



Asociația Auditorilor Energetici pentru Clădiri din România

www.aaecr.ro

IMPORTANTA DETALIILOR ȘI A METODELOR DE INVESTIGAȚIE ÎN CORECTA EXPERTIZARE ENERGETICĂ A UNEI CLĂDIRI

Prof. Dr. Ing. Emilia-Cerna MLADIN
Universitatea POLITEHNICA București,
Președinte AAECR

Studiu de caz: Casă P+1E, zona climatică III, mediu urban



METODE DE ANALIZĂ

1. Simulări numerice
2. Analiza termografică
3. Măsurători în timp real
4. Calculul indicatorilor de confort

1. Simulari numerice

Caracteristici geometrice și termotehnice ale elementelor de anvelopă

	ELEMENT DE CONSTRUCTIE	λ	Grosimea stratului	Coeficient deprecieri mediu	Suprafața m ²	R în camp m ² K/W	R'
		W/m	m				corectată m ² K/W
PE tip 1	Tencuiala interioara	0,87	0,02	1	36,33	1,047	0,873 ($< R'_{\min}=1,8$)
	BA	1,74	0,25				
	Mortar	0,93	0,015				
	Zidarie Porotherm	0,17	0,115				
	Tencuiala exterioara	0,93	0,02				
PE tip 2	Tencuiala interioara	0,87	0,02	1	157,94	2,446	2,039 ($> R'_{\min}=1,8$)
	Zidarie Porotherm	0,17	0,38				
	Tencuiala exterioara	0,93	0,02				
FE	Tâmplărie 3 foi+control solar				62,34	1,25	1,25 ($> R'_{\min}=0,77$)
TE	Tencuiala interioara	0,87	0,01	1	94,32	4,372	3,304 ($< R'_{\min}=5,0$)
	Placa ba	1,74	0,2				
	Vata minerala	0,038	0,15				
	Astereala cherestea	0,19	0,025				
	Tabla ondulata	2	0,0005				
PL sol	Parchet	0,23	0,01	1	88,59	6,853	5,406 ($> R'_{\min}=4,5$)
	Șapă + beton egalizare	1,39	0,11				
	Polistiren extrudat în 2 straturi	0,038	0,3				
	Hidroizolatie carton	0,38	0,004				
	Placă beton armat	1,74	0,1				
	Balast	0,7	0,15				
PL ext	Parchet	0,23	0,01	1	5,87	0,435	0,37 ($< R'_{\min}=4,5$)
	Șapa	1,39	0,1				
	Beton armat	1,74	0,15				
	Masă de șpaclu	0,93	0,01				
TOTAL					445,39		1,939

Indicatorii energetici și de mediu pentru clădirea reală și clădirea de referință

		Clădirea reală		Clădirea de referință	
Consumul specific de caldura anual [kWh/m ² an]	q_T	146,8	B	107,3	A
- pentru incalzire	q _{inc}	114,6	B	81,4	B
- pentru preparare apa calda de consum	q _{acm}	29,0	B	22,7	B
- pentru iluminat	q _{il}	3,2	A	3,2	A
- pentru ventilatie mecanica	q _{vm}	–		–	
- climatizare	q _{clim}	–		–	
NOTA ENERGETICA A CLADIRII		97,89		100,00	
Emisiile de CO2 [kg/m²an]		30,8		22,7	

Obsevație: Clădirea reală are 2 CT de 24 kW fiecare pentru un necesar real de putere termică de 20 kW

Clădirea reală consumă cu **37% mai multă energie** decât clădirea de referință (C 107-2010)

Caracteristici geometrice și termotehnice ale elementelor de anvelopă pentru simulare clădirea modificată în varianta 1

	ELEMENT DE CONSTRUCTIE	λ	Grosimea stratului	Coeficient deprecieri mediu	Suprafața m ²	R în camp m ² K/W	R' corectată m ² K/W
		W/m	m				
PE tip 1	Tencuiala interioara	0,87	0,025	1	36,33	4,829	3,449 (> R' min=1,8)
	BA	1,74	0,250				
	Mortar	0,93	0,010				
	Vata minerala	0,038	0,170				
	Tencuiala exterioara	0,93	0,005				
PE tip 2	Tencuiala interioara	0,87	0,025	1	157,94	3,752	2,679 (> R' min=1,8)
	Zidarie Porotherm	0,17	0,380				
	Vata minerala	0,038	0,050				
	Tencuiala exterioara	0,93	0,005				
FE	Tâmplărie 3 foi+control solar				62,34	1,25	1,25 (> R' min=0,77)
TE	Tencuiala interioara	0,87	0,010	1	94,32	7,004	5,123 (> R' min=5,0)
	Placa ba	1,74	0,200				
	Vata minerala	0,038	0,250				
	Astereala cherestea	0,19	0,025				
	Tabla ondulata	2	0,001				
PL sol	Parchet	0,23	0,010	1	88,59	6,853	5,406 (> R' min=4,5)
	Șapă + beton egalizare	1,39	0,110				
	Polistiren extrudat în 2 straturi	0,038	0,300				
	Hidroizolatie carton	0,38	0,004				
	Placă beton armat	1,74	0,100				
	Balast	0,7	0,150				
PL ext	Parchet	0,23	0,010	1	5,87	4,935	4,540 (> R' min=4,5)
	Șapa	1,39	0,100				
	Beton armat	1,74	0,150				
	Polistiren expandat	0,04	0,160				
	Masă de șpaclu	0,93	0,010				
TOTAL					445,39		2,865

