



**Valorificarea conceptului de dezvoltare durabilă
în domeniul structurilor metalice**
Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

DOCUMENT CADRU:
FAZA DE UTILIZARE – ENERGIA OPERAȚIONALĂ

5 decembrie 2014



Cuprins

1) Cuantificarea energiei operaționale

- Introducere
- Amplasarea clădirii și climatul
- Metoda de calcul pentru necesarul de energie
- Algoritm pentru cuantificarea energiei (faza de utilizare)

2) Calibrarea și validarea algoritmului

- Compartiment de referință (EN 15265:2007)
- Apartament de referință (adaptat după EN 15265:2007)
- Studiu de caz – clădire rezidențială

3) Observații finale



1) Cuantificarea energiei operaționale

Introducere

Algoritmul pentru cuantificarea energiei în
timpul fazei de utilizare a fost elaborat în
cadrul proiectului de cercetare RFCS



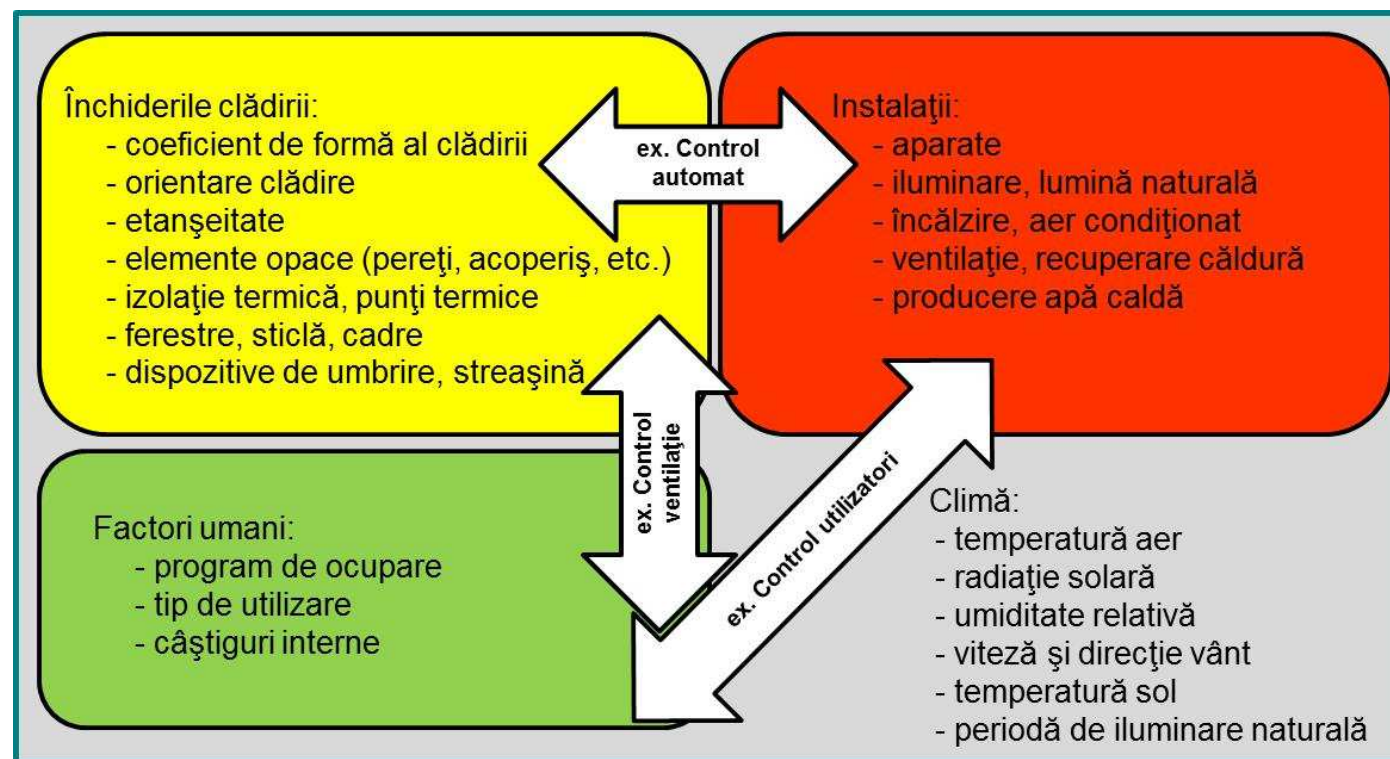
SB_Steel (2014), *Sustainable Building Project in Steel*. Draft final report.
RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel.



Introducere

Performanța termică și eficiența energetică a unei clădiri depinde de o serie de parametrii.

Prin urmare,
este foarte dificil
de a prezice cu
exactitate energia
operațională a
unei clădiri.



Acest lucru este chiar mai dificil de estimat în fazele incipiente de proiectare, având în vedere disponibilitatea limitată și lipsa de precizie a datelor de intrare.



Amplasarea clădirii și climatul

Condițiile climatice, respectiv locația clădirii sunt parametri de o importanță vitală în calculele pentru comportamentul termic.

