

Proiect Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi considerate responsabile pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

Proiectul BIM4Energy**Titlu: Concepte de bază ale eficienței energetice în clădiri**

1 - Obiective.

Obiectivele acestui tutorial Concepte de bază ale eficienței energetice în clădiri sunt următoarele:

- Înțelegerea principiilor eficienței energetice: înțelegerea conceptelor de bază ale eficienței energetice și a relației acestora cu proiectarea și exploatarea clădirilor.
- Identificarea principalelor tehnici de economisire a energiei: să fie capabil să identifice și să descrie metode și tehnologii practice de îmbunătățire a eficienței energetice în clădiri.
- Recunoașterea impactului asupra mediului: dezvoltarea unei conștientizări a beneficiilor de mediu ale practicilor de construcție eficiente din punct de vedere energetic.
- Evaluarea performanței energetice: familiarizare cu evaluarea performanței energetice a clădirilor.
- Promovarea soluțiilor de construcție durabile: înțelegerea elementelor cheie care promovează practicile de proiectare și construcție eficiente din punct de vedere energetic.

2 - Metodologia de învățare.

Profesorul va da o explicație despre conceptele de bază ale eficienței energetice în clădiri timp de aproximativ 1 oră.

Studentii vor citi acest tutorial și vor urma pașii prezentați în tutorial, și anume:

- Introducere în eficiența energetică.
 - Definiții de bază.
 - Importanța eficienței energetice.
 - Contextul istoric al eficienței energetice.
- Auditul energetic și analiza comparativă.
 - Metode de evaluare a consumului de energie al clădirilor.
 - Repere de performanță energetică.
- Soluții de eficiență energetică pentru clădiri.
 - Izolarea și proiectarea anvelopei clădirii.
 - Sisteme de izolare termică.
 - Etanșeitatea clădirii la aer.
 - Punți termice.
 - Cerințe pentru valorile U normative ale pereților despărțitori.
 - Sisteme de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVAC).

- Aparate și echipamente eficiente energetic, iluminat eficient energetic.
- Integrarea energiei regenerabile.
- Tehnologii inteligente pentru clădiri.
- Soluții de proiectare pasivă.
- Materiale de construcție durabile.
- Tendințe viitoare în domeniul eficienței energetice.
 - Clădiri inteligente și internetul obiectelor (IoT).
 - Avansuri în tehnologia și materialele de construcție.

Pentru a evalua succesul aplicației, se sugerează un chestionar pentru studenți.

3 - Durata tutorialului.

Implementarea acestui tutorial va fi realizată prin intermediul site-ului web al proiectului BIM4ENERGY www.bim4energy.eu prin autoînvățare.

Tutorialul este structurat pentru a fi livrat pe:

Durata totală: 3 ore.

4 - Resursele didactice necesare.

Sală de calculatoare cu PC-uri cu acces la internet.

Software necesar: Microsoft Office.

5 - Conținut și tutorial.

5.1 - Introducere în eficiența energetică.

5.1.1. Definiții de bază.

Performanța energetică a unei clădiri (a unei părți a unei clădiri) înseamnă cantitatea calculată de energie necesară pentru a satisface cererea de energie asociată cu utilizarea normală a clădirii, inclusiv energia pentru încălzire, răcire, ventilație, apă caldă și iluminat a clădirii [1]. Eficiența energetică se referă la utilizarea unei cantități mai mici de energie pentru a îndeplini aceeași sarcină sau a obține același rezultat într-o clădire, sistem sau proces. Acest lucru se realizează prin optimizarea modului în care energia este consumată și prin minimizarea deșeurilor [2].

TO PERFORM TASK
OR
ACHIEVE OUTPUT
IN A BUILDING, PROCESS OR
SYSTEM.



Figura1 Eficiență.



To perform or achieve **more** - with the **same** amount of **energy**

TO PERFORM TASK
OR
ACHIEVE OUTPUT
IN A BUILDING, PROCESS OR
SYSTEM.



amount of energy needed



To perform or achieve **same** - with **less** **energy**

TO PERFORM TASK
OR
ACHIEVE OUTPUT
IN A BUILDING, PROCESS OR
SYSTEM.



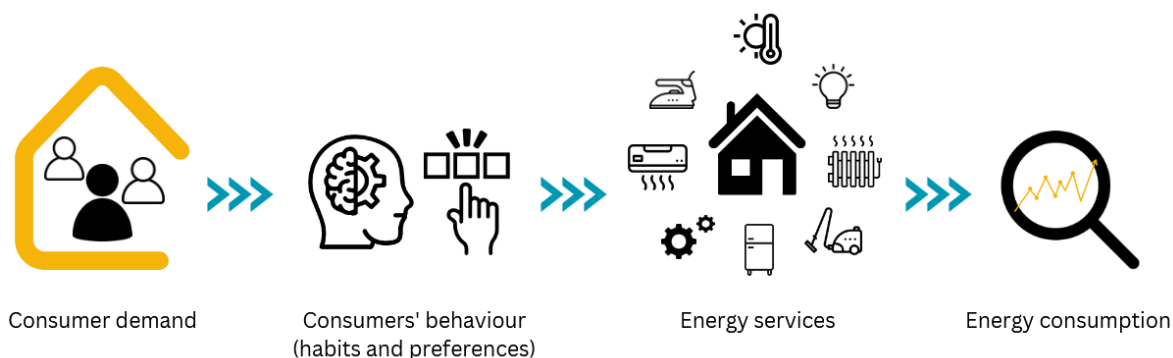
amount of energy needed

Figura 2. Îmbunătățirea eficienței.

În clădiri, eficiența energetică se concentrează de obicei pe încălzire, răcire, iluminat și funcționarea aparatelor. O clădire cu eficiență energetică ridicată utilizează mai puțină energie pentru încălzire, răcire, iluminat și aparate, asigurând în același timp confort și funcționalitate pentru ocupanți. Utilizarea rațională a resurselor energetice este una dintre cele mai eficiente modalități de a reduce consumul de energie, minimizând în același timp impactul asupra mediului.

Comportamentul consumatorilor influențează consumul de energie. Fiecare consumator de energie utilizează serviciile energetice în moduri care îi sunt comune. Modelele comportamentale modelate de mediul înconjurător determină modelele noastre de consum de energie și acțiunile pe care le întreprindem în calitate de consumatori. Aceste acțiuni au un impact direct asupra cantității de energie consumată. Trebuie remarcat faptul că aproximativ 80% din energia utilizată în locuințele din UE este pentru încălzire, răcire și apă caldă [3]. În acest context, pentru a beneficia de investițiile în echipamente, instrumente și sisteme mai eficiente, utilizatorii trebuie să le utilizeze în mod corespunzător. Obiectivele de eficiență energetică sunt atinse printr-o combinație de soluții eficiente și de economisire a energiei și de schimbări în comportamentul consumatorilor. Cu toate acestea,

dacă consumatorii nu își schimbă obiceiurile de risipire a energiei și ignoră inițiativele de reducere a consumului de energie, oportunitățile de îmbunătățire a eficienței energetice sunt reduse semnificativ.



Clădirile eficiente din punct de vedere energetic pot include structuri rezidențiale, comerciale și industriale care sunt proiectate sau modernizate pentru a respecta standardele moderne de eficiență. Atingerea eficienței energetice implică adesea îmbunătățirea izolației, utilizarea de aparate eficiente din punct de vedere energetic și optimizarea sistemelor de iluminat. Un alt aspect cheie este "anvelopa" clădirii, care include pereții, acoperișul, podelele de la sol, ferestrele și ușile care separă interiorul de mediul exterior. Designul și materialele utilizate pentru anvelopă joacă un rol crucial în reducerea pierderilor de energie. Scopul este de a reduce consumul global de energie, menținând sau îmbunătățind în același timp performanța clădirii. De asemenea, este important să se facă distincția între eficiența energetică și conservarea energiei; aceasta din urmă implică reducerea consumului de energie prin schimbări comportamentale, în timp ce eficiența energetică se concentrează pe îmbunătățirea tehnologiei și a sistemelor.

Atunci când analizăm eficiența energetică, trebuie să ținem cont de energia consumată de un produs sau de o clădire de-a lungul întregului său ciclu de viață, de la producție la reciclare sau renovare.

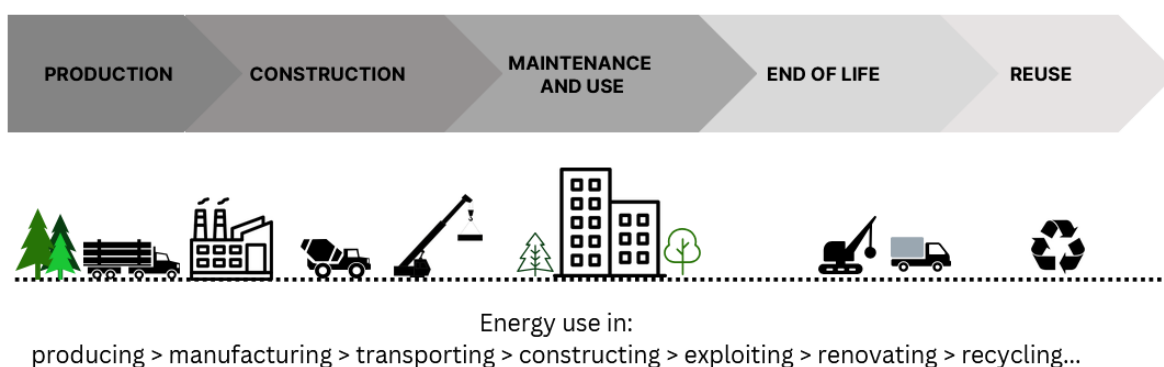


Figura 3. Ciclul de viață și consumul de energie al produsului sau serviciului.

