Pasivne poslovne zgrade

Glavaš, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:231:200303

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka University Studies, Centers and Services - RICENT Repository

zir.nsk.hr

UNIRI DIGITALNA KNJIŽNICA

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
ODSJEK ZA POLITEHNIKU

DIPLOMSKI RAD

PASIVNE POSLOVNE ZGRADE

Matea Glavaš

0009060628

Rijeka, rujan 2018.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
ODSJEK ZA POLITEHNIKU

Diplomski rad

PASIVNE POSLOVNE ZGRADE

Mentorica: Izv. prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger dipl. ing.

Matea Glavaš

0009060628

Rijeka, rujan 2018.

Sveučilište u Rijeci
STUDIJ POLITEHNIKE
Povjerenstvo za završne i diplomske radove

U Rijeci, 8. lipnja 2018. godine

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Pristupnica: Matea Glavaš

Naziv zadatka: Pasivne poslovne zgrade

Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:

Pristupnica pri realizaciji zadatka treba opisati koncept pasivne gradnje za poslovne zgrade i dosadašnja iskustva takvog oblika gradnje kod nas i u svijetu. Potrebno je analizirati uštede i koristi u odnosu na klasičnu gradnju na primjeru postojeće pasivne poslovne zgrade, te predložiti moguća unaprjeđenja za postizanje autonomnosti u pogledu energije, vode i ostalih mrežnih usluga, održivosti u odnosu na korištene materijale gradnje i postizanja uvjeta za neškodljiv boravak u prostoru. Također predložiti način edukacije stručne javnosti i učenika o nužnosti primjene pasivne gradnje u poslovnom zgradarstvu.

U završnom se radu obavezno treba pridržavati **Uputa o izradi završnog rada.**

Zadatak uručen pristupnici: 8. lipnja 2018.

Rok predaje završnog rada: 8. srpnja 2018.

Datum predaje završnog rada:

Koordinator povjerenstva:	**Mentorica:**
Doc. dr. sc. Damir Purković	Doc. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger
_____	_____

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad „**Pasivne poslovne zgrade**“ izradila samostalno koristeći se vlastitim znanjem i navedenom literaturom.

Zahvaljujem se mentorici na ukazanom povjerenju i pomoći u pisanju ovog rada.

Zahvaljujem se Danijelu Benčiću, dipl. ing. str. i tvrtki Rudan na savjetima pri pisanju ovoga rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na podršci tijekom studija na Sveučilištu u Rijeci, Odsjeku za politehniku.

Također se zahvaljujem cijelom nastavnom kadru Odsjeka za politehniku koji me je vodio tijekom studiranja i time omogućio stjecanje znanja i kapacitet za pisanje ovog rada.

Matea Glavaš

_____

SAŽETAK

U ovom radu prikazane su karakteristike pasivne poslovne zgrade tj. što zgrada mora imati da bi bila pasivnom. Također su opisani neki od glavnih utjecaja na potrošnju energije u pasivnoj poslovnoj zgradi (orijentacija, oblik, toplinska izolacija, prozori i vrata, ventilacijski sustavi, rasvjeta i dr.). Analiziraju se iskustva gradnje takvih zgrada kod nas i u svijetu iako je vidljiva mala primjena takve gradnje u Hrvatskoj. Nadalje, prikazane su razlike u cijeni gradnje pasivne poslovne zgrade u odnosu na standardnu poslovnu zgradu pri samoj gradnji zgrade, ali i kolikoj uštedi energenata takva građevina doprinosi. Ponuđena su moguća unaprjeđenja u smislu još veće uštede energenata u pasivnoj poslovnoj zgradi. U metodičkom poglavlju nalazi se analiza nastavnog programa srednje strukovne škole vezane uz temu ovog diplomskog rada i pripremu za izvođenje nastave.

KLJUČNE RIJEČI: pasivna kuća, pasivna poslovna zgrada, rekuperator, fotonaponska ćelija, ušteda energenata

SUMMARY

The paper presents the characteristics of a passive office building i.e. what the building must be provided with in order to be a passive building. Some of the main impacts on energy consumption in the passive office building (orientation, shape, thermal insulation, windows and doors, ventilation systems, lighting, etc.) are also described. Analyzed is the experience of construction of such buildings in Croatia and worldwide as there is a limited practice of such construction in Croatia. Further, the difference in costs of building a passive office building compared and standard office building is shown, as well as energy savings that such a building achieves. Possible improvements are proposed in terms of even greater energy savings in the passive business building. In the methodological chapter, there is an analysis of techical high school curriculum related to the topic of this graduate thesis and a lesson plan.

KEY WORDS: passive house, passive office building, heat recovery, solar panel, energy savings

SADRŽAJ

1. UVOD 10
2. KARAKTERISTIKE PASIVNE ZGRADE 11
3. GRADNJA PASIVNE ZGRADE 13
3.1 Orijentacija zgrade 13
3.2 Faktor oblika zgrade 14
3.3 Toplinska izolacija 15
3.3.1 Kamena vuna 16
3.3.2 Staklena vuna 17
3.3.3 Poliuretanska pjena ili PU pjena 17
3.3.4 Ekspandirani polistiren (EPS) 18
3.3.5 Ekstrudirani polistiren 19
3.3.6 Celuloza 20
3.3.7 Ovčja vuna 21
3.4 Prozori i vrata 22
3.5 Zrakonepropusnost 23
3.6 Toplinski most 24
3.7 Ventilacija 25
3.7.1 Protusmjerni izmjenjivač topline (rekuperator) 26
3.7.2 Zemni kolektor 27
3.7.3 Električno predgrijavanje 28
3.7.4 Dizalica topline 28
3.8 Rasvjeta i električni uređaji 29
3.9 Električna energija 29
4. DOSADAŠNJA ISKUSTVA GRADNJE 30
4.1 Primjeri pasivne gradnje u svijetu 30
4.2 Primjeri u Hrvatskoj 33
5. UŠTEDE I KORISTI GRADNJE PASIVNE ZGRADE U ODNOSU NA KLASIČNU GRADNJU 35
5.1 Gradnja 35
5.1.1 Orijentacija 35
5.1.2 Oblik 35
5.1.3 Tehnologija gradnje 35
5.1.4 Toplinska izolacija 35