Indicatorii energetici și de mediu pentru simulare clădirea modificată în varianta 1

		Clădirea reală		Clădirea de referință	
Consumul specific de caldura anual [kWh/m ² an]	q_T	90,4	A	107,3	A
- pentru incalzire	q_{inc}	60,1	A	81,4	B
- pentru preparare apa calda de consum	q_{acm}	27,1	B	22,7	B
- pentru iluminat	q_{il}	3,2	A	3,2	A
- pentru ventilatie mecanica	q_{vm}	—		—	
- climatizare	q_{clim}	—		—	
NOTA ENERGETICA A CLADIRII		100,00		100,00	
E emisiile de CO2 [kg/m²an]		18,4		22,7	

Obsevație: 1 CT de 24 kW

Clădirea simulată consumă cu **15% mai puțină** energie decât clădirea de referință (C 107-2010) și cu **40% mai puțină** decât clădirea reală.

Caracteristici geometrice și termotehnice ale elementelor de anvelopă pentru simulare clădirea modificată în varianta 2

	ELEMENT DE CONSTRUCTIE	λ	Grosimea stratului	Coeficient deprecieri mediu	Suprafața m ²	R în camp	R' corectată
		W/m	m			m ² K/W	m ² K/W
PE tip 1	Tencuiala interioara	0,87	0,02	1	36,33	6,394	3,867 (> R' min=1,8)
	Zidarie Porotherm	0,17	0,25				
	Zidarie Porotherm	0,17	0,015				
	Zidarie Porotherm	0,17	0,115				
	Vata minerala	0,038	0,15				
	Tencuiala exterioara	0,93	0,02				
PE tip 2	Tencuiala interioara	0,87	0,02	1	157,94	6,394	3,867 (> R' min=1,8)
	Zidarie Porotherm	0,17	0,38				
	Vata minerala	0,038	0,15				
	Tencuiala exterioara	0,93	0,02				
FE	Tâmplărie 3 foi+control solar				62,34	1,25	1,250 (> R' min=0,77)
TE	Tencuiala interioara	0,87	0,01	1	94,32	8,320	5,152 (> R' min=5,0)
	Placa ba	1,74	0,20				
	Vata minerala	0,038	0,30				
	Astereala cherestea	0,19	0,025				
	Tabla ondulata	2	0,0005				
PL sol	Parchet	0,23	0,01	1	88,59	6,853	5,406 (> R' min=4,5)
	Șapă + beton egalizare	1,39	0,11				
	Polistiren extrudat în 2 straturi	0,038	0,3				
	Hidroizolație carton	0,38	0,004				
	Placă beton armat	1,74	0,1				
	Balast	0,7	0,15				
PL ext	Parchet	0,23	0,01	1	5,87	4,935	4,540 (> R' min=4,5)
	Șapa	1,39	0,1				
	Beton armat	1,74	0,15				
	Polistiren expandat	0,04	0,18				
	Masă de șpaclu	0,93	0,01				
TOTAL					445,39		3,272

Indicatorii energetici și de mediu pentru simulare clădirea modificată în varianta 2

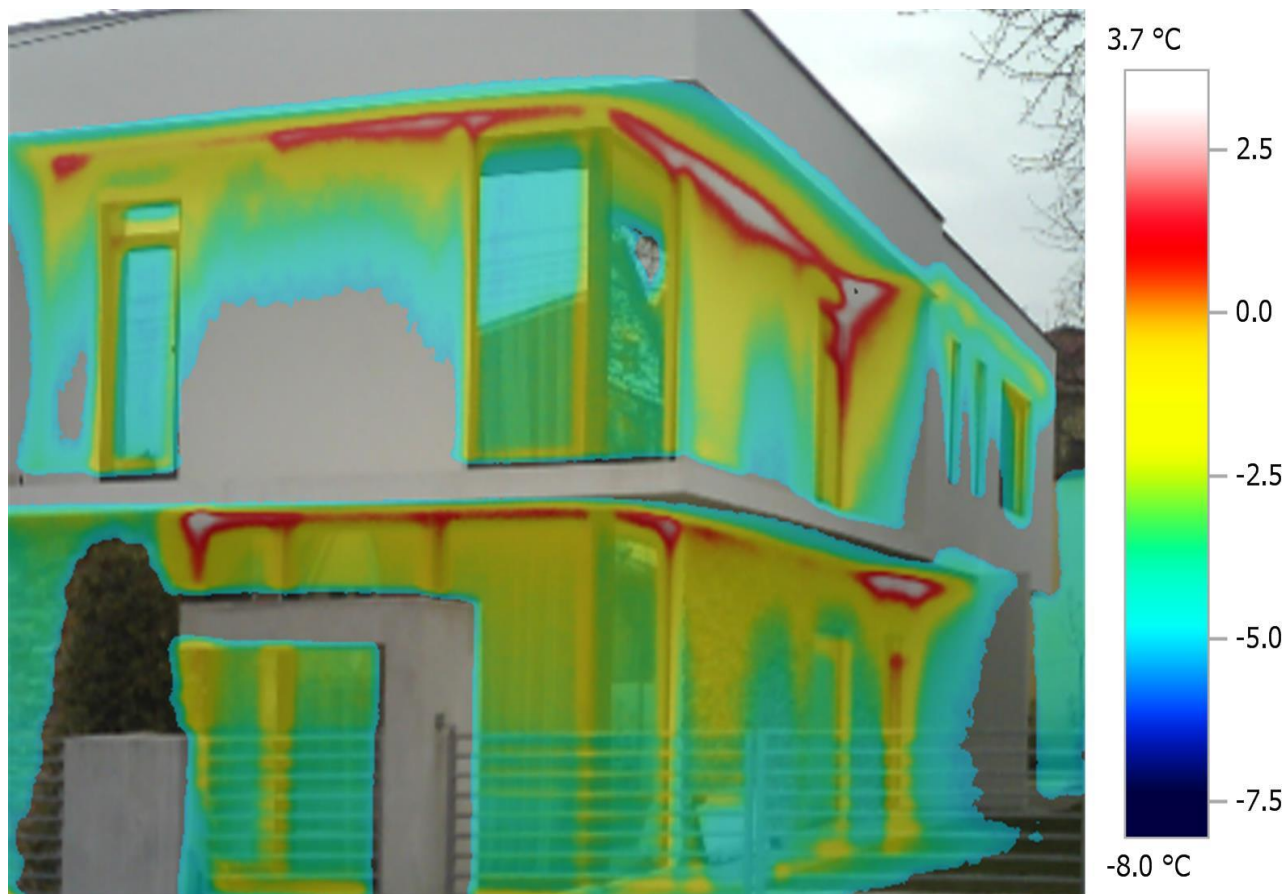
		Clădirea reală		Clădirea de referință	
Consumul specific de caldura anual [kWh/m ² an]	q _T	82,5	A	107,3	A
- pentru incalzire	q _{inc}	52,2	A	81,4	B
- pentru preparare apa calda de consum	q _{acm}	27,1	B	22,7	B
- pentru iluminat	q _{il}	3,2	A	3,2	A
- pentru ventilatie mecanica	q _{vm}	—		—	
- climatizare	q _{clim}	—		—	
NOTA ENERGETICA A CLADIRII		100,00		100,00	
Emisiile de CO2 [kg/m ² an]		16,8		22,7	