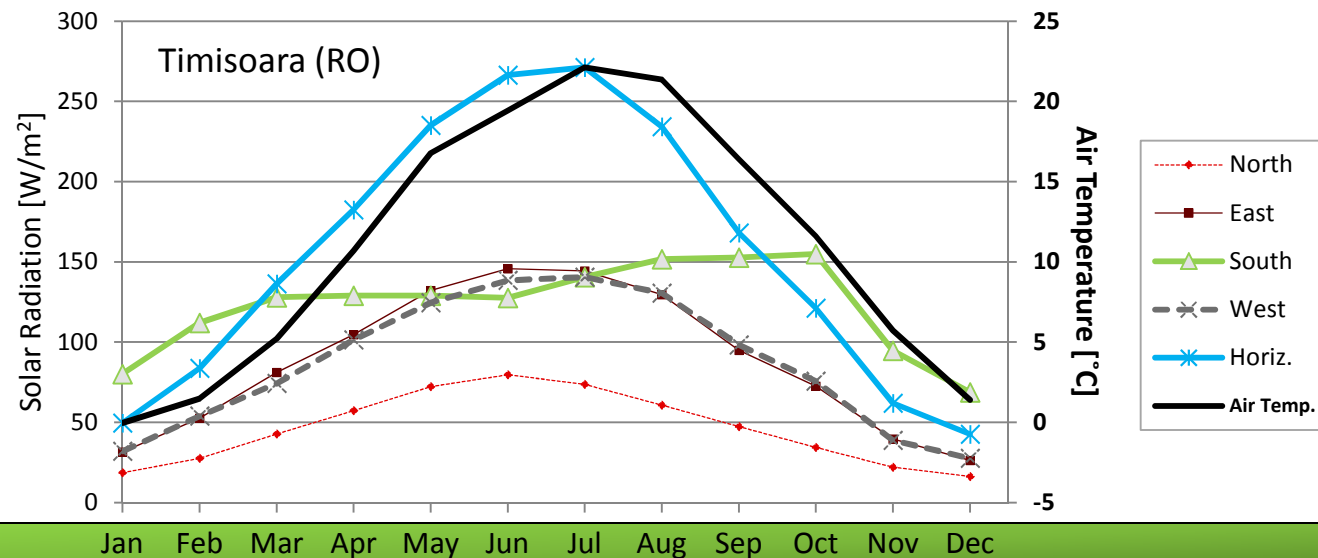
Doi parametri climatici importanți trebuie să fie definiți în scopul de a întreprinde un calcul pentru necesarul de energie:

- temperatura aerului;
- radiația solară pe o suprafață cu o anumită orientare.

Cele mai multe din aceste date au fost furnizate de baza de date meteo a programului de calcul EnergyPlus (EERE-USDOE, 2014), iar restul au fost furnizate de partenerii proiectului de cercetare.

EERE-USDoE (2014), Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/?region=6_europe_wmo_region_6



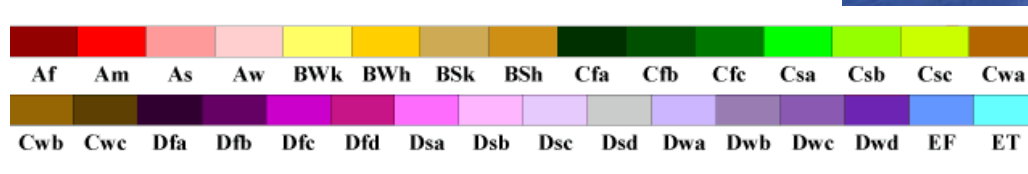


Valorificarea conceptului de dezvoltare durabilă în domeniul structurilor metalice

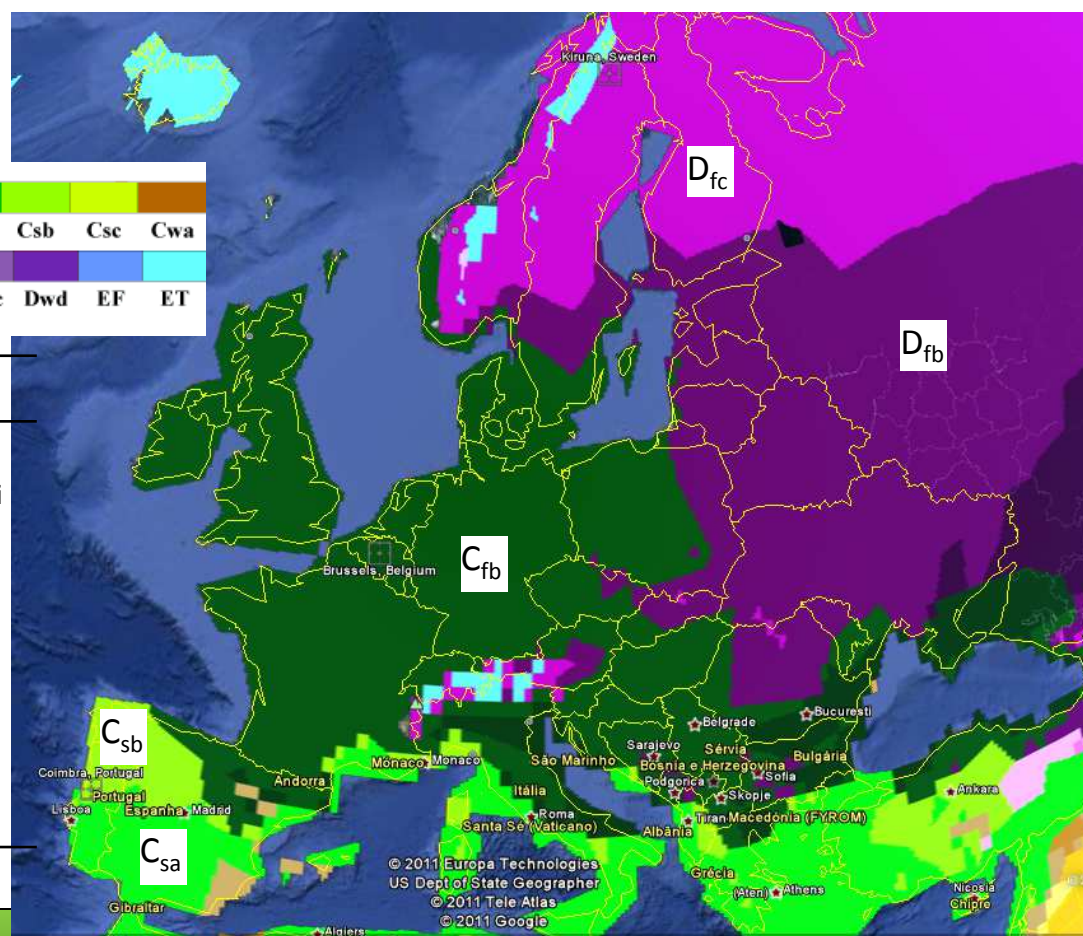


Amplasarea clădirii și climatul

Metodologia este calibrată pentru cinci regiuni climatice, conform clasificării climatice Köppen-Geiger: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc.