5.1.2. Importanța eficienței energetice

Mediul construit a devenit un domeniu-cheie de interes pentru reducerea emisiilor de carbon și abordarea impactului schimbărilor climatice. Sectorul clădirilor utilizează energie pentru construcția, încălzirea, răcirea și iluminarea locuințelor și a întreprinderilor, precum și pentru aparatele și echipamentele instalate în acestea. Consumul de energie al clădirilor are o contribuție majoră la emisiile globale de gaze cu efect de seră, încălzirea fiind una dintre cele mai mari cereri de energie. Importanța eficienței energetice în clădiri nu poate fi supraestimată, deoarece afectează în mod direct atât durabilitatea economică, cât și cea de mediu. Clădirile eficiente din punct de vedere energetic reduc costurile operaționale prin scăderea consumului de energie pentru încălzire, răcire și iluminat. Într-o lume care se confruntă cu creșterea prețurilor la energie, îmbunătățirea eficienței energetice poate oferi economii financiare semnificative pentru proprietarii și ocupanții clădirilor. În special, în condițiile în care, în prezent, în medie, 75% din clădirile din UE sunt ineficiente din punct de vedere energetic. Din perspectivă globală, creșterea eficienței energetice este una dintre cele mai rentabile modalități de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră.

Clădirile sunt responsabile pentru o mare parte din consumul de energie la nivel mondial - aproximativ 40% din consumul global de energie și emisiile de CO₂ aferente - astfel încât îmbunătățirea eficienței în acest sector poate avea un impact profund [4]. În plus, clădirile eficiente din punct de vedere energetic oferă un confort interior îmbunătățit pentru ocupanți prin menținerea unor temperaturi interioare și a unei calități a aerului mai constante. De asemenea, eficiența energetică sporește rezistența unei clădiri la fluctuațiile prețurilor la energie și la penuria de energie, creând un mediu mai stabil și mai previzibil în ceea ce privește costurile energiei. În plus, clădirile eficiente din punct de vedere energetic sunt adesea mai atractive pentru cumpărători sau chiriași datorită facturilor mai mici la utilități și a preferinței tot mai mari pentru medii de viață durabile. Un alt factor esențial este faptul că multe guverne oferă stimulente, subvenții pentru îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor, făcând din aceasta o opțiune atractivă pentru dezvoltatorii și proprietarii de imobile. Eficiența energetică este, de asemenea, esențială pentru îndeplinirea obiectivelor climatice globale și locale, cum ar fi cele prezentate în Acordul de la Paris, "The European Green Deal" și strategia pe termen lung UE 2050 [5]. Implementarea tehnologiilor eficiente din punct de vedere energetic reduce cererea de resurse energetice, ceea ce poate atenua, de asemenea, nevoia de noi centrale electrice sau de modernizarea infrastructurii. Clădirile eficiente din punct de vedere energetic contribuie, de asemenea, la reducerea sarcinii pe rețelele energetice naționale, în special în perioadele de vârf de utilizare, contribuind la o mai mare stabilitate a rețelei. În plus față de beneficiile economice și de mediu, clădirile eficiente din punct de vedere energetic contribuie la îmbunătățirea sănătății publice prin reducerea poluării aerului asociate producției de energie. Pe măsură ce eficiența energetică devine din ce în ce mai importantă, în special în planificarea și dezvoltarea urbană, aceasta joacă un rol-cheie în promovarea obiectivelor mai largi ale orașelor și comunităților durabile.

5.1.3. Contextul istoric al eficienței energetice

Civilizațiile antice, cum ar fi romanii și grecii, au implementat strategii de proiectare pasivă, cum ar fi ferestrele orientate spre sud și pereții groși, pentru a conserva căldura în timpul

iernii și pentru a-și răci clădirile în timpul verii.

Ulterior, odată cu urbanizarea crescândă și creșterea rapidă a cererii de energie, eficiența energetică în clădiri a devenit mult mai importantă. Accentul a fost pus în primul rând pe confort și funcționalitate, fără să se țină seama de cantitatea de energie consumată. Cu toate acestea, criza petrolului din 1973 a reprezentat un punct de cotitură important, care a făcut din economisirea și eficiența energetică un obiectiv-cheie al politicilor publice și al inovării tehnologice [6]. Confrunțați cu creșterea costurilor energiei și cu penuria de aprovizionare, multe guverne și industrii au început să exploreze modalități de reducere a consumului de energie. Conceptul de clădiri eficiente din punct de vedere energetic a început să câștige teren, în special în Europa, unde au fost introduse politici și standarde pentru a încuraja economisirea energiei. În anii 1980 și 1990, progresele înregistrate în materie de izolare, tehnologie a ferestrelor și sisteme HVAC au facilitat atingerea de către clădiri a unor niveluri mai ridicate de eficiență energetică.

Conceptul de eficiență energetică a evoluat semnificativ în ultimele decenii, în special ca urmare a creșterii preocupărilor privind resursele energetice și durabilitatea mediului. La începutul secolului al XX-lea, clădirile nu erau, de obicei, proiectate având în vedere eficiența energetică, deoarece energia era relativ ieftină și abundentă. În această perioadă, au apărut mișcări de clădiri ecologice, precum LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) în Statele Unite și BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) în Regatul Unit [7]. Aceste sisteme au contribuit la stabilirea unor orientări și standarde clare pentru proiectarea, construcția și exploatarea eficientă din punct de vedere energetic a clădirilor. La începutul anilor 2000, preocupările tot mai mari privind schimbările climatice și degradarea mediului au accelerat și mai mult promovarea eficienței energetice la . Guvernele din întreaga lume au introdus reglementări mai stricte și stimulente pentru clădirile eficiente din punct de vedere energetic, stimulând inovarea în materie de materiale și tehnologii.

În prezent, eficiența energetică este recunoscută ca fiind o strategie cheie în atingerea obiectivelor de sustenabilitate, tehnologiile inteligente precum internetul obiectelor (IoT) și automatizarea clădirilor jucând roluri esențiale în optimizarea utilizării energiei în structurile moderne. În ultimii ani, creșterea tehnologiilor de energie regenerabilă, cum ar fi panourile solare și turbinele eoliene, a fost integrată în proiectele de clădiri eficiente din punct de vedere energetic.

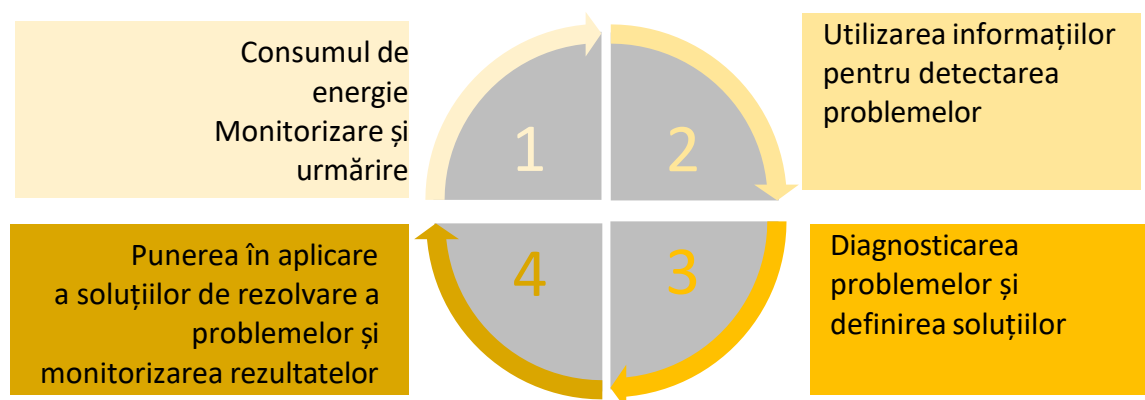
Evoluția istorică a eficienței energetice evidențiază recunoașterea din ce în ce mai mare a faptului că clădirile, în calitate de mari consumatoare de energie, trebuie proiectate și exploatate pentru a minimiza impactul lor asupra mediului. Pe măsură ce domeniul continuă să evolueze, lecțiile trecutului oferă perspective valoroase asupra modului în care clădirile moderne pot echilibra consumul de energie cu nevoia de confort și durabilitate.

5.2 - Auditul energetic și analiza comparativă

Auditul energetic și analiza comparativă sunt etape importante în evaluarea și îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor. În special în cazul clădirilor existente, primul pas pentru îmbunătățirea eficienței energetice este măsurarea consumului de energie existent. Auditurile energetice oferă o perspectivă detaliată asupra modului în care este consumată energia, ajutând la identificarea domeniilor în care se poate îmbunătăți

eficiența [8].

