

Program automat pentru realizarea auditului energetic al unei cladiri

Programul de calcul de tip expert “AEC”

Ioan MOGA*
Ligia MOGA**

Rezumat

Prevederile Directivei Parlamentului European si a Consiliului European 2002/91/CE privind Performanta Energetica a Cladirilor (PEC) sunt transpuse în România prin Legea 372/2005. Legea 372/2005 prevede conditiile în care întocmirea certificatului de performanta energetica si a auditului energetic al cladirii devine obligatoriu.

Durata de realizare a auditului energetic pentru o cladire, în practica curenta, este de circa 30 de zile. Dupa culegerea datelor de pe teren pentru reducerea duratei necesare calculului termotehnice si de elaborare a documentatiilor tehnice pentru întocmirea rapoartelor de specialitate necesare realizarii auditului energetic al unei cladiri, a aparut oportunitatea si necesitatea automatizarii acestor operatii.

În acest sens a fost elaborat de catre colectivul nostru de cercetare programul de calcul de tip expert “AEC”, care cuprind programele de calcul specifice elaborate de colectivul nostru de cercetare în cei 30 de ani de activitate în domeniu fizicii constructiilor.

The stipulations of the Directive 2002/91/CE of the European Parliament and of the European Council regarding the energy performance of buildings, was transposed in Romanian by the 372/2005 Law .

The 372/2005 Law stipulates the conditions by which the elaboration of the Energy Performance Certificate and of the Energy Audit of the building becomes obligatory.

In current practice the duration for making the building Energy Audit, takes about 30 days.

After gathering the entire data field for reducing the necessary duration for the thermo technical calculus, for elaborating the technical documentations and for writing the specialty reports necessary for the building energy audit, the opportunity and necessity of automation of those operations appeared.

Therefore our research team elaborated the expert type calculus program called “AEC”, which contains specific calculus programs elaborated by our research team in its 30 years of activity in the field of Physics of constructions.

Keywords: Building energy performance, building energy economics, thermal protection, expert systems, and numerical methods.

1. Introducere

Programul de calcul automat “AEC” a fost utilizat in mod eficient, demonstrându-si utilitatea si performanta, în activitatea practica de auditare a 113 cladiri cu urmatoarele destinatii: blocuri de locuit, camine de nefamilisti, cladire pentru învățământul superior, sediu de primarie, cladiri de

* Prof. Dr. Eng., Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

** PhD. Student Eng. , Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

birouri, scoala, camine de batrâni si maternitate. Blocurile de locuinte au de la 4 la 12 etaje, variind ca numar de tronsoane de la 1 la 9 tronsoane, fiecare tronson având de la 1 la 3 scari. Programului de tip expert "AEC" efectueaza, pe baza datelor din teren, calculele termotehnice si editeaza raportul de expertiza energetica, certificatul energetic si raportul de audit energetic. Durata de rulare pentru efectuarea calculelor termotehnice si de editare a documentatilor tehnice, dupa introducerea datelor culese de pe teren, este de ordinul secundelor.

2. Prezentarea programului

Programul de calcul de tip expert "AEC", înglobeaza modulele de baza ale pachetelor de programe de calcul termoeenergetic pentru elementele anvelopei cladirii si pentru cladirea în ansamblul ei, elaborate de colectivul nostru de cercetare:

- "CÎMPPLAN" si "CÎMPSPAT", calculul plan si spatial a câmpului de temperatura în regim termic stationar;
- "CONDL", calculul la condens unidirectional;
- "RENESTL", calculul unidirectional în regim termic nestationar;
- "RENESTS", calculul spatial în regim termic nestationar;
- "REZISTENTA", stabilirea rezistentei termice a diverselor tipuri de elemente a anvelopei cladirii;
- "GLOBALG", calculul coeficientului global de protectie a cladirii G;
- "ENERG", calculul necesarului de caldura pentru încălzirea unei cladirii;
- "CERTENERG", elaborarea si editarea certificatului de performanta energetica;
- "COSTANV", calculul economic al masurilor de reabilitare termica;
- "PERFENERG", performanta energetica a cladirilor existente de referinta si a celor reabilite;
- "AUDIT", analizeaza variante de reabilitare energetica si editeaza raportul de audit;
- Alte programe si module de programe specifice calculelor termotehnice.