Obsevație: 1 CT de 24 kW

Clădirea simulată consumă cu **23% mai puțină** energie decât clădirea de referință (C 107-2010) și cu **44% mai puțină** decât clădirea reală.

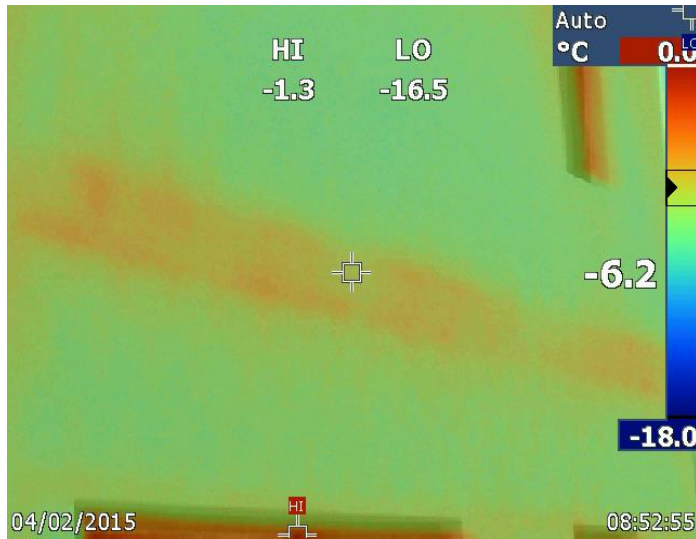
2. Analiză termografică

- La începutul lunii februarie, s-au făcut măsurători de tip termoviziune cu
- Cameră FLUKE Ti25 cu precizie de 2% în intervalul -20 până la 350 °C.
 - Cameră TESTO 875-2i de foarte mare rezoluție.