Pe de altă parte, benchmarking-ul energetic, cunoscut și sub numele de urmărirea performanței energetice, este o modalitate de a vedea unde pot fi aduse cele mai mari îmbunătățiri în materie de eficiență energetică. Este adesea primul pas către atingerea obiectivelor de eficiență energetică pe termen lung, deoarece definește potențialul de economisire a energiei al clădirii. În primul rând, este un proces de urmărire a consumului de energie al unei clădiri și apoi implică compararea performanței energetice a unei clădiri cu parametri standard sau structuri similare, permițând o înțelegere clară a eficienței sale relative. Benchmarking-ul permite comparații directe ale consumului de energie al clădirii prin luarea în considerare a unor variabile precum clima locală, suprafața, gradul de ocupare și orele de funcționare.



5.2.1. Metode de evaluare a consumului de energie al clădirilor

Mai multe metode sunt utilizate pentru a evalua consumul de energie al clădirilor, începând cu auditurile energetice. Auditurile energetice sunt de obicei clasificate în trei niveluri:

- **Nivelul 1 (audit de rutină):** Acesta este un audit preliminar care implică o inspecție vizuală a clădirii și o analiză de bază a consumului de energie. Acesta identifică cele mai importante oportunități de economisire a energiei cu o colectare minimă de date.
- **Nivelul 2 (studiu și analiză energetică):** Implică o analiză mai detaliată, inclusiv utilizarea facturilor de energie și a datelor de contorizare de bază. Acesta oferă o înțelegere mai largă a modului în care diferite sisteme (iluminat, HVAC etc.) consumă energie.
- **Nivelul 3 (analiză detaliată):** Cunoscută drept un audit de nivel investițional, această metodă implică colectarea și analiza aprofundată a datelor privind sistemele energetice ale clădirii. Aceasta include utilizarea unor instrumente avansate, cum ar fi software-ul de modelare energetică, pentru a simula performanța energetică în diferite condiții.

Un alt instrument-cheie de evaluare este reprezentat de sistemele de gestionare a energiei clădirilor (BEMS), care furnizează date în timp real privind consumul de energie [9]. În plus, tehnologii precum inspecțiile termografice ajută la identificarea pierderilor termice prin pereți, ferestre și acoperișuri. Sub-măsurarea anumitor zone (de exemplu, iluminat, încălzire

și ventilație) oferă o imagine mai granulară a consumului de energie. Certificatele de performanță energetică (EPC) joacă, de asemenea, un rol în evaluarea și clasificarea eficienței energetice a unei clădiri pe o scară, facilitând înțelegerea performanței sale globale.

5.2.2. Repere de performanță energetică

Stabilirea de criterii de referință permite proprietarilor și operatorilor de clădiri să compare consumul lor de energie cu cel al unor clădiri similare sau cu standarde predefinite. O modalitate obișnuită de stabilire a criteriilor de performanță este intensitatea consumului de energie (EUI), care măsoară anual consumul de energie pe metru sau picior pătrat al clădirii. Valorile mai mici ale EUI indică o eficiență energetică mai bună.

În Europa, Directiva privind performanța energetică a clădirilor (EPBD) oferă orientări pentru evaluarea comparativă și certificarea energetică [10].

Sistemele de certificare LEED și BREEAM stabilesc repere de performanță pentru utilizarea energiei, acordând puncte în funcție de eficiența energetică și practicile de sustenabilitate. Aceste certificări încurajează îmbunătățirea continuă prin oferirea unor niveluri superioare de certificare pentru economii mai mari de energie.

O altă metodă de evaluare comparativă implică compararea consumului de energie al unei clădiri cu cel al unor clădiri similare dintr-un grup de referință (de exemplu, de dimensiuni, tip sau zonă climatică similare). Acest lucru oferă un context pentru a identifica dacă o clădire funcționează peste sau sub mediile din industrie.

În cele din urmă, analiza comparativă internă poate fi realizată prin compararea performanței actuale a clădirii cu datele sale istorice, permițând identificarea tendințelor în utilizarea energiei de-a lungul timpului. Acest lucru ajută la urmărirea succesului măsurilor de economisire a energiei.

5.3 - Soluții de eficiență energetică pentru clădiri

5.3.1 Proiectarea anvelopei și izolației clădirii

Învelișul clădirii este esențial în determinarea eficienței energetice globale a unei structuri, deoarece acționează ca o barieră între mediul interior și climatul exterior.

Învelișurile clădirilor proiectate și izolate corespunzător ajută la reglarea temperaturilor interioare, reducând nevoia de încălzire sau răcire excesivă. Eficacitatea anvelopei unei clădiri se bazează în mare măsură pe izolare și pe diverse tehnici menite să minimizeze pierderile de energie.

Unul dintre cei mai importanți parametri fizici ai materialelor termoizolante este conductivitatea termică, care descrie capacitatea unui material de a transmite căldura. Diferitele materiale izolante au coeficienți de conductivitate termică diferiți (λ) (a se vedea exemplele din tabelul 1. Compararea diferitelor materiale izolante).

Există mai multe tehnici esențiale pentru reducerea pierderilor de energie și îmbunătățirea eficienței termice. În primul rând, utilizarea materialelor izolante de înaltă calitate, cum ar fi

fibra de sticlă, spuma și vata minerală, este esențială pentru a reține căldura în interior în timpul iernii și pentru a o ține afară în timpul verii.

Etanșarea aerului este o altă metodă esențială, care presupune închiderea golurilor și fisurilor din jurul ferestrelor, ușilor și altor deschideri pentru a preveni scurgerile de aer și curenții de aer. În plus, ferestrele cu geam dublu sau triplu oferă o izolare sporită prin crearea unui strat izolator de aer sau gaz între geamuri, reducând transferul de căldură.

În climatele mai calde, materialele reflectorizante pentru acoperișuri pot ajuta la minimizarea absorbției de căldură, în timp ce acoperișurile verzi adaugă izolație și răcoresc clădirea în mod natural.

Rupturile termice în componentele structurale, cum ar fi oțelul sau betonul, pot ajuta la întreruperea conducției căldurii prin cadrul clădirii. Instalarea de bariere de vapori previne, de asemenea, acumularea de umiditate, care poate degrada performanța izolației pe o perioadă de timp.

Tabel 1. Compararea diferitelor materiale izolante.

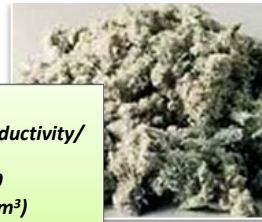
WOOD FIBRE

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.038
- Density (kg/m^3)
30 – 300



CELLULOSE

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.038 - 0.040
- Density (kg/m^3)
30 - 80



WOOL

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.038
- Density (kg/m^3)
12 - 30



HEMP

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.039 - 0.040
- Density (kg/m^3)
20 - 190



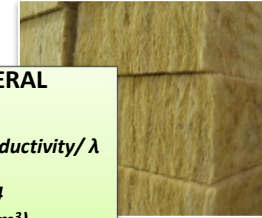
GLASS WOOL

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.035
- Density (kg/m^3)
10 - 70



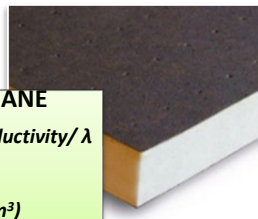
ROCK MINERAL WOOL

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.032 - 0.044
- Density (kg/m^3)
20 - 200



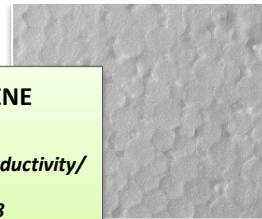
POLYURETHANE

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.023 - 0.026
- Density (kg/m^3)
25 - 100



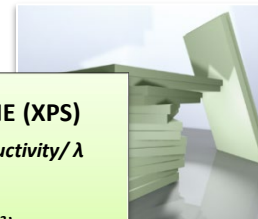
EXPANDED POLYSTYRENE (EPS)

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.034 - 0.038
- Density (kg/m^3)
10 - 50



EXTRUDED POLYSTYRENE (XPS)

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.014
- Density (kg/m^3)
25 - 65



CORK

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.036 - 0.06
- Density (kg/m^3)
100 - 220



5.3.2. Sisteme de izolare termică

External Thermal Insulation Composite System - sau ETICS - este o soluție compactă de izolare multistrat concepută pentru a îmbunătăți eficiența energetică a clădirilor noi și existente. Uneori este cunoscut sub numele de EIFS (Exterior Insulation Finish System).

Acest sistem de izolare exterioară a pereților este alcătuit din mai multe straturi, inclusiv un strat de bază, plasă armată și strat de finisare. Izolația exterioară continuă îmbunătățește performanța termică și reduce punțile termice, stocând căldura în pereți pentru a crea un mediu de viață mai confortabil. Tipurile de materiale utilizate pot varia de la un sistem la altul, ceea ce îl face flexibil pentru a se potrivi diferitelor structuri și modele de clădiri.



