

Prozori i vrata energetske učinkovite zgrade

Miljanić, Patricija

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:473945>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Patricija Miljanić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: Građevinarstvo

ZAVRŠNI RAD

Prozori i vrata energetskih učinkovitih zgrada

Mentor:

Izv.prof.art.dr.sc. Silvio Bašić

Student:

Patricija Miljanić

Zagreb, 2021.

Sažetak

Tema ovog završnog rada je "Prozori i vrata energetske učinkovite zgrade". Kako bi se mogla napraviti energetska učinkovita zgrada prvo je potrebno poznavati fizikalne procese, unutarnje i vanjske, koji se događaju u zgradi kako bi se mogao odabrati prikladan materijal za izgradnju. Mjesta na ovojnici gdje dolazi do povećanog toplinskog toka nazivamo toplinskim mostovima koji se mogu smanjiti dobrom toplinskom izolacijom, korištenjem materijala sa dobrim toplinsko-izolacijskim svojstvima, pravilnom ugradnjom prozora i vrata... Smanjenjem toplinskih mostova smanjuje se potrebna energija za grijanje i hlađenje te se tako povećava energetska učinkovitost zgrade. Najkritičnije točke ovojnice zgrade su prozori i vrata čija se kvaliteta kontrolira pravilnicima, zakonima i propisima. Na njih otpada najveći postotak gubitka energije ovojnice zgrade te se raznim tehnologijama i materijalima poboljšavaju njihova toplinsko-izolacijska svojstva kako bi se utrošak energije što više smanjio. Materijali od kojih mogu biti napravljeni su: drvo, plastika, metali (aluminij i čelik)... Osim materijala velika se važnost treba predati načinu ugradnje koja ako nije kvalitetno izvedena može prouzrokovati smanjenje kvalitete svojstava, protok topline i kondenzaciju vodene pare. Neke nove tehnologije i materijali su se počeli sve više primjenjivati (pametni materijali, fotokromatsko staklo i RAL ugradnja) dok druge se još trebaju razvijati kako bi se mogle komercijalizirati (aerogel, vakuumsko staklo, holografski optički elementi).

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Fizikalna svojstva zgrada	2
2.1 Fizikalni procesi	2
2.1.1 Toplinski tok	3
2.1.2 Kretanje vlage	4
2.2 Omotač zgrade	4
2.2.1 Grijanje i hlađenje	5
2.2.2 Toplinska izolacija	5
2.2.3 Toplinski mostovi	6
3. Energetska učinkovitost zgrada	9
3.1 Mjere energetske učinkovitosti	9
4. Prozori i vrata	11
4.1 Tehnički propisi za prozore i vrata	11
5. Prozori	12
5.1 Drveni prozori	14
5.2 Plastični prozori	16
5.2.1 Energetski učinkoviti plastični prozori.....	16
5.3 Metalni prozori	17
5.3.1 Aluminijski prozori	17
5.3.2 Čelični prozori	17
5.4 Kombinacija drva i aluminija	18
5.5 Povećavanje energetske učinkovitosti prozora	19
6. Vrata	22
7. Nove tehnologije	23
7.1 Aerogel	23
7.2 Pametni materijali	23
7.3 Vakuumsko staklo	24
7.4 Fotokromatsko staklo	24
7.5 Holografski optički elementi	25
7.6 RAL ugradnja	25
8. Zaključak	28
Popis literature	29

1. Uvod

Zgradarstvo je privredni sektor koji troši najviše električne energije te samim tim je među većim proizvođačima ugljikova-dioksida (CO₂). Razvijanjem svijesti o održivom razvoju potaknulo je istraživanje o racionalnom korištenju energije, razvoj različitih tehnologija koje se primjenjuju - od omotača zgrade i izolacije do sistema grijanja i hlađenja, osvjetljenja i ventilaciji.

Cilj ovog rada je prikazati kako se poboljšanjem starih tehnologija i materijala te razvojem novih može značajno poboljšati energetska učinkovitost prozora i vrata, bez narušavanja njihovog estetskog izgleda te tako promijeniti i ukupnu energetska sliku zgrade.

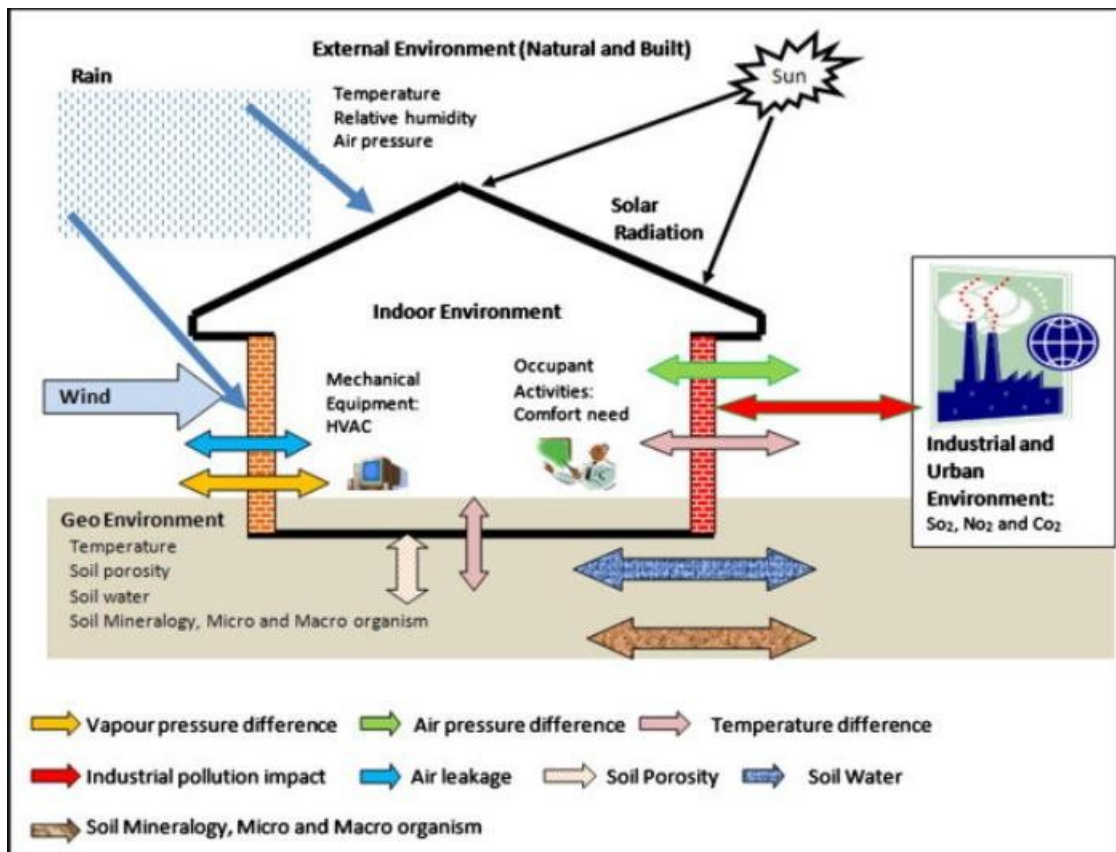
Istraživanjem uloga prozora i vrata ukazalo nam je da poboljšanjem nekih parametara možemo uveliko utjecati i poboljšati njihova energetska svojstva.

Rad je podijeljen u 8. poglavlja. Prvo se govori o fizikalnim svojstvima zgrade koji nam ukazuju probleme i procese zbog kojih dolazi do većih gubitaka energije u samoj ovojnici zgrade. Zatim se osvrće na prozore i vrata te kako imaju značajnu ulogu u ukupnoj energetska slici zgrade. Iznesen je način rješavanja problema koji se sastoji od razvoja materijala i tehnologija za poboljšanje učinkovitosti. Na kraju je dan zaključak u kojem je sažet dosadašnji razvoj svijesti i tehnologija koje su pridonijele poboljšanju energetske učinkovitosti zgrada u svijetu i Hrvatskoj.

2. Fizikalna svojstva zgrada

2.1 Fizikalni procesi

Definicija fizikalnih procesa nam kaže da su to procesi koji se događaju unutar ili na površini građevina, a mogu uzrokovati razne građevinske štete. To su zapravo različiti klimatski uvjeti, koji mogu biti vanjski ili unutarnji, kojima je građevina izložena. Pod vanjske utjecaje spadaju temperatura zraka, sunčevo zračenje, oborine, vjetar i buka, a pod unutarnje utjecaje spadaju unutarnja temperatura zraka, vodena para, propusnost na zrak... Poznavanje fizikalnih procesa zgrade je bitna za funkcionalnost i udobnost objekta jer pomoću njih odabiremo prikladan materijal za izgradnju građevine, njegovu debljinu, redosljed slojeva, utvrđujemo potrebu za energijom, optimalnu vlažnost i osvjetljenje prostorija. Osim funkcionalnosti i udobnosti fizikalnim poznavanjem i upravljanjem fizikalnim procesima utječemo i na zdravlje ljudi.