Tipuri de climat:	Precipitații:	Temperatura:
A: ecuatorial	W: desert	h: arid caldă F: polara
B: tropical uscat	S: stepa	k: arid rece T: foarte reci
C: temperat cald	f: umed	a: veri foarte calde
D: temperat rece	s: veri uscate	b: veri calde
E: polar	w: ierni uscate	c: veri racoroase
	m: monsonica	d: continentală extrema





Valorificarea conceptului de dezvoltare durabilă în domeniul structurilor metalice



Amplasarea clădirii și climatul

Baza de date: 52 orașe

Oraș	Țara	Regiunea climatică	Oraș	Țara	Regiunea climatică	Oraș	Țara	Regiunea climatică
Amsterdam	Netherlands	Cfb	Kiev	Ukraine	Dfb	Oslo	Norway	Dfb
Ankara	Turkey	Csb	Kiruna	Sweden	Dfc	Ostersund	Sweden	Dfc
Arhanglesk	Russia	Dfc	Kraków	Poland	Cfb	Paris	France	Cfb
Athens	Greece	Csa	La Coruña	Spain	Csb	Porto	Portugal	Csb
Barcelona	Spain	Csa	Lisbon	Portugal	Csa	Poznan	Poland	Cfb
Berlin	Germany	Cfb	Ljubljana	Slovenia	Cfb	Prague	Czech Republic	Cfb
Bilbao	Spain	Cfb	London	England	Cfb	Rome	Italy	Csa
Bratislava	Slovakia	Cfb	Lublin	Poland	Dfb	Salamanca	Spain	Csb
Brussels	Belgium	Cfb	Madrid	Spain	Csa	Sanremo	Italy	Csb
Cluj-Napoca	Romania	Dfb	Marseille	France	Csa	Sevilla	Spain	Csa
Coimbra	Portugal	Csb	Milan	Italy	Cfb	Stockholm	Sweden	Dfb
Gdansk	Poland	Cfb	Minsk	Belarus	Dfb	Tampere	Finland	Dfc
Genova	Italy	Csb	Montpellier	France	Csa	Timisoara	Romania	Cfb
Graz	Austria	Dfb	Moscow	Russia	Dfb	Vienna	Austria	Dfb
Hamburg	Germany	Cfb	Munich	Germany	Cfb	Warsaw	Poland	Dfb
Helsinki	Finland	Dfb	Nantes	France	Cfb	Wroclaw	Poland	Cfb
Istambul	Turkey	Csa	Nice	France	Csb			
Katowice	Poland	Cfb	Opole	Poland	Cfb			



Metoda de calcul pentru necesarul de energie

Algoritmul simplificat implementat în AMECO 3 permite estimarea necesarului de energie pentru clădire:

- Spațiul încălzit;
- Spațiul răcit;
- Alimentarea cu apă caldă menajeră (ACM).

Acest algoritm se bazează pe prescripțiile cuprinse în mai multe standarde internaționale.

Calculul consumurilor de încălzire și de răcire urmează metoda de calcul pe bază de consum lunar, prevăzut de **ISO 13790 (2008)**.

Necesarul de energie pentru producția de apă caldă menajera se calculează conform **EN 15316-3-1 (2007)**.

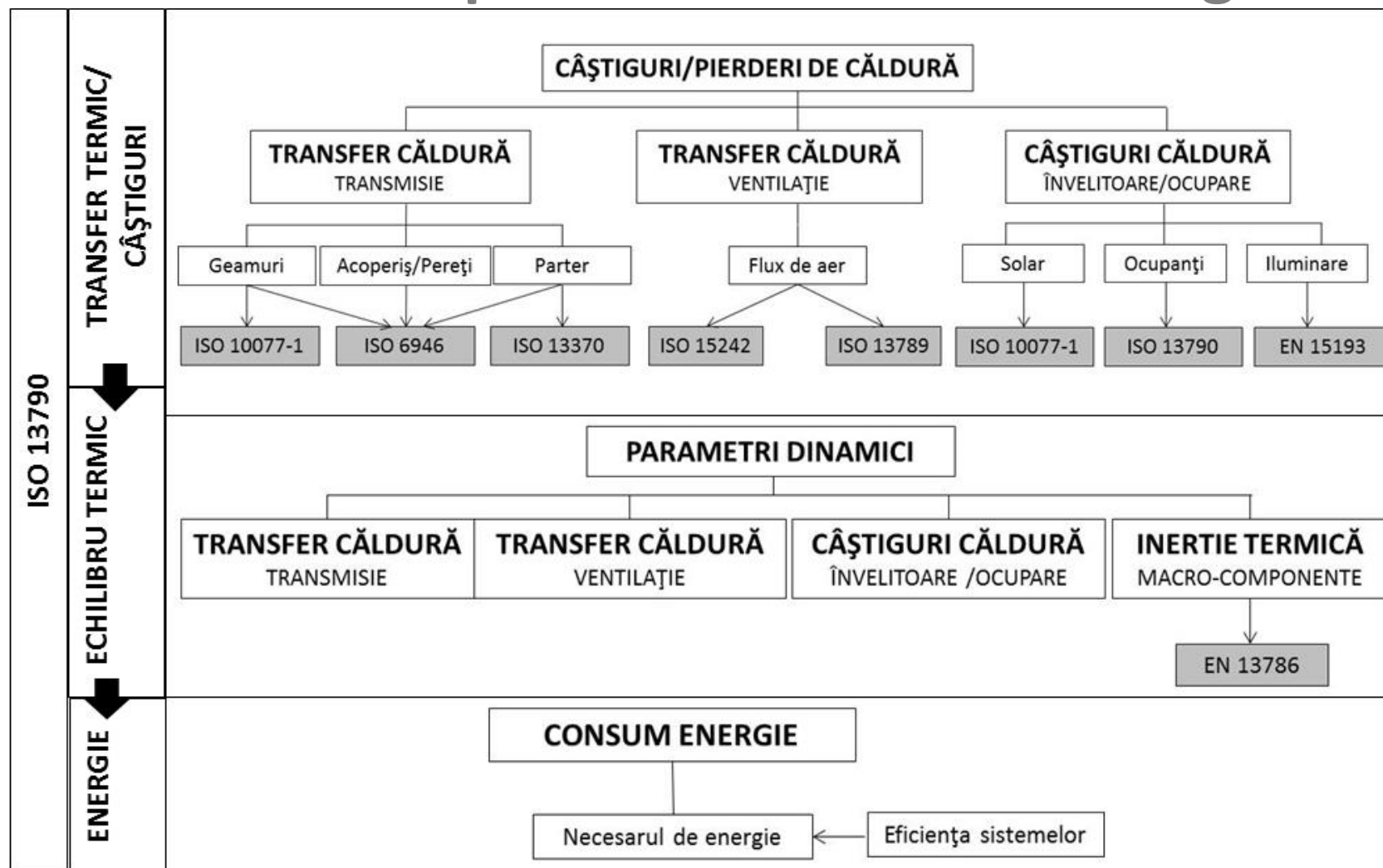
ISO 13790 (2008), Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