Figura 4. Exemplu de sistem compozit de izolare termică externă.

Sistemele compozite de izolare termică exterioară (ETICS) pot încorpora atât materiale convenționale, cât și ecologice pentru a îmbunătăți eficiența energetică a unei clădiri, minimizând în același timp impactul asupra mediului [11]. Materialele izolante comune includ polistirenul expandat (EPS), polistirenul extrudat (XPS) și vata minerală, care oferă o bună rezistență termică. Cu toate acestea, alternativele durabile sunt din ce în ce mai populare. Panourile izolante din plută și fibre de lemn, de exemplu, sunt regenerabile, biodegradabile și au o amprentă ecologică mai redusă. Betonul de cânepă și celuloza sunt alte opțiuni ecologice care oferă o izolație excelentă, folosind în același timp materiale naturale și reciclate. Peste izolație, se aplică un strat de bază de armare, de obicei din ciment sau mortar modificat cu polimeri, cu plasă din fibră de sticlă pentru stabilitate. Mortarele ecologice, care utilizează amestecuri pe bază de var sau argilă, sunt de asemenea utilizate în sistemele ETICS ecologice. Stratul final de finisare, care oferă protecție și aspect estetic, poate include acoperiri respirabile, naturale, cum ar fi varul, argila sau tencuielile pe bază de plante. Aceste materiale ecologice sporesc durabilitatea clădirii, menținând în același timp beneficiile principale ale izolației și durabilității.

5.3.3. Etanșeitatea clădirii la aer

Etanșeitatea corespunzătoare la aer asigură un confort termic și acustic excelent. De asemenea, ajută la protejarea clădirii de deteriorarea potențială cauzată de infiltrarea vaporilor de apă prin convecție în elementele structurale. În plus, minimizează pierderile de energie prin prevenirea ventilației neintenționate prin scurgeri de aer.

Domeniile cheie includ:

- Membrane suprapuse și puncte de contact între foi și plăci.
- Conexiunile dintre acoperiș și pereți, precum și orice penetrări prin acoperiș.
- Conexiuni între ferestre, uși și pereți.
- Toate tipurile de pătrunderi prin stratul etanș și prin puțurile verticale.

Testarea etanșeității la aer a unei clădiri trebuie efectuată și rezultatele trebuie evaluate în strictă conformitate cu standardul tehnic internațional LST EN ISO 9972:2015 "Performanța termică a clădirilor", care este destinat măsurării permeabilității la aer a clădirilor sau a părților de clădiri pe teren [12]. Acest standard definește toți parametrii importanți ai testului - cum ar trebui pregătită clădirea, echipamentul exact care ar trebui utilizat, cum ar trebui obținute datele, cum ar trebui interpretate și validate datele.

Etanșeitatea la aer poate fi măsurată cu ajutorul unui test blower door, care creează o diferență de presiune între interiorul și exteriorul structurii. Această presiune permite măsurarea ratei de schimb a aerului. Acest test furnizează un nivel de etanșeitate care este comparat cu normele specificate în standardele tehnice. Alte metode de testare a etanșeității la aer includ testele cu fum, imagistica termică.

5.3.4. Punți termice

Punțile termice sunt zone din structura unei clădiri în care transferul de căldură are loc la o rată mai mare decât prin materialele din jur, ceea ce duce la creșterea pierderilor de energie. Acestea apar de obicei în punctele de discontinuitate, cum ar fi locurile în care se întâlnesc elemente de construcție diferite, cum ar fi îmbinările dintre pereți și podele, marginile acoperișurilor sau în jurul ferestrelor și ușilor.

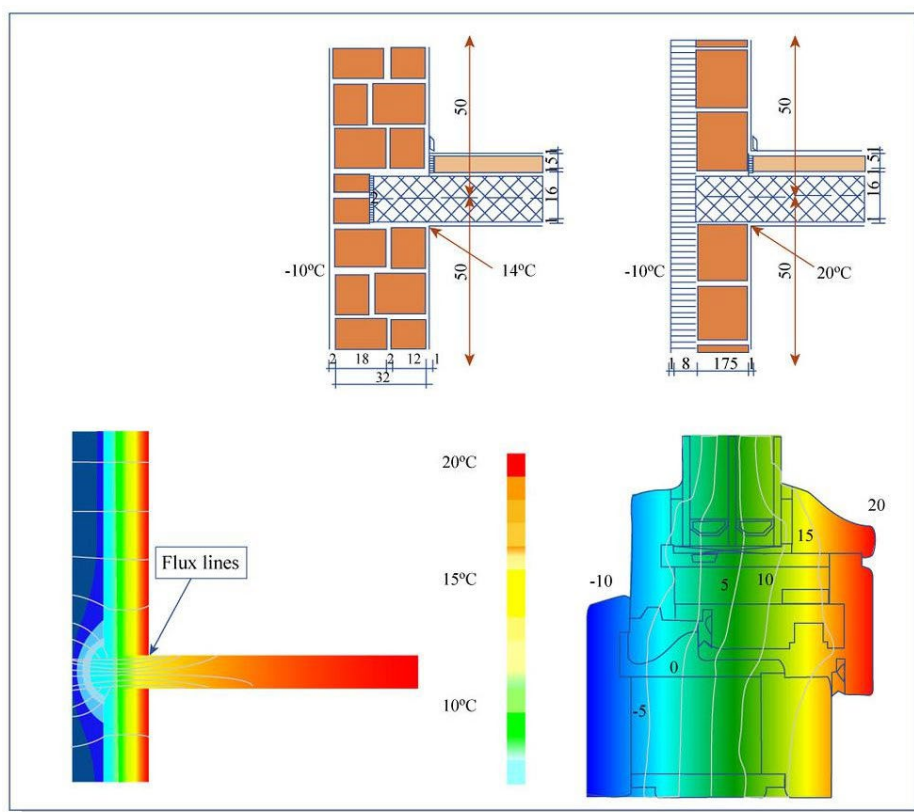


Figura 5. Exemplu de punți termice.

Deoarece întrerup continuitatea izolației, punțile termice pot reduce semnificativ eficiența energetică globală a unei clădiri. De asemenea, acestea creează puncte reci pe suprafețele interioare, ceea ce poate duce în timp la condens, la apariția mușgaiului și la posibile deteriorări structurale. Practicile eficiente de proiectare și construcție, cum ar fi asigurarea unei izolații corespunzătoare și eliminarea golurilor dintre materialele de construcție, pot contribui la minimizarea apariției punților termice. Rezolvarea problemei punților termice este esențială nu numai pentru economisirea energiei, ci și pentru menținerea durabilității și confortului unei clădiri.

5.3.5. Cerințe pentru valorile U normative ale pereților despărțitori

Pentru ca clădirile să fie construite în conformitate cu cele mai înalte cerințe, valorile de transfer termic ale structurilor individuale ale clădirilor sunt reglementate. Sunt reglementate elemente precum acoperișurile, pereții, pardoselile la sol (deasupra spațiilor neîncălzite), ferestrele, iar acest lucru variază de la o țară la alta.

De asemenea, pentru a reduce utilizarea resurselor energetice, cerințele devin din ce în ce mai stricte. Clădirile noi trebuie să respecte clasa energetică A sau superioară.

5.3.6. Sisteme de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVAC)

Împreună cu sistemele de iluminat, aceste sisteme reprezintă, de obicei, o mare parte din consumul de energie al unei clădiri, ceea ce le face ținte principale pentru îmbunătățirea eficienței.

Ventilația: Optimizarea ventilației presupune instalarea sistemelor de ventilație cu recuperare de căldură (HRV), care recuperează energia din aerul evacuat și o utilizează pentru a precondiționa aerul proaspăt care intră. Sistemele cu volum de aer variabil (VAV) pot, de asemenea, să moduleze fluxul de aer în funcție de cerere, reducând consumul inutil de energie.



Figura 6. Sistem de ventilație pe acoperișul unei clădiri.

Eficiența încălzirii și a aerului condiționat: Îmbunătățirea eficienței încălzirii și a răcirii se poate realiza prin utilizarea de cazane și aparate de aer condiționat cu randament ridicat, care consumă mai puțină energie și asigură în același timp același nivel de confort. Pompele de căldură, care transferă căldura în loc să o genereze, sunt extrem de eficiente și ideale atât pentru încălzire, cât și pentru răcire în multe clime. Asigurarea unei izolații corespunzătoare în jurul conductelor HVAC și utilizarea de ferestre eficiente din punct de vedere energetic ajută, de asemenea, la minimizarea pierderilor de căldură și la reducerea sarcinii HVAC.

Pentru sistemele HVAC, întreținerea regulată este esențială pentru a asigura funcționarea eficientă a echipamentelor. Schimbarea filtrelor, curățarea conductelor și inspectarea periodică a componentelor pot preveni risipa de energie. Instalarea termostatelor programabile sau a comenzilor inteligente permite o mai bună gestionare a temperaturii, ajustând încălzirea sau răcirea în funcție de ocupare sau de momentul zilei. Implementarea sistemelor de zonare permite ca diferite zone ale unei clădiri să fie încălzite sau răcite independent, reducând consumul de energie în spațiile neocupate.