5.1.5 Prozori i vrata 36
5.2 Ušteda energenata 36
5.2.1 Grijanje i hlađenje 36
5.2.2 Ventilacija 38
5.2.3 Električna energija 38
6. MOGUĆA UNAPRIJEĐENJA 40
6.1 Električna energija 40
6.2 Voda 41
6.3 Sustav pametne kuće 41
6.4 Zeleni krov 41
7. METODIČKI DIO 43
7.1 Analiza nastavnog programa srednje strukovne škole u sadržaju teme diplomskog rada 43
7.2 Priprema za nastavu 45
8. ZAKLJUČAK 51
9. LITERATURA 52

POPIS SLIKA

Slika 1. Pojedinačna potrošnja energije u zgradama javnog sektora
Slika 2. Pad sunčevih zraka u godišnjim dobima
Slika 3. Odnos faktora oblika s obzirom na geometrijski oblik zgrade
Slika 4. Odnos faktora oblika s obzirom na geometrijski oblik zgrade sastavljen iz više jednakih elemenata
Slika 5. Kamena vuna
Slika 6. Staklena vuna
Slika 7. Poliuretanska pjena
Slika 8. Ekspandirani polistiren
Slika 9. Ploče ekstrudiranog polistirena
Slika 10. Celulozna toplinska izolacija
Slika 11. Ploče ovčje vune za toplinsku izolaciju
Slika 12. Troslojno IZO staklo
Slika 13. Prikaz utjecaja LOW-E premaza na IZO staklu
Slika 14. Presjek ulaznih vrata
Slika 15. Izvođenje *Blower Door* testa
Slika 16. Prikaz nastanka toplinskog mosta i njegova eliminacija
Slika 17. Ventilacijski sustav pasivne kuće
Slika 18. Rekuperator
Slika 19. Zemni izmjenjivač topline
Slika 20. Osnovna shema dizalice topline
Slika 21. Sveučilište u Leiceseru, The Centre for Medicine
Slika 22. Planirani projekt najveće pasivne zgrade u New Yorku
Slika 23. Pasivna poslovna zgrada u Frankfurtu
Slika 24. Pasivna poslovna zgrada u Chicagu
Slika 25. Prva pasivna kuća u Hrvatskoj
Slika 26. Prva pasivna poslovna zgrada u Hrvatskoj
Slika 27. Potrošnja električne energije po satu u pasivnoj poslovnoj zgradi
Slika 28. Mogućnosti korištenja energije iz bioplina
Slika 29. Zeleni krov na poslovnoj zgradi

1. UVOD

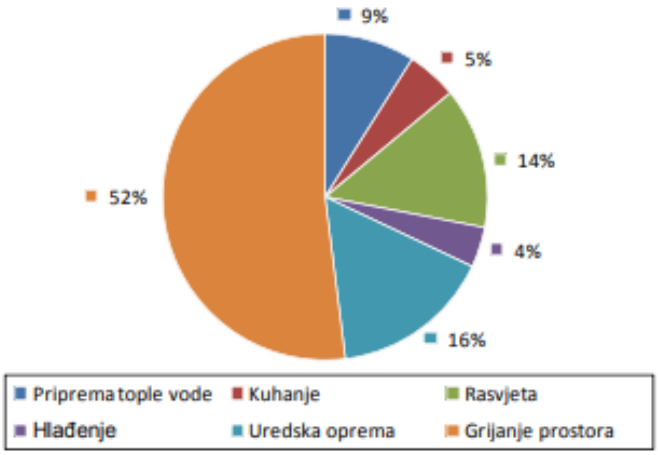
Posljednjih tridesetak godina, čovječanstvo je postalo svjesno da su klimatske promjene, globalno zatopljenje i efekt staklenika problem koji se mora riješiti. Da bi opstao, čovjek troši velike količine energije te zbog toga ima veliki energijski i ekološki utjecaj na prirodu. Prema Energetskoj strategiji Republike Hrvatske, zgrade i kućanstva su najveći potrošači energije u Hrvatskoj, čak 30% od ukupne neposredne potrošnje energije. Više od 40% ukupne neposredne potrošnje električne energije otpada na kućanstva i zgrade što ih čini najvećim korisnikom električne energije u Hrvatskoj. U Europskoj uniji, zgrade i kućanstva troše oko 41% od ukupne energije te se stoga postavljaju veliki zahtjevi za energetskom učinkovitosti. U poslovnom sektoru odnosno poslovnim zgradama i tvornicama potrošnja je još veća. Održiva gradnja, energetska učinkovitost i primjena obnovljivih izvora energije danas su prioriteti u graditeljstvu. Najveći potencijal za smanjenje ukupne potrošnje energije je u zgradarstvu i poslovnom sektoru što utječe na kvalitetniji i ugodniji boravak u zgradi, smanjuje emisiju štetnih plinova i doprinosi zaštiti okoliša.

U ovom radu se prikazuje način gradnje pasivnih poslovnih zgrada, uštede i koristi takvih građevina, moguća unaprjeđenja i dosadašnja iskustva pasivnih poslovnih zgrada kod nas i u svijetu.

2. KARAKTERISTIKE PASIVNE ZGRADE

Poslovne pasivne zgrade su izgrađene na principu pasivne kuće. Ono što ih razlikuje od pasivne kuće je boravak većeg broja ljudi tijekom dana u njoj, što automatski povećava potrošnju energenata u istoj.

Pasivna zgrada je standard gradnje stambenih prostora koji pruža ugodnost bez potrebe za tradicionalnim sustavima grijanja i hlađenja koji bi stvorili ugodnu klimu za boravak u prostoru tijekom zime i ljeta. Iz grafikona na slici 1. koji prikazuje pojedinačnu potrošnju energije u zgradama javnog sektora može se iščitati kako je grijanje najveći potrošač energije u zgradama te je tako osnovna ideja pasivne kuće svesti potrebnu toplinu za grijanje na što manju količinu. Zbog toga se pasivna kuća naziva još i „kuća bez grijanja“.



Slika 1. Pojedinačna potrošnja energije u zgradama javnog sektora [1].

Grijanje takve zgrade nastoji se izvesti zagrijavanjem svježeg zraka kojim se dalje zagrijava unutarnji prostor zgrade. Uzimajući u obzir temperaturu zraka koji ulazi u prostor tj. temperaturu vanjskog zraka, maksimalnu temperaturu na koju se zrak smije zagrijati unutar zgrade, te specifični toplinski kapacitet zraka, izračunata je maksimalna potrebna količina topline za grijanje, a ona iznosi 15 kWh/m^{2}a. Količina topline od 15 kWh/m^{2}a ekvivalentna je količini topline 1 litre loživog ulja. Korištenjem rekuperatora odnosno izmjenjivača topline osigurava se spomenuta potrebna količina za zagrijavanje prostora zgrade.

