

TEHNOLOGII CONTEMPORANE LA LOCUINȚELE INDIVIDUALE ÎN PREZENT ȘI VIITOR

Teză de doctorat - Rezumat
pentru obținerea titlului științific de doctor arhitect la
Universitatea Politehnică Timișoara
în domeniul ARHITECTURII
autor arh. Mătieș Ionuț Ciprian
conducător științific: prof.univ.dr.arh. Smaranda Maria BICA

Capitolul 1, capitol introductiv prezintă importanța dezvoltării durabile în domeniul arhitecturii și mediului construit, evidențiind impactul semnificativ al sectorului construcțiilor asupra consumului de energie [1]. Se subliniază că abordarea problemei nu mai poate fi ignorată și necesită implicarea unui colectiv complex de specialiști pentru soluționarea ei. De asemenea, se menționează eforturile Uniunii Europene și ale cercetării în domeniu pentru reducerea impactului clădirilor asupra mediului.

Autorul își justifică alegerea tematicii lucrării, subliniind pasiunea pentru proiectarea de case eficiente energetic și accesibile financiar în România, unde există o oportunitate de dezvoltare. Lucrarea are ca scop verificarea deciziilor intuitive în proiectarea locuințelor prietenoase cu mediul prin analize, calcule și comparații multicriteriale, luând în considerare aspecte financiare și de eficiență energetică.

Structura tezei este prezentată, cuprinzând capitolele principale:

1. Introducere
2. Direcții în evoluția strategiei globale, europene și naționale
3. Definierea metodologiei de calcul propusă
4. Definierea și optimizarea modelului analizat
5. Evaluarea performanțelor energetice ale clădirii studiate în diferite scenarii
6. Concluzii și viitoare direcții de studiu

Această teză explorează, în principal, aspectele legate de eficiența energetică a clădirilor și impactul lor asupra mediului, punând accent pe contextul european și național, metodologie de calcul, modele analizate și rezultate obținute în raport cu criteriile de construcții cu consum aproape zero de energie (nZEB).

Principalul obiectiv al prezentei lucrări este îndeplinirea standardului nZEB în ceea ce privește o locuință unifamilială cu o configurație specifică suburbiilor din Timișoara, România. Scopul este acela de a determina cei mai eficienți parametri în termeni de cost final al clădirii, având în vedere o perioadă de exploatare de 30 de ani și costuri reduse de întreținere.

În **Capitolul 2** se subliniază importanța tranziției către surse de energie regenerabilă și dezvoltarea durabilă în contextul schimbărilor climatice. Autorul evidențiază că resursele fosile și nucleare au impact negativ asupra mediului și devin din ce în ce mai costisitoare, subliniind necesitatea unei migrații spre energie verde. Deși această tranziție implică dificultăți financiare și modificări ale infrastructurii existente, pe termen lung aduce beneficii semnificative prin reducerea emisiilor de carbon și creșterea eficienței energetice.

În continuare se discută despre **Protocolul de la Kyoto** [2], un tratat internațional semnat în 1997, care a introdus măsuri pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Protocolul a recunoscut că schimbările climatice reprezintă o problemă globală și a stabilit un angajament pentru statele membre de a reduce emisiile în perioada 2008-2012, cunoscută ca Primul Angajament. Cu toate acestea, deși unele țări au avut succes în reducerea emisiilor,

obiectivele individuale nu au fost în întregime atinse.

În contextul politic și economic actual, Uniunea Europeană se confruntă cu provocări legate de protecția mediului înconjurător și independența energetică, inclusiv reducerea dependenței de resurse externe, cum ar fi gazul din Rusia. Pentru a atinge aceste obiective, UE a dezvoltat și implementat mai multe directive care vizează îmbunătățirea eficienței energetice în sectorul construcțiilor.

Directiva Europeană 2002/91/CE [3], adoptată în decembrie 2002, stabilește un cadru legislativ pentru îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor. Scopul principal al acestei directive este de a lua în considerare condițiile climatice externe, particularitățile locale și nevoile de climatizare internă pentru a obține un raport cost-eficiență optim. Această directivă urmărește, de asemenea, principiile Protocolului de la Kyoto, care vizează creșterea eficienței energetice.

Pentru a evalua performanța energetică a clădirilor, este important să se folosească o metodologie care să țină cont de specificul național și regional. Această metodologie trebuie să includă caracteristicile termice ale clădirilor, sistemele de climatizare, utilizarea surselor de energie regenerabilă, componente pasive de încălzire și răcire, învelișul, calitatea aerului interior și iluminatul natural.

Fiecare stat membru al UE își stabilește propriile standarde minime pentru eficiența energetică a clădirilor și componentelor acestora, având în vedere echilibrul între costurile de investiții și economiile de energie pe durata de viață a clădirilor. Pentru a evalua eficiența energetică a clădirilor, se emit certificate de performanță energetică care atestă nivelul de consum de energie al clădirii.

Directiva 2010/31/UE [4], adoptată în mai 2010, se concentrează pe eficiența energetică a clădirilor și are ca obiectiv utilizarea eficientă și prudentă a energiei din sursele de combustibil fosil, precum petrolul și gazele naturale, pentru a reduce emisiile de dioxid de carbon. Unul dintre obiectivele principale ale acestei directive este reducerea emisiilor globale de gaze cu efect de seră cu cel puțin 20% până în 2020, comparativ cu nivelurile din 1990.

Directiva încurajează construirea clădirilor cu consum aproape zero de energie (NZEB), care au niveluri foarte ridicate de eficiență energetică. Aceste clădiri trebuie să își satisfacă o mare parte din necesitățile energetice din surse regenerabile, cum ar fi energia solară sau geotermală.

De asemenea, directivele europene prevăd angajamente clare privind clădirile noi și cele ocupate de autoritățile publice, în scopul atingerii acestor obiective de eficiență energetică. Aceste directive europene reprezintă eforturi semnificative ale Uniunii Europene pentru a reduce consumul de energie în sectorul construcțiilor și pentru a contribui la protecția mediului înconjurător și la asigurarea independenței energetice a UE.