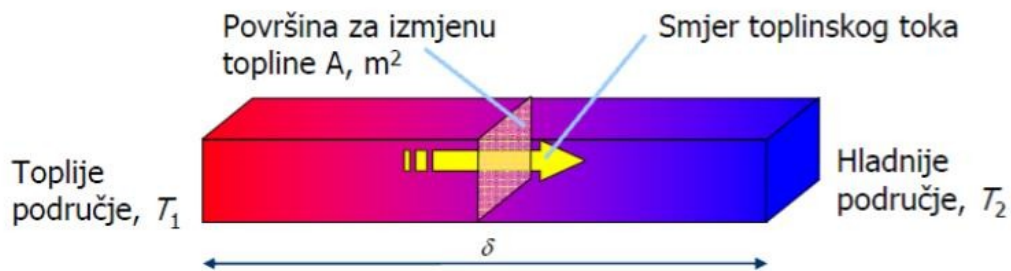


Slika 1: Izloženost građevine vanjskim i unutarnjim utjecajima

Fizikalne procese možemo podijeliti na prolaz topline, vlage (vode) i zvuka.

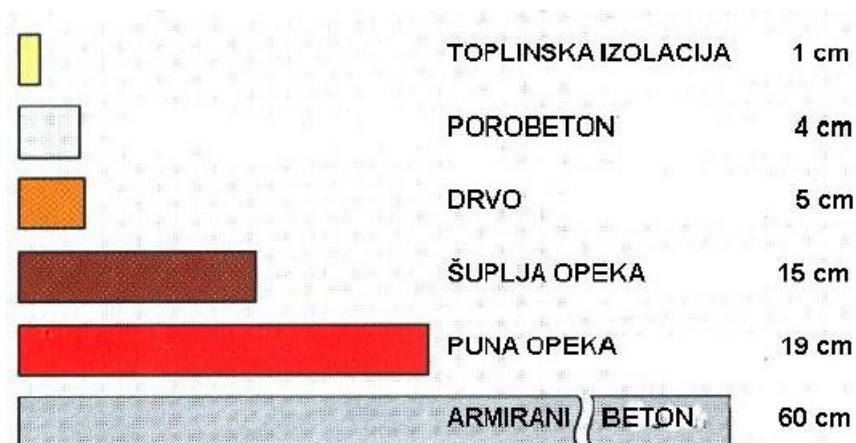
2.1.1 Toplinski tok

Toplinski tok je izmjena topline između prostora različitih temperatura. Toplina se kreće iz područja više temperature prema području niže temperature i ona se ne može zastaviti nego samo usporiti. Tok topline možemo podijeliti na kondukciju i konvekciju. Kondukcija je prijenos topline sa jedne na drugu molekulu dok je konvekcija prijenos topline preko plinova, radijacije ili tekućina i najbolje se opisuje pomoću toplinskog otpora i toplinskog koeficijenta.



Slika 2: Toplinski tok

Gubitak topline kroz materijal, u normalnim uvjetima, mjeri se pomoću toplinskog koeficijenta "U". To je topline koja se prenijela kroz površinu unutar određenog vremena pri razlici temperature zraka, za 1 sa svake strane. Manja vrijednost toplinskog koeficijenta označava bolja toplinsko-izolacijska svojstva materijala odnosno kroz taj materijal prolazi manje topline ili energije nego kroz materijal koju ima veću vrijednost toplinskog koeficijenta "U". Osim toplinskog koeficijenta dobra toplinsko-izolacijska svojstva materijala očituju se pomoću vrijednosti vodljivosti topline i toplinskog otpora. Za najbolja moguća toplinska svojstva zgrade potrebno je koristiti materijale sa malom toplinskom provodljivošću, velikim toplinskim otporom te malim toplinskim koeficijentom.



Slika 3: Debljine materijala s istim vrijednostima toplinskog otpora

2.1.2 Kretanje vlage

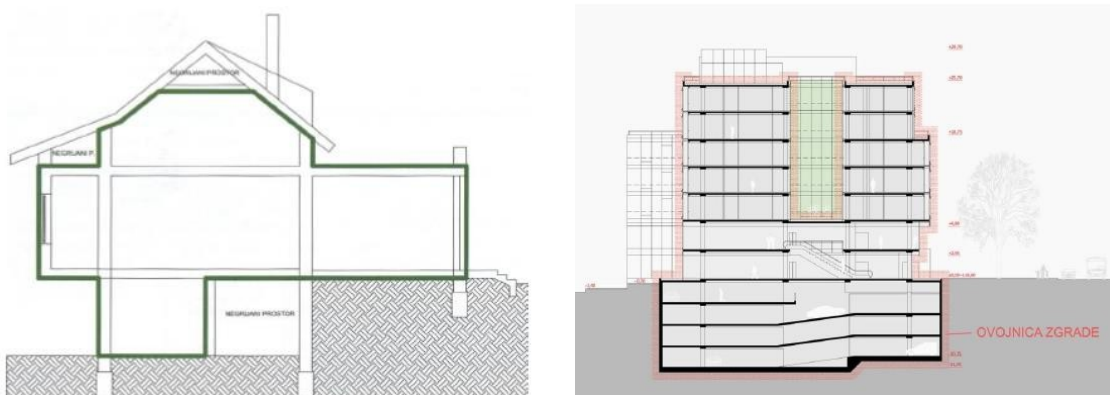
Kao i toplina, vlaga se kreće iz prostora veće koncentracije, odnosno iz prostora s višim pritiskom vodene pare prema prostoru s nižim pritiskom vodene pare. Za razliku od topline propusnost vodene pare je poželjna te se ugrađuju materijali koji su paropropusni kako bi se spriječila kondenzacija pare i vlaženje materijala. Materijali kao što su lim, kamen i staklo koji se mogu koristiti kao vanjska obloga imaju veliku gustoću i paronepropusni su te kod njih treba predvidjeti ugradnju ventilacijskih šupljina kako bi vodena para nesmetano mogla prolaziti te omogućiti izmjenu zraka iz prostorija.



Slika 4: Smjer kretanja topline i vlage

2.2 Omotač zgrade

Važno je razlikovati pojmove ovojnice zgrade i omotač zgrade. Ovojnica zgrade su dijelovi zgrade koji dijele unutarnji i vanjski prostor, a omotač zgrade je ukupna površina građevnih dijelova koja se sastoji od zidova, prozora, krovova, stropova, vrata i podova, koji dijele grijani dio zgrade od negrijanih dijelova zgrade. Komponente omotača zgrade imaju važan faktor u određivanju potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade. Korištenje odgovarajućih materijala, odabir pravog tipa konstrukcije i izolacije omotača omogućava bolju kontrolu toplinskih gubitaka.



Slika 5: Omotač i ovojnica zgrade

2.2.1 Grijanje i hlađenje

Najjeftiniji način grijanja i osvjetljenja je sunčeva energija, koja je besplatna, te ju je potrebno maksimalno iskoristiti kako bi se smanjila potrebna energija, koja se plaća - za isto. Pametnim projektiranjem i korištenjem sunčeve energije moguće je i u ljetnim i u zimskim mjesecima postići ugodnu unutrašnju temperaturu te tako smanjiti potrebu za hlađenjem odnosno grijanjem prostorija.

Potrebna energija za grijanje i hlađenje ovisi o nizu faktora kao što su: tip zgrade, geografska lokacija, starost objekta.

Za smanjenje potrebne energije potrebno je:

1. Osigurati visoki stupanj izolacije u zidovima, krovovima i podovima
2. Koristiti prozore sa niskom toplinskom provodljivošću
3. Koristiti visoko reflektirajuće površine, u toplim klimatskim zonama
4. Koristiti kontrolirani ventilacijski sustav
5. Smanjiti toplinske mostove

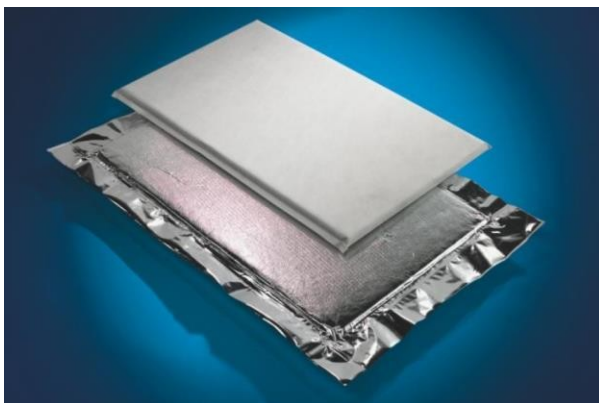
2.2.2 Toplinska izolacija

Svrha toplinske izolacije je osigurati udobnost, uštedu energije za grijanje i hlađenje te zaštitu od oštećenja građevine.