Tako za grijanje potrošne tople vode, pokretanje uređaja i grijanje i hlađenje prostora pasivna kuća koristi maksimalno 120 kWh/m^{2}a ukupne energije. Zagrijavanje potrošne vode riješeno je pomoću sunčanih kolektora.

Pasivne zgrade imaju i visok stupanj vanjske izolacije i vrlo dobru zrakonepropusnost vanjske ovojnice. Uz sustav mehaničke ventilacije, koji sadrži visokoučinkovitu rekuperaciju topline, osigurana je kvaliteta unutarnjeg zraka [1].

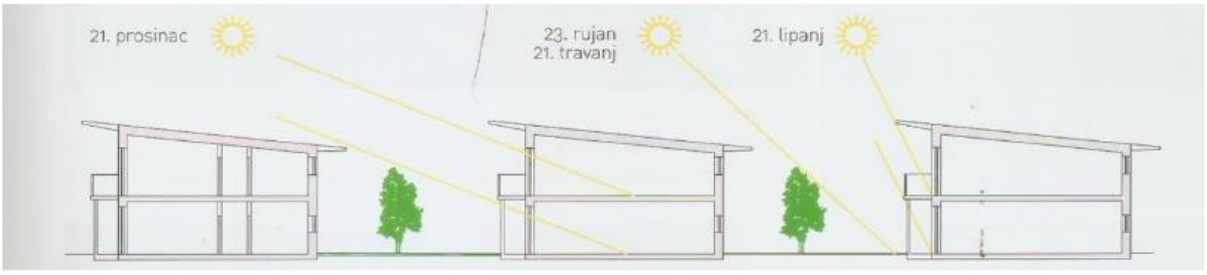
3. GRADNJA PASIVNE ZGRADE

Gradnja ovakve kuće odnosno zgrade ostavlja slobodu arhitektonskog oblikovanja te tehničkih i graditeljskih rješenja, ali sa sobom povlači potrebu za uspostavljanjem sustava certifikacije. Zahtijevana svojstva za gradnju zgrade moraju se postići primjenom sljedećih osnovnih načela izgradnje pasivne zgrade:

1. Paziti na orijentaciju zgrade i mali faktor oblika pri arhitektonskom oblikovanju
2. Primjena toplinske izolacije te postizanje zadane vrijednosti toplinske provodljivosti
3. Primjena prozora s izvrsnim toplinskim svojstvima
4. Svesti zrakonepropusnost zgrade na zadanu vrijednost
5. Svesti utjecaj toplinskih mostova na najmanju moguću mjeru
6. Primjena ventilacije s rekuperacijom topline
7. Potrošnja primarne energije za grijanje prostorija, grijanje vode i struju <20 kWh/m^2 godišnje [2]

3.1 Orijentacija zgrade

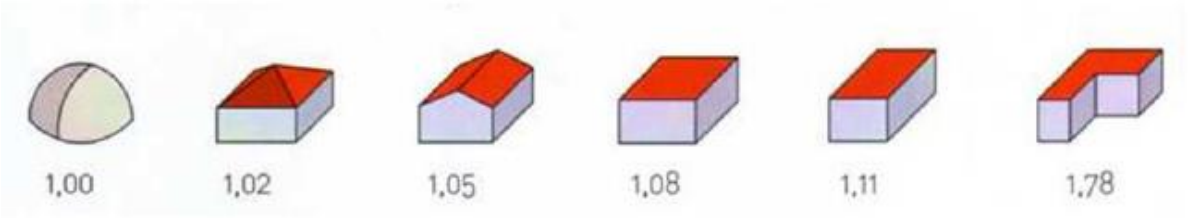
Prilikom gradnje zgrade najvažniji čimbenik je orijentacija zgrade radi iskorištavanja dobitaka od Sunčeva zračenja. Kako bi Sunčevu energiju maksimalno iskoristili tijekom cijele godine, zgradu treba postaviti na zemljište koje je orijentirano na južnu stranu svijeta. Razlog tomu je što južna strana svijeta u hladnijim godišnjim dobima, zima i jesen, omogućuje maksimalnu iskoristivost Sunčeva zračenja te se time dobiva 40% više grijanja u zgradi. Kako je na južnoj strani zgrade velika iskoristivost Sunčeve energije preporučuje se postavljanje većih ostakljenih površina radi maksimalnog iskorištavanja iste. Preporučuje se i postavljanje sjenila na prozorima. Ujutro je najintenzivnije obasjano istočno pročelje zgrade, dok je poslijepodne obasjano zapadno pročelje. Ljeti je južno pročelje manje obasjano od istočnog i zapadnog pročelja što u ljeti smanjuje pregrijavanje unutarnjeg prostora zgrade. Zimi je južno pročelje intenzivnije obasjano što je pogodno zbog dodatnih toplinskih dobitaka [2]. Način na koji Sunčeve zrake obasjavaju zgradu prikazan je na slici 2.



Slika 2. Pad sunčevih zraka u godišnjim dobima [2].

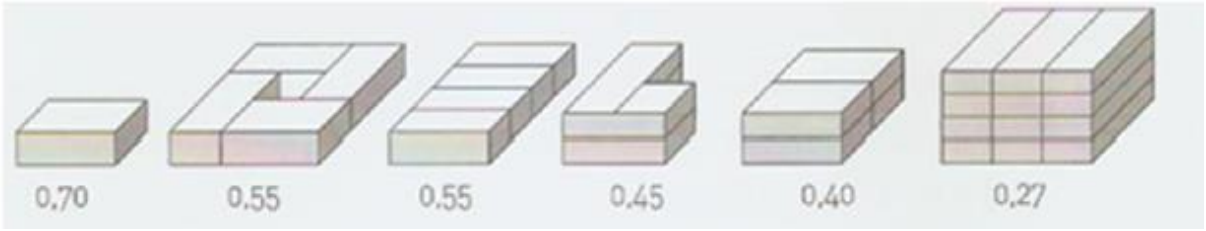
3.2 Faktor oblika zgrade

Faktor oblika zgrade je omjer površine vanjskog oplošja grijanog dijela zgrade i volumena grijanog dijela zgrade. U vanjsko oplošje zgrade spadaju podovi, zidovi, prozori, krov i ostali dijelovi koji grijani dio zgrade razdvajaju od vanjskog dijela zgrade, negrijanog dijela zgrade ili tla. Pri projektiranju zgrade nastoji se smanjiti gubitci, pa tako i transmisijski gubici. Transmisijski gubici se javljaju zbog prolaza topline kroz plašt zgrade. Važno je da je vanjskih površina s obzirom na volumen što manje, da zgrada ima jednostavan i kompaktan oblik, što daje povoljniji faktor oblika zgrade. Povoljan faktor oblika osim što smanjuje transmisijske gubitke pridonosi ukupnoj uštedi energije i ugodnosti boravka u unutarnjem prostoru zgrade. Preporučuje se što manji broj konzolnih istaka i balkona kako bi se očuvala toplinska ovojnica zgrade [2]. Na slici 3. vidljivo je da je faktor oblika povoljan pri kvadratnim i okruglim oblicima zgrade.