Directiva Europeană 2012/27/EU [5], adoptată în octombrie 2012, a fost dezvoltată pentru a promova eficiența energetică și pentru a ajuta UE să atingă obiectivul de reducere a consumului de energie cu 20% până în 2020, comparativ cu nivelurile din 1990. Directiva impune statele membre să stabilească scheme de obligații care să asigure economii de energie cumulativă în utilizarea finală până la sfârșitul anului 2020.

Pentru a atinge obiectivele de eficiență energetică, directiva încurajează utilizarea inovațiilor tehnologice, inclusiv sistemele de control inteligente. Se prevede că cel puțin 80% dintre consumatori ar trebui să fie echipați cu astfel de sisteme până în 2020. Aceste sisteme permit gestionarea cererii de energie și facturarea pe baza consumului real.

Directiva 2012/27/EU promovează, de asemenea, auditurile energetice realizate de experți calificați pentru consumatorii finali, pentru a evalua și îmbunătăți eficiența energetică a clădirilor și a altor sisteme. Totodată, se subliniază importanța îmbunătățirii eficienței infrastructurii de transformare, transport și distribuție a energiei electrice.

Directiva Europeană 2018/2001 [6], adoptată în decembrie 2018, pune accentul pe utilizarea surselor de energie regenerabilă pentru a atinge obiectivele de reducere a emisiilor de

carbon și de creștere a ponderii acestora în *mixul* energetic al Uniunii Europene. Directiva stabilește că până în 2030, cel puțin 32,5% din consumul total anual de energie al Uniunii trebuie să provină din surse regenerabile.

De asemenea, directiva impune luarea în considerare a surselor de energie regenerabilă în calculul consumului final brut de energie al statelor membre și promovează utilizarea tehnologiilor inovatoare, cum ar fi pompele de căldură, tehnologiile geotermale și cele solare termice, în sectorul construcțiilor pentru încălzire și răcire. Directiva recunoaște, de asemenea, dreptul consumatorilor de a produce energie din surse regenerabile pentru uz personal, de a o stoca și de a vinde surplusul.

Aceste directive reflectă angajamentul Uniunii Europene de a promova eficiența energetică și de a reduce emisiile de carbon în sectorul energetic, inclusiv în domeniul încălzirii și răcirii, pentru a contribui la protecția mediului și la asigurarea unei surse de energie durabile și regenerabile pentru viitor.

Legislația românească privind eficiența energetică în sectorul construcțiilor și implementarea clădirilor aproape zero (nZEB) este reglementată de mai multe normative și legi. Acestea includ:

Normativul C107/2005 [7]: Acest normativ stabilește metodologiile pentru calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor. Acesta a fost republicat și se concentrează pe performanța energetică a elementelor constructive și modalitățile de calcul ale acestora.

Legea 372/2005 [8]: Legea privind performanța energetică a clădirilor, care a fost republicată și modificată ulterior prin mai multe acte normative, inclusiv Legea 101/2020 [9]. Această lege a introdus, pentru prima dată, conceptul de clădire aproape zero (nZEB) și a stabilit reguli pentru certificatul de performanță energetică și consumul aproape zero de energie.

MC001/2022 [10]: Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ Mc 001-2022, care detaliază cerințele pentru calculul performanței energetice a clădirilor. Acest document stabilește limitele pentru consumul de energie primară finală și emisiile echivalente de CO₂ pentru clădirile nZEB, în funcție de zona climatică.

TRC 4 – 2022 [11]: Ghidul privind implementarea măsurilor de creștere a performanței energetice aplicabile clădirilor noi, în etapele de proiectare, execuție și recepție, exploatare și urmărire a comportării în timp pentru îndeplinirea cerințelor nZEB. Acest ghid oferă recomandări pentru proiectarea și construcția clădirilor nZEB, precum și pentru urmărirea performanței lor pe parcursul timpului.

Pentru a satisface cerințele nZEB, sunt recomandate mai multe măsuri și principii de proiectare și construcție, cum ar fi:

- Utilizarea unor materiale termoizolante de calitate cu grosimi adecvate pentru pereți, planșee și fațade;
- Asigurarea unei tencuieli interioare cu permeabilitate la aer corespunzătoare;
- Utilizarea tâmplăriilor exterioare eficiente din punct de vedere termic, cu sisteme de umbrire exterioare (dacă este cazul);
- Gestionarea corectă a infiltrațiilor de aer pentru a menține calitatea aerului interior și confortul termic;
- Optimizarea geometriei și orientării clădirii pentru a maximiza aporturile solare și a reduce consumul de energie pentru încălzire;
- Reducerea punților termice pentru a minimiza pierderile de căldură;
- Utilizarea unor sisteme de ventilație mecanică cu recuperarea căldurii cu eficiență ridicată;
- Integrarea de panouri solare pentru a genera energie din surse regenerabile.

Toate aceste măsuri și reguli sunt menite să conducă la construcția de clădiri cu performanțe energetice înalte, care să reducă semnificativ consumul de energie și emisiile de carbon asociate cu funcționarea lor.

Capitolul 3 debutează cu definirea temei program precum și a datelor specifice de pornire pentru situația studiată, o casă unifamilială pentru o familie compusă din 4 membrii pentru zona Banatului în proximitatea Municipiului Timișoara. Informațiile luate în considerare pentru definirea temei se vor baza pe datele extrase dintr-un chestionar realizat de către autor precum și plecând de la o medie întâlnită în piața imobiliară curentă. Scopul acestei analize fiind definirea unei situații cât mai apropiate de realitate.