EN 15316-3-1 (2007), Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.



Metoda de calcul pentru necesarul de energie

Metoda de calcul bazată pe consum lunar





Algoritm pentru cuantificarea energiei (faza de utilizare)

Date de intrare principale

LOCAȚIE CLĂDIRE \Rightarrow legat de climă (pentru un anumit oraș sau o regiune climatică):

- i) temperatura aerului;
- ii) radiația solară pe o suprafață cu o anumită orientare.

TIPUL CLĂDIRII: de exemplu rezidențiale, birouri, comerciale sau industriale.

ÎNVELITOAREA CLĂDIRII: bazat pe macro-componente (de exemplu: pereți, planșee, acoperiș, placa peste teren, ferestre).

DIMENSIUNILE CLĂDIRII și ORIENTAREA (de exemplu: lungime, lățime, înălțime și nr. de etaje).

CONDIȚII DE INTERIOR: temperaturi de referință pentru încălzire și răcire, debitul de aer cu privire la ventilație.

SISTEME DE INSTALAȚII: pentru încălzirea și răcirea spațiului, precum și pentru producția de apă caldă menajeră.

Rezultate principale

Energia pentru încălzirea spațiului, răcirea spațiului și pentru producția de apă caldă menajeră.
Echilibru de căldură prin elementele principale de construcție de construcție (de exemplu pereți, acoperiș, ferestre).



Algoritm pentru cuantificarea energiei (faza de utilizare)

Procedura pentru calculul necesarului de energie pentru încălzirea spațiului, $Q_{H,nd}$:

1) Necesarul de energie considerând încălzirea în regim continuu:

a) $Q_{H,ht}$ totalul pierderilor de căldură

(prin transmisie + prin ventilare) \longrightarrow (pierderi de căldură)

b) $Q_{H,gn}$ aporturi totale de căldură (surse interioare + aporturi solare)

c) $\eta_{H,gn}$ factor de utilizare

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

2) Corecție pentru regim intermitent de încălzire:

a) Factor de reducere ($a_{H,red}$)

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$



Algoritm pentru cuantificarea energiei (faza de utilizare)

Procedura pentru calculul necesarului de energie pentru răcirea* spațiului, $Q_{C,nd}$:

1) Necesarul de energie considerând răcirea în regim continuu:

a) $Q_{C,ht}$ energia totală transferată între clădire și mediul exterior

(prin transmisie + prin ventilare)

b) $Q_{C,gn}$ energia totală furnizată clădirii de sursele de căldură, în situația răcirii

(surse interioare + aporturi solare)

c) $\eta_{C,ls}$ factor de utilizare a pierderilor de căldură, în situația răcirii