Slika 3. Odnos faktora oblika s obzirom na geometrijski oblik zgrade [2].

Faktor oblika zgrade može biti još povoljniji ako je moguće izvođenje zgrada u nizu ili višestambene višekatne izgradnje. Kod tako izvedenih zgrada površina vanjskih zidova s obzirom na volumen je puno manja. Najpovoljniji faktor oblika je kod višestambene višekatne gradnje što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Odnos faktora oblika s obzirom na geometrijski oblik zgrade sastavljen iz više jednakih elemenata [2].

3.3 Toplinska izolacija

Toplinska izolacija zgrada je veliki faktor u uštedi energije. Loša ili nepostojeća toplinska izolacija može dovesti do pojave kondenzacije koja može oštetiti konstrukciju zgrade, ali i narušiti zdravlje, a time i ugodnost boravka u takvom prostoru. Prilikom zagrijavanja zgrade bez toplinske izolacije koristi se veća količina energije što uzrokuje povećanje cijene korištenja takvih prostorija i pridonosi onečišćenju okoliša. Kako bi pasivni standard bio zadovoljen mora biti zadovoljen koeficijent prolaska topline od minimalno 0.15 W/m^2K, a to znači da svi vanjski neprozirni elementi zgrade moraju zadovoljavati taj koeficijent. Tako pasivna kuća za razliku od klasične ima deset puta bolju toplinsku izolaciju.

Svi građevni materijali koji tvore granicu između dva temperaturna područja predstavljaju toplinski plašt zgrade. Prostori koji se stalno griju nalaze se unutar toplinskog plašta, dok su negrijani podrumi, smočnice, garaže i ostali negrijani prostori izvan toplinskog plašta. Toplinski plašt zgrade mora biti što kompaktniji i u cijelosti izveden zrakonepropusno [3].

Debljina toplinske izolacije iznosi 25 – 40 cm, a ovisi o materijalu i sastavu zida na koji se postavlja. Pri gradnji pasivne zgrade moguće je koristiti umjetne anorganske i organske, te prirodne materijale jer su svi oni povoljni u pasivnoj gradnji. Od umjetnih anorganskih materijala koriste se mineralne vune, pjeneno staklo, dok se od umjetnih organskih najčešće koriste ekspandirani i ekstrudirani polistiren, pjeneni poliuretan i pjeneni polietilen. Od prirodnih materijala upotrebljavaju se celulozna vlakna, kokosova vlakna, drvena vlakna, lan, konoplja, pluto, slama i ovčja vuna [2]. Odabir materijala za toplinsku izolaciju zgrade najviše ovisi o svojstvu toplinske provodljivosti materijala.

3.3.1 Kamena vuna

Kamena (mineralna) vuna ima koeficijent toplinske vodljivosti između 0.035 i 0.045 W/mK, te je stoga jedan od najboljih toplinskih izolatora. Kamena vuna je izolacijski materijal mineralnog porijekla i ima visoku otpornost na požar, paropropusna je i djelomično vodootporna. Ima veliku otpornost na raspadanje i starenje, te na kukce i mikroorganizme. Ploče kamene vune mogu biti kaširane bitumenom, ali onda se gubi svojstvo otpornosti na požar. Korištenje kamene vune za izolaciju se ne preporučuje za izolaciju podrumskih zidova pod zemljom.

Kamena vuna se dobiva propuhivanjem zraka kroz užarenu trosku visokih peći ili prelijevanjem mase dijabaza na temperaturi od 1600-1700°C preko brzo rotirajućih diskova. Iz tog procesa dobivaju se staklaste niti koje se slažu u vunu. Ako se pri pakiranju kamene vune u ploče koriste fenolne smole tada su takve ploče otporne na temperature do 250°C dok je neobrađena kamena vuna otporna na temperature do 800°C. Zahvaljujući svojstvu paropropusnosti, zidovi zgrade izolirane kamenom vunom dišu te ne dolazi od pojave kondenzacije. Kamena vuna je također odličan zvučni izolator pa tako postavljanje vune na vanjske zidove zgrade smanjuju razinu buke koja dolazi izvana i osigurava ugodan boravak u prostoru [4]. Na slici 5. prikazane su ploče kamene vune.



Slika 5. Kamena vuna [4].

3.3.2 Staklena vuna

Staklena vuna je kao i kamena, vrsta mineralne vune, te ima koeficijent toplinske vodljivosti od 0.032 do 0.044 W/mK. Napravljena je od staklenih vlakana koja su vezana vezivom te zajednički tvore teksturu koja sliči vuni. Nastaje iz mješavine pijeska, vapna i sode. U tu mješavinu dodaje se staro staklo. Staro staklo i staklene sirovine tale se na temperaturi od oko 1300°C. Propuštanjem kroz sito, rastaljena masa se pretvara u vlakna, te se vlaknima dodaje mala količina veziva koje djeluju kao ljepilo. Prema potrebi proizvodu se dodaje silikon kako bi postigla svojstvo vodoodbojnosti. Staklena vuna je otporna na temperature do 230°C. Osim za izolaciju stambenih objekata, staklena vuna se koristi za izolaciju cijevi, kotlova, itd. Pri ugradnji staklene vune treba se pridržavati zaštitnih mjera opreza zbog sićušnih vlakana stakla od kojih je izrađena. Sićušna vlakna stakla mogu iritirati oči, kožu i dišni sustav [4]. Na slici 6. je prikazana rola staklene vune.



Slika 6. Staklena vuna [4].