În continuare lucrarea analizează oportunitățile energiei nepoluante, solare pentru România, constatându-se că aceasta dispune de o poziționare geografică bună cu potențial mare de dezvoltare, cu zone care au rate de producție de energie solară de peste 1400 kWh/m² pe an în Litoralul Mării Negre și Dobrogea, precum și în unele zone sudice. În majoritatea regiunilor țării, ratele de producție de energie solară sunt mai mari de 1250-1350 kWh/m² anual [12].

Următoarea secțiune examinează tehnologiile recente de producție de energie verde, concentrându-se pe panourile fotovoltaice și panourile solare. Se constată astfel o evoluție considerabilă a acestor tehnologii în timp, care prin utilizarea corespunzătoare pot contribui semnificativ la reducerea consumului de energie precum și a emisiilor de dioxid de carbon în ceea ce privește sectorul construcțiilor.

Următorul subcapitol subliniază importanța orientării clădirilor și terenurilor către punctele cardinale pentru a exploata eficient energia solară. Planificarea urbană nu întotdeauna ține cont de aceste aspecte, ceea ce poate duce la dificultăți în proiectare și costuri suplimentare [13]. Analiza pornește de la principiile caselor pasive care iau în considerare orientarea clădirilor, suprafața vitrată și factorul solar al sticlei. De asemenea, menționează importanța umbrelor și subliniază că planificarea urbană trebuie să ia în considerare orientarea clădirilor pentru a asigura utilizarea eficientă a energiei solare și reducerea costurilor și emisiilor de carbon.

Se evidențiază că planificarea urbană incorectă poate duce la costuri suplimentare pentru îndeplinirea cerințelor energetice și că echilibrul între interesele dezvoltatorilor, ale comunității și ale mediului înconjurător trebuie să fie prioritar. În plus, se arată că planificarea urbană ar trebui să faciliteze instalarea panourilor solare și fotovoltaice în condiții economice. Se subliniază, de asemenea, că urbanizarea poate avea un impact semnificativ asupra mediului și costurilor ulterioare, ceea ce necesită o analiză complexă pentru a atinge standardele de eficiență energetică nZEB [14].

Pentru a evalua adecvat modul în care o clădire se integrează într-un mediu urban, este crucial să se analizeze configurarea urbană. În cazul Timișoarei, orașul are o configurație radial-concentrică, începând cu a doua jumătate a secolului XX, ceea ce poate afecta orientarea optimă a clădirilor. Studiile privind expunerea la soare trebuie să țină cont de forme stradale, înălțimea clădirilor și poziția soarelui în diferite momente ale zilei și anului pentru a determina cea mai bună orientare a fiecărei parcele și pentru a maximiza lumina solară, esențială pentru clădirile cu consum redus de energie.

În zona periurbană din jurul Timișoarei, dezvoltarea comunităților limitrofe a crescut semnificativ, iar acest lucru a fost observat prin numărul tot mai mare de autorizații de construcție emise în aceste comune. Interacțiunea dintre oraș și comunele periurbane a devenit o temă importantă, mai ales în absența unei strategii urbane coerente care să abordeze această problemă la nivel macro și să o detalieze la nivel de cartier.

Pentru a putea înțelege problematica expusă anterior se realizează o analiză critică a unor situații existente întâlnite în proiectarea reală. Această analiză va studia câteva cazuri de planuri urbanistice zonale destinate locuințelor individuale, în care se vor identifica tipologii ale parcelelor și orientarea acestora față de punctele cardinale. Scopul analizei este înțelegerea cauzelor de generare și posibile soluții de îmbunătățire a expunerii solare pentru viitoarele construcții. Analiza se va concentra asupra unor planuri urbanistice din proximitatea orașului Timișoara din zona peri-urbană (Moșnița Nouă și Dumbrăvița).

În urma analizei se constată următoarele aspecte:

- lipsa unui plan de dezvoltare urbanistică a întregii zone de urbanizare;
- P.U.Z.-urile au ca limită fostele zone agricole;
- s-au evidențiat situații care în mod aleatoriu datorită acestei practici sunt nefavorabile;
- amplasarea construcțiilor pe parcelă este propusă prin P.U.Z.-uri în funcție de cutume fără ca ele să fie adaptate situației propriu-zis privind însorirea.

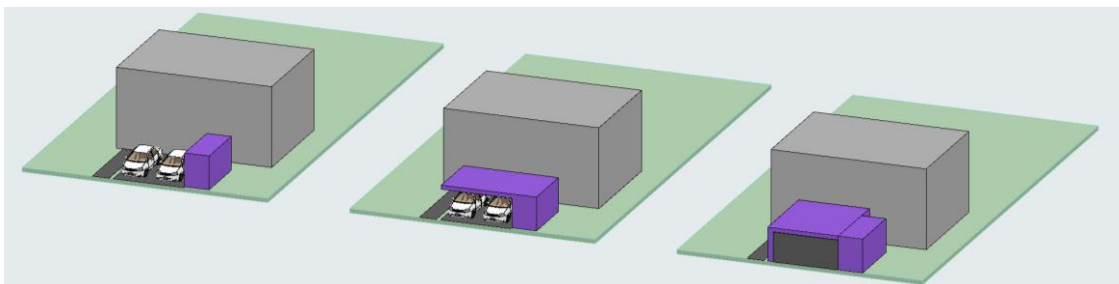
În concluzie, în prezent nu există nici o cutumă specifică și nici reglementări clare care să îmbunătățească situația parcelărilor din localitățile peri-urbane în ceea ce privește orientarea și expunerea solară. Cu toate acestea, conștientizarea crescută a impactului mediului și a eficienței energetice poate schimba această situație, și ar putea fi necesară revizuirea regulamentelor și a practicilor pentru a promova o dezvoltare urbană mai sustenabilă.