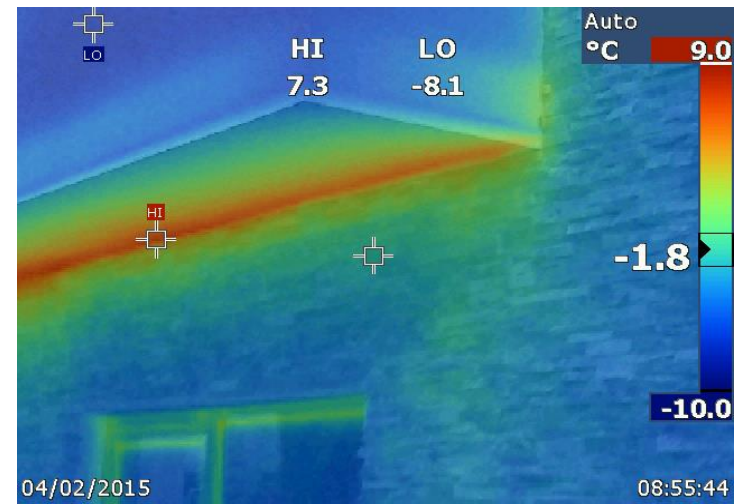


Vedere N-V

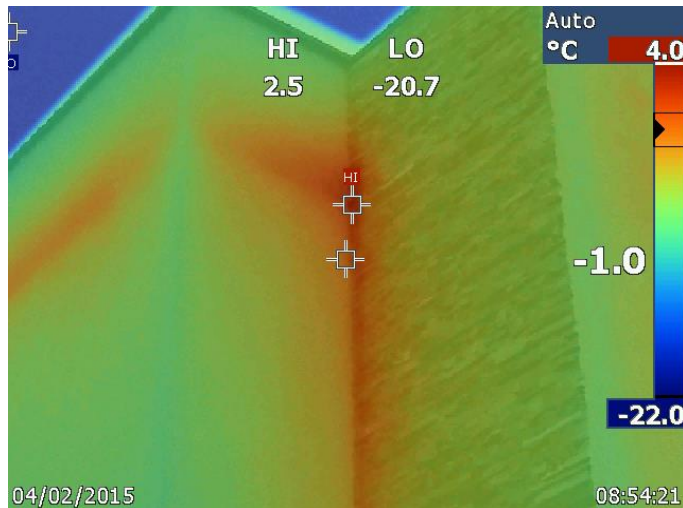
Imagini termografice luate la exterior



Planșeu între parter și etaj

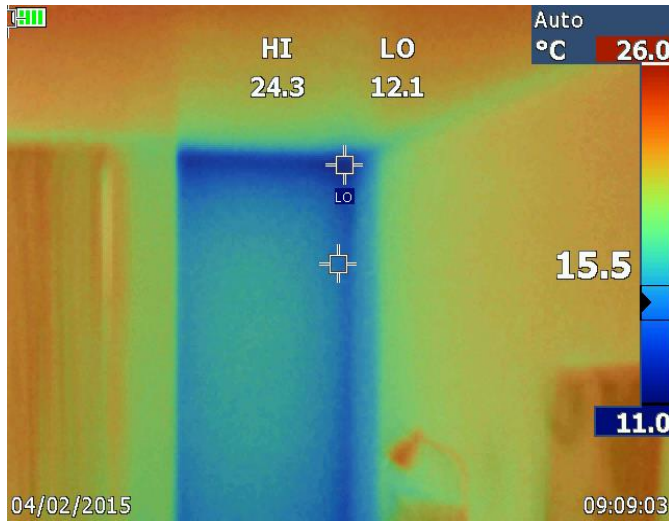


Consolă la intrados

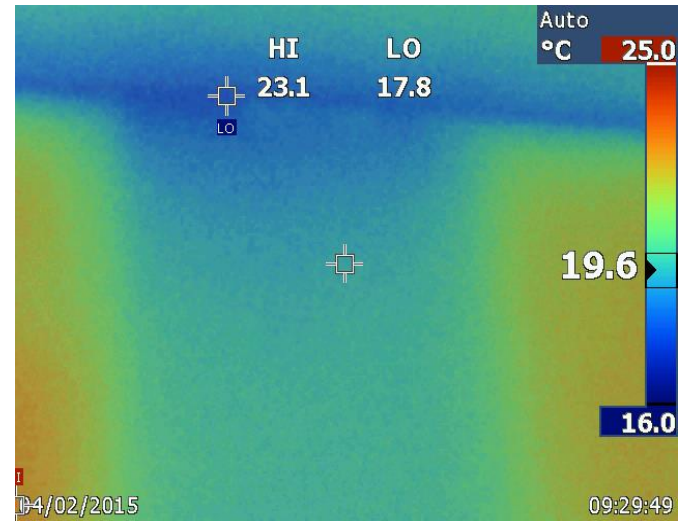


Colț intrând

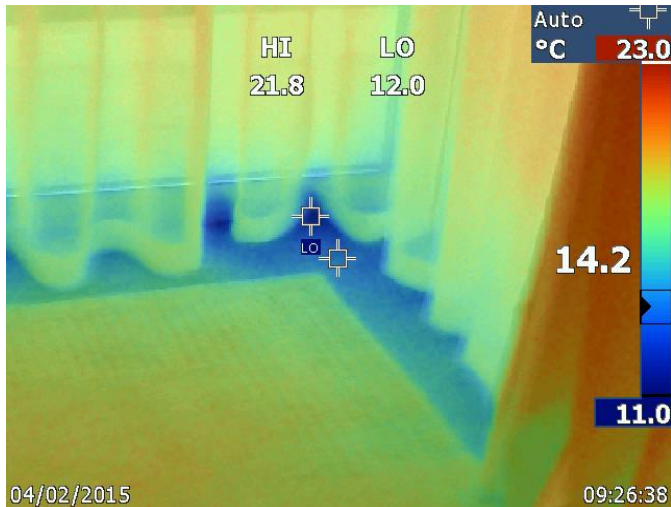
Imagini termografice luate la interior



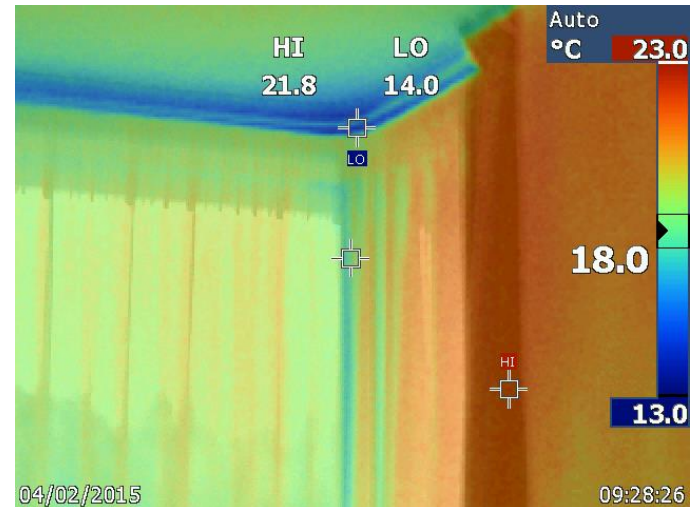
Intrând in formă de "U"