Specijalni izolacijski materijali su: transparentna toplinska izolacija i vakuumska toplinska izolacija

Transparentna toplinska izolacija omogućava prijem sunčeve svjetlosti (tako grije masivni dio zida) u zgradu te sprječava gubitak topline iz zgrade. Učinak transparentne toplinske izolacije može se poboljšati postavljanjem izo stakla i toplinskih roleta ispred same izolacije.

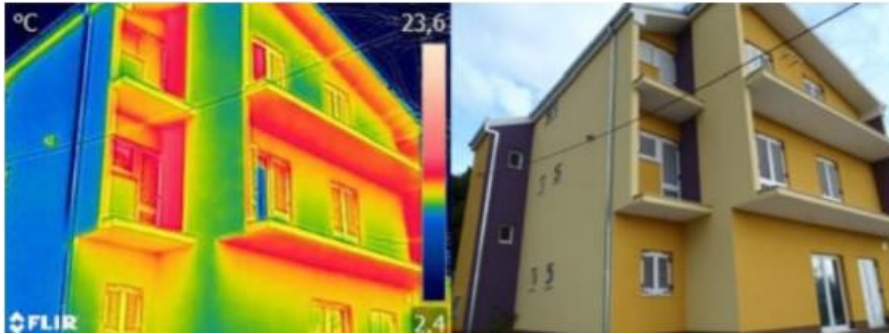
Vakuumska toplinska izolacija se radi modularnim panelima i zbog svojih dobrih toplinskih svojstava mogu se postaviti u manjoj debljini nego standardna izolacijska sredstva i dobiti iste rezultate. Ovakva vrste izolacije je jako skupa i koristi se u specifičnim situacijama kad se standardna izolacija ne može koristiti.



Slika 6: Vakuumska izolacija

2.2.3 Toplinski mostovi

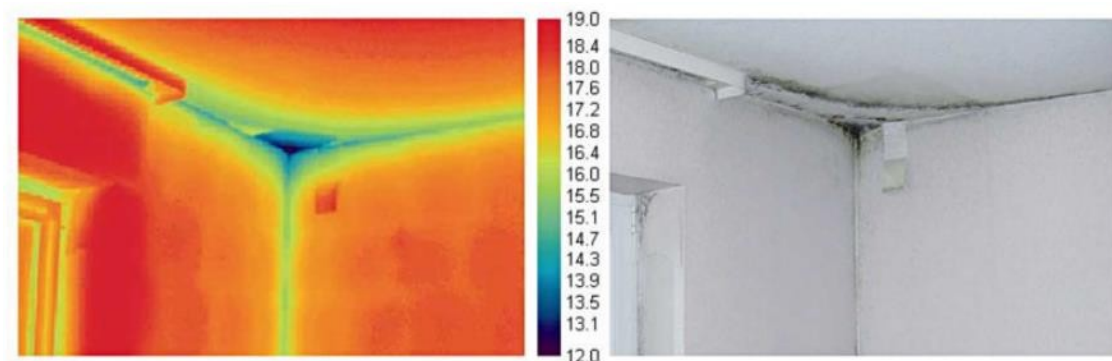
Toplinski most je mjesto na ovojnici zgrade gdje je smanjen otpor prolasku topline u odnosu na okolinu. U Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama toplinski most je definiran kao "manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela."



Slika 7: Termogram građevine; crvena boja označava mjesto velikog prolaska topline

Na mjestu toplinskog mosta temperatura pada na unutrašnjoj strani i može uzrokovati kondenzaciju vodene pare što opet može uzrokovati oštećenje površine. Najbolji primjer toplinskog mosta je staklo koji omogućava prijelaz hladnoće izvana - hladni most ili topline iznutra prema van - toplinski most.

Hladni mostovi nisu vidljivi te se zato smatraju najvećim problemima u zgradi. Stvaraju velika oštećenja na ovojnici i ugrožavaju zdravlje ljudi. Oni su produkt moderne arhitekture koja se temelji na velikim ostakljenim površinama i omogućuju lak prolaz topline, a samim tim povećava se potrebna energija za zagrijavanje prostorija jer su zidovi hladniji.



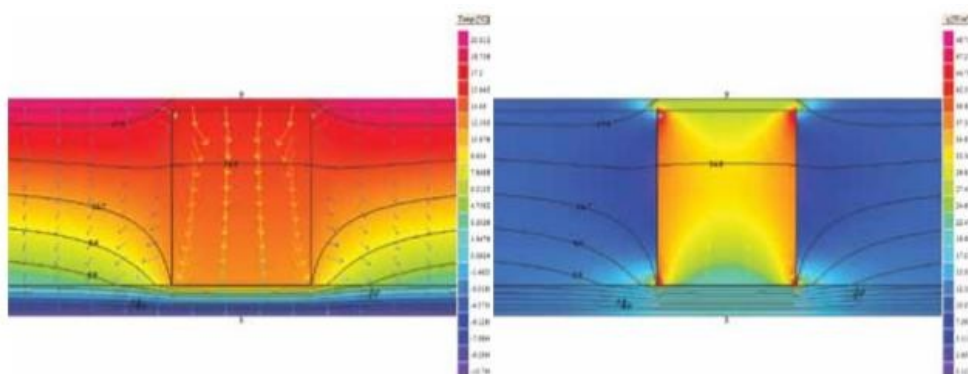
Slika 8: Prikaz hladnog mosta

Toplinske mostove možemo podijeliti s obzirom na uzrok nastanka na konstruktivne i geometrijske toplinske mostove.

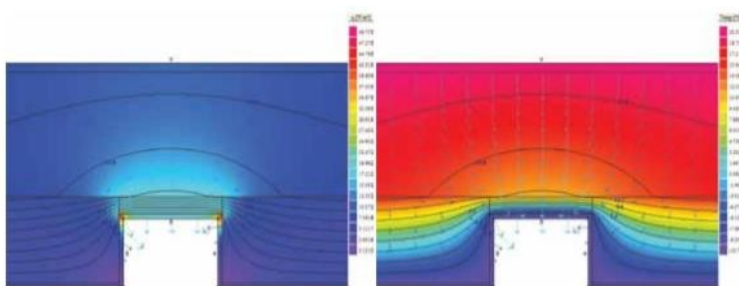
Konstruktivni toplinski mostovi nastaju na mjestima spajanja različitih materijala koji imaju različita toplinska svojstva. Čest je u suvremenim kostrukcijama zbog spajanja materijala kako bi se poboljšala nosivost konstrukcija, na primjer spoj armirano-betonskih serklaža sa zidovima od opeke.



Slika 8: Konstruktivni toplinski most



Geometrijski toplinski mostovi nastaju na mjestima promjene oblika konstrukcije odnosno zbog promjene debljina sloja materijala. Nastaje zbog razlike površine unutarnje i vanjske konstrukcije, na primjer smanjenje debljine konstrukcije zbog instalacije.



Slika 9: Geometrijski toplinski most

Osim većih gubitaka topline toplinski mostovi mogu uzrokovati kondenzaciju unutar konstrukcije, nepredvidiv tok temperature i topline, oštećenja konstrukcije zbog pojave vlage i gljivica što također može narušiti ljudsko zdravlje, narušavanje mehaničke stabilnosti i mehanička oštećenja na konstrukciji.



Slika 10: Pojava vlage i gljivica na zidu

Smanjenje toplinskih mostova može se osigurati tako da se ovojnica zgrade kontinuirano toplinski izolira sa izolacijom odgovarajuće debljine, korištenjem materijala sa dobrim toplinsko-izolacijskim svojstvima, ugrađivanjem prozora u ravnini s toplinskom izolacijom, toplinskom izolacijom kutije za rolete, razrađivanjem projekta s detaljnim rješavanjem svih toplinskih mostova...

3. Energetska učinkovitost zgrada

Energetski učinkovite zgrade smanjuju potrebnu energiju za grijanje zimi i hlađenje ljeti, imaju male gubitke topline kroz omotač, a velike dobitke od sunčevog zračenja. Veću energetska učinkovitost moguće je postići korištenjem različitih izvora energije te tako ostvariti novčanu uštedu i smanjiti emisiju ugljikova dioksida (CO₂).