5.3.7. Aparate și echipamente eficiente energetic, iluminat eficient energetic

Aparatele și echipamentele eficiente din punct de vedere energetic joacă un rol esențial în reducerea consumului global de energie și a impactului asupra mediului al unei clădiri. Aparatele moderne, cum ar fi frigiderele, aparatele de aer condiționat și mașinile de spălat ENERGY STAR, sunt concepute pentru a funcționa folosind mult mai puțină energie electrică și apă decât omologii lor convenționali, reducând costurile utilităților și emisiile de gaze cu efect de seră. În mod similar, sistemele HVAC eficiente din punct de vedere energetic și termostatele inteligente ajută la optimizarea încălzirii și răcirii prin ajustarea temperaturii în funcție de ocupare și de condițiile exterioare, minimizând consumul inutil de energie.

Comisia Europeană, pe baza Ecodesign Impact Accounting Overview Report 2023, raportează că, în 2020, aproape 11 miliarde de lămpi erau în uz în Europa, adică mai mult de 24 de lămpi pe persoană în UE-27. Deși o singură sursă de lumină consumă relativ puțină energie în comparație cu alte produse de proiectare ecologică, datorită numărului mare de produse instalate, iluminatul este al treilea cel mai mare consumator de energie (după componentele industriale și încălzirea spațiilor), reprezentând 8% din energia primară contabilizată de EIA în 2020 [13].

Tabel 2. Compararea diferitelor tipuri de becuri utilizate:

LED - diodă emițătoare de lumină	LFL - Lampă fluorescentă liniară	CFL - Lampă fluorescentă compactă	Tungsten (Halogen, HL)	GLS - Serviciul de iluminat general
Eficiență 80 - 140 lm/W. Se preconizează > 200 lm/W în viitor.	Eficiență de 80 - 90 lm/W	Eficiență 50-70 lm/W.	Eficiențe tipice între 12 și 20 lm/W.	Eficiență de aproximativ 10 lm/W.
				

În plus față de aparate, iluminatul eficient din punct de vedere energetic este esențial pentru proiectarea durabilă a clădirilor. Iluminatul cu LED-uri, care utilizează cu până la 75% mai puțină energie decât becurile incandescente tradiționale și durează mult mai mult, este în prezent adoptat pe scară largă atât în clădirile rezidențiale, cât și în cele comerciale. Aceste soluții de iluminat pot fi îmbunătățite cu comenzi inteligente,

cum ar fi senzorii de mișcare și reglarea intensității luminoase în funcție de lumina zilei, pentru a reduce și mai mult consumul de energie prin reglarea automată în funcție de gradul de ocupare a camerei sau de nivelul luminii naturale. Prin încorporarea acestor tehnologii avansate, clădirile pot realiza economii substanțiale de energie, pot reduce amprenta de carbon și pot contribui la un viitor mai durabil. Consumul de energie al clădirilor poate fi redus considerabil prin utilizarea de echipamente și aparate eficiente din punct de vedere energetic, cum ar fi cele cu rating Energy Star. Aceste aparate oferă aceeași performanță sau o performanță mai bună decât aparatele lor convenționale, funcționând în același timp mai eficient.

Etichetă energetică

Ca urmare a redimensionării etichetei energetice a UE pentru sursele de lumină începând cu 1 septembrie 2021, noile etichete utilizează o scară de la A (cea mai eficientă) la G (cea mai puțin eficientă). Din cauza îmbunătățirii constante a eficienței energetice, majoritatea produselor etichetate inițial au ajuns la A+ sau A++ și, prin urmare, s-a procedat la o redimensionare pentru a fi mai clar pentru consumator care sunt cele mai eficiente produse de pe piață. Etichetele oferă informații privind clasa de eficiență energetică a produsului și consumul de energie.

Registrul european al produselor pentru etichetarea energetică (EPREL) oferă informații detaliate privind modelele introduse pe piața UE prin scanarea codului QR care figurează pe noile etichete energetice. Baza de date furnizează informații precum fluxul luminos, temperatura de culoare și tipul de capac [14].

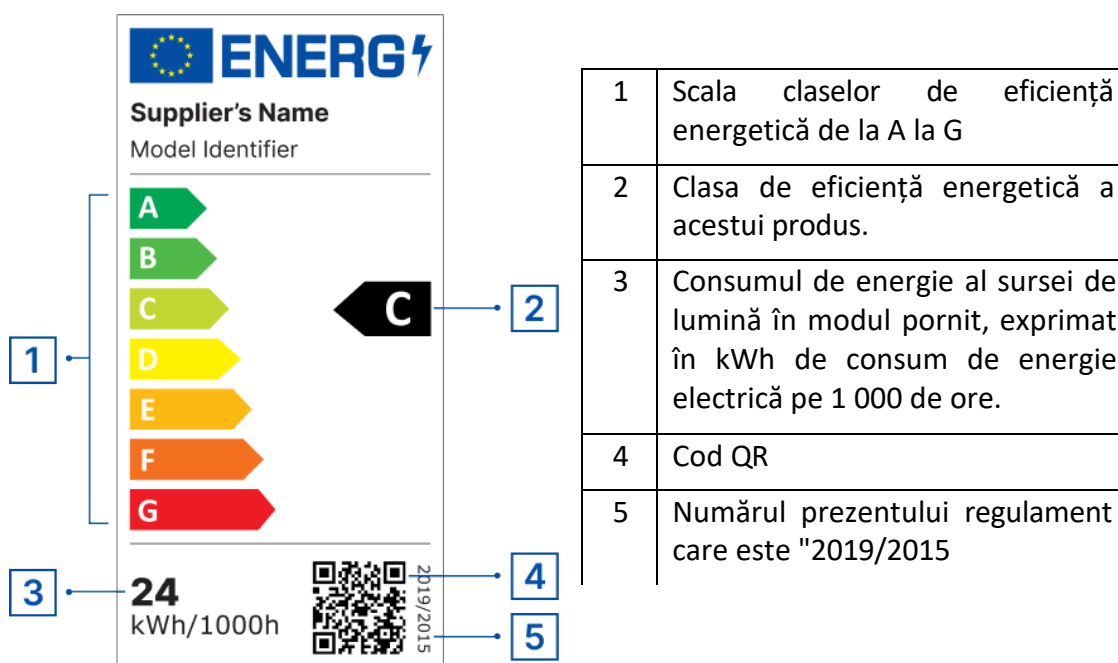


Figura 7. Exemplu de etichetă energetică.

5.3.8. Integrarea energiei regenerabile

Integrarea surselor de energie regenerabilă în proiectarea clădirilor este un pas important către obținerea eficienței energetice și reducerea impactului clădirilor asupra mediului. Sistemele de energie regenerabilă, cum ar fi energia solară, eoliană și geotermală, permit clădirilor să producă energie curată la fața locului, reducând dependența de combustibili fosili și emisiile de gaze cu efect de seră.

Prezentare generală a energiei solare, eoliene și a altor surse de energie regenerabilă pentru clădiri

- **Energia solară:** Energia solară este cea mai comună sursă regenerabilă pentru clădiri, fiind exploatată în principal prin intermediul panourilor fotovoltaice (PV). Panourile fotovoltaice transformă lumina soarelui direct în electricitate și pot fi instalate pe acoperișuri, pe fațade sau ca parte a fermelor solare. Sistemele solare termice, care utilizează căldura soarelui pentru a produce apă caldă sau pentru a alimenta sistemele HVAC, sunt, de asemenea, eficiente pentru îmbunătățirea eficienței energetice. Datorită scăderii costurilor panourilor solare și a stimulentei guvernamentale, integrarea energiei solare a devenit din ce în ce mai viabilă atât pentru clădirile rezidențiale, cât și pentru cele comerciale.

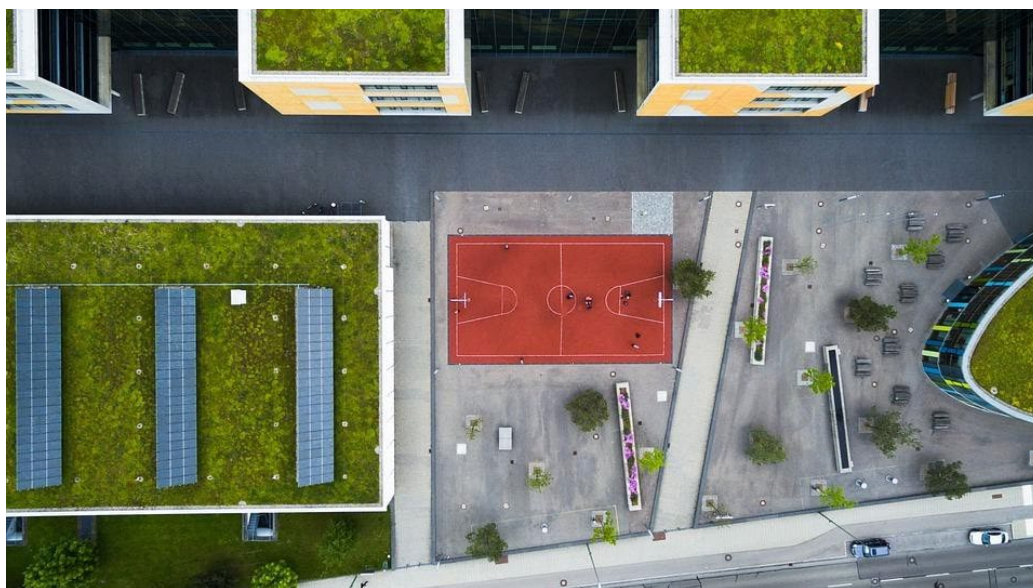


Figura 8. Panouri solare pe acoperișul unei clădiri.