3.3.3 Poliuretanska pjena ili PU pjena

PU pjena se najčešće koristi na sanacijama krovova, a koeficijent toplinske vodljivosti *k* iznosi između 0.020 i 0.035 W/mK. Ima dobra svojstva otpornosti na vlagu i temperaturne promjene, ali je znatno skuplja od kamene vune pa se stoga rjeđe koristi. Pjena se može izrađivati u različitim gustoćama, u prosjeku 30 – 100 kg/m3. Blokovi pjene se kasnije režu u ploče te su otporne na temperaturu i samogasive su. Ploče PU pjene mogu izdržati temperaturu do 250°C, ali samo na kratko vrijeme. Ploče se često kaširaju odnosno oblažu

aluminijskim folijama, krutim limovima, krutim ivericama, i sl. jer imaju vrlo visok modul elastičnosti. Kaširane PU ploče mogu se brusiti te učvrstiti na spojevima pri postavljanju [5]. Na slici 7. prikazane su ploče PU pjene.



Slika 7. Poliuretanska pjena [5].

3.3.4 Ekspandirani polistiren (EPS)

Ekspandirani polistiren ili poznatije stiropor ima koeficijent toplinske vodljivosti između 0.035 i 0.040 W/mK. Zbog svoje niske cijene i jednostavne ugradnje danas je najpopularniji izolacijski materijal. Ima slabija protupožarna svojstva od kamene vune, te nije otporan na temperature više od 80°C. Najčešće se koristi za toplinski izolaciju podrumskih zidova. Nakon što se stiropor izradi, prvih mjesec dana izlučuje se ekspandirano sredstvo (plin pentan), a nakon toga materijal postaje potpuno stabilan. Nakon izlučivanja ekspandiranog sredstva, stiropor se dimenzijski stabilizira odnosno stari. Nakon što su ploče stiropora odležale 60 dana i spremne su za ugradnju u fasade i krovove [5]. Na slici 8. prikazane su ploče stiropora.



Slika 8. Ekspandirani polistiren [5].

3.3.5 Ekstrudirani polistiren

Ekstrudirani polistiren (XPS) poznatijeg naziva stirodur, je toplinski izolator sa zatvorenim ćelijama. Procesom polimerizacije i ekstrudacije dobiva se oblik tvrde pjenaste ploče. Za razliku od ekspandiranog polistirena, proizvodnja ekstrudiranog polistirena je nepovoljna za okoliš. Pri proizvodnji stirodura koriste se CFC plinovi (kloro-fluoro-ugljikohidrati) koji su štetni za ozonske slojeve. Također se pri proizvodnji stirodura koristi više energije neko pri proizvodnji stiropora. Stirodur gotovo ne upija vodu te se preporučuje koristiti na mjestima gdje je toplinska izolacija u kontaktu s vodom. Ima mali koeficijent toplinske vodljivosti, između 0.024 i 0.028 W/mK i visoku mehaničku čvrstoću. Stirodur je teško zapaljiv, a može se primijeniti na temperaturama od -50°C do +75°C [5]. Koristi se u izolaciji unutarnjih zidova, podova, podruma te krovova. Izrazito je paronepropusan, nije dovoljno otporan na visoke temperature i nagle promjene temperature te se ne preporučuje njegovo korištenje za izolaciju vanjskih zidova. Za razliku od stiropora koji je karakteristično bijele boje, stirodur je obojen (svijetloplava, ružičasta, zelena) ovisno o proizvođaču [6]. Na slici 9. su prikazane ploče ekstrudiranog polistirena.



Slika 9. Ploče ekstrudiranog polistirena [6].

3.3.6 Celuloza

Celuloza se dobiva iz mljevenog bijelog ili novinskog papira u koju je dodana borova sol. Dodatak borove soli čini celuloznu izolaciju vatrostalnom i štiti ju od plijesni i insekata. Ako u izolaciju primjerice uđe miš ili neki drugi glodavac, dodatak borove soli u celulozi izvuče vlagu iz tijela glodavca te on dehidrira. Niska toplinska vodljivost celuloze dobiva se upuhivanjem zraka u vlakna. Celulozna izolacija može upiti dvostruko više vlage u odnosu na druge prirodne izolatore. Ako ju uspoređujemo s mineralnom vunom, celulozna toplinska izolacija može upiti četiri puta više vlage, a ipak na dodir ostati suha. Kako se zbog različitih temperatura unutar i izvan zgrade stvara kondenzacija, kamena vuna i sintetički materijali ne mogu se u cijelosti riješiti vlage pa se ona prihvaća na drvnu konstrukciju kuće. Celulozna izolacija može držati više vlage u odnosu na drvo te tako drvena konstrukcija ostaje suha. Celulozna toplinska izolacija koristi se za izoliranje krovova, stropova, pregradnih zidova i podova [5]. Na slici 10. su prikazani paketi celulozne toplinske izolacije.



Slika 10. Celulozna toplinska izolacija [5].

3.3.7 Ovčja vuna

Ovčja vuna ima koeficijent toplinske vodljivosti od 0.039 W/mK te je tako slična mineralnoj vuni. Pri izradi, vuna se mora isprati nekoliko puta kako bi se uklonio lanolin, a zatim se miješa s poliesterom kako bi zadržala oblik. Vuna koja se koristi za toplinsku izolaciju sadrži 85% vune i 15% poliestera. Izrada ovčje vune za ovakve toplinske izolacije troši minimalne energije odnosno samo 14% energije koja bi se inače koristila pri proizvodnji toplinske izolacije od mineralne vune. Kada je vani hladno, vuna apsorbira toplinu iz vlage u zraku te se tako smanjuje gubitak topline iz zgrade. Dok za vrijeme toplijeg vremena, oslobađanje vlage ima učinak hlađenja na vlakna te se tako smanjuje prolaz topline u zgradu. Za razliku od celuloze, vuna ima višu vatrootpornost. Tretirana je vatrootpornim sredstvom kako bi joj se poboljšalo svojstvo vatrootpornosti te se topi kada dođe u doticaj s vatrom [5]. Na slici 11. su prikazane ploče ovčje vune za toplinsku izolaciju.



Slika 11. Ploče ovčje vune za toplinsku izolaciju [5].