Energetski učinkovito projektirane zgrade se razvrstavaju prema godišnjoj potrebnoj toplini za grijanje Q_h na:

- niskoenergetske zgrade ≤ 40 (50) kWh/(m².a)
- pasivne zgrade ≤ 10 (15) kWh/(m².a)
- nulenergetske zgrade ~ 0 kWh/(m².a)

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE			
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrada i energetskom certifikatu (M 48/24, 147 / ...)			
Naziv zgrade			
Nadležna osoba za izdavanje ovog certifikata			
Mjesto izdavanja ovog certifikata		Datum izdavanja	
PODACI O ZGRADI <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postrojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija			
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)		odaberi vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika	
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava		odaberi iz padajućeg izbornika	
Vlasnik / investitor		k.č. broj	
k.č. broj		k.o.	
Plošтина korisne površine - grijanje dijela zgrade A ₁		Godina izgradnje / rekonstrukcije	
Građevinska (bruto) površina zgrade (m ²)		Mjerska meteorološka postaja	
Factor oblika A _v (m ²)		Referentna klima	
ENERGETSKI RAZRED ZGRADE		Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje Q _h (kWh/(m ² .a))	Specifična godišnja primarna energija E _{prim} (kWh/(m ² .a))
		C	B
Specifična godišnja isporučena energija E _{isp} (kWh/(m ² .a))			
Specifična godišnja emisija CO ₂ (kg/(m ² .a))			
Uspostiti „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade (E _{isp}) zadovoljavaju zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TP/UC/ZZZ		nZEB	
ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT			
Oznaka energetskog certifikata		Datum važenja	
Naziv ovlaštena pravna osoba		Registarski broj	
Ime i prezime imenovane osobe ili ovlaštenog pravne osobe ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vjestovučni porpiti			
PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA			
Diz. zgrade		Ime i prezime ovlaštene osobe	
Građevinski		Naziv pravne osobe	
Stručarski		Registarski broj	
Elektronizirano		Vjestovučni porpiti	

Slika 11: Prva stranica energetskog certifikata

3.1 Mjere energetske učinkovitosti

Prema Metodologiji provođenja energetskog pregleda zgrada mjere energetske učinkovitosti imaju u cilju uštede energije i/ili vode uz zadržavanje ili poboljšanje udobnosti boravka, kvalitete usluge ili kvalitete proizvoda, a pod mjere povećanja učinkovitosti vanjske ovojnice spadaju sve mjere na građevinskoj ovojnici zgrade koje na neki način doprinose smanjenju potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade.

Uz sve mjere koje se koriste za energetska učinkovitost potrebno je navesti podatke koji prikazuju poboljšanje energetske svojstava obzirom na stvarnu potrošnju i stvarnim uvjetima korištenja zgrade. Neki od podataka su: godišnje uštede energije/vode u [kWh/god.] / [m³/god.], godišnje uštede troškova energije/vode u [kn/god.], godišnje smanjenje emisija

ugljičnog dioksida u [t CO₂/god.], investicijski troškovi, troškovi projektiranja, troškovi montaže i demontaže, troškovi puštanja u pogon, vijek trajanja i potrebne dozvole, specifikacija potrebne opreme i radova, uz eventualnu procjenu troškova održavanja, jednostavni period povrata investicije *JPP* u [god.].

Povećavanje efikasnosti grijanja može se postići primjenom različitih sistema toplinskih pumpi u kombinaciji sa solarnom termalnom tehnologijom.

Hrvatska spada u zemlje sa niskom energetsom učinkovitosti zbog velikog broja starih, neobnovljenih zgrada, korištenje energetskih neefikasnih tehnologija i još nedovoljno razvijene ekološke svijesti stanovništva. Prilikom renovacije starih trošnih zgrada ili kuća treba provjeriti je li uopće takav pothvat isplativ, odnosno hoće li poboljšanje energetskih svojstava određenih elemenata zgrade donijeti uštedu u realnom povratnom razdoblju.

Izračun ušteta	
Procijenjena cijena investicije s PDV-om (kn)	7.705.880,88
Godišnja ušteta u potrošnji toplinske energije (kWh/a)	370.146,00
Godišnja ušteta u potrošnji toplinske energije (%)	75,72
Godišnja ušteta u troškovima (kn/a)	271.581,42 kn
Smanjenje emisije CO ₂ (t/a)	168,84
Smanjenje emisije CO ₂ (%)	56,28
Jednostavni povratni period investicije (god)	28,37

Tablica 1: Prikaz godišnjih ušteta energije i smanjenje emisije CO₂ nakon provedenih energetskih mjera obnove OŠ Petar Preradović

4. Prozori i vrata

Prozori i vrata su otvori u ovojnici zgrade čija je uloga pružanje udobnosti stanovanja. Pod udobnost se podrazumijeva dovoljna razina osvjetljenja prostorija, toplinska udobnost i izmjena zraka između unutarnjeg i vanjskog prostora. Imaju i važnu estetsku ulogu.

Poboljšanje očuvanja energije kod prozora i vrata, smanjenje prijenosa topline, rezultira povećanjem zračne nepropusnosti i toplinske otpornosti materijala, a to se postiže:

- primjenom odgovarajućeg omjera prozora u zidu
- povećavanjem slojeva stakla i odabirom energetski povoljnog tipa stakla
- poboljšanjem zračne nepropusnosti korištenjem materijala kao što su akrilna brtvena masa, specijalna brtvila i drugo
- postavljanjem roleta

Veličina prozora utječe na količinu prolaza svjetlosti u prostorije. Veća ostakljena površina može značiti veću mogućnost prolaska topline ako se to ne spriječi na primjeren način. Jedan od načina je povećavanje slojevitosti stakla koji poboljšava toplinsku izolaciju prozora. Ugradnjom roleta može se postići učinak izolacije topline u ljetnim mjesecima, a u zimskim smanjiti rasipanje iste.

4.1 Tehnički propisi za prozore i vrata

Kako bi se kontrolirala kvaliteta stolarije koja se ugrađuje u ovojnicu zgrade u Republici Hrvatskoj su na snazi niz tehničkih propisa, zakona i pravilnika koji se trebaju poštovati prilikom proizvodnje i ugradnje prozora i vrata. Na temelju članka 16. Zakona o gradnji (»Narodne novine«, br. 175/03 i 100/04) donose se tehnički propisi za prozore i vrata.

Prema članku 4 Tehničkog propisa tehnička svojstva prozora i vrata moraju biti takva da, u predviđenom roku trajanja građevine, uz propisanu odnosno projektom određenu ugradnju i održavanje, oni podnesu sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoline, tako da građevina u koju su ugrađeni ispunjava bitne zahtjeve.

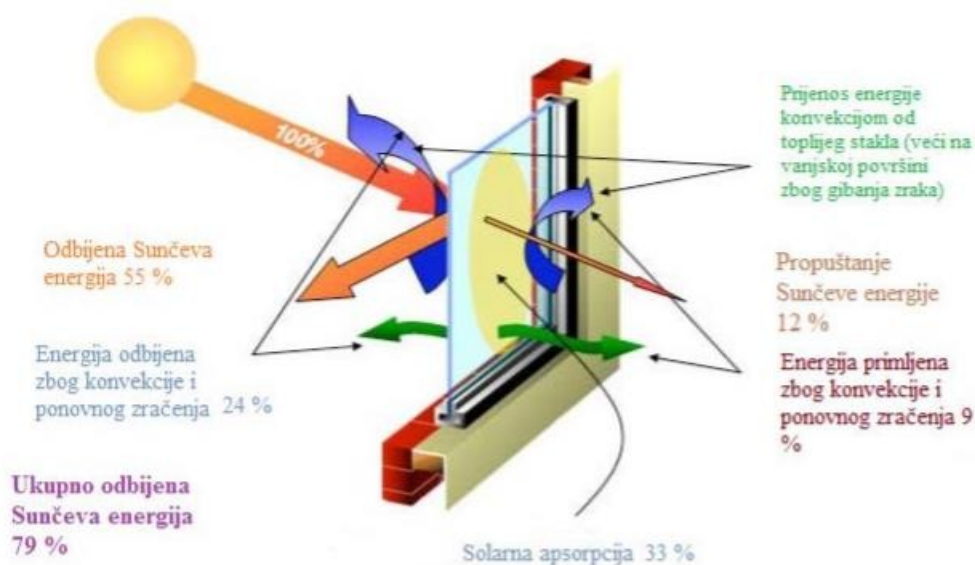
Kako bi se kupac zaštitio članak 6. Tehničkog propisa kaže da, ako se utvrdi odstupanje tehničkih specifikacija prozora i vrata od onih navedenih u propisima, proizvođač mora prekinuti proizvodnju istih te utvrditi i ukloniti greške koje su nastale tijekom samog procesa.

Članak 8. Tehničkog propisa sadržava zahtjeve prozora i vrata sukladne danim propisima, a to su: otpornost na opterećenje vjetrom, vodonepropusnost, mogućnost izmjene zraka radi provjetravanja prostorija, zvučna izolacija, otpornost na požar i propuštanje dima, toplinska izolacija...

5. Prozori

Prozori su otvori u vanjskoj ovojnici koji služe za prihvaćanje i osiguravanje dovoljne količine sušave svjetlosti, zaštitu od kiše i vjetrova... Smatraju se najvećim problemom u ovojnici zgrade jer od ukupne potrošnje energije kroz komponente zgrade na prozor otpada do 50%, no nezaobilazan su element te se raznim tehnologijama i materijalima poboljšavaju njihova svojstva.

Prijenos topline se događa na dva načina : transmisijom topline i prodiranjem radijalne topline sunca. Odnosno, događa se konveksni i radijalni prijenos topline između unutarnjih i vanjskih susjednih površina te konduktivni i radijalni prijenos topline između komponenata prozora.