În continuare se analizează diferitele sisteme constructive existente pentru realizarea unei case unifamiliale parcurgând structuri cu fundații continue din beton armat cu zidărie portantă [15] (Porotherm Robust 25 și Ytong Clasic 25) și planșee din beton armat, structuri în cadre din beton armat [16], infrastructură din beton armat și suprastructură din lemn (structură scheletală, panouri mari prefabricate, panouri mari din lemn) și infrastructură din beton armat și suprastructură din metal (profile laminate, profile îndoite la rece). Pentru fiecare sistem constructiv se identifică avantajele și dezavantajele. Scopul acestei analize fiind identificarea sistemului constructiv cel mai economic pentru obiectivele urmărite.

Următorul subcapitol analizează forma, anvelopa și sistemele HVAC necesare pentru realizarea unei case unifamiliale. Se constată astfel că soluția cea mai economică o reprezintă o locuință dezvoltată pe parter și etaj, având raportul cel mai favorabil între aria anvelopei și volum. Se analizează componentele anvelopei și aportul acestora în ceea ce privește eficiența energetică.

Pentru sistemele HVAC studiul ia în considerare două scenarii energetice și anume unul pe gaz și al doilea pe energie electrică, sistemele cele mai utilizate în practica curentă. Astfel se analizează centralele pe gaz în condensatie și pompele de căldură aer-apă, dovedite a fi cele mai economice din punct de vedere a investiției inițiale.

În **Capitolul 4** proiectul de arhitectură a luat în considerare preferințele și cerințele beneficiarilor definite în capitolul 2, respectând și regulamentele urbanistice locale și caracteristicile locației. A fost adoptată o orientare favorabilă, cu curtea orientată spre sud, pentru a maximiza aportul solar pasiv și a reduce costurile de încălzire. În ceea ce privește etapizarea, s-a propus o flexibilitate în dezvoltare, cu posibilitatea adăugării ulterioare a unui carport sau garaj, dar analiza se concentrează pe volumul principal al casei.



Casa propusă are un regim de înălțime pe parter și un etaj, o soluție rentabilă și eficientă din punct de vedere al costurilor de construcție. Scopul principal a fost crearea unui volum compact care să maximizeze expunerea solară în spațiile interioare.

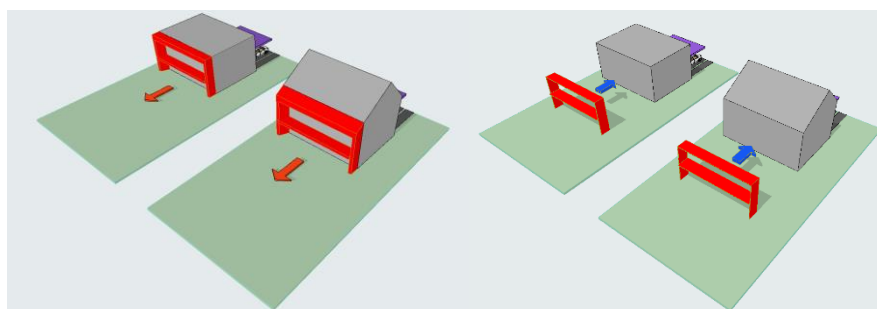
Structura casei este formată din fundații continue din beton armat, zidărie portantă și planșee din beton armat, fiind aleasă pentru costul său redus în comparație cu alte opțiuni. Configurația internă a casei este eficientă, cu camerele de zi și dormitoarele orientate spre curte pentru a beneficia de lumina solară. Spațiile umede și circulația verticală sunt plasate pe latura nordică pentru a reduce costurile de racordare la utilități.



Pentru a maximiza eficiența energetică, fațada sudică dispune de vitraje ample, care permit pătrunderea razelor solare în timpul iernii, dar necesită un sistem de umbrire pentru a preveni supraîncălzirea în timpul verii.

În ceea ce privește structura de umbrire, există mai multe opțiuni de abordare, cum ar fi integrarea sa în structura casei sau realizarea unei structuri metalice separate. Proiectul vizează crearea unei case eficiente energetic, cu un design compact și flexibil, care să maximizeze aportul solar și să minimizeze costurile de construcție și exploatare.

Pentru identificarea soluției mai economice se iau în calcul două scenarii pentru realizarea sistemului de umbrire de pe fațada sudică a casei:



- Modelul A – sistem de umbrire fix din structura casei pentru varianta de plan aleasă (M01)
- Modelul B – sistem de umbrire decuplat termic pentru varianta de plan aleasă (M02)

Pentru fiecare situație analizată s-a luat în calcul două situații, o variantă cu acoperiș terasă (M01-1, M02-1) și o variantă cu un acoperiș de tip șarpantă în două ape (M01-2, M02-2).

Prima variantă considerată implică o protecție solară pe fațada sudică prin extinderea structurii casei. Această extindere constă în console realizate din beton armat care asigură umbrirea atât la nivelul parterului, cât și al etajului. Protecția vizuală față de vecinii laterali este propusă să fie realizată prin pile verticale de zidărie plasate la capetele volumului pe fațada sudică.

În primul rând, această soluție crește aria construită a casei și suprafața anvelopei termice, ceea ce duce la costuri suplimentare. Mai mult, ultimul planșeu va avea o rezistență termică minimă conform normativului MC001, iar o creștere a suprafeței acestuia implică costuri mai mari. Totodată, această extindere poate crea punți termice suplimentare, care ar trebui gestionate pentru a reduce impactul asupra consumului de energie.

În concluzie, această variantă poate fi mai costisitoare din cauza creșterii suprafeței construite și poate avea performanțe energetice mai slabe din cauza potențialelor punți termice suplimentare.