Programele de calcul termotehnic au la baza metodele numerice a bilantului termic, cunoscute ca metode de "Clasa A", iar rezultatele numerice sunt validate în conformitate cu Anexa A a standardului EN ISO 10211-1:1995 si SR EN ISO 10211-1:1998

3. Modul de lucru a programului de calcul automat "AEC"

Introducerea în program a datelor culese de pe teren în urma realizarii expertizei energetice se efectueaza în mod grafic pe geometria plana si spatiala a cladirii la dimensiunile real masurate. Bibliotecile programului "AEC" cuprind date privitoare la performanta energetica a diverselor elemente ale anvelopei cladirii care au fost folosite in practica curenta a activitatii de constructii din România, începând cu perioada anilor 1950.

Datele stocate în biblioteci se refera la diverse tipuri de elemente ale anvelopei cladirii:

- pereti din zidarie, diafragme din beton armat protejat, panouri din beton armat, etc.;
- diverse solutii constructive pentru: plansee terasa, placi peste subsoi, placi pe sol;
- suprafete vitrate.

Biblioteca programului contine cataloage cu elementele necesare definirii anvelopei cladirii, pe tipuri constructive si dimensionale. Programul mai contine o biblioteca cu date climatice în conformitate cu standardul SR EN ISO 13790 si altor standarde specifice: temperatura aerului exterior, radiatia solara directa si difuza pe orientari, iar pentru zona Cluj viteza si directia vânturilor dominante, umiditatea aerului exterior, presiunea atmosferica.

* Prof. Dr. Eng., Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

** PhD. Student Eng. , Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

Sectiune Pa4 Stinga Cladirea reala					
Fatada VEST					
Elementul din anvelopa cladirii	LOCUINTE		CASA SCARII		GLOBAL PE FATADA
	m ²	(m ² ·K)/W	m ²	(m ² ·K)/W	m ² (m ² ·K)/W
Ferestre exterioare	28.860	0.390	4.320	0.180	33.180 0.348
Usi exterioare	15.120	0.390	1.800	0.180	16.920 0.355
Supr. Vitrata	43.980	0.390	6.120	0.180	50.100 0.350
Pereti exteriori	129.977	0.502	38.002	0.526	167.979 0.519
Pereti la rost inchis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Supr. Opaca pereti	129.977	0.502	38.002	0.526	167.979 0.519
Total	173.957	0.468	44.122	0.415	218.079 0.467

Fatada EST					
Elementul din anvelopa cladirii	LOCUINTE		CASA SCARII		GLOBAL PE FATADA
	m ²	(m ² ·K)/W	m ²	(m ² ·K)/W	m ² (m ² ·K)/W
Ferestre exterioare	41.760	0.390	0.000	0.000	41.760 0.390
Usi exterioare	0.000	0.000	4.400	0.180	4.400 0.201
Supr. Vitrata	41.760	0.390	4.400	0.180	46.160 0.358
Pereti exteriori	167.713	0.531	4.206	0.492	171.919 0.531
Pereti la rost inchis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Supr. Opaca pereti	167.713	0.531	4.206	0.492	171.919 0.531
Total	209.473	0.495	8.606	0.261	218.079 0.482

Fatada SIUD					
Elementul din anvelopa cladirii	LOCUINTE		CASA SCARII		GLOBAL PE FATADA
	m ²	(m ² ·K)/W	m ²	(m ² ·K)/W	m ² (m ² ·K)/W
Ferestre exterioare	10.500	0.390	0.000	0.000	10.500 0.390
Usi exterioare	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Supr. Vitrata	10.500	0.390	0.000	0.000	10.500 0.390
Pereti exteriori	148.927	0.553	0.000	0.000	148.927 0.553
Pereti la rost inchis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Supr. Opaca pereti	148.927	0.553	0.000	0.000	148.927 0.553
Total	159.427	0.538	0.000	0.000	159.427 0.538

Fatada NORD					
Elementul din anvelopa cladirii	LOCUINTE		CASA SCARII		GLOBAL PE FATADA
	m ²	(m ² ·K)/W	m ²	(m ² ·K)/W	m ² (m ² ·K)/W
Ferestre exterioare	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Usi exterioare	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Supr. Vitrata	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0.000
Pereti exteriori	15.996	0.577	0.000	0.000	15.996 0.577
Pereti la rost inchis	143.431	0.268	0.000	0.000	143.431 0.566
Supr. Opaca pereti	159.427	0.283	0.000	0.000	159.427 0.567
Total	159.427	0.283	0.000	0.000	159.427 0.567

Programul de calcul utilizat: "PERFENERG" Autori: Prof.dr.ing.Ioan MOGA & drd.ing. Ligia Mihaela MOGA