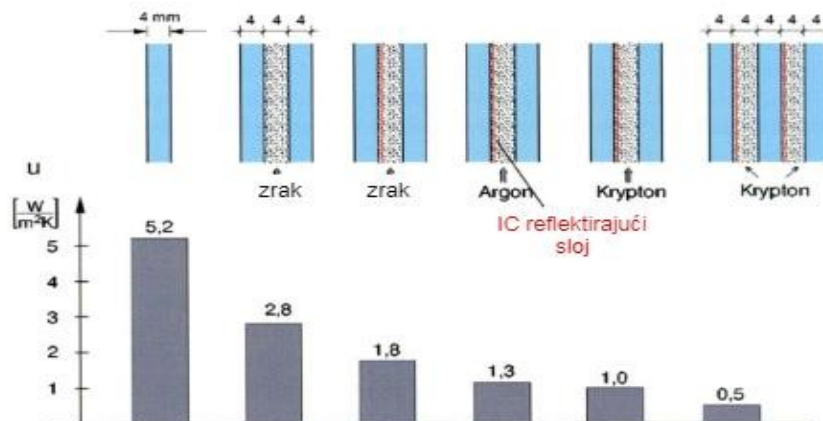


Slika 12: Prijenos topline kroz prozor

Koeficijent toplinske provodljivosti prozora određuje se pomoću toplinskih svojstava njegovih elemenata, a to su staklo, okvir i pregrada.

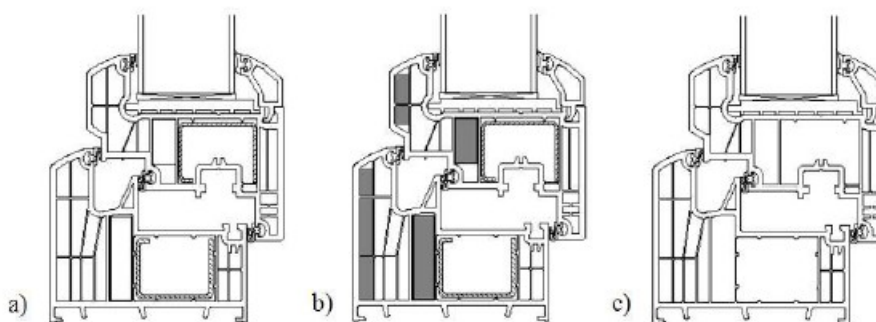
Staklo je prozirni i najveći dio prozora koji ima nisku izolacijsku sposobnost i kroz njega prolazi velika količina topline, te je oko 70% od ukupnog gubitka energije kroz prozor. Zbog svog niskog otpora od topline treba ograničiti ostakljene površine i na taj način uštediti energiju. Jedan od načina povećavanja toplinskih svojstava stakla je povećavanje broja staklenih panela u prozoru. Korištenjem višestrukog stakla poboljšava se toplinski koeficijent koji ovisi još i o debljini prostora između stakla koji je napunjen zrakom ili nekim punilom. Zrak se može zamijeniti sa inertnim plinom kao što su argon i kripton. Jednostruko staklo ima vrijednost toplinskog koeficijenta $5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$, dvostruko $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, trostruko $2.3 \text{ W/m}^2\text{K}$, a za usporedbu - zid mora imati vrijednost toplinskog koeficijenta $0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Danas, prema Europskim standardima, toplinski koeficijent ne smije biti veći od $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je potaklo

usavršavanje svojstava stakla i stvaranje novih vrsta o kojima će se više govoriti u nastavku ovog rada.



Slika 13 : Vrijednost toplinskog koeficijenta različitih tipova stakla

Okviri su rubni elementi prozora čija je zadaća minimalizacija toplinskih mostova i preko njih se prozor pričvršćuje na vanjski zid i nosi pokretne dijelove prozora, krila. Mogu biti drveni, metalni i plastični te su slabe točke prozora koje mogu smanjiti njegova energetska svojstva ako su napravljeni od neadekvatnog, neodržavanog, materijala ili lošeg načina ugradbe. Stari drveni okviri su najveći razlog gubitka energije odnosno topline kroz prozore. Povećanje izolacijskih i toplinskih svojstava okvira ostvaruje se povećavanjem broja zračnih komora unutar okvira. Danas se koriste prozori sa pet do osam komora. Još jedan način povećavanja svojstava je korištenje specijalnih kompozitnih materijala no takvi materijali se rijetko koriste jer su ekonomski neisplativi. Pozicija okvira isto ima važnu ulogu u poboljšanju vrijednosti toplinskog koeficijenta, a ima najbolju učinkovitost kad je okvir izravno postavljen na izolacijski sloj.



Slika 14: a) standardni prozorski okvir, b) prozorski okvir sa toplinskom izolacijom, c) kompozitni prozorski okvir

Osim okvira slabim točkama prozora smatraju se još i krila, koja su pričvršćena za okvir. Krila mogu biti jednostruka, dvostruka i dupla te tako prozore možemo podijeliti na jednokrillne, dvokrillne, trokrillne... Prema načinu otvaranja krila dijelimo na zaokretna krila i klizna. Današnji prozori su najčešće napravljeni sa jednostrukim, zaokretnim krilima.



Slika 15 : jednokrilni, dvokrilni i trokrični prozor

Pregrade su dio prozora koje su smještene između staklenih panela. Mogu biti napravljene od različitih kombinacija materijala, čelika, stakloplastike ili polikarbonata.

Današnje tržište nudi različite vrste materijala za prozore: drvo, plastika, aluminij, čelik i kombinacija istih. Pojedine vrste su se koristile i u prošlosti, ali su danas razvojem tehnologije poboljšana njihova svojstva. Izbor vrste prozora ovisi o ekonomskoj i energetskej učinkovitosti.

5.1 Drveni prozori

Drvo je tradicionalni, prirodni, obnovljivi materijal koji ima mogućnost široke primjene. Danas se koriste profili od lameliranog drva kako bi se poboljšala mehanička svojstva drveta jer je drvo kao prirodni materijal podložan klimatskim i biološkim utjecajima što može dovesti do neujednačene kvalitete presjeka. Zbog toga je potrebna dobra priprema i obrada drvenih elemenata kako bi sačuvala svoja svojstva na duži vremenski period. Vrste drva koji se koriste za izradu prozora su hrast, jela i smreka.

Prednosti drvenih prozora u odnosu na druge materijale su estetska svojstva, mala toplinska i zvučna provodljivost, ekološki prihvatljiv materijal, trajnost - ako se redovito održava, mogućnost popravka tijekom uporabe, bolje se ponašaju u kontaktu s vatrom nego drugi materijali. Osim toga drvo je materijal koji "diše" te omogućava manji prolaz zraka kroz svoju površinu.

Najveći nedostatak drvenih prozora je osjetljivost na vlažnost koja može uzrokovati bubrenje koje može uzrokovati puknuća ili deformacije i tako oslabiti svojstva drveta. Osim vlažnosti drvo je osjetljivo na atmosferlije, mikroorganizme koji pospješuju truljenje te također uzrokuju pojavu deformacija i pukotina na drvenoj površini. Sama ugradnja drvenih prozora i njihova proizvodnja zahtjeva veliko znanje kako se ne bi još više narušila stabilnost drvenih prozora i smanjila toplinska i mehanička svojstva samog drveta.



Slika 16: Neodržavani i održavani drveni prozori

Zbog svega navedenog vrlo je važna njega i održavanje drveta čak i nekoliko puta godišnje. Pod njegu spada korištenje raznih premaza kao što su debeloslojni lazurni premazi i pigmentirani lakovi.

U prošlosti se, zbog nedovoljnog znanja i slabo razvijene tehnologije, kroz drvene prozore gubilo najviše topline no zbog svoje dostupnosti bio je široko primjenjiv materijal. Danas se sve više drvenih prozora na starim zgrada zamjenjuje plastičnim (PVC) prozorima zbog zahtjevnog održavanja, ali se i dalje koristi zbog svojih odličnih mehaničkih i toplinskih svojstava.



Slika 17: Presjek drvenog prozora

5.2 Plastični prozori

PVC je jedan od najzastupljenih materijala za proizvodnju prozora koji se počeo koristiti sredinom 20. stoljeća. Ekološki su prihvatljivi jer se mogu proizvesti od recikliranih materijala te tako reducirati količinu smeća s čime današnje društvo ima velikih problema. Za razliku od drvenih prozora, čiji izgled i boja su uvjetovani vrstom drveta, površina plastičnih profila je pigmetirana umjetnim bojama, ali se uglavnom koristi svijetla boja kao što je bijela kako bi se smanjilo zagrijavanje površine, povećala refleksija i poboljšala mehanička svojstva prozora.

Prednost plastičnih prozora je ta što imaju veliku izdržljivost, otporni su na atmosferlije, ne zahtjevaju dodatne premaze i specijalno održavanje, za razliku od drvenih prozora imaju visoku sposobnost zvučne i toplinske izolacije, mogu dosta dugo zadržavati toplinu te su relativno dugog vijeka trajanja.