Comparație cu
modul de încălzire

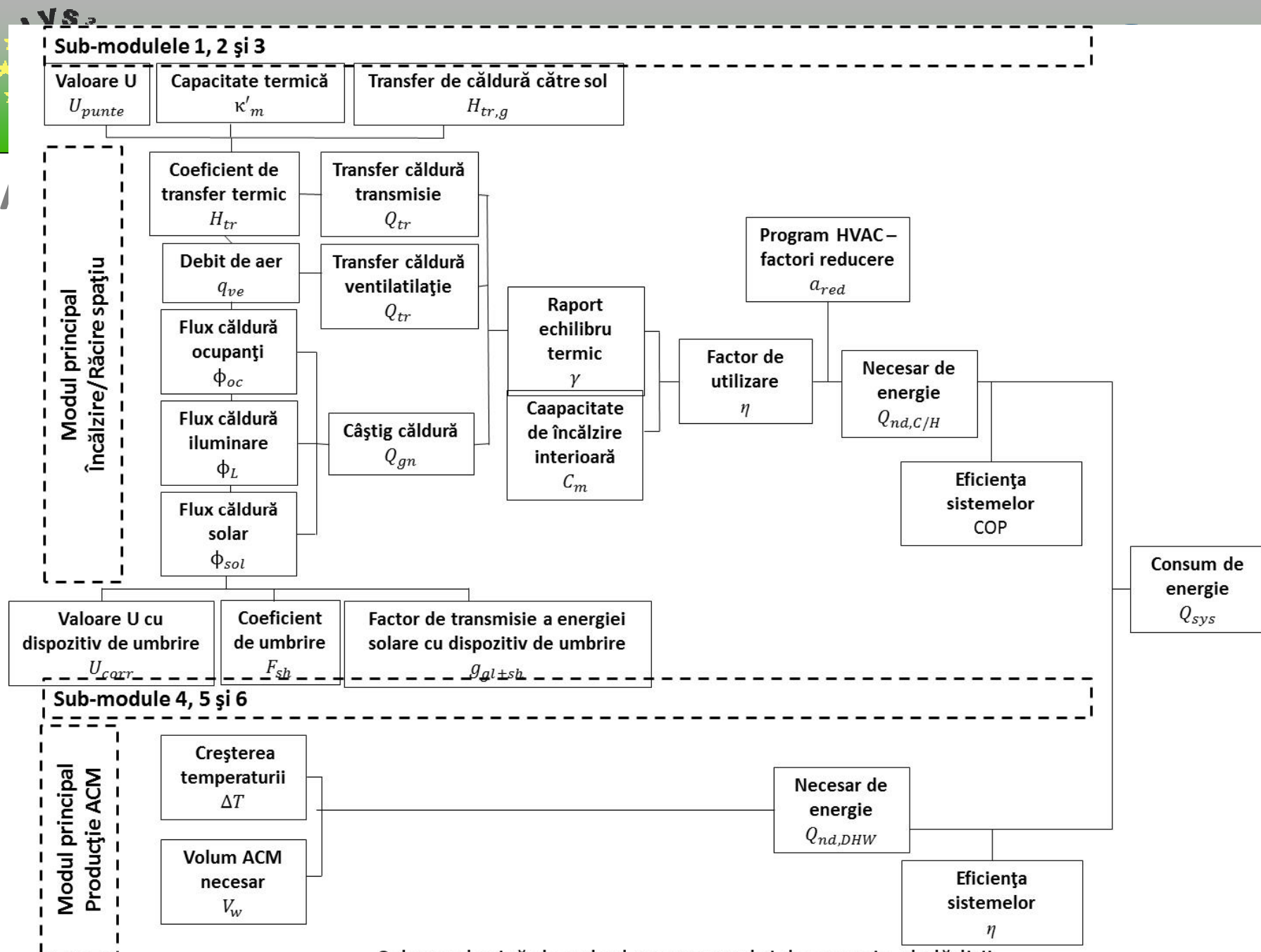
$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

2) Corecție pentru regim intermitent de răcire:

a) Factor de reducere

- Abordare similară celei pentru modul de încălzire



Schema logică de calcul a consumului de energie al clădirii



2) Validarea metodologiilor adoptate

Calculul necesarului de energie

Algoritmul implementat pentru determinarea necesarului de energie pentru încălzirea / răcirea spațiului clădirii a fost calibrat, iar precizia acestuia a fost verificată la diferite niveluri ([Santos et al. 2014](#)):

- Compartiment de referință ([EN 15265:2007](#));
- Apartament de referință (adaptat din [EN 15265:2007](#));
- Studiu de caz: clădire rezidențială.

P. SANTOS; R. MARTINS; H. GERVÁSIO; L. SIMÕES DA SILVA, "Assessment of building operational energy at early stages of design – A monthly quasi-steady-state approach", *Energy and Buildings* (ISSN: 0378-7788), vol. 79, pp. 58–73, 2014.

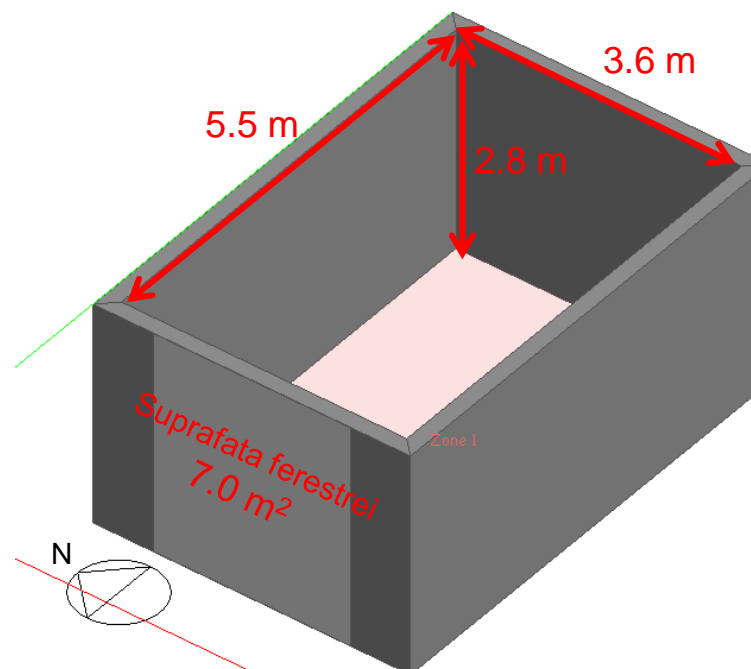
EN 15265 (2007), Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.



Compartiment de referință (EN 15265:2007)

Acest standard prevede o serie de 12 cazuri test pentru o încăpăre.