Sectiune Pa4 Stinga Cladirea reala					
Elementul din anvelopa cladirii	LOCUINTE		CASA SCARII		GLOBAL PE CLADIRE
	m ²	(m ² ·K)/W	m ²	(m ² ·K)/W	m ² (m ² ·K)/W
Ferestre exterioare	81.120	0.390	4.320	0.180	85.440 0.372
Usi exterioare	15.120	0.390	6.200	0.180	21.320 0.306
Suprafata vitrata	96.240	0.390	10.520	0.180	106.760 0.357
Pereti exteriori	462.612	0.531	42.208	0.522	504.820 0.535
Pereti la rost inchis	143.431	0.268	0.000	0.000	143.431 0.566
Supr. Opaca pereti	606.043	0.431	42.208	0.522	648.251 0.541
Anvelopa Verticala	702.283	0.425	46.528	0.444	748.811 0.511
Pl. peste subsol neinc.	140.418	0.620	31.644	0.339	172.062 1.593
Plansen terasa	154.419	0.770	17.642	0.770	172.062 0.778
Pl. spre ext. cladirii	1.986	1.574	0.000	0.000	1.986 1.574
Total	999.106	0.480	102.014	0.399	1101.120 0.603

CARACTERISTICI GEOMETRICE

Numarul de nivele : 5 niv
 Inaltimea cladirii H : 13.33 m
 Aria desfasurata Adi : 860.31 m²
 Volumul cladirii V : 2293.58 m³
 Aria utila Au : 733.95 m²
 Vol. util cladire Vu : 1834.86 m³
 Gradul de vitrare : 0.165 [-]
 Indicele de compact. : 0.480 1/m

COEFICIENTUL GLOBAL DE PIERDERI DE CALDURA

Coefic. G1=(Lpjt)/V : 0.797 W/(m³·K)
 Numarul de schimbare n : 0.600 1/h
 Coeficientul G2=0.34 x n : 0.204 W/(m³·K)
 Coefic. global G=G1+G2 : 1.001 W/(m³·K)
 Coeficientul normat G/N : 0.560 W/(m³·K)
 Procentul {G/GN} : 178.742 %
 Notarea coef.volum. de transf. G : NOTA => 2.71

NECESARUL ANUAL DE CALDURA conf. C 10711-2005

Temp.aerului interior Ti : 20.00 °C
 Durata perioadei de inc. : 218.00 zile
 Numarul anual grade-zile: 3730.00 GradeZile
 Temperatura int. medie : 19.53 °C
 Nr. grade-zile de calcul : 3626.75 GradeZile
 Aportul de cald.util int. : 7.00 kWh/(m³·an)
 Aportul din rad. solara : 5.10 kWh/(m³·an)
 Necesarul anual de caldura cl. : 69.07 kWh/(m³·an)
 Nec. anual de caldura normat : 22.00 kWh/(m³·an)
 Proc.de realizare a cons.norm: 313.93 %
 Nec. anual de caldura cladire : 215.85 kWh/(m²·an)

PIERDERI PROC. DE CALDURA PRIN ELEM. ANV. CLAD.

Supraf. Vitrata : 16.37 %
 Supraf. Opaca per. : 65.55 % Prin anvelopa : 79.61 %
 Pl. peste subs. neinc. : 5.91 % Prin ventilare : 20.39 %
 Planseu terasa : 12.10 %
 Pl. spre exterior : 0.07 %
 Total anvelopa : 100.00 %

Programul de calcul utilizat: "PERFENERG" Autori: Prof.dr.ing.Ioan MOGA & drd.ing. Ligia Mihaela MOGA