- **Energia eoliană:** Energia eoliană este utilizată de obicei în aplicații la scară largă, dar poate fi integrată și în clădiri prin intermediul turbinelor eoliene de mici dimensiuni. Aceste turbine sunt de obicei montate pe acoperișuri sau în spații deschise din apropiere, unde vântul bate puternic. Deși este mai puțin frecventă în zonele urbane din cauza problemelor legate de spațiu și de zgomot, energia eoliană este o opțiune excelentă pentru clădirile situate în regiuni rurale sau de coastă cu fluxuri de vânt constante.



Figura 9. Exemplu de turbine eoliene.

- **Energie geotermală:** Sistemele geotermale exploatează căldura din pământ pentru a furniza încălzire și răcire eficiente din punct de vedere energetic pentru clădiri. Pompele de căldură geotermale transferă căldura între clădire și sol, oferind o modalitate foarte eficientă de a regla temperaturile interioare cu o utilizare minimă a energiei. Aceste sisteme funcționează pe tot parcursul anului și sunt deosebit de benefice pentru clădirile mai mari sau instalațiile cu nevoi constante de încălzire sau răcire.

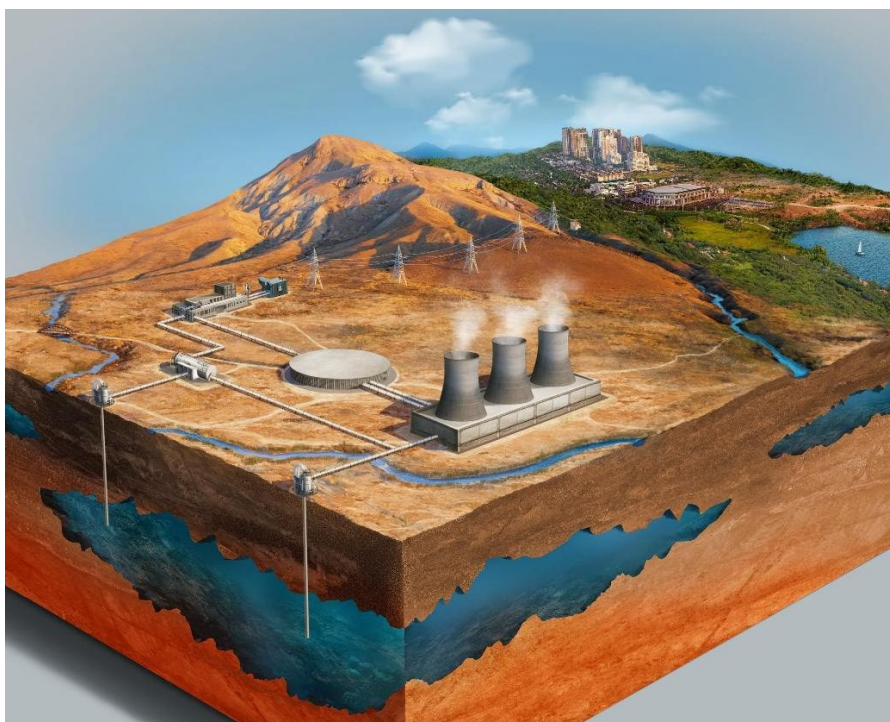


Figura 10. Exemplu de sisteme geotermale.

- **Alte surse:** Alte opțiuni de energie regenerabilă pentru clădiri includ sistemele pe bază de biomasă, care utilizează materiale organice pentru a genera căldură și electricitate, și energia hidroelectrică, deși aceasta din urmă este mai specifică locului și limitată la clădirile situate în apropierea corpurilor de apă. Pilele de combustie cu hidrogen apar, de asemenea, ca o soluție energetică curată pentru clădiri, producând electricitate prin reacții chimice fără ardere.

5.3.9. Tehnologii pentru clădiri inteligente

Tehnologiile pentru clădiri inteligente transformă modul în care funcționează clădirile, permițând o utilizare mai eficientă a energiei prin integrarea automatizării avansate, a senzorilor și a rețelelor inteligente. Aceste tehnologii sporesc eficiența energetică prin monitorizarea și controlul în timp real, permițând ajustări dinamice ale sistemelor energetice și optimizând utilizarea resurselor în funcție de ocuparea clădirii și de condițiile externe.



Figura 11. Varietate de tehnologii pentru clădiri inteligente integrate în clădiri.

Utilizarea automatizării, a senzorilor și a rețelelor inteligente pentru îmbunătățirea eficienței energetice

- **Automatizare:** Automatizarea în clădirile inteligente permite controlul inteligent al sistemelor de încălzire, răcire, iluminat și ventilație fără intervenție umană. Prin utilizarea sistemelor de gestionare a clădirilor (BMS), clădirile pot regla automat setările HVAC, nivelurile de iluminare și umbrirea ferestrelor pe baza unor parametri prestabiliți, cum ar fi ora din zi, gradul de ocupare sau chiar condițiile meteorologice. Acest lucru reduce consumul de energie prin asigurarea faptului că sistemele sunt utilizate doar atunci când este necesar și la niveluri optime.

- **Senzori:** Senzorii joacă un rol important în clădirile inteligente prin furnizarea de date în timp real cu privire la o serie de factori, cum ar fi gradul de ocupare, temperatura, umiditatea și nivelul de iluminare. Senzorii de ocupare pot detecta atunci când o cameră sau o zonă este goală și pot regla sistemele de iluminat sau HVAC în consecință, oprindu-le sau reducându-le producția. Senzorii de temperatură pot regla sistemele HVAC pentru a menține un mediu interior confortabil, minimizând în același timp consumul de energie. Senzorii de lumină naturală reduc sau opresc automat iluminatul artificial atunci când există suficientă lumină naturală.
- **Rețele inteligente:** Rețelele inteligente integrează sursele de energie regenerabilă, cum ar fi energia solară sau eoliană, în sistemele clădirilor și permit clădirilor să comunice cu rețeaua energetică generală. Prin utilizarea contoarelor inteligente și a tarifării dinamice, clădirile pot transfera consumul de energie către orele de vârf, când energia este mai ieftină sau mai abundentă, reducând în continuare costurile și sarcina pe rețea. Rețelele inteligente permit, de asemenea, programe de răspuns la cerere, prin care clădirile își ajustează consumul de energie ca răspuns la semnalele rețelei, cum ar fi reducerea consumului în perioadele de vârf ale cererii pentru a evita suprasolicitarea rețelei și a reduce risipa de energie.

Prin încorporarea tehnologiilor de automatizare, a senzorilor și a rețelelor inteligente, clădirile își pot reduce semnificativ consumul de energie, pot scădea costurile operaționale și pot contribui la un sistem energetic mai durabil.

5.3.10. Soluții de proiectare pasivă

Clădirile care utilizează proiectarea pasivă profită la maximum de iluminatul, încălzirea și răcirea naturale. Sistemele mecanice pot fi reduse la minimum prin utilizarea unor tehnici precum orientarea, umbrirea, ventilația naturală și utilizarea masei termice. Designul pasiv sporește confortul și bunăstarea, reducând în același timp consumul de energie.