Perete structural de rezistență mică

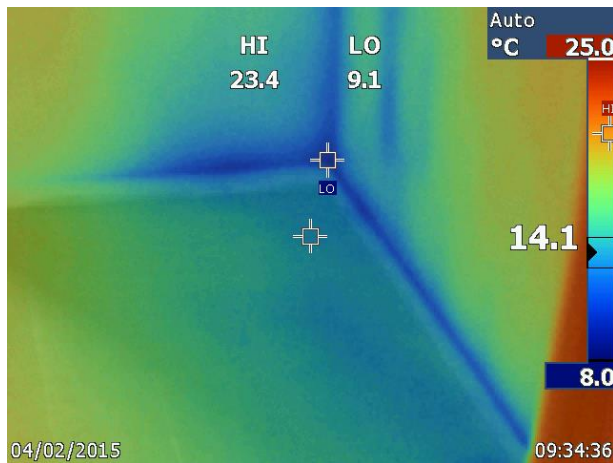
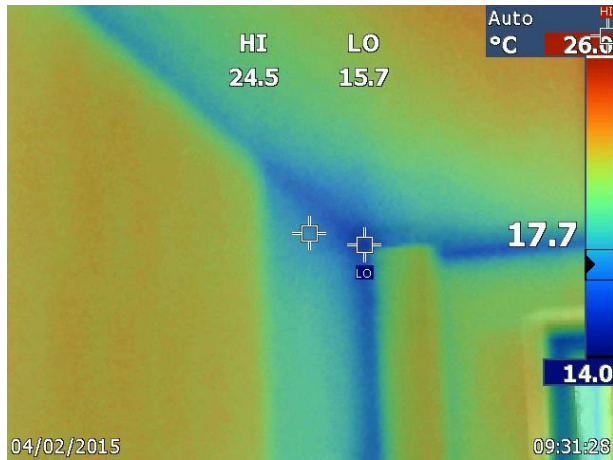


Fereastră de colț în zona de consolă a etajului (orientare NV)

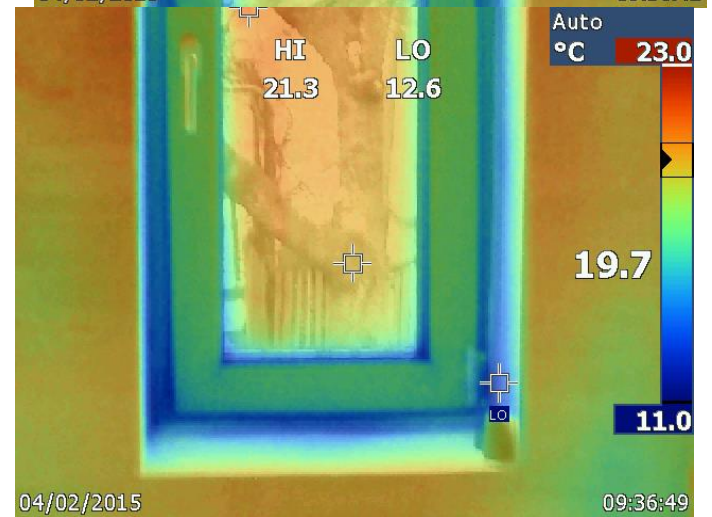
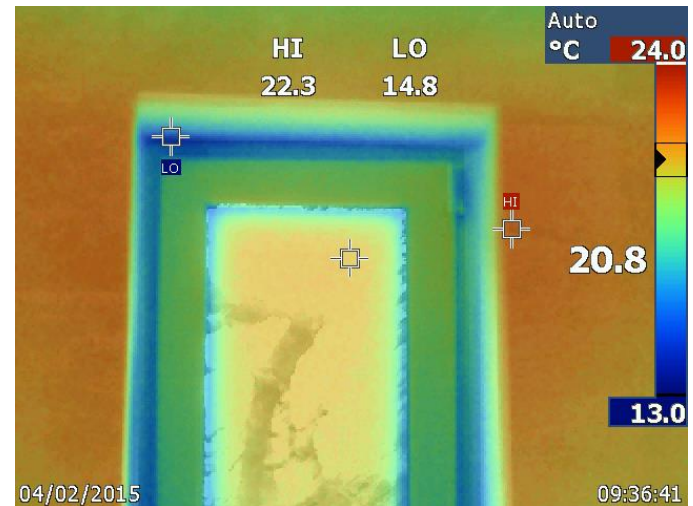