Fig. 5 Caracteristici termotehnice pentru cladirea reala

Sectiune Pa4 Stinga	
DATE PRIMARE PRIVIND COSTUL MASURILOR DE REABILITARE PENTRU ANALIZA ECONOMICA III CADRUL AUDITULUI ENERGETIC AL CLADIRILOR EXISTENTE (fara TVA)	
- CONSTRUCTII -	
Pachetul de masuri minimal	
1. Termoiz. pereti exteriori cu polistiren expandat amplasat la exterior	542.88 m ² · 23.90 euro/m ² + 54.29 m ² · 37.30 euro/m ² = 14999.73 euro
2. Termoiz. verticala si orizontala a aticului cu polistiren expandat	55.54 m ² · 23.90 euro/m ² + 5.55 m ² · 37.30 euro/m ² = 1534.53 euro
3. Termoiz. spateliilor golurilor de usi si ferestre cu polist.exp.	82.78 m ² · 23.90 euro/m ² + 2.48 m ² · 37.30 euro/m ² = 2070.95 euro
4. Termoiz. terasei cu solutie de „terasa ranversata”	176.03 m ² · 20.00 euro/m ² + 26.41 m ² · 105.00 euro/m ² = 6293.20 euro
5. Termoiz. soclu pe exterior cu polistiren extrudat	67.26 m ² · 23.80 euro/m ² + 4.04 m ² · 105.00 euro/m ² = 2024.41 euro
6. Termoiz. pl. peste subsol neincalzit la partea infer. cu polist.exp.	172.06 m ² · 15.00 euro/m ² + 13.76 m ² · 37.30 euro/m ² = 3094.36 euro
7. Termoiz. pl. care delim. clad. de exterior la partea infer. cu polist.exp.	1.99 m ² · 23.90 euro/m ² + 0.40 m ² · 37.30 euro/m ² = 62.28 euro
8. Ferestre exterioare noi cu geam termoizolant la spatiu locuit	81.12 m ² · 110.00 euro/m ² = 8923.20 euro
9. Ferestre exterioare noi cu geam termoizolant la casa scarii	4.32 m ² · 90.00 euro/m ² = 388.80 euro
10. Usi exterioare noi cu geam termoizolant la spatiu locuit	15.12 m ² · 110.00 euro/m ² = 1663.20 euro
11. Usi exterioare noi cu geam termoizolant la casa scarii	6.20 m ² · 120.00 euro/m ² = 744.00 euro
12. Usi termoizolate catre spatii neincalzite (subsol si pod)	7.60 m ² · 90.00 euro/m ² = 684.00 euro
13. Rectificare a 20 % din suprafata peretilor, aticelor si a soclului cladirii	133.13 m ² · 5.00 euro/m ² = 665.67 euro
14. Demontare si remontare dale de trotuar	48.04 ml · 4.00 euro/ml = 192.16 euro
15. Sapaturi in spatii inguste si transport pamint(sub niv.trotuar)	48.04 ml · 2.00 euro/ml = 96.08 euro
COSTUL MASURILOR DE REABILITARE TERMICA	= 43436.56 euro
Costul partii de constructii rotunjite	= 43500.00 euro
Costul unitar pe supr.construita desfasurata (nivele)	= 46.36 euro/m ²
Costul unitar pe suprafata de anvelopa reabilitata	= 37.11 euro/m ²

Sectiune Pa4 Stinga	
DATE PRIMARE PRIVIND COSTUL MASURILOR DE REABILITARE PENTRU ANALIZA ECONOMICA III CADRUL AUDITULUI ENERGETIC AL CLADIRILOR EXISTENTE (fara TVA)	
- CONSTRUCTII -	
Pachetul de masuri maximal	
1. Termoiz. pereti exteriori cu polistiren expandat amplasat la exterior	542.88 m ² · 23.90 euro/m ² + 81.43 m ² · 37.30 euro/m ² = 16012.20 euro
2. Termoiz. verticala si orizontala a aticului cu polistiren expandat	55.54 m ² · 23.90 euro/m ² + 8.33 m ² · 37.30 euro/m ² = 1638.11 euro
3. Termoiz. spateliilor golurilor de usi si ferestre cu polist.exp.	99.33 m ² · 23.90 euro/m ² + 2.98 m ² · 37.30 euro/m ² = 2485.14 euro
4. Termoiz. terasei cu solutie de „terasa ranversata”	176.03 m ² · 20.00 euro/m ² + 35.21 m ² · 105.00 euro/m ² = 7217.38 euro
5. Termoiz. soclu pe exterior cu polistiren extrudat	67.26 m ² · 23.80 euro/m ² + 4.04 m ² · 105.00 euro/m ² = 2024.41 euro
6. Termoiz. pl. peste subsol neincalzit la partea infer. cu polist.exp.	172.06 m ² · 15.00 euro/m ² + 20.65 m ² · 37.30 euro/m ² = 3351.07 euro
7. Termoiz. pl. care delim. clad. de exterior la partea infer. cu polist.exp.	1.99 m ² · 23.90 euro/m ² + 0.60 m ² · 37.30 euro/m ² = 69.69 euro
8. Ferestre exterioare noi cu geam termoizolant la spatiu locuit	81.12 m ² · 110.00 euro/m ² = 8923.20 euro
9. Ferestre exterioare noi cu geam termoizolant la casa scarii	4.32 m ² · 90.00 euro/m ² = 388.80 euro
10. Usi exterioare noi cu geam termoizolant la spatiu locuit	15.12 m ² · 110.00 euro/m ² = 1663.20 euro
11. Usi exterioare noi cu geam termoizolant la casa scarii	6.20 m ² · 120.00 euro/m ² = 744.00 euro
12. Usi termoizolate catre spatii neincalzite (subsol si pod)	7.60 m ² · 90.00 euro/m ² = 684.00 euro
13. Rectificare a 20 % din suprafata peretilor, aticelor si a soclului cladirii	133.13 m ² · 5.00 euro/m ² = 665.67 euro
14. Demontare si remontare dale de trotuar	48.04 ml · 4.00 euro/ml = 192.16 euro
15. Sapaturi in spatii inguste si transport pamint(sub niv.trotuar)	48.04 ml · 2.00 euro/ml = 96.08 euro
COSTUL MASURILOR DE REABILITARE TERMICA	= 46155.10 euro
Costul partii de constructii rotunjite	= 46200.00 euro
Costul unitar pe supr.construita desfasurata (nivele)	= 49.24 euro/m ²
Costul unitar pe suprafata de anvelopa reabilitata	= 39.41 euro/m ²