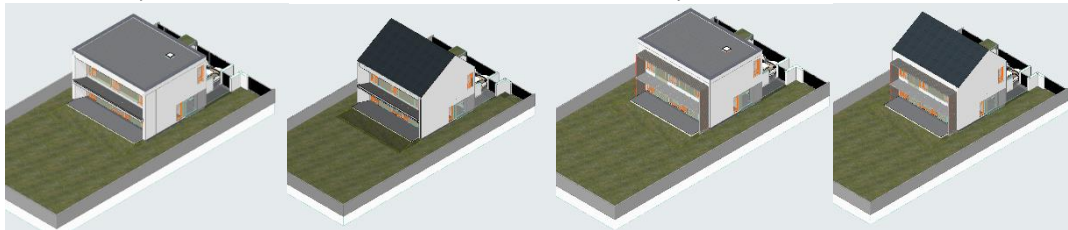
Varianta a doua reprezintă o excepție pe piața imobiliară din România, concentrându-se pe realizarea unei anvelope termice continue prin eliminarea punților termice, inspirată din conceptul caselor pasive. În această viziune, casa este concepută pentru a fi cât mai compactă, reducând astfel consumul de energie, iar sistemul de umbrire este adăugat ulterior prin elemente de fixare punctuale, minimizând impactul punților termice asupra consumului final de energie. Structura destinată umbrii fațadei sudice va fi realizată din profile metalice de tip țevă

dreptunghiulară cu dimensiunile 80x80x5 mm, formând un ancadrament pe fațada sudică. În plus, se va crea o structură orizontală fixată în grinda dintre parter și etaj, care va asigura umbrirea zonei de la parter, fiind ancorată în structura casei prin intermediul unor distanțiere integrate în grosimea anvelopei termice.

Această soluție are avantajul reducerii punților termice și elimină necesitatea unor etape umede pentru finisarea sa. Deși se estimează că această variantă poate fi mai costisitoare decât cea din beton armat și zidărie, datorită reducerii cantităților de materiale și a manoperei aferente, ea este considerată o opțiune mai potrivită.

Pentru a alege cea mai potrivită variantă care să satisfacă obiectivele acestei cercetări, adică minimizarea costurilor pentru o situație dată, este important să luăm în considerare atât costurile inițiale, cât și costurile ulterioare. Uneori, o soluție care pare mai economică în faza inițială poate deveni mai costisitoare pe termen lung din cauza unor probleme ulterioare, cum ar fi gestionarea punților termice sau necesitatea unor intervenții suplimentare.

Centralizând datele obținute pentru fiecare soluție analizată, putem face o evaluare preliminară a acestora. Cu toate acestea, trebuie să avem în vedere că varianta M02-1, care nu a luat în calcul sistemul de umbrire suplimentar și costurile ulterioare, este cea mai economică în ceea ce privește consumul de materiale pentru construcție propriu-zisă.



Totuși, există și alte soluții sau subvariante care trebuie luate în considerare. Una dintre ele ar putea fi utilizarea sistemelor mobile de tip raffstore pentru umbrirea fațadei sudice, aplicate pe tâmplăriile din acea zonă. Această abordare ar putea elimina necesitatea structurii metalice din varianta M02-1, dar ar aduce costuri suplimentare pentru achiziționarea și instalarea sistemelor raffstore. De asemenea, ar genera punți termice suplimentare în partea superioară a tâmplăriilor.

O altă variantă economică pentru umbrirea fațadei sudice ar fi utilizarea sticlei cu control solar. Această opțiune ar renunța complet la sistemele de umbrire și ar modifica doar parametrii sticlei. Cu toate acestea, ar trebui să se ia în considerare că această soluție ar putea duce la pierderea avantajelor aportului solar pe timp de iarnă și la probleme de supraîncălzire în timpul verii.

Pentru a lua o decizie înțeleaptă, trebuie să efectuați o analiză detaliată a costurilor și beneficiilor fiecărei soluții, luând în considerare atât costurile inițiale, cât și cele pe termen lung, precum și eficiența energetică și confortul termic oferite de fiecare variantă. Este important să consultați și experți în domeniul construcțiilor și eficienței energetice pentru a vă ajuta să luați cea mai bună decizie în funcție de nevoile și obiectivele dvs. specifice.

Capitolul 5 debutează cu prezentarea programelor de calcul utilizate pentru evaluarea energetică a modelelor, menționând ca principal program de calcul „Passive House Planning Package” (PHPP) și „designPH”, ambele programe realizate de „Passive House Institut” [17]. Pentru evaluarea punților termice necesare calculului s-a utilizat programul de calcul HTflux [18] care a furnizat informațiile necesare evaluării punților termice identificate și analizate în diferitele scenarii.

Studiul se concentrează pe identificarea configurațiilor de anvelope și sisteme HVAC care respectă standardele nZEB pentru eficiență energetică și emisii de carbon. Se analizează costurile inițiale și pe termen lung pentru a identifica variantele rentabile.

Pentru izolarea termică a fațadelor, se recomandă polistirenul expandat grafitat, datorită

performanței sale superioare și costului redus pe metru pătrat. Sunt evaluate diferite configurații ale anvelopei (5 variante diferite și două variante suplimentare), iar cele care se bazează doar pe creșterea eficienței termice nu ating standardele nZEB.

Se compară, de asemenea, două tipuri de zidărie portantă (Porotherm Robust 25 și Ytong Clasic), cu diferite rezistențe termice, pentru a determina influența lor asupra respectării standardului MC001.

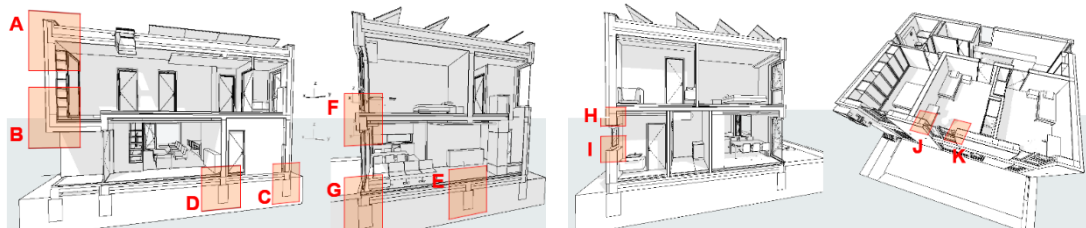
În ceea ce privește utilizarea energiei, se analizează două scenarii diferite pentru încălzire, apă caldă menajeră, răcire și iluminat artificial.