Imagini termografice luate la interior

Colțuri și muchii



Contururi la tâmplărie



3. Înregistrarea în timp real a valorilor de temperatură și umiditate relativă

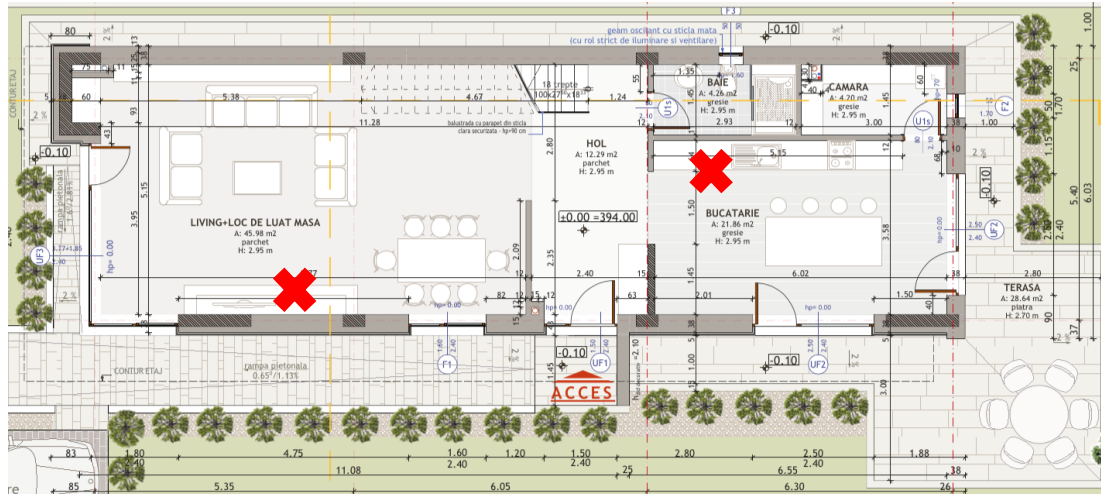
3 înregistratoare TESTO 174H

- înregistrator cu doua canale interne de masura (temperatura & umiditate) (IP20)

3 înregistratoare TESTO 174T

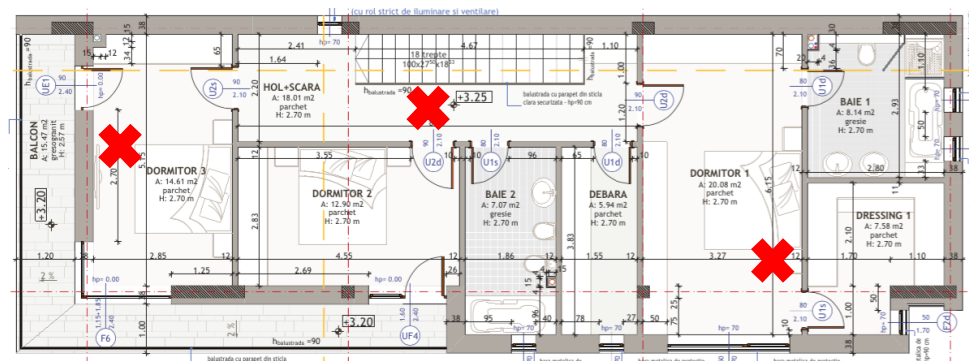
- înregistrator cu un canal intern de masura a temperaturii (IP65)

amplasate la distanță de deschideri, suprafețe calde și echipamente de iluminat, TV sau birotică. Un înregistrator amplasat la exterior.