Mane su im te što PVC materijal nije dovoljno krut, ima manji modul elastičnosti pa može doći do pucanja materijala i njegovog trajnog oštećenja ili može uzrokovati teže otvaranje i zatvaranje prozora. Za razliku od drvenih prozora, koji se mogu popraviti tijekom uporabe, plastični prozori nemaju tu mogućnost te je nakon oštećenja površine potrebno zamijeniti cijeli prozor a ne samo dio.

Kao i svaki novi materijal koji je tek došao u uporabu, plastika kao materijal za prozore nije odmah postao najkorišteniji materijal iako je bio lakši i jeftiniji za korištenje nego tradicionalni drveni materijal. Toplinska i izolacijska svojstva plastičnih prozora su se s vremenom poboljšala a razna ispitivanja rezultirala su saznanjem kako dalje poboljšati ta svojstva. Jedan od njih je povećavanje broja komora poprečnih presjeka.



Slika 18: Presjek PVC prozora

5.2.1 Energetski učinkoviti plastični prozori

Energetski učinkoviti plastični prozori su prozori koji koriste takozvano k-staklo ili popločano staklo ili i-staklo, staklo sa glatkim premazom. Prednosti u odnosu na klasične

plastične prozore sa običnim staklom je ta što su lakši, prenose više svjetlosti, a cjenovno se previše ne razlikuju. Plastični prozori sa i ili k staklom imaju bolja toplinska svojstva te tako jednokomorni prozor sa i ili k staklom ima bolji toplinski koeficijent nego dvokomorni prozor sa običnim staklom.

Razlika između i i k stakla je samoj tehnologiji izrade stakla te lakšim transportom i-stakla u odnosu na k-staklo.

5.3 Metalni prozori

5.3.1 Aluminijski prozori

Najzastupljeniji metalni prozori su aluminijski prozori. Iako ima dobra uporabna svojstva i sirovina je lako dostupna aluminijski prozori se rijetko koriste zbog toga što su dobri vodiči topline. Upotrebljavaju se u objektima gdje toplinska izolacija nije bitna jer aluminijski prozori imaju slaba toplinsko-izolacijska svojstva što može dovesti do pojave kondenzacije vlage i veliki prolazak topline. Osim toga, proizvodnja aluminija je skup proces i prozori od aluminija su skuplji nego prozori od drva i plastike koji imaju bolja toplinsko-izolacijska svojstva. Tijekom vremena dolazi do ljuštenja površine aluminija, gubi se sjaj i boja.

Prednosti aluminijskih prozora su ti što su lagani, otporni na koroziju i lako se održavaju, ne treba im posebna njega kao što je slučaj kod drvenih prozora. Najveća prednost je njihov vijek trajanja koji je veći nego kod plastičnih i drvenih prozora.

Toplinska svojstva aluminijskih prozora mogu se poboljšati umetanjem polimidnih štapova koji smanjuju prijenos topline i imaju ulogu izolatora u aluminijskom profilu. Mana takvih profila je cijena.



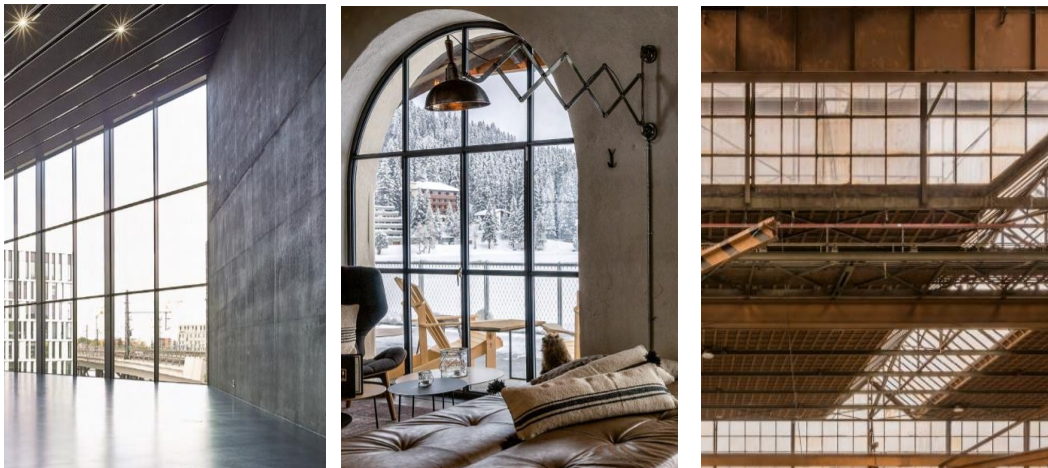
Slika 19: Primjer aluminijskog prozora

5.3.2 Čelični prozori

Čelični prozori se najčešće koriste u javnim i industrijskim zgradama. Vrsta čelika koji se koristi za izradbu prozora je nehrđajući čelik koji osigurava dugotrajnost prozora i veću otpornost na klimatske utjecaje. Osim toga prednosti prozora od nehrđajući čelik su: velika

otpornost na visoke i niske temperature, tanki i lagani profili, laka obradljivost, mogućnost recikliranja, estetika...

Mane ovakvih prozora su: cijana koja je veća u odnosu na prozore od drugih materijala, ne mogu se koristiti na svim područjima (mjesta u blizini mora, odnosno slane vode), komplicirana ugradnja...



Slika 20: Primjeri čeličnih prozora

5.4 Kombinacija drva i aluminija

Kombiniranje dva materijala kao što su drvo i aluminij dobivamo spoj tradicije i moderne tehnologije, spoj najboljih svojstava oba materijala. Drvo kao materijal doprinosi svojim estetskim izgledom, toplinsko-izolacijskim svojstvima, trajnosti i jeftin je materijal u odnosu na aluminij, a aluminij pokriva nedostatke drva i poboljšava njegovu otpornost na atmosferilije, smanjuje potrebu čestog održavanja i premazivanja površina.

Značajke ovakvih prozora su velika trajnost, ušteda topline i smanjenje potrebe obnavljanja površinskog sloja.

Prozori od drva i aluminija se izrađuju tako da se na drvene profile preko kopči stavlja aluminijska obloga. Važna stavka kod ovakvih prozora je pravilnost izvedbe i ugradnje koja, ako nije pravilo napravljena, može dovesti do pojave toplinskih mostova te tako omogućiti nesmetan prolaz topline.



Slika 21: Primjer drvo-aluminij prozora

5.5 Povećavanje energetske učinkovitosti prozora

Najbolji način povećavanja energetske učinkovitosti zgrade je zamjena prozora sa lošim toplinskim svojstvima. Prozori trebaju imati dobra izolacijska svojstva i niski toplinski koeficijent.

U situacijama kada zamjena starih prozora nije ekonomski prihvatljiva moguće je poboljšati već postojeći prozorski sistem ugradnjom roleta ili fotonaponskih filmova koji pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju.

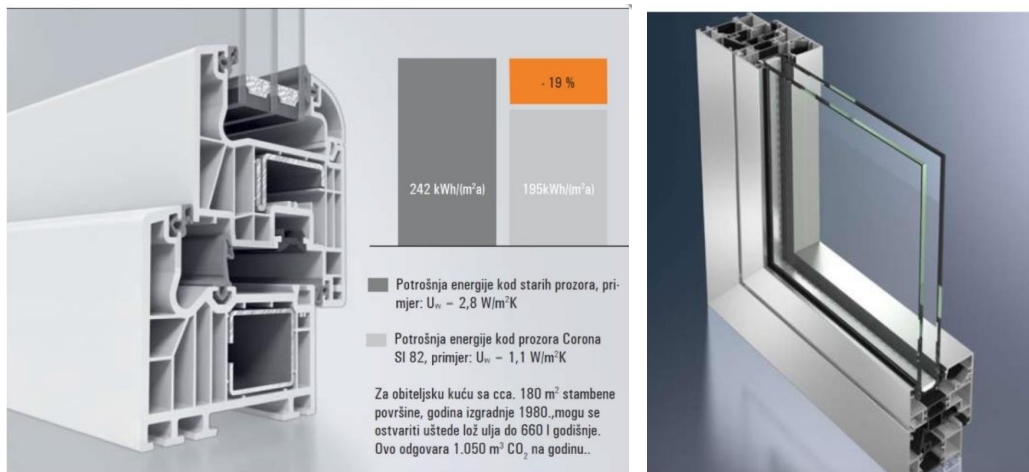
Najveći dio prozora obuhvaća staklo čija se svojstva poboljšavaju i nadograđuju iz dana u dan. Postoji više vrsta stakla: termo reflektirajuće - ono parcijalno propušta i reflektira sunčevu svjetlost, nisko emisijsko - koje između staklenih panela sadrži plemeniti plin argon, fotokromatsko, termokromatsko, elektrokromatsko...