Astfel în prima variantă, se folosește o centrală termică pe gaz pentru încălzire și apă caldă. Se examinează mai multe scenarii, inclusiv montarea tâmplărilor pe precadre și utilizarea ventilației mecanizate pentru eficiența energetică maximă.

În varianta cu gaz natural, 30% din energia necesară provine din surse regenerabile, adică panouri solare și un rezervor de stocare de 300l pentru apa caldă.

A doua variantă utilizează curent electric și pompe de căldură pentru încălzire și apă caldă. 30% din necesarul de energie este asigurat de surse regenerabile, în special de pompe de căldură. Se iau în calcul și panourile fotovoltaice (3,28kW, 5,33kW și 8,2kW) și cele solare, cu diferite capacități, pentru a acoperi necesarul de energie, dar fără a injecta excesul de energie în rețea.

Pentru a evalua consumul de energie al clădirii cu precizie, s-au identificat și calculat punțile termice specifice ale anvelopei. Acestea reprezintă zone în care transferul de căldură este afectat în mod semnificativ într-un flux termic uniform.



Chiar dacă proiectul casei a fost conceput pentru a minimiza punțile termice și a asigura o anvelopă continuă, am identificat următoarele punți termice pentru analiză:

- A. Zona de atic din cadrul terasei necirculabile.
- B. Zona de intrados deasupra accesului.
- C. Peretele exterior în zona de soclu.
- D. Peretele interior în contact cu solul.
- E. Fundația interioară în zona de planșeu pe sol.
- F. Tâmplăria exterioară între nivele.
- G. Tâmplăria exterioară în zona soclului.
- H. Buiandrugul din beton armat în relație cu tâmplăria exterioară.
- I. Tâmplăria în zona de solbanc.
- J. Racordul tâmplăriei la un șâmbure din beton armat din cadrul unui perete exterior.
- K. Racordul tâmplăriei la un perete exterior.

Calculul punților termice s-a efectuat la fața exterioară a anvelopei pentru cele două variante, una cu zidărie Porotherm Robust și cealaltă cu Ytong Clasic.

Pentru asigurarea unei calități adecvate a aerului în spațiile interioare, este esențial să respectăm cerințele de ventilație. Conform noului normativ MC001, clădirile rezidențiale neventilate mecanic în timpul sezonului de încălzire trebuie să asigure un debit minim de aer proaspăt, corespunzător unui număr orar de schimburi de aer de 0,5 ori pe oră.

În acest context, au fost luate în considerare două scenarii de calcul pentru ventilația spațiilor interioare:

- Ventilație naturală pentru asigurarea aerului proaspăt, cu un schimb de aer de 0,5 ori pe

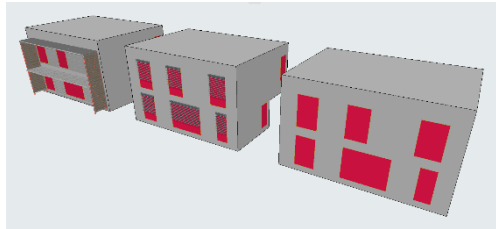
oră în timpul iernii și ventilație suplimentară pe timpul verii;

- Ventilație mecanică cu recuperarea de căldură, cu o eficiență de 90% în timpul iernii, cu un schimb de aer de 0,3 ori pe oră, și ventilație suplimentară naturală în timpul verii.

În prima variantă, volumul interior de aer pentru clădirea analizată a fost de 386 m³, în timp ce pentru varianta cu sistem de ventilație mecanică, volumul interior de aer a fost de 375 m³. Diferența se datorează utilizării tavanului fals pentru distribuția sistemului de ventilație, care a fost instalat local în anumite zone pentru a evita reducerea înălțimii libere la sub 2,6 metri, conform cerințelor legislative.

Pentru ambele variante, coeficientul de permeabilitate la aer al anvelopei clădirii a fost considerat $n_{50} = 1,00$ schimbări pe oră la 50 Pa. Pentru obținerea acestui coeficient, s-a acordat o atenție deosebită etanșeității tâmplărilor, utilizând bariere de vapori la interior și bariere de vânt la exterior în jurul lor. De asemenea, pentru obținerea rezultatelor dorite, etanșarea golurilor ferestrelor a fost un element esențial, iar tencuirea exterioară a întregii suprafețe a zidăriei a contribuit la creșterea coeficientului de etanșeitate.

În ceea ce privește scenariile de umbrire, au fost identificate trei posibile variante de studiu:



- Umbrire pasivă fixă, cu un sistem structural care completează volumul clădirii cu sticlă, fără protecție solară;
- Umbrire cu sisteme mobile de tip "raffstore," cu sticlă fără protecție solară;
- Fără sisteme de umbrire, cu sticlă cu control solar.

Toate studiile efectuate au luat în considerare umbrirea pasivă ca soluția cea mai economică, deoarece permite captarea energiei solare pasive în sezonul de iarnă. Pentru a nu crea un număr excesiv de subcategorii în analiză, evaluarea critică s-a concentrat pe varianta cea mai economică care îndeplinește criteriile nZEB. Astfel, s-a analizat impactul celor trei variante de dotare asupra consumului energetic, aportului solar în timpul iernii și evitării supraîncălzirii în timpul verii. Scenariile de umbrire au influențat atât regimul termic interior, cât și costurile de construcție.

În ceea ce privește răcirea spațiilor interioare, s-au identificat două posibile scenarii:

- Primul scenariu se bazează pe răcirea naturală, care necesită sisteme de umbrire fixe sau mobile. Din calculul frecvenței supraîncălzirii, s-a constatat că în mai puțin de 10% din timp temperatura interioară depășește 25°C, limita superioară de confort stabilită de Institutul de Case Pasive;
- Al doilea scenariu presupune utilizarea unui sistem de climatizare de tip split, cu două unități, una pe fiecare nivel.