Programul de calcul utilizat: "COSTREANV" Autori: Prof.dr.ing.Ioan MOGA & drd.ing. Ligia Mihaela MOGA

Fig. 6 Costurile pentru pachetele de masuri de reabilitare minimale si maximale

* Prof. Dr. Eng., Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

** PhD. Student Eng., Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

5. Concluzii

Utilizarea programului de calcul este usurata de existenta bibliotecilor de date si de modul facil de introducere a datelor de intrare, fapt care permite folosirea lui si de catre personalul cu pregatire medie în operarea calculatorului.

Programul de calcul automat de tip expert "AEC" devine indispensabil auditorilor energetici pentru efectuarea unor calcule termotehnice si de evaluare economica corecta, si pentru reducerea la minimum a timpului de elaborare a documentatiilor tehnice specifice.

Acest program s-a dovedit a fi un instrument valoros în practica curenta de auditare a celor 112 cladiri, permitând elaborarea documentatiilor tehnice pentru auditul energetic cu rezultate termotehnice si economice corecte, într-o scurta durata de timp impusa de catre beneficiar.

Referinte

- [1] DIRECTIVE 2002/91/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of the buildings.
- [2] Legea 372/ 2005 Performanta energetica a cladirilor
- [3] STAS 4908-1985 – Cladiri civile, industriale si agrozootehnice. Aree si volume conventionale.
- [4] EN ISO 10077-2:2003 – Performanta termica a ferestrelor, usilor si obloanelor. Calculul transmitantei termice – Partea 2 : Metoda generala.
- [5] MP 022-2002 – Metodologie pentru evaluarea performantelor termotehnice ale materialelor si ale produselor pentru constructii.
- [6] MP 012-2001 – Metodologie privind stabilirea ordinii de prioritate a masurilor de reabilitare termica a cladirilor social- culturale si a instalatiilor aferente acestora.
- [7] MP 013-2001 – Metodologie privind stabilirea ordinii de prioritate a masurilor de reabilitare termica a cladirilor si a instalatiilor aferente acestora.
- [8] NP 057-2002 – Normativ privind proiectarea cladirilor de locuinte (revizuire NP 016-96)
- [9] * * * Metodologia de calcul al performantei energetice a cladirilor. Partea I-a –Anvelopa cladirii- Indicativ MC 001/1-2006
- [10] * * * Metodologia de calcul al performantei energetice a cladirilor. Partea a II-a – Performanta energetica a instalatiilor din cladiri- Indicativ MC 001/2-2006
- [11] * * * Metodologia de calcul al performantei energetice a cladirilor. Partea a III-a – Auditul si certificatul de performanta energetica- Indicativ MC 001/3-2006
- [12] SR EN ISO 10211-1 - Puncti termice în constructii. Fluxuri termice si temperaturi superficiale. Partea 1: Metode generale de calcul
- [13] SR EN ISO 832 :2002/AC :2002/AC :2003 - Performanta termica a cladirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzire. Cladiri de locuit;
- [14] SR EN ISO 13790:2005 – Performanta termica a cladirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzire.

* Prof. Dr. Eng., Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca

** PhD. Student Eng. , Faculty of Constructions, Technical University of Cluj-Napoca