(Informativ)	Test 1 Caz de referință Test 2 Inerție termică mai mare Test 3 Fără câștiguri interne Test 4 Fără protecție solara
Intermitent HVAC (Normativ)	Test 5 = Test 1 + Test 6 = Test 2 + Test 7 = Test 3 + Test 8 = Test 4 + <div style="text-align: center;">doar HVAC De la 8h00-18h00 de luni pana vineri</div>
Intermitent HVAC + Acoperiș exterior (Normativ)	Test 9 = Test 5 + Test 10 = Test 6 + Test 11 = Test 7 + Test 12 = Test 8 + <div style="text-align: center;">Acoperiș exterior</div>

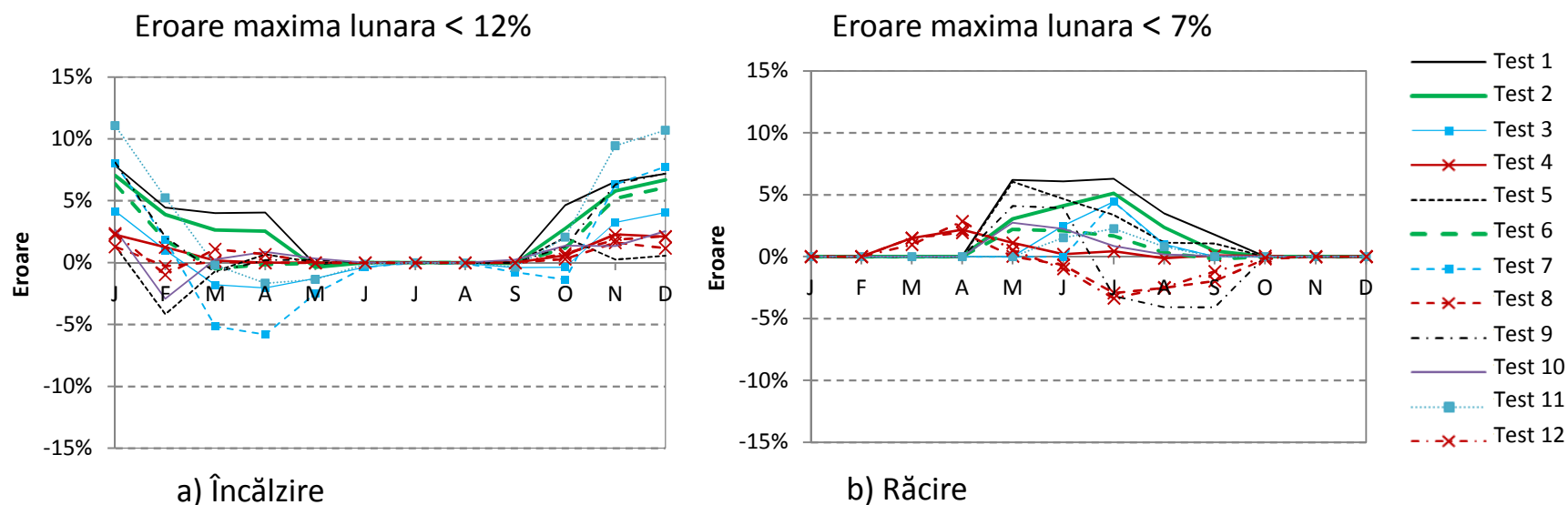


Aceste cazuri test permit evidențierea influenței anumitor parametri cheie în algoritmul de calcul a energiei, cum ar fi: dispozitive de umbrire, inerția termică, sisteme HVAC intermitente sau continue, câștigurile interne, etc.



Compartiment de referință (EN 15265:2007)

Precizia algoritmului depinde de: cazul test, luna și modul de încălzire sau răcire.

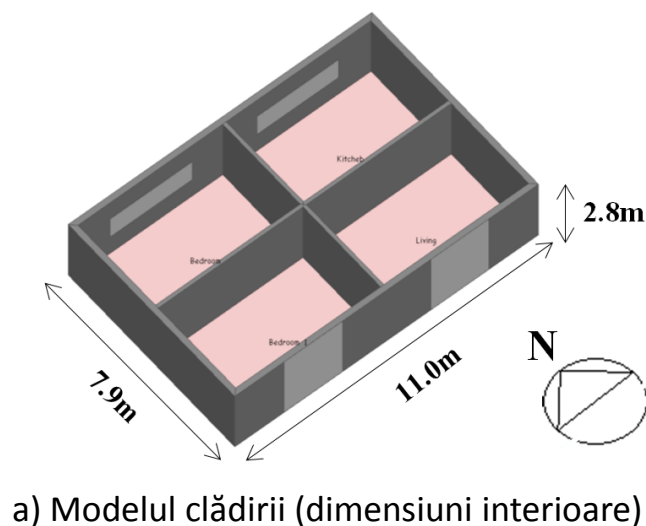


Precizia lunara pentru algoritmul de încălzire / răcire a spațiului: 12 cazuri test cf. EN 15265:2007.



Apartament de referință (adaptat după EN 15265:2007)

Deoarece algoritmul lunar vizează predicția necesarului energetic al clădirilor (în loc de a se concentra doar pe un singur compartiment de construcție), conform dispozițiilor din EN 15265 (2007), toate calibrările s-au realizat pentru un nou set de cazuri test bazate pe module tipice de construcție (apartament) așa cum este ilustrat mai jos.



Element	Valoare U [W/m ² .K]	K_m [J/m ² .K]
Perete exterior	0.493	81297
Perete interior	-	9146
Acoperiș	0.243	6697
Parter	-	63380

K_m Capacitatea termica

b) Proprietățile termice ale învelitorii

Cazul test	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Dispozitiv de umbrire
T1	35	36	54	ON
T2				OFF
T3	25	20	40	ON
T4				OFF
T5	15	12	24	ON
T6				OFF

GFR: raportul geamuri planșeu; NGWR: raportul geamuri/perete orientate la nord;
SGWR: raportul geamuri/perete orientate la sud.

c) Variabile principale pentru cazurile test

Clădirea de referință a fost utilizată pentru a calibra factorii de corecție



Studiu de caz: clădire rezidențială

Clădire rezidențială cu două niveluri, cu structură metalică ușoară realizată din bare cu pereți subțiri, amplasată în Coimbra, Portugalia.