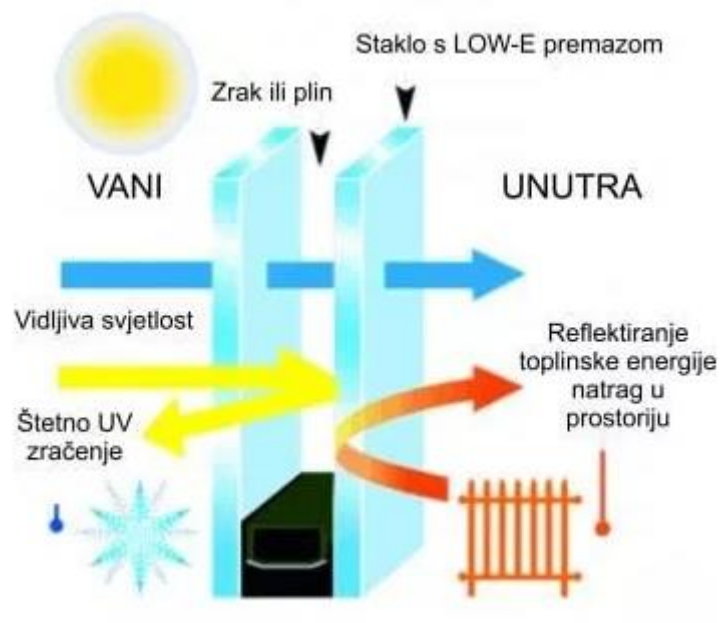
3.4 Prozori i vrata

U smislu toplinske izolacije svake kuće, pa tako i pasivne, prozori i vrata su najslabija mjesta ovojnice zgrade. Tehnički standard pasivne kuće za ugradnju prozora i vrata zahtijeva koeficijent provodljivosti Ug, koji mora biti manji od 0.8 W/m^2K. Zbog toga je osmišljena stolarija s troslojnim staklima koja zimi propušta više topline u prostor nego topline iz prostora. Prostor između stakala puni se plemenitim plinovima, najčešće argonom [2]. Na slici 12. prikazan je prozor s troslojnim ostakljenjem i argonom u međuprostoru.



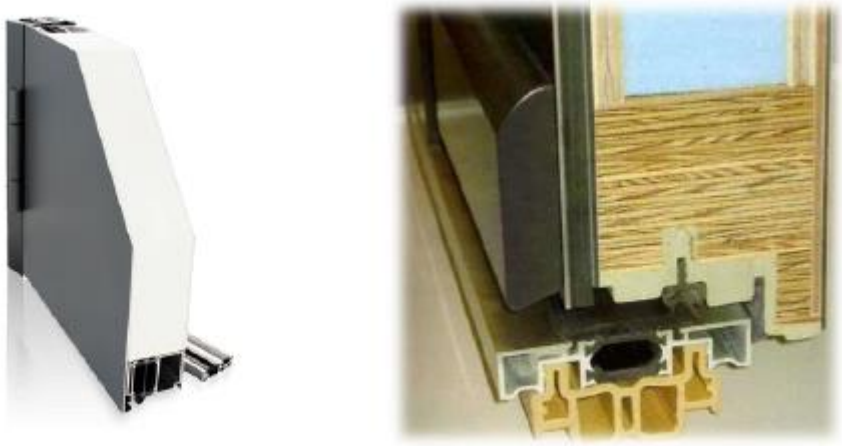
Slika 12. Troslojno IZO staklo [16].

Površinske temperature na spoju stakla s drvenim okvirom i na samom staklu su znatno više nego kod prozora s višeslojnim ostakljenjem. Višeslojnim ostakljenjem prozora sprječava se pojava kondenzacije vodene pare te stvaranje vlage. Važno je ugraditi kvalitetno toplinsko izolacijsko ostakljenje zgrade jer u pasivnoj kući nema grijaćih tijela u blizini prozora. Kako bi se spriječio prolazak toplinskog zračenja kroz prozor na staklo se nanosi tanak premaz metalnih oksida (LOW-E premaz). Metalni oksid s vanjske strane služi kao filter te onemogućuje propuštanje štetnih UV zraka u prostor što je vidljivo na slici 13. S unutarnje strane stakla premaz djeluje kao reflektor te reflektira toplinsko (infracrveno) zračenje natrag u prostor. U odnosu na klasično jednostruko ostakljenje, premazom metalnog oksida smanjuju se gubici topline za čak 70% [2].



Slika 13. Prikaz utjecaja LOW-E premaza na IZO staklu [2].

Sva ulazna vrata pasivne zgrade moraju imati brtvila na stranama vrata, gore dvostruko te kod praga jednostruko (slika 14). Također, moraju imati dodatne zatvarače na vratnom krilu koje stisnu krilo na brtvilo. Ugrađuje je prag u visini od 15 mm kako bi se povećala zrakonepropusnost vrata [2].



Slika 14. Presjek ulaznih vrata [26].

3.5 Zrakonepropusnost

Otpor prolasku zraka iz unutrašnjosti zgrade ili ulasku vanjskog zraka u unutrašnjost zgrade naziva se zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade. Zrakonepropusnost se ispituje *Blower Door* testom (slika 15.), a broj izmjena zraka u prostoru ne smije prelaziti 0.6 l/h pri razlici

tlakova od 50 Pa. Zrakonepropusnost je važna zbog kontrole ventilacijskih gubitaka jer zrak koji prolazi kroz ovojnicu zgrade sa sobom nosi vodenu paru. Vodena para ima utjecaj na toplinska svojstva toplinske izolacije jer se u sloju toplinske izolacije kondenzira. Utjecajem vodene pare na toplinsku izolaciju povećava se koeficijent provođenja topline, a time i gubici topline kroz vanjsku ovojnicu zgrade. Također doprinosi pojavi gljivica i plijesni te utječe na zdravlje ljudi u zgradi. Vodena para također može negativno utjecati na nosivu konstrukciju zgrade odnosno na njeno propadanje. Ispitivanje zrakonepropusnosti valja provesti prije početka izvođenja završnih radova te tako odmah ispraviti eventualne pogreške kako bi se spriječilo izvođenje dodatnih nepotrebnih radova koji povećavaju trošak izrade zgrade. Tijekom gradnje pasivne zgrade treba usmjeriti pažnju na spojeve prozora i vrata te na spojeve građevnih dijelova zgrade [1].