Calculul a relevat că în majoritatea situațiilor analizate, condițiile de confort pot fi îndeplinite prin răcirea naturală, cu o perioadă de supraîncălzire limitată la 10%. Cu toate acestea, se observă o creștere a temperaturii interioare în lunile iulie și august. În acest context, utilizarea sistemelor de climatizare complementare poate fi considerată un confort suplimentar, opțional, deoarece normele de confort sunt respectate fără ele. Implementarea acestor sisteme implică un cost suplimentar în cazul sistemelor de tip split și poate duce la un consum mai mare de energie.

Cu toate acestea, în contextul creșterii temperaturilor medii în timpul verii în ultimii ani, utilizarea sistemelor de climatizare devine din ce în ce mai necesară și în cazul locuințelor unifamiliale. În acest sens, studiul propune să analizeze impactul utilizării unor astfel de sisteme

asupra consumului de energie într-o variantă economică cu centrală pe gaz, care respectă criteriile clădirilor cu emisii net-zero (nZEB). De asemenea, se va evalua influența acestora în cazul unei variante cu pompă de căldură.

Pentru asigurarea iluminatului interior care va intra la calculul de consum energetic conform metodologiei în vigoare s-au prevăzut corpuri de iluminat de tip LED cu un consum de 65lm/W ce corespund unor corpuri de iluminat cu lumină albă caldă.

În urma calculelor se constată ca din cele 24 de variante pe zidărie Porotherm și cele 20 de variante pe Ytong ce au în dotare o centrală termică pe gaz și cele 80 de variante pe zidărie Porotherm dotate cu pompă de căldură aer-apă doar 58 satisfac condițiile pentru a fi nZEB. Pentru acestea se realizează un cost inițial al investiției.

În continuare se face o analiză a costului global pentru o perioadă de 30 de ani, care are ca scop identificarea unei soluții optime din punct de vedere a costurilor (inițiale, întreținere, schimbări de echipamente ce apar în timp) [19].

Așadar se constată ca varianta var_1_PR_ctg_vr reprezintă varianta cu costul inițial cel mai mic, iar var_3_PR_PCaa_f8kw varianta a cărei cost este cel optim după cei 30 de ani de exploatare.

Capitolul 6 conține o evaluare suplimentară pentru evaluarea răcirii pe cele două variante identificate cu costul inițial cel mai mic și cea cu costul optim. Se constată că utilizarea sistemelor de răcire tip split pot contribui la creșterea valorii RER și au o influență ne semnificativă asupra emisiilor de CO₂ generate suplimentar. În ambele variante introducerea sistemelor de răcire suplimentare nu influențează cu mult costul global (2,96% pentru soluția cu centrală termică și 4,42% pentru soluția cu pompă de căldură).

Se realizează o analiză suplimentară pentru umbrirea fațadei sudice care constată că soluția pasivă cu sisteme fixe de umbrire nu este cea mai eficientă. În varianta cu raffstore se constată un aport solar mai mare care poate reduce astfel consumul de energie pe timp de iarnă. Această opțiune însă va influența însă costul inițial al clădirii analizate (+1,74% pentru var_1_PR_ctg_vr).

Varianta cu sticlă cu control solar va avea rezultatul cel mai slab în ceea ce privește aportul solar dar aceasta reprezintă și varianta cea mai economică din punct de vedere a prețului inițial al investiției.

În concluzie această lucrare a examinat îndeplinirea standardului nZEB (nearly Zero Energy Building) în contextul unei locuințe unifamiliale, cu o structură propusă în această teză. Studiul a evaluat costurile inițiale, costul energiei, precum și întreținerea și mentenanța pe o perioadă de 30 de ani.

Pentru variantele cu centrale termice pe gaz, s-a constatat că nu se poate atinge standardul nZEB doar prin îmbunătățirea anvelopei termice, deoarece pierderile de căldură prin ventilația naturală sunt prea mari. Astfel, aceste variante nu îndeplinesc cerințele pentru procentul minim de energie regenerabilă.

De asemenea, s-a observat că diferențele între cele două tipuri de zidărie (Porotherm și Ytong) nu au avut un impact semnificativ asupra performanței energetice.

Sistemele mecanice de ventilație cu recuperare de căldură au fost necesare pentru a îndeplini standardul nZEB în cazul centralelor termice pe gaz, chiar dacă nu sunt obligatorii conform MC001. În ceea ce privește energia regenerabilă, s-au utilizat panouri solare pentru producerea apei calde menajere, dar dimensionarea acestora poate necesita investigații suplimentare.

În cazul pompelor de căldură, s-a observat că acestea pot atinge ușor standardul nZEB datorită eficienței lor energetice și a capacității de a extrage energie din mediul înconjurător. Totuși, dimensionarea adecvată a sistemelor fotovoltaice a fost crucială pentru a evita excedentul de energie regenerabilă.

În concluzie, sistemele cu pompe de căldură și anvelope termice medii, combinate cu sisteme fotovoltaice dimensionate corespunzător, reprezintă o opțiune eficientă pentru atingerea standardului nZEB. Sistemele cu centrale termice pe gaz pot fi dificile de optimizat în acest sens, din cauza cerințelor energetice și a emisiilor de CO₂.