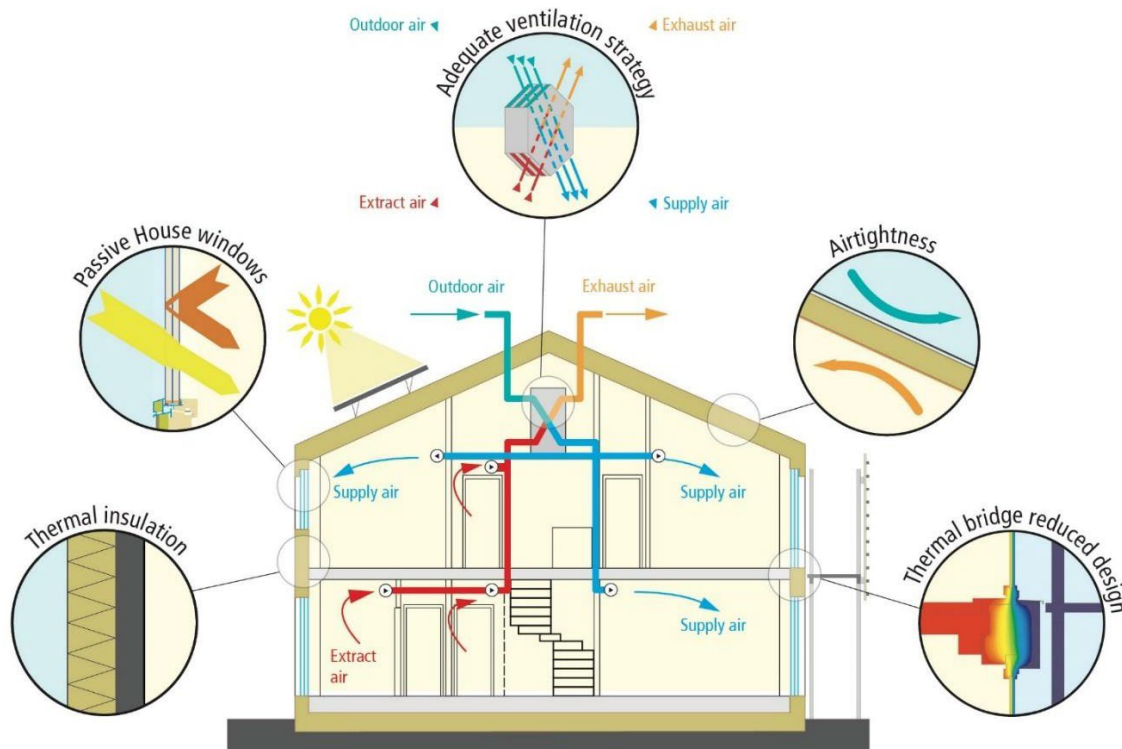


Figura 12. Diagrama celor cinci principii principale aplicate la construcția Casei Pasive.

Orientarea unei clădiri joacă un rol enorm în eficiența energetică și confortul general al acesteia. Prin poziționarea strategică a unei structuri pentru a maximiza lumina naturală a soarelui, în special în climatele mai reci, încălzirea solară pasivă poate fi optimizată, reducând nevoia de încălzire artificială. Ferestrele orientate spre sud (în emisfera nordică) pot capta cea mai mare cantitate de lumină solară, în timp ce dispozitivele de umbră sau copertinele ajută la controlul supraîncălzirii în timpul verii. În climatele mai calde, orientarea clădirii pentru a minimiza expunerea directă la soare poate menține interioarele mai răcoroase și reduce necesarul de aer condiționat. Direcția vântului și ventilația sunt, de asemenea, factori importanți, deoarece orientarea corectă poate promova răcirea naturală și fluxul de aer. În general, orientarea bine gândită a clădirii ajută la echilibrarea nevoilor de încălzire, răcire și iluminat, îmbunătățind semnificativ performanța de mediu a unei structuri.

5.3.11. Materiale de construcție durabile

Practicile de construcție durabilă se orientează din ce în ce mai mult către utilizarea materialelor locale ca strategie-cheie pentru îmbunătățirea eficienței energetice și reducerea impactului asupra mediului. Materialele locale, obținute din regiuni apropiate, oferă un dublu beneficiu: reduc semnificativ energia cheltuită pentru transport și, în același timp, sprijină economia locală. Prin utilizarea materialelor ușor disponibile în zonă, constructorii pot reduce lanțurile de aprovizionare pe distanțe lungi, care sunt adesea asociate cu emisii ridicate de carbon din cauza consumului de combustibil în transport. Acest lucru nu numai că reduce amprenta ecologică globală a

construcției, dar minimizează și întârzierile și întreruperile din lanțul de aprovizionare, făcând procesul de construcție mai rezistent și mai rentabil.

În plus față de accentul pus pe aprovizionarea locală, conceptul de economie circulară joacă un rol esențial în consolidarea sustenabilității. O abordare circulară a construcțiilor presupune proiectarea clădirilor cu materiale care pot fi reutilizate, reciclate sau refolosite la sfârșitul ciclului lor de viață. Acest lucru reduce cererea de materii prime și contribuie la conservarea resurselor naturale. De exemplu, materiale precum lemnul recuperat, oțelul reciclat sau betonul refolosit pot fi utilizate pentru a construi structuri noi, fără a fi nevoie de o prelucrare extinsă. Acest lucru nu numai că reduce energia încorporată a materialelor de construcție - adică energia utilizată în extracția, producția și transportul acestora - dar reduce și deșeurile din construcții, care contribuie semnificativ la depozitarea deșeurilor și la degradarea mediului.

În plus, încorporarea principiilor economiei circulare sprijină sistemele cu circuit închis, în care materialele sunt reciclate continuu prin procese de reutilizare și reciclare. Acest lucru contrastează cu economia liniară tradițională, în care resursele sunt extrase, utilizate și apoi aruncate. Prin menținerea materialelor în uz pentru o perioadă mai lungă de timp, economia circulară minimizează extracția resurselor, reduce deșeurile și, în cele din urmă, îmbunătățește eficiența energetică a clădirilor, atât în timpul construcției, cât și în timpul duratei lor de funcționare. În acest fel, materialele de construcție durabile, în special atunci când sunt obținute la nivel local și utilizate într-un cadru de economie circulară, nu numai că reduc impactul asupra mediului, dar contribuie și la structuri eficiente din punct de vedere energetic, rezistente și durabile. Materialele de construcție durabile sunt esențiale pentru minimizarea impactului construcțiilor asupra mediului și pentru îmbunătățirea eficienței energetice globale a clădirilor. De obicei, aceste materiale provin din resurse regenerabile sau sunt concepute pentru a avea o amprentă de mediu mai redusă pe parcursul ciclului lor de viață.

5.4 - Tendințe viitoare în domeniul eficienței energetice

5.4.1. Clădiri inteligente și internetul obiectelor (IoT)

O clădire inteligentă integrează sisteme avansate de automatizare care controlează diverse aspecte ale funcționării clădirii - cum ar fi sistemele de încălzire, ventilație, aer condiționat, iluminat și securitate - făcând clădirea mai receptivă la nevoile și condițiile în timp real. O tehnologie-cheie care permite acest lucru este internetul obiectelor (IoT), o rețea de dispozitive interconectate, cum ar fi senzori, termostate și contoare la internet, care le permite să colecteze, să schimbe și să analizeze date în timp real despre performanța unei clădiri. În clădirile inteligente, IoT joacă un rol important în îmbunătățirea eficienței energetice prin monitorizarea continuă a condițiilor în timp real, cum ar fi temperatura, umiditatea, ocuparea și consumul de energie.

Una dintre cele mai comune aplicații ale IoT în clădirile inteligente este gestionarea sistemelor HVAC. Sistemele tradiționale de încălzire și răcire funcționează adesea continuu, indiferent dacă spațiile sunt ocupate sau dacă temperatura trebuie ajustată. Termostatele inteligente, conectate prin IoT, pot regla automat temperatura pe baza datelor privind ocuparea în timp real, a condițiilor meteorologice și chiar a modelelor istorice de utilizare a

clădirii. Aceste ajustări asigură utilizarea mai eficientă a energiei, reducând consumul inutil și menținând în același timp un mediu confortabil pentru ocupanți.

Sistemele de iluminat din clădirile inteligente beneficiază, de asemenea, de integrarea IoT. Iluminatul inteligent, echipat cu senzori de mișcare și tehnologii de captare a luminii naturale, poate regla automat intensitatea și durata iluminatului în funcție de ocupare și de disponibilitatea luminii naturale. De exemplu, luminile se pot diminua sau stinge atunci când nu este nimeni prezent sau își pot regla luminozitatea pentru a completa cantitatea de lumină solară care intră prin ferestre. Acest lucru nu numai că reduce consumul de energie, dar îmbunătățește și confortul ocupanților prin asigurarea unor condiții optime de iluminare.

În plus, dispozitivele IoT pot ajuta la identificarea ineficiențelor prin furnizarea de date care pot fi analizate pentru a prevedea defecțiunile echipamentelor, cum ar fi cazanele, unitățile de aer condiționat sau lifturile, sau pentru a recomanda întreținerea, permițând managerilor de instalații să abordeze problemele în mod proactiv și să îmbunătățească în continuare performanța energetică generală a clădirii.

Datele generate de dispozitivele IoT sunt, de asemenea, valoroase pentru planificarea energetică pe termen lung. Managerii instalațiilor pot utiliza datele istorice pentru a urmări consumul de energie în timp, pentru a identifica ineficiențele și pentru a stabili obiective mai precise de economisire a energiei. De exemplu, analiza tendințelor consumului de energie în timpul diferitelor anotimpuri sau în diferite momente ale zilei poate dezvălui oportunități de îmbunătățire, cum ar fi ajustarea setărilor HVAC pentru a se alinia mai bine la modelele reale de utilizare. În plus, aceste date pot fi utilizate pentru a compara performanța energetică a clădirii cu standardele industriale sau cu cerințele de reglementare, ajutând la asigurarea conformității cu obiectivele de eficiență energetică.

În general, integrarea IoT în clădirile inteligente oferă o soluție puternică la provocarea de a reduce consumul de energie, menținând în același timp confortul ocupanților și eficiența operațională.