Vedere sud-vest

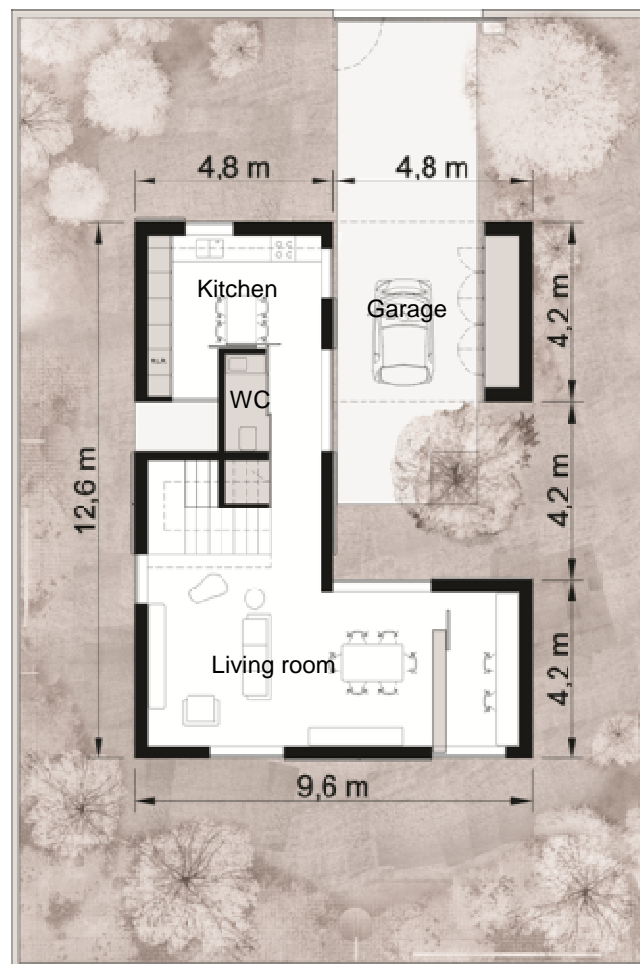


Vedere nord-vest

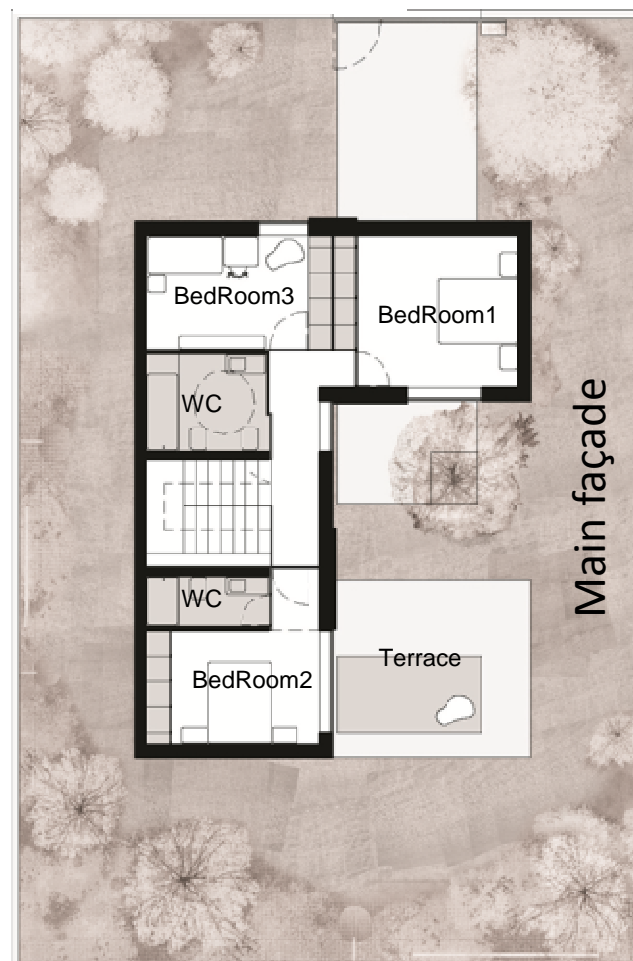


Studiu de caz: clădire rezidențială

Parter



Etaj I



Main façade

Planuri orizontale



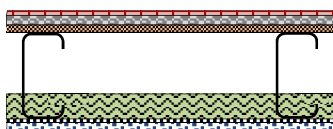
Studiu de caz: clădire rezidențială

Învelitoare opacă:

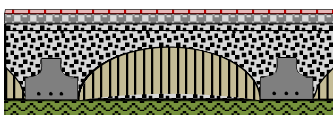
Terasa acoperiș



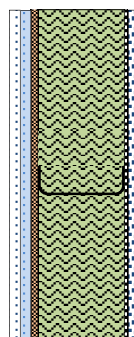
Planșeu intermediar



Placa pe sol



Perete exterior



Perete interior



Caracteristici termice:

Element	Valoare U [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Terasa acoperiș	0.37	13435
Planșeu intermediar	-	61062
Placa pe sol	0.60	65957
Perete exterior	0.29	13391
Perete interior	-	26782

Fațade vitrate:

Caracteristici termice:

Material	Valoare U [W/m ² .K]	SHGC
Rama din PVC si geam dublu (8+6 mm, cu strat de aer de 14 mm)	2.60	0.78