Postoje i pametni prozori koji imaju više funkcija kao što su kontrola toplinskog prijenosa, optičkog prijenosa, kontrola pogleda i drugi. Takvi prozori, ovisno o potrebi i klimatskim uvjetima, kontrolirano reguliraju protok energije, odnosno svjetlosti i topline. Rade na principu da primaju podražaje iz okoline i s obzirom na način koji su programirani reagiraju na određene vremenske uvjete. To znači kad je vani jako sunčano mogu promijeniti prozirnost stakla da se smanji prodor sunčevog zračenja to jest regulirati optički protok svjetlosti. Kontrola toplinskog prijenosa se regulira dopuštenom količinom upada infracrvenih zraka što znači da se prilikom ljetnih mjeseci može smanjiti, a tijekom zimskih maksimalno dopustiti kako bi se smanjili troškovi hlađenja odnosno grijanja. Kontrola pogleda se postiže tako da se prozirnost stakla može mijenjati iz prozirne faze - za prolaz sučeve svjetlosti, do poluprozirne faze - za ograničavanje pogleda prolaznika.



Slika 22: Primjer pametnog prozora

Primjer proizvođača energetskih učinkovitih prozora je brend Schuco koji koristi suvremenu tehnologiju u proizvodnji prozora i vrata. Tehnologija im se zasniva na povećanje toplinsko-izolacijskih svojstava, očuvanju energije i povećanju udobnosti. Glavne karakteristike ovakvih prozora su: odlična zvučna i toplinska izolacija čiji je toplinski koeficijent manji od $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$, profili sa više komora, koriste čelična ojačanja za dugotrajnost i povećavanje sigurnosti, kvalitetan i estetski ugodan materijal koji ima širok raspon boja i oblika... Materijali koji se koriste za izradu prozora su: aluminij, plastika i kombinacija drva i aluminija.



Slika 23: PVC i aluminijski Schuco prozori

Još jedan važan segment kod energetske učinkovitosti prozora je njihova ugradnja. Ugradnja mora zadovoljiti određene zahtjeve kao što su kontrola toplinskih mostova i kontrola prijenosa zvuka. Ako se ne ispune ovi zahtjevi dolazi do smanjenje kvalitete svojstava zbog loše ugradnje. Kod ugradnje se treba paziti na spojeve između prozorskih profila i zidova kako ne bi došlo do prolaza topline i kondenzacije vodene pare te stvaranje plijesni. Također je potrebno osigurati i dobro brtvljenje i prekid toplinskih mostova.



Slika 24: Primjer nepravilne ugradnje prozora

6. Vrata

Vrata su otvori u ovojnici zgrade koji imaju ulogu omogućiti ulaz u objekt i prolaz između unutrašnjih prostorija. Trebaju biti dovoljne visine i širine kako bi se omogućio lakši transport materijala i ljudi. Još imaju ulogu u zadržavanju topline od eventualnog požara i mogućnosti širenja na druge prostorije i dijelove objekta. Važnija im je uloga osigurati stabilnost, zaštitu, sigurnost i zvučnu izolaciju nego zaštitu otpornosti prelaska topline. Imaju manju ulogu u općenitom gubitku topline nego prozori koji pokrivaju veću površinu ovojnice zgrade.

Vanjska, ulazna vrata djeluju kao zatvarač te kad su zatvorena imaju slični toplinski koeficijent kao i vanjski zidovi i ne predaje mu se velika pozornost. Za smanjenje prolaska zraka i rizika od propuha postavljaju se trake za zaštitu od vremenskih uvjeta koje olakšavaju uporabu vrata to jest njihovo otvaranje i zatvaranje.

Materijali od kojih se proizvode vrata su: drvo, plastika, aluminij, staklo... Drvo je tradicionalan materijal za vrata, a ima široku uporabu i danas. Drvo kao materijal za vrata, kao što je navedeno kod prozora, zahtjeva posebno održavanje kako ne bi došlo do smanjenja kvalitete i svojstava samog materijala. Kao najbolja zamjena drvenim vratima nametnula su se plastična, PVC vrata koja ne trebaju posebnu njegu kao što zahtjevaju drvena.

Mjesto na vratima gdje je moguća pojava toplinskog mosta je okvir vrata, odnosno dovratnik, te mjesto spoja dovratnika sa zidom. Ako spoj nije dobro napravljen, odnosno nije izvedena kvalitetna ugradnja vrata i interakcija zida, brtvi, spojnice i vrata može doći do prolaska energije i toplinskog gubitka objekta.



Slika 25: Primjer vrata od različitog materijala

7. Nove tehnologije

Odmicanjem od standardne, tradicionalne gradnje i razvijanjem moderne arhitekture koja stavlja naglasak na otvoreni koncept, velike površine pokrivene staklom za što veći ulaz sunčeve svjetlosti zahtjeva nove tehnologije ili nadogradnju starih kako bi se energija uspjela zadržati. Neke od novih tehnologija su aerogel, pametni materijali, vakuumsko staklo, holografski optički elementi...

7.1 Aerogel

Aerogel ili nanogel je materijal na bazi silikona sa jako malom gustoćom, različitih stupnjeva prozirnosti (najčešće poluproziran), sastoji se od 95% zraka, vodootporan i nije zapaljiv. Ima jako dobra toplinska svojstva, malu toplinsku provodljivost ali zbog svoje cijene se ne koristi u vanjskoj izolaciji nego više kao punilo u staklu ili okviru. Osim što ima dobra toplinska svojstva, aerogel ima dobra zvučna svojstva i niži indeks loma svjetlosti nego bilo koji poznati materijal. Spriječava sve mahanizme prolaza topline: konvekciju - zrak ne prolazi kroz materijal, kondukciju - slabo provodi toplinu, zračenje - ne prenosi toplinu. Iako eksperimentalno pokazuje odlične rezultate u graditeljstvu i ima odlična svojstva njegova primjena je slaba. Jedino, kao što je već navedeno, možemo ga pronaći u okvirima prozora ili između staklenih panela zbog svoje cijene.



Slika 26: Aerogel

7.2 Pametni materijali

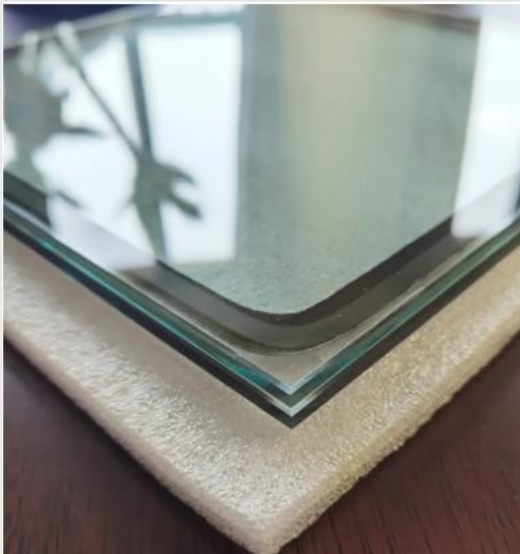
Pametni materijali za razliku od aerogela imaju veću primjenu u zgradarstvu jer im je cijena, u odnosu na aerogel, puno manja i ekonomski opravdana.

Pametne materijale dijelimo u dvije grupe: U 1. grupu spadaju materijali koji mijenjaju svoja svojstva (kemijska, mehanička, toplinska) ovisno o promjenama koje se događaju oko njih, a u 2. grupu spadaju materijali koji imaju sposobnost transformiranja energije iz jednog u drugi oblik bez promjene svojstava ili oblika materijala.

Ovakav tip materijala svoju primjenu nalazi u prozorima, tzv. pametni prozori te u energetskim i sistemima osvjetljenja.

7.3 Vakuumsko staklo

Osim vakuumske toplinske izolacije postoji i vakuumsko staklo koji radi na principu stvaranja vakuumnog prostora između staklenih panela te na taj način smanjuje toplinski koeficijent na vrijednost od $1\text{W/m}^2\text{K}$. Mana ovakvog stakla je ta što se vakuum ne može zadržati na duži period.



Slika 27: Vakuumsko staklo

7.4 Fotokromatsko staklo

Fotokromatsko staklo je staklo promjenjive boje. Optička svojstva stakla se mijenjaju s obzirom na količinu sunčeve svjetlosti te je prikladno za hlađenje zgrada u ljetnim mjesecima. Optička svojstva se mijenjaju pomoću niskog istosmjernog napona ili vodika. Istraživanja su pokazala kako ovakva vrsta stakla smanjuju gubitak energije za 54% u odnosu na obično staklo. Mane fotokromatskog stakla su visoka cijena, odsjaj, boja stakla, garancija...



Slika 28: Princip rada fotokromatskog stakla

7.5 Holografski optički elementi

Holografski optički elementi su elementi koji se sastoje od holografskog filma stisnutog između staklenih panela. Ova tehnologija je još u razvoju i nije komercijalizirana kao druge. Mane su joj odsjaj, raspršivanje svjetla i drugi.