5.4.2. Progrese în domeniul materialelor și tehnologiei de construcție

Eficiența energetică a clădirilor a devenit un aspect esențial pentru arhitecți, ingineri și profesioniști din domeniul construcțiilor, deoarece cererea globală de clădiri durabile și ecologice continuă să crească. Progresele înregistrate în domeniul materialelor de construcție și al tehnologiilor de construcție joacă un rol esențial în obținerea unei performanțe energetice superioare, în reducerea amprente de carbon și în îmbunătățirea sustenabilității generale a clădirilor. De la materiale izolante inovatoare la ferestre inteligente și tehnici avansate de construcție, aceste evoluții remodelează modul în care ne gândim la eficiența energetică în mediul construit.

Unul dintre cele mai importante progrese în domeniul materialelor de construcție pentru eficiența energetică este dezvoltarea izolației de înaltă performanță. Materialele termoizolante tradiționale, cum ar fi fibra de sticlă, au fost utilizate pe scară largă timp de decenii, însă noile materiale oferă performanțe termice superioare, minimizând în același timp pierderea de energie. Aerogelurile, de exemplu, sunt materiale ultraușoare

cunoscute pentru proprietățile lor izolatoare excelente. În ciuda faptului că sunt extrem de subțiri, aerogelurile pot oferi o izolare mult mai bună decât materialele convenționale. În mod similar, panourile izolate în vid (VIP) devin populare pentru utilizarea în pereți și acoperișuri datorită capacității lor de a oferi valori ridicate de izolare, ocupând în același timp mai puțin spațiu. Aceste materiale avansate contribuie la reducerea cantității de energie necesară pentru încălzire și răcire prin limitarea transferului de căldură între interiorul și exteriorul clădirilor.

Un alt material inovator utilizat pentru îmbunătățirea eficienței energetice în clădiri sunt materialele cu schimbare de fază (PCM). PCM-urile au capacitatea de a absorbi și stoca energia termică în timpul zilei și de a o elibera în timpul perioadelor mai reci, cum ar fi noaptea. Prin reglarea naturală a temperaturii interioare, aceste materiale reduc nevoia de încălzire și răcire artificială, reducând astfel consumul de energie [15].

Ferestrele sunt adesea o sursă de pierderi semnificative de energie în clădiri, însă progresele în tehnologia sticlei contribuie la atenuarea acestui fenomen. Sticla inteligentă, cunoscută și sub numele de sticlă electrocromică sau dinamică, își poate ajusta automat transparența în funcție de cantitatea de lumină solară sau de căldură la care este expusă. Pe vreme caldă, sticla se poate întuneca pentru a reduce cantitatea de căldură care intră în clădire, reducând astfel nevoia de aer condiționat. În condiții mai reci, sticla poate deveni mai transparentă, permițând pătrunderea mai multor raze solare și încălzirea naturală a interiorului [16].

Acoperișuri verzi și pereți vii:

Progresele înregistrate în domeniul tehnologiilor pentru clădiri ecologice au condus, de asemenea, la dezvoltarea acoperișurilor verzi și a pereților vii, care oferă atât beneficii estetice, cât și de economisire a energiei. Acoperișurile verzi, acoperite cu vegetație, ajută la izolarea clădirilor prin absorbția căldurii, oferind răcire naturală și reducând efectul de insulă de căldură urbană. Acest lucru reduce cantitatea de energie necesară pentru răcirea unei clădiri în timpul verii. În mod similar, pereții vii - grădini verticale instalate pe exteriorul clădirilor - pot îmbunătăți izolarea și reduce costurile cu energia prin umbrirea pereților și reglarea naturală a temperaturii. Pe lângă îmbunătățirea eficienței energetice, aceste elemente ecologice contribuie și la îmbunătățirea calității aerului și a biodiversității în mediul urban.

Prefabricarea și construcția modulară:

Noile tehnologii de construcție, precum prefabricarea și construcția modulară, contribuie la eficiența energetică prin îmbunătățirea preciziei și vitezei procesului de construcție. Componentele prefabricate ale clădirilor, cum ar fi pereții, podelele și secțiunile acoperișului, sunt fabricate în medii controlate, ceea ce permite toleranțe de construcție mai strânse și o mai bună integrare a materialelor eficiente din punct de vedere energetic. Acest lucru reduce riscul scurgerilor de aer și al punților termice, care pot afecta semnificativ performanța energetică a unei clădiri. Construcția modulară, în care secțiuni întregi ale unei clădiri sunt construite în afara șantierului și apoi asamblate pe șantier, reduce, de asemenea, deșeurile și asigură faptul că clădirile sunt mai eficiente din punct de vedere energetic prin concepție. Aceste metode permit integrarea izolației avansate, a ferestrelor de înaltă eficiență și a construcției etanșe la aer încă de la început.

Evoluția continuă a materialelor de construcție și a tehnologiilor oferă numeroase oportunități de îmbunătățire a eficienței energetice a clădirilor moderne, contribuind la reducerea consumului de energie, îmbunătățind în același timp confortul și durabilitatea. Pe măsură ce aceste materiale și tehnologii vor fi adoptate pe scară mai largă, ele vor juca un rol esențial în crearea de clădiri care nu numai că îndeplinesc, ci și depășesc standardele de eficiență energetică, contribuind la un mediu construit mai durabil și mai rezilient.

Referințe

1. Regulamentul tehnic pentru construcții STR 2.01.02:2016 *Proiectarea și certificarea performanței energetice a clădirilor*. [D1-754 Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 "Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir..."](#) (accesat 2024 06 07)
2. Eficiență energetică. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/energy-efficiency> (accesat în 2024 06 07).
3. Comisia Europeană. *Directiva privind performanța energetică a clădirilor*. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (accesat în 2024 06 07).
4. Comisia Europeană. *În centrul atenției: Eficiența energetică în clădiri*. https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en (accesat în 2024 06 07).
5. Comisia Europeană. *Strategia pe termen lung 2050*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en (accesat în 2024 06 07).
6. Deringer, J. J., Iyer, M., & Huang, Y. J. (2004). Transferat doar pe hârtie? De ce realitatea transferului/adaptării codurilor și standardelor de eficiență energetică nu se apropie de potențial. În *Proceedings of the 2004 American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*.
7. *Certificări pentru clădiri durabile: o prezentare generală*. <https://hagergroup.com/en/blog/sustainability/sustainable-building-certifications> (accesat la 2024 06 10).
8. Martinaitis, V., Rogoža, A. ir Šiupšinskas, G. (2012). *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. Vilnius: Technika. 124 p.
9. Kylili, A., Fokaides, P. A. (2015). Orașe inteligente europene: Rolul clădirilor cu consum zero de energie. Orașe și societate durabile. Volumul 15, 86 -95 p.
10. Centrul EPB. *Directiva privind performanța energetică a clădirilor (EPBD)*. <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/> (accesat la 2024 06 11).
11. European Association for External Thermal Insulation Composite System. *Despre ETICS*. <https://www.ea-etics.com/etics/about-etics/> (accesat în 2024 06 12).

12. ISO: Organizația Internațională pentru Standardizare. *ISO 9972:2015 Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings*. <https://www.iso.org/standard/55718.html> (accesat la 2024 06 13).
13. Comisia Europeană. *Produse eficiente din punct de vedere energetic. Surse de lumină*. https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en (accesat în 2024 09 14)
14. EPREL - European Product Registry for Energy Labelling. <https://eprel.ec.europa.eu/screen/home> (accesat la 2024 09 14).
15. Lisa Liu, Nadia Hammami, Lionel Trovalet, Dimitri Bigot, Jean-Pierre Habas, Bruno Malet-Damour (2022). *Descrierea materialelor cu schimbare de fază (PCM) utilizate în clădiri sub diferite clime: O revizuire*. Journal of Energy Storage, vol. 56, partea A, 2022.
16. Neurojet. *Ferestre inteligente pentru clădiri inteligente; Ghid cuprinzător 2024*. <https://neurojet.com/smart-windows/> (accesat la 2024 10 10).

Figura Prima pagină <https://pixabay.com/illustrations/save-energy-energy-saving-7382276/>

Figura 4 <https://globalescolha.pt/servicos/sistema-etics/>

Figura 5 <https://www.flickr.com/photos/mitopencourseware/3039165614/in/photostream>

Figura 6 <https://pixabay.com/photos/hall-roof-ventilation-2560454/>

Figura 7 https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en

Figura 8 <https://pixabay.com/photos/architecture-building-residences-2564183/>

Figura 9 <https://pixabay.com/photos/wind-power-landscape-clouds-heaven-1357419/>

Figura 10 https://www.freepik.com/free-photo/high-angle-model-renewable-energy-with-geothermal-power_16713400.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=df846b64-5988-45fb-8c9b-714b1b6f46e0

Figura 11 <https://pixabay.com/illustrations/smart-home-house-technology-2769239/>

Figura 12 https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm

Figura 13 <https://pixabay.com/illustrations/computer-technology-connected-8045000/>

6 - Livrabile

Pentru a evalua succesul aplicației, se recomandă ca studenții să răspundă la un chestionar online.

7- Ce am învățat

Cunoștințe de bază despre eficiența energetică în clădiri.

Diverse soluții pasive și active aplicate în clădire pentru a obține o eficiență energetică mai bună.

Familiarizare cu tendințele viitoare privind eficiența energetică a clădirilor și cu progresul materialelor și tehnologiilor.