SHGC – factor de reducere a aporturilor solare

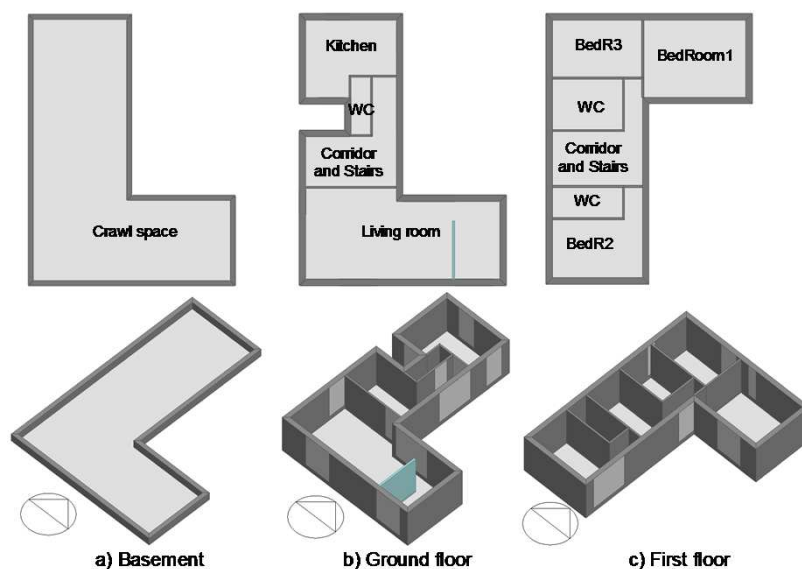


Studiu de caz: clădire rezidențială

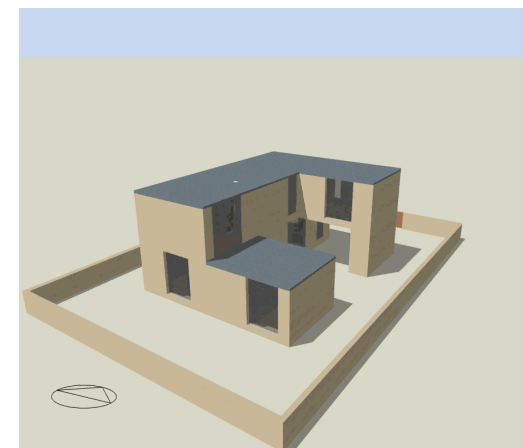
Rezultatele pentru această clădire s-au obținut pe bază
de simulări dinamice avansate.

Programe:  **DesignBuilder**
SOFTWARE  **EnergyPlus**

Modelul a fost asamblat folosind 10 zone termice.



Dispunerea etajelor



Vedere 3D

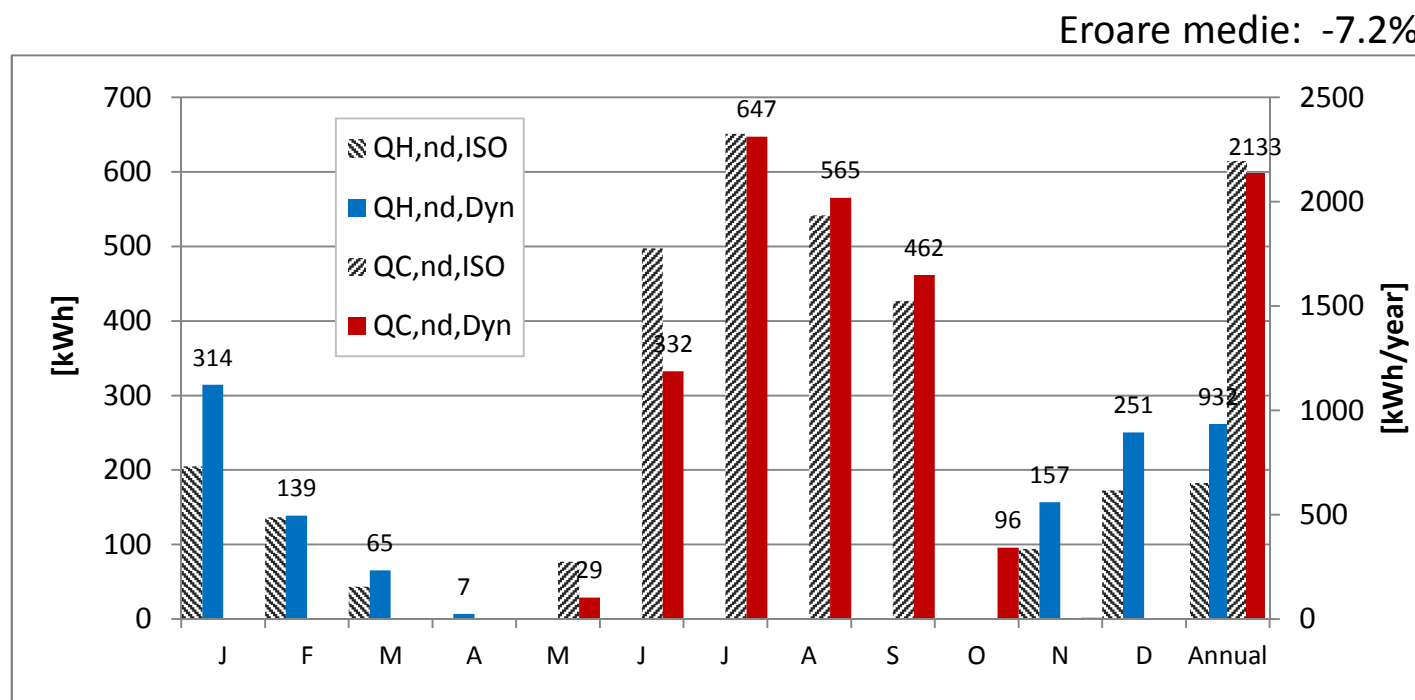


Evolutia umbrei la 10 august



Studiu de caz: clădire rezidențială

Rezultate:



Necesarul de energie al clădirii pentru răcire și încălzire: simulări dinamice (Dyn), comparativ cu metoda bazată pe consumul lunar (ISO)



3) Observații finale

- Pentru a efectua o analiză pe ciclul de viață, este esențială evaluarea energiei înmagazinate și operaționale.
- Estimarea cu exactitate a energiei operaționale a unei clădiri depinde de mai mulți parametri.
- S-a implementat un algoritm simplificat pentru a cuantifica necesarul de energie pentru încălzire/răcire, respectiv de apă caldă menajeră, având ca referință standardele internaționale.
- Precizia metodei bazate pe calculul lunar oferită de ISO 13790 a fost verificată prin comparație cu simulări dinamice avansate.
- Din compararea rezultatelor se desprinde concluzia că acuratețea acestei metode este foarte bună (eroarea medie < 10%).