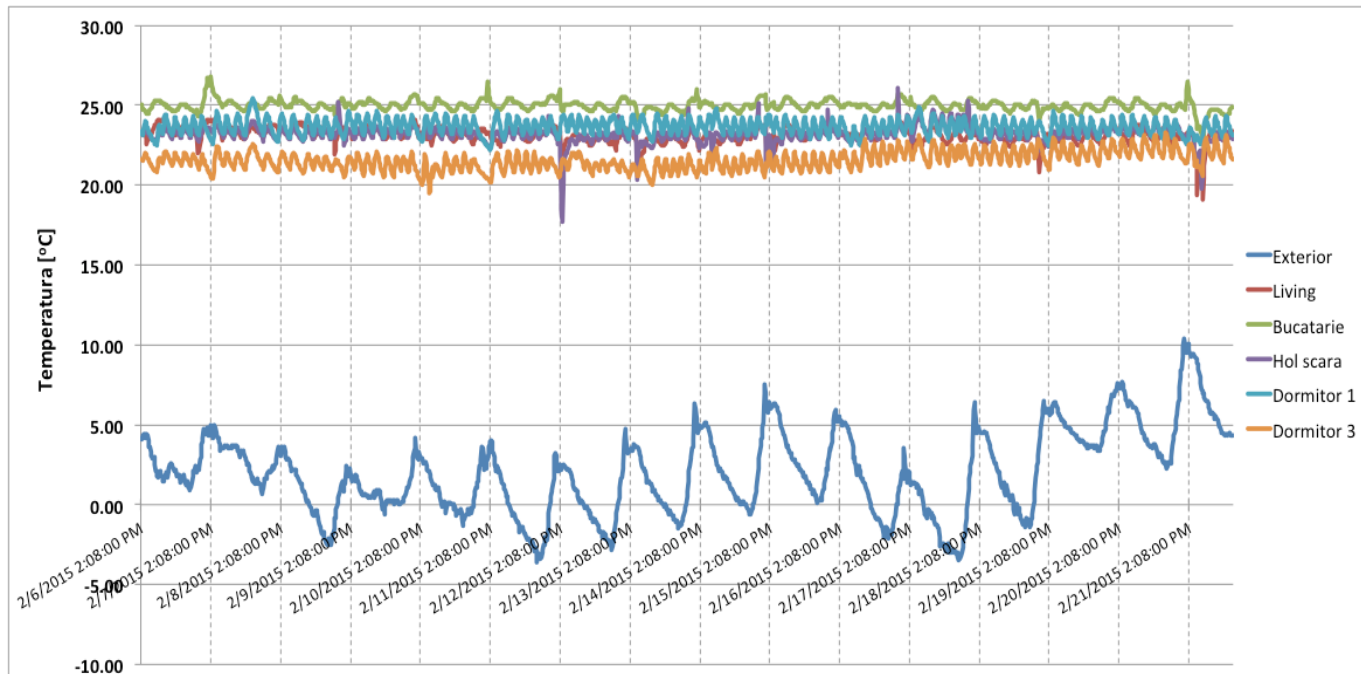


Plan parter

Plan etaj

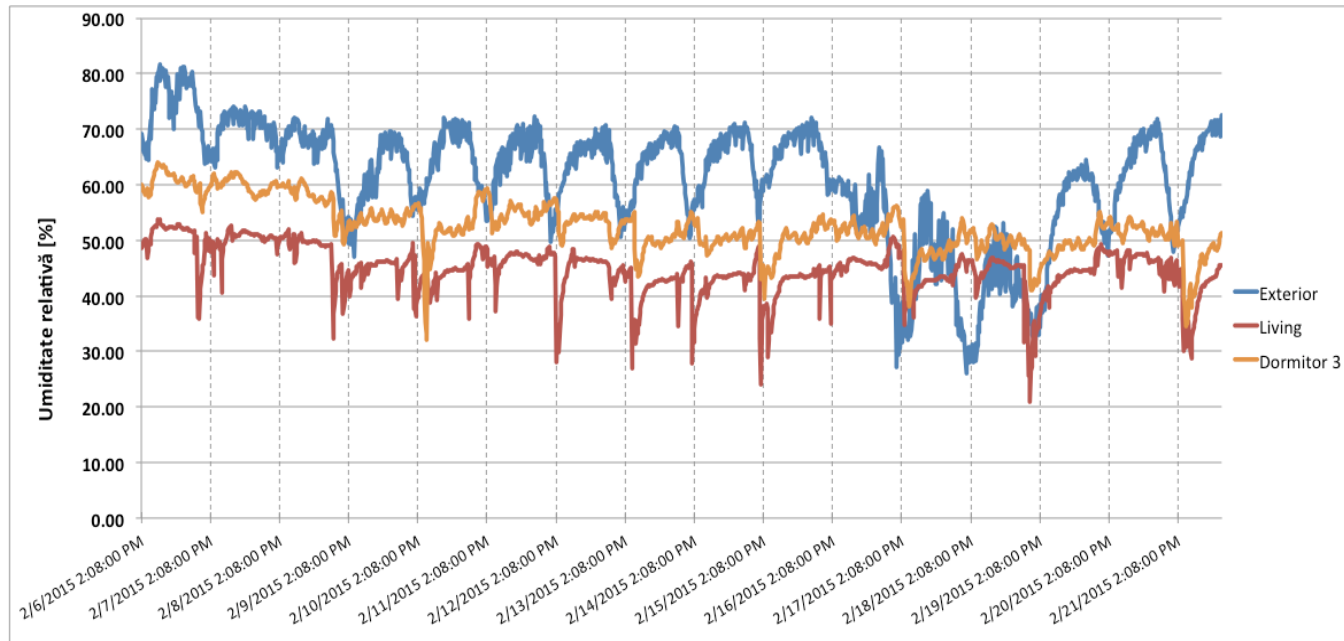


Rezultatele măsurătorilor de temperatură



- ✓ Variațiile de temperatură din fiecare încăpere sunt datorate cel mai probabil pornirilor și opririlor centralelor termice comandate de termostate amplasate la interior.
- ✓ Panta variațiilor de temperatură este mică, asociată cu masa termică importantă a clădirii și cu constanta de timp a acesteia de 152 h.
- ✓ Temperaturile din bucătărie au valori mai mari datorate în primul rând orientării spre Sud. Valorile maxime sunt datorate cel mai probabil unor activități de preparare a hranei.
- ✓ Temperaturile din dormitorul 3 au valori mai mici datorate orientării spre Nord a acestei încăperi.
- ✓ Încăperile amplasate mai la interior (dormitorul 1) sau cu instrumentul de măsură poziționat lângă un perete cu zidărie groasă, arată un nivel termic mediu de 23-24 °C foarte asemănător.
- ✓ Valorile de temperatură mai mici de 20 °C de pe holul casei scărilor se datorează cel mai probabil unei deschideri de geam de scurtă durată.

Rezultatele măsurătorilor de umiditate relativă



- ✓ Se constată că nivelul de umiditate de la interior urmărește într-o oarecare măsură fluctuațiile umidității aerului exterior, dar cu amplitudini mult mai mici. Asemănarea este mai mare la living, unde se fac aerisiri mai frecvente prin ușa de acces în clădire.
- ✓ Nivelul de umiditate relativă mai scăzut de la interior este datorat temperaturilor sensibil mai mari față de exterior.
- ✓ Umiditatea relativă mai mare din dormitorul 3 față de living este datorată temperaturii mai scăzute din dormitor.

4. Calculul indicatorilor de confort

Realizarea condițiilor de confort la interior, în special vara, exprimate prin indicatorii Fanger de confort:

- votul mediu previzibil **PMV**
- nota de confort sau procentul previzibil de nemulțumiți **PPD**

Se consideră realizarea unor condiții de confort termic atunci când **PPD < 10% sau $-0.5 < PMV < 0.5$**

Influența îmbrăcăminții și a intensității activității fizice se cuantifică cu indicatorii “**clo**” și “**met**”, respectiv.

Se poate constata cum, pe lângă temperaturi, umiditate relativă sau viteza aerului la interior, îmbrăcămintea și activitatea fizică specifice pentru interior influențează senzația de confort.

Cu alte cuvinte, nu numai clădirea poate fi responsabilă pentru senzația de confort/disconfort termic pe care o resimțim la interior.