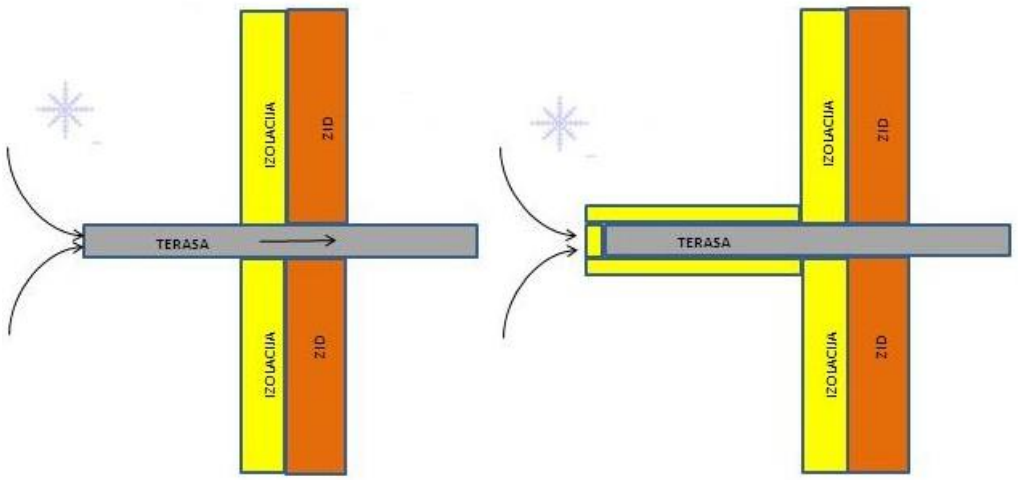


Slika 15. Izvođenje *Blower Door* testa [27].

3.6 Toplinski most

Toplinski most je područje u ovojnici zgrade gdje je radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog materijala povećan toplinski tok. Zbog smanjenog otpora toplinskoj propusnosti temperatura unutarnje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini što dovodi do kondenziranja vodene pare. Većina toplinskih mostova će se smanjiti postavljanjem izolacije na ovojnici zgrade. Izolacijom toplinskih mostova izbjeći će se kondenzacija na pojedinim dijelovima zgrade. Postoje dvije vrste toplinskih mostova – konstruktivni koji nastaju kod kombinacija različitih vrsta materijala i geometrijski koji nastaju zbog promjene oblika konstrukcije. Smanjenje toplinskih mostova pridonosi energetski efikasnoj gradnji. Izgraditi zgradu bez toplinskih mostova je gotovo nemoguće, ali

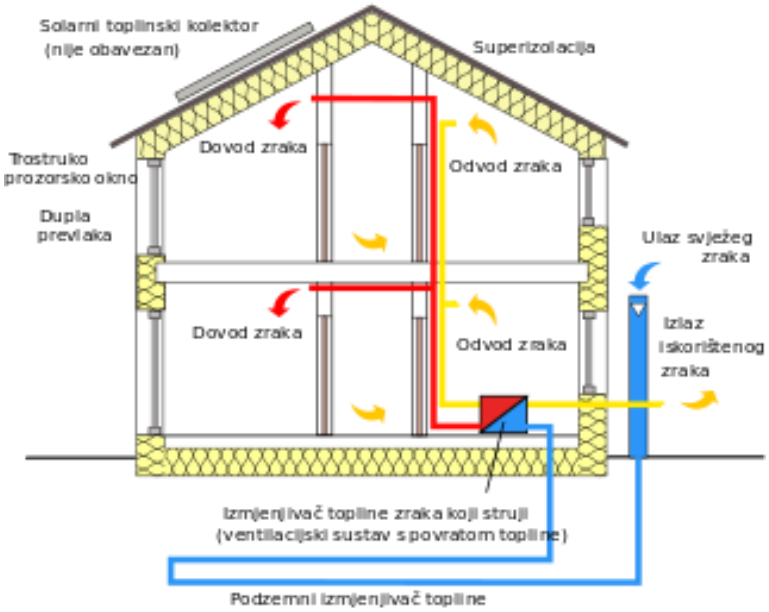
se oni mogu svesti na minimum. Toplinski mostovi najčešće nastaju na konzolnim istakama (balkonima), istake krovova, spojevima konstrukcija, spojevima prozora i zida, temeljima, itd. pa pri rješavanju konstruktivnih detalja treba posebno obratiti pažnju na takve izvedbe. Topografskim snimanjem zgrade moguće je dodatno provjeriti kvalitetu gradnje i toplinske zaštite [7]. Na slici 16. prikazan je nastanak toplinskom mosta na konzolnoj istaci (terasi) te eliminacija toplinskog mosta toplinskim izoliranjem konzolne istake.



Slika 16. Prikaz nastanka toplinskog mosta i njegova eliminacija [7].

3.7 Ventilacija

Kao što je prije spomenuto, standard pasivne zgrade zahtjeva zrakonepropusnu ovojnicu zgrade kako bi se smanjili ventilacijski toplinski gubici. Zrakonepropusnošću zgrade sprječavamo dovod svježeg zraka u unutarnji prostor zgrade te je stoga obavezna ugradnja ventilacijskog sustava. Kako se svježi zrak dovodi putem ventilacijskog sustava, nije potrebno otvarati prozore na pasivnoj zgradi, ali to ne znači da se ne smiju otvarati. Poželjno je prozore nakratko otvoriti kada u prostoru boravi više ljudi. Sustav ventilacije regulira i vlažnost zraka u prostoru i filtrira prašinu te tako sprječava nastanak gljivica i plijesni što povoljno utječe na zdravlje ljudi koji borave u prostoru zgrade. Ventilacijski sustav zgrade čine zemni kolektor, protustrujni izmjenjivač zraka, ventilacijski razvod i dogrijavanje zraka (slika 17.).

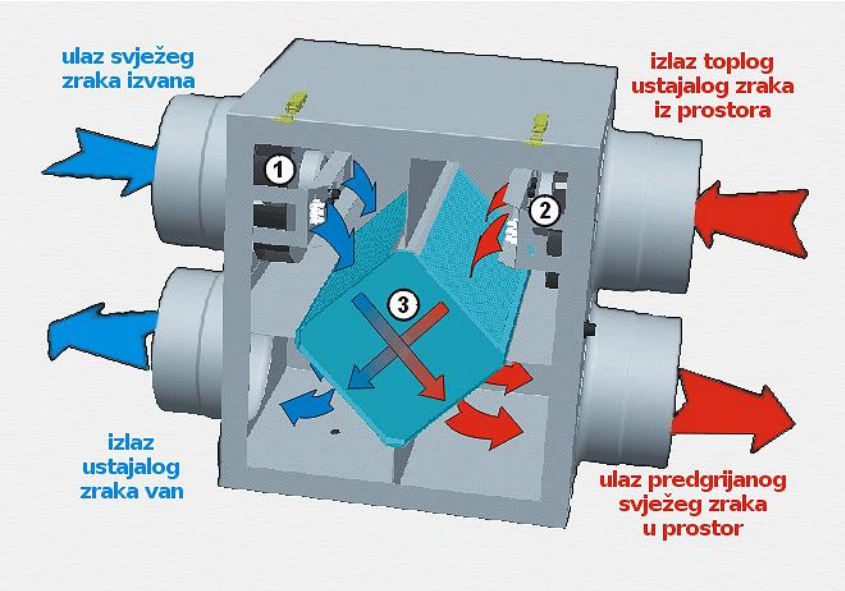


Slika 17. Ventilacijski sustav pasivne kuće [8].