7.6 RAL ugradnja

RAL ugradnja označava profesionalni način ugradnje stolarije, prozora i vrata, prema propisima RAL Udruge za osiguravanje kvalitete prozora i vrata. Svoje začetke pronalazi u Njemačkoj, cilj je bio standardizacija tehničkih normi, iz koje se širi dalje Europom i postaje oznaka standarda i skup smjernica i upustava za kvalitetnu proizvodnju materijala, njihovo održavanje, uštedu energije i sprječavanje pojave vlage. Sama RAL ugradnja nije certificirana od strane nikoga nego se vrši preko uputa i standarda danih sa strane RAL Udruge. Razvijanjem raznih materijala i poboljšavanje svojstava dijelova prozora i vrata nismo se u potpunosti riješili problema gubitka energije, odnosno topline ako ti energetske učinkoviti prozori i vrata nisu adekvatno ugrađeni u ovojnicu zgrade jer lošom ugradnjom također mogu nastati toplinski mostovi koji mogu rezultirati pojavom vlage, a samim tim i plijesni i gljivica.

RAL ugradnja primjenjuje nove tehnologije kako bi spriječila pojavu vlage te tako uštedila energiju i dolazi sa smjericama koje opisuju postupak ugradnje i korištenja kvalitetnih materijala. Smjernice opisuju pravilnu pripremu zidnog otvora i mjere koje su potrebne kako bi se spriječio prodor vode i vlage u prostor između zida i stolarije.

Smjernice su:

- Zidarski otvor treba biti ravan i suh
- Prozori trebaju biti pozicionirani na pravilnu liniju izoterme
- Treba spriječiti protok vodene pare, s unutarnje strane, u izolaciju vodo i paronepropusnosti iznutra prema međuprostoru
- S vanjske strane treba spriječiti ulazak tekuće vode ili proboj kiše - vodonepropusnost izvana prema međuprostoru
- Osigurati nesmetani izlazak vodene pare iz međuprostora u atmosferu - paropropusnost iz međuprostora prema van

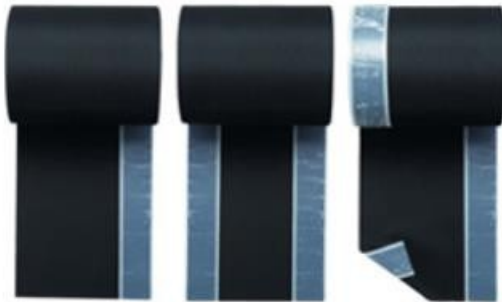
Kvalitetan spoj stolarije sa zidom može se postići sustavom brtvljenja. Postoje četiri sustava brtvljenja: pomoću RAL PVC letvica, folija, brtvenih traka, kombinacija folija i ekspanzirajuće brtve.

Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica u kojem se na okvir prozora sa unutarnje strane lijepi vodo i paro nepropusna RAL letvica, a sa vanjske strane vodo nepropusna i paro propusna letvica radi omogućavanja nesmetanog širenja i sužavanja prozora uslijed temperaturnih dilatacija. Postoje letvice za klasičnu žbuku, stiropor fasadu, staklenu vunu...



Slika 29: Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica

Sustav brtvljenja pomoću folija izvodi se tako da se PUR pjenu popunjava prostor između zida i prozora, a sa vanjske i unutarnje strane se lijepe specijalne fleksibilne trake koje su vodu i paru nepropusne. PUR pjena se nakon sušenja reže. Na vanjski rub prozora lijepe se folije koje ne propuštaju vodu, ali propuštaju paru odnosno zrak, za sprječavanje pojave kondenzacije, a na unutarnji rub se lijepe fleksibilne folije koje ne propuštaju ni paru ni vodu, za sprječavanje oštećenja zida. Folije se lijepe pomoću poliuretanskog kita.

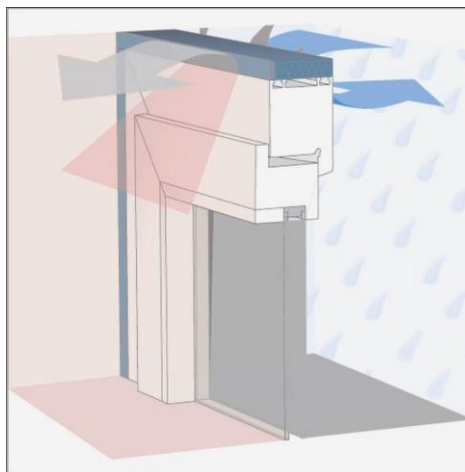


Slika 30: Folija

Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka koristi pjenaste trake visokih svojstava kojima se oblažu vanjski dijelovi prozora te tako zatvara prostor između zida i prozora. Trake su otporne na kišu, sprječavaju pojavu vlage, omogućavaju prolaz pare što rezultira suhom međuprostoru između prozora i zida i tako sprječavaju pojavu plijesni i gljivica. Jednostavno se ugrađuju, omogućavaju maksimalnu zvučnu izolaciju i uštedu energije te ne zahtjeva uporabu PUR pjene.



Slika 31: Brtvena traka



Slika 32: Presjek prikaza brtvene trake na profilu

Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve izvodi se na način da na vanjskom dijelu okvira, okrenutom prema zidu, lijepi se ekspandirajuća brtva, a sa unutarnje strane se lijepi folija. Ostatak prostora se popunjava PUR pjenom koja se nakon sušenja reže i zaštićuje, sa unutarnje strane, folijom kako bi se zaštitila od vanjskih čimbenika.

8. Zaključak

Poboljšanjem životnog standarda povećala se i svijest o održivom razvoju i racionalnom korištenju energije. Kako bi racionalnije koristili energiju potrebno je poznavati fizikalne procese koje se događaju na ovojnici zgrade. Važan segment je dobra toplinska izolacija koja osigurava udobnost, uštedu energije i zaštitu od oštećenja objekta. Mjesta na kojima se događa najveći prolaz energije su toplinski mostovi, na kojima dolazi do pada temperature zbog promjene materijala, debljine ili geometrije. Najbolji primjer toplinskog mosta je staklo odnosno prozori kroz koje otpada do 50% ukupne potrošnje energije komponenata zgrada. Za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade potrebno je odabrati kvalitetna vrata i prozore, koji predstavljaju najslabiju kariku omotača zgrade, sa dobrim toplinsko-izolacijskim svojstvima. Moderna arhitektura je uveliko odigrala važnu ulogu u unaprijeđenju starih materijala i tehnologija te u razvoju novih. Zbog velikih ostakljenih površina bilo je potrebno pronaći način kako vizualno lijepe zgrade pretvoriti u energetske učinkovite. Neke tehnologije su jednostavne i jeftine dok druge treba još razvijati kako bi se mogle komercijalizirati.

Potrebno je aktivno poticati razvoj materijala i tehnologija koji čuvaju energiju kako bi poboljšali kvalitetu života, zaštitili okoliš i zdravlje te smanjili troškove.

Popis literature

N. Minić, V. Vušković Minić, M.Knežević , Metode unapređenja energetske efikasnosti u zgradarstvu

E. Neufert , Elementi arhitektonskog projektiranja

F. Ching, K. Adams , Ilustrirani primjer konstrukcija

R. Barry , Construction of buildings vols 1-5

S. Roaf , Ecohouse: a disign guide

M. Bauer, P. Mosle, M. Schwartz, Green building guidebook for sustainable arhitecture

Fizikalna svojstva zgrada_2017

D. Valachova, N.Zdrazilova, V.Panovec, Using of aerogel to improve thermal insulating properties of windovs (2018.)

A. Magrini, Building refurbishment for energy performance

B. Liu, Q. He, Buiding energy-saving technology (2012.)

S. B. Sadineni, S. Madala, R.F. Boehm, Renewable and sustainable energy reviews (2011.)

N. Vatin, O. Gamayunova, Choosing the right type of windows to improve energy efficiency of buildings (2014.)

S. P. Wasielewski, Windows:energy efficiency facts and myths

Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada 2017.

<http://www.globalconnect.hr/fizika-zgrade/>

<https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetsko-certificirane-zgrada.pdf>

<https://repozitorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak%3A1720/datastream/PDF/view>

<https://www.eurotim.com.hr/prozori/pvc-prozori/schuco-pvc-prozori>

<https://www.schuco.com/en-vn/home-owners/windows>

<http://www.roplast.hr/product/aluminijska-stolarija-prozorski-sistemi-schuco-aluk/>

<https://energa.hr/ral-montaza/>

<https://ilsad.hr/ugradnja/ral-ugradnja/>

<https://www.prozorivrata.com/hr/najvazniji-dijelovi-pvc-stolarije/>

<https://bs.wikipedia.org/wiki/Prozor>

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_06_69_1661.html

<https://www.zebrablinds.com/blog/5-disadvantages-to-having-steel-windows-08-2020-35/>

<https://www.capoferri.it/en/steel-window-frames-advantages-and-disadvantages/>