Principalele contribuții personale sunt:

- Analiza se bazează pe un proiect individualizat, conceput de către autor cu scopul de a răspunde cât mai bine la problematica studiată;
- Luarea în considerare a complexității situațiilor studiate (diferite tipuri de anvelope, analiza punților termice, diferite tipuri de zidării portante, diferite sisteme de tip HVAC) pentru îndeplinirea criteriilor nZEB;
- În lipsa unui model de calcul privind punțile termice s-a elaborat un sistem de calcul ce poate deveni bază de date pentru sistemul constructiv Porothersm și Ytong de 25cm;
- Obținerea unor prețuri reale din piață pentru fiecare situație studiată pentru a reflecta cât mai exact concluziile obținute (s-au luat în calcul prețurile materialelor și a manoperei aferente la data elaborării calculului financiar);
- Analiza și interpretarea datele obținute pentru un număr semnificativ de alcătuirii al clădirii, sisteme al anvelopei, sisteme HVAC, etc., rezultând 124 de variante la care rezultatele obținute au fost interpretate prin tabele originale și figuri elaborate de autor;
- Evidențierea prin grafice și tabele a avantajelor și dezavantajelor pentru fiecare variantă analizată;
- Analiză complexă a costului inițial raportat la costul global puse față în față cu performanțele energetice atinse;
- Ghid de proiectare și viitoare direcții decizionale pe subiectele studiate;
- Calculele prezentate în teză și anexe sunt integral meritul autorului.

Ca urmare a cercetării efectuate se precizează următoarele direcții de studiu de viitor:

- Luarea în calcul a unor sisteme de automatizare pentru optimizarea soluțiilor studiate;
- Realizarea de calcule cu pompe de căldură mai performante, dar mai scumpe și compararea rezultatelor obținute;
- Realizarea unei cercetări care să investigheze problema etanșeității pereților exteriori portanți – tencuială suplimentară la exterior, Porothersm vs. Ytong.

Rezultatele cercetării prezentate în această lucrare au fost publicate în lucrări de conferințe:

2 lucrări indexate Web of Science;

1 lucrare în procedurile de baze de date internaționale.

Bibliografie

[1] Manfred Hegger, et al., *Aktivhaus- Das Grundlagenwerk: Vom Passivhaus zum Energieplushaus*, 2013th ed. Callwey.

[2] I. Shishlov, R. Morel, and V. Bellassen, "Compliance of the Parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period," *Clim. Policy*, vol. 16, no. 6, pp. 768–782, Aug. 2016, doi: 10.1080/14693062.2016.1164658.

[3] PARLAMENTUL EUROPEAN ȘI CONSILIUL UNIUNII EUROPENE, "Directiva 2002/91/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 16 decembrie 2002 privind performanța energetică a clădirilor," *Jurnalul Oficial Al Un. Eur.*, vol. 02, 2002.

[4] PARLAMENTUL EUROPEAN ȘI CONSILIUL UNIUNII EUROPENE, "DIRECTIVA 2010/31/UE A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI din 19 mai 2010 privind performanța energetică a clădirilor," *Jurnalul Of. Al Un. Eur.*, 2010.

- [5] PARLAMENTUL EUROPEAN ȘI CONSILIUL UNIUNII EUROPENE, “DIRECTIVA 2012/27/UE A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI din 25 octombrie 2012 privind eficiența energetică, de modificare a Directivelor 2009/125/CE și 2010/30/UE și de abrogare a Directivelor 2004/8/CE și 2006/32/CE,” *Jurnalul Of. Al Un. Eur.*, 2012.
- [6] PARLAMENTUL EUROPEAN ȘI CONSILIUL UNIUNII EUROPENE, “DIRECTIVA (UE) 2018/2001 A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI din 11 decembrie 2018 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile (reformare) (Text cu relevanță pentru SEE),” *Jurnalul Of. Al Un. Eur.*, 2018.
- [7] “C107 1-3 / 2005 Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 20055/2005.” Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului.
- [8] Parlamentul României, “Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor.” Monitorul Oficial, 2005.
- [9] Parlamentul României, “Lege nr. 101 din 1 iulie 2020 pentru modificarea și completarea Legii nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor.” 2020.
- [10] Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice, “METODOLOGIE DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR, INDICATIV MC 001/2006: REVIZUIRE METODOLOGIE; REVIZUIRE/ELABORARE DE COMENTARII ȘI EXEMPLE DE APLICARE.” 2022. [Online]. Available: https://www.oaer.ro/upload/files/pdf/Redct3_Fz3_reviz06_Mc001_P1_25072021.pdf
- [11] Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Administrației, *Ghid privind implementarea măsurilor de creștere a performanței energetice aplicabile clădirilor noi, în etapele de proiectare, execuție și recepție, exploatare și urmărire a comportării în timp pentru îndeplinirea cerințelor nZEB Indicativ RTC 4 - 2022.* 2022.
- [12] Mugur Bălan, “Energia solară - Particularități ale energiei solare.” Universitatea Tehnică Cluj Napoca. [Online]. Available: http://www.termo.utcluj.ro/regenerabile/2_1_a.pdf
- [13] Jouri Kanters, et al., “Planning for solar access in Sweden: routines, metrics, and tools,” *Urban Plan. Transp. Res.*, vol. 9, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1080/21650020.2021.1944293.
- [14] Tobias Weiss, et al., “COST REDUCTION AND MARKET ACCELERATION FOR VIABLE NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS Effective processes, robust solutions, new business models and reliable life cycle costs, supporting user engagement and investors’ confidence towards net zero balance.” Horizon 2020, 2019. [Online]. Available: https://www.cravezero.eu/wp-content/uploads/2019/03/CRAVEzero_D31_nZEBProcesses.pdf
- [15] “COD DE PROIECTARE PENTRU ZIDARIE CR 6.pdf.”
- [16] Viorel Popa, “Proiectarea structurilor în cadre de beton armat.” Catedra de construcții de beton armat - Universitatea Tehnică de Construcții București. [Online]. Available: <https://dokumen.tips/documents/82084770-viorel-popa-structuri-in-cadre-de-beton-armat.html?page=1>
- [17] “Passivhaus Institut.” Accessed: Jul. 12, 2023. [Online]. Available: https://passivehouse.com/04_phpp/04_phpp.htm
- [18] HTflux, “Home.” Accessed: Jul. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.htflux.com/en/>
- [19] “WI_29_TC-approval_version_prEN_15459_Data_requirements.pdf.” Accessed: Aug. 17, 2023. [Online]. Available: http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_29_TC-approval_version_prEN_15459_Data_requirements.pdf