3.7.1 Protusmjerni izmjenjivač topline (rekuperator)

Sustav ventilacije s rekuperatorom smanjuje toplinske gubitke u odnosu na prirodnu ventilaciju i ventilaciju bez izmjenjivača topline tako što izlazni zrak zagrijava ili hladi ulazni svježi zrak. Rekuperator je uređaj jednostavne konstrukcije, ali visoke učinkovitosti od čak 95%. Sastoji se od velikog broja limova koji razdvajaju dvije struje zraka. Topli istrošeni zrak struji kroz jednu stranu limova te im predaje svoju toplinu, a s druge strane kroz limove struji hladni svježi zrak koji se zagrijava pomoću zagrijanih limova (slika 18.). Struje zraka koji izlazi van i ulazi u rekuperator su odvojene limovima pa ne dolazi do miješanja tih dvaju struja.

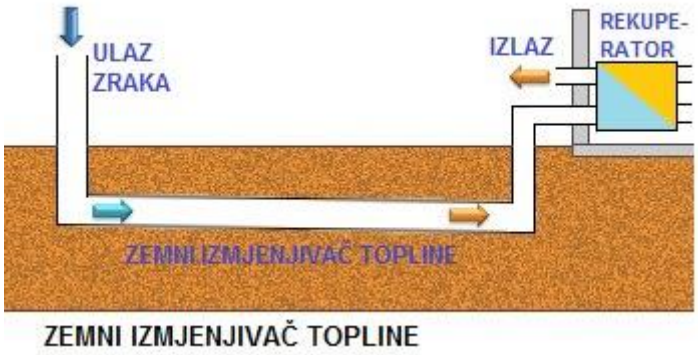
Cijevni izmjenjivači imaju vrlo velike kontaktne površine i veliku učinkovitost te su poželjni za ugradnju u pasivne zgrade. Primjerice, ako nam u rekuperator ulazi zrak temperature 10°C, a potrebna nam je sobna temperatura od 20°C, uz učinkovitost rekuperatora od 95%, zrak na izlazu iz rekuperatora, koji ulazi u prostoriju, će biti zagrijan na temperaturu od 19°C. Zbog velike učinkovitosti rekuperatora i dobre toplinske izolacije zgrade zahtjevi za dogrijavanjem zraka su vrlo mali [8].



Slika 18. Rekuperator [8].

3.7.2 Zemni kolektor

Zemni kolektor ili zemni izmjenjivač topline je jednostavan uređaj koji iskorištava pohranjenu sunčevu toplinu u zemlji. Čini ga duga fleksibilna cijev od polietilena koja je ukopana ispod kuće ili pored nje na dubini od 1.2 m do 2 m, promjera 20 cm (slika 19.). Ovisno o količini protoka zraka koji je potreban zgradi, dužina cijevi se dimenzionira prema tim potrebama. Hladni filtrirani zrak se grije toplinom zemlje. Pri vanjskoj temperaturi od -14°C zrak se ugrije na 20°C. Zemni kolektor se može koristiti i ljeti tako da se vruć vanjski zrak ohladi na ugodnu temperaturu. Za rad kolektora ljeti, cijevi moraju biti položene u zemlju pod kutom zbog stvaranja kondenzacije. Na najnižem dijelu cijevi mora biti uređeno mjesto za otjecanje vode. Ako sustav rado ljeti potrebno je osigurati pogonsku električnu energiju [8].



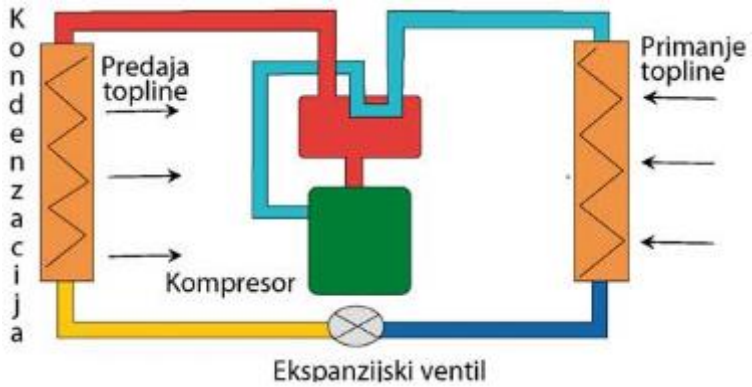
Slika 19. Zemni izmjenjivač topline [8].

3.7.3 Električno predgrijavanje

Ako ventilacijski sustav nema zemni izmjenjivač topline za predgrijavanje zraka koji ulazi u rekuperator, ugrađuje se električni registar za predgrijavanje. Služi kao zaštita od smrzavanja i temperaturu zraka drži uvijek iznad -4°C te je time osigurano da ne dolazi do smrzavanja kondenzata. U tipičnom srednjoeuropskom podneblju uključuje se svega nekoliko dana u godini, pa potrošnja električne energije za predgrijavanje zraka nije velika [8].

3.7.4 Dizalica topline

Ako se temperatura u prostoriji ne uspije zagrijati preko ugrađenog ventilacijskog sustava za pasivne zgrade, ugrađuje se dizalica topline. Dizalica topline koristi geotermalnu energiju iz zemlje, podzemnih voda i zraka te ga prenosi u unutrašnjost zgrade preko sustava grijanja. Radi učinkovito i na niskim vanjskim temperaturama. Dizalica topline radi na sustavu obrnutom od rada hladnjaka. Ona izvlači toplinu iz okoliša i prosljeđuje ju prema unutrašnjosti zgrade. Rashladno sredstvo uzima toplinu iz zemlje, podzemnih voda i zraka te ju nakon kompresije diže na višu razinu temperature (slika 20.). Osim za grijanje, dizalice topline se koriste i za hlađenje. Postoje dvije vrste rada dizalice za hlađenje – pasivno hlađenje i aktivno hlađenje. Kod pasivnog hlađenja, dizalica topline koristi razliku u temperaturi izvora energije (iz zemlje, kao i zemljani kolektor) te tako hladi objekt prirodnim putem. Za razliku od pasivnog hlađenja, pri aktivnom hlađenju zahtjeva se rad kompresora te se postiže niže temperatura rashladnog tijela. Pasivno hlađenje