Suprafață	Rezistență termică corectată
	m ²	m ² K/W
1	2	3
Perete exterior opaci	56,77	1,150
Tamplarie lemn	6,12	0,39

2. Date privind instalația de încălzire interioară:

- ☐ Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor:
- ☐ Sursă proprie, cu combustibil:
☐ Centrală termică de cartier
☐ Termoficare – punct termic central
☒ Termoficare – punct termic local
☐ Altă sursă sau sursă mixtă:
- ☐ Tipul sistemului de încălzire:
☐ Încălzire locală cu sobe,
☒ Încălzire centrală cu corpuri statice,
☐ Încălzire centrală cu aer cald,
☐ Încălzire centrală cu planșee încălzitoare,
☐ Alt sistem de încălzire:
- ☐ Date privind instalația de încălzire locală cu sobe:
- Numărul sobelor:
- Tipul sobelor,
- ☐ Date privind instalația de încălzire interioară cu corpuri statice:

Tip corp static	Număr de corpuri statice [buc]		
	În spațiul locuit	În spațiul comun	Total
624/4	6	-	6

- Necesarul de căldură de calcul: 4800 W
- Racord la sursa centralizată cu căldură: ☒ racord unic,
☐ multiplu: puncte,
- Contor de căldură: - tip contor
- anul instalării
- existența vizei metrologice

- Elemente de reglaj termic și hidraulic:
 - la nivel de racord
 - la nivelul coloanelor
 - la nivelul corpurilor statice armături de reglaj;
- Lungimea totală a rețelei de distribuție amplasată în spații neîncălzite 206,3 m

3. Date privind instalația de apă caldă de consum:

- ☐ Sursa de energie pentru prepararea apei calde de consum:
 - ☐ Sursă proprie, cu:
 - ☐ Centrală termică de cartier
 - ☐ Termoficare – punct termic central
 - ☒ Termoficare – punct termic local
 - ☐ Altă sursă sau sursă mixtă:
- ☐ Tipul sistemului de preparare a apei calde de consum:
 - ☒ Din sursă centralizată,
 - ☐ Centrală termică proprie,
 - ☐ Boiler cu acumulare,
 - ☐ Preparare locală cu aparate de tip instant a.c.c.,
 - ☐ Preparare locală pe plită,
 - ☐ Alt sistem de preparare a.c.c.:
- ☐ Puncte de consum a.c.c.: 3
- ☐ Numărul de obiecte sanitare - pe tipuri: 1 WC: 1 lavoare: 1 baterii : 1 spalator
- ☐ Racord la sursa centralizată cu căldură: ☐ racord unic,
☐ multiplu: puncte,
- ☐ Conducta de recirculare a a.c.m.: ☐ funcțională,
☐ nu funcționează
☒ nu există
- ☐ Contor de căldură general: - tip contor,
 - anul instalării,
 - existența vizei metrologice
- ☐ Debitmetre la nivelul punctelor de consum: ☒ nu există
☐ parțial
☐ peste tot
- Lungimea totală a rețelei de distribuție amplasată în spații neîncălzite 124 m

4. Date privind instalația de iluminat:

- ☐ Tip iluminat:
 - ☐ fluorescent
 - ☐ incandescent
 - ☒ mixt
- ☐ Starea rețelei de conductori pentru asigurarea iluminatului:
 - ☐ bună
 - ☐ uzată
 - ☒ date indisponibile
- ☐ Puterea instalată a sistemului de iluminat: aproximativ 670 W

Întocmit,

Auditor energetic pentru clădiri,

Numele și prenumele,

Ștampila și semnătura