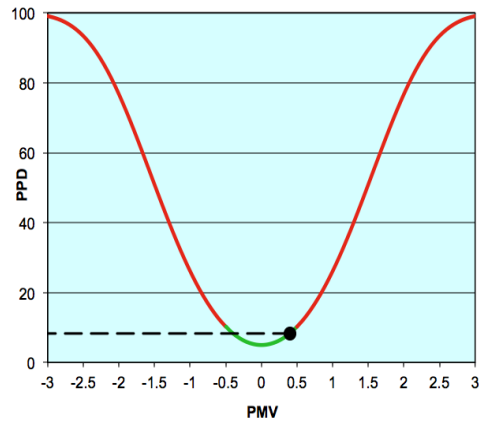
Parameter	Input	
Clothing (clo)	1,00	[0 to 2clo]
Air temp. (°C)	23,0	[10 to 30°C]
Mean radiant temp. (°C)	20,0	[10 to 40°C]
Activity (met)	1,5	[0.8 to 4met]
Air speed (m/s)	0,15	[0 to 1m/s]
Relative humidity (%)	50,0	[30 to 70%]

Calculate PMV

Parameter	Results
Operative temp. (°C)	21,5
PMV	0,4
PPD	8,3

Number of iterations: 7

Modified by Håkan Nilsson
Department of Technology and Built Environment
Laboratory of Ventilation and Air Quality
University of Gävle



Îmbrăcăminte medie și activitate ușoară

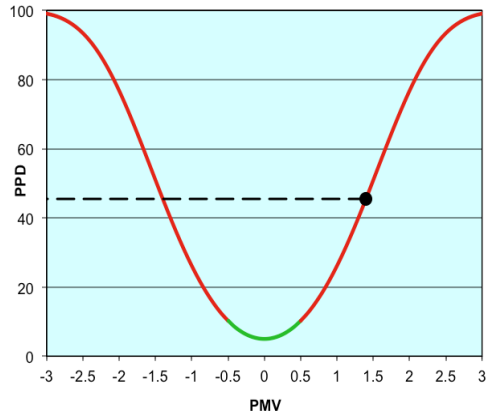
Parameter	Input	
Clothing (clo)	1,00	[0 to 2clo]
Air temp. (°C)	23,0	[10 to 30°C]
Mean radiant temp. (°C)	20,0	[10 to 40°C]
Activity (met)	2,5	[0.8 to 4met]
Air speed (m/s)	0,15	[0 to 1m/s]
Relative humidity (%)	50,0	[30 to 70%]

Calculate PMV

Parameter	Results
Operative temp. (°C)	21,5
PMV	1,4
PPD	45,5

Number of iterations: 7

Modified by Håkan Nilsson
Department of Technology and Built Environment
Laboratory of Ventilation and Air Quality
University of Gävle



Îmbrăcăminte medie și activitate mai intensă

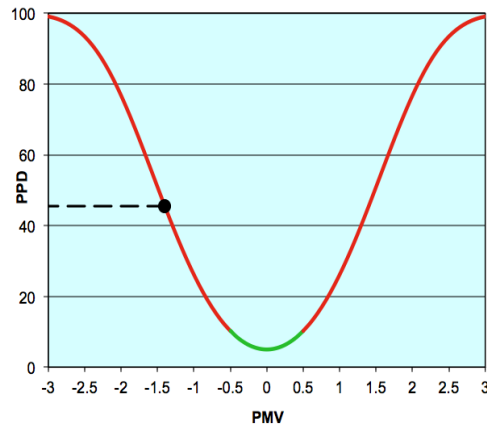
Parameter	Input	
Clothing (clo)	0,50	[0 to 2clo]
Air temp. (°C)	23,0	[10 to 30°C]
Mean radiant temp. (°C)	20,0	[10 to 40°C]
Activity (met)	1,1	[0.8 to 4met]
Air speed (m/s)	0,15	[0 to 1m/s]
Relative humidity (%)	50,0	[30 to 70%]

Calculate PMV

Parameter	Results
Operative temp. (°C)	21,5
PMV	-1,4
PPD	45,5

Number of iterations: 8

Modified by Håkan Nilsson
Department of Technology and Built Environment
Laboratory of Ventilation and Air Quality
University of Gävle



Îmbrăcăminte ușoară și activitate ușoară

CONCLUZII

- **Diversele metode de investigare** au pus în evidență problemele clădirii și au indicat soluții de îmbunătățire.
- **Niciuna dintre metode, utilizată singură, nu permite o analiză corectă și completă**
- **Analiza in-situ a clădirii este absolut obligatorie.**
- Se recomandă **expertize energetice preliminare** (la nivel de proiect) celor care construiesc.

În acest studiu, **nu s-au luat în considerare surse alternative de alimentare cu energie**, bazate pe resurse regenerabile: panouri termice solare pentru încălzirea în pardoseală și prepararea parțială a apei calde de consum, panouri fotovoltaice pentru iluminatul exterior, pompe de căldură sol-apă sau aer-aer, etc.

Considerarea lor ar putea conduce cu succes o astfel de casă la nivelul unei clădiri “aproape zero energie (primară) - **nZEB**”.

A bouquet of flowers is shown, featuring several pink lilies with yellow centers, a large yellow daisy-like flower, and a single red rose. The bouquet is tied with a white ribbon and is set against a background of a wooden table and a white wall.

**Vă mulțumesc pentru
atenție !**

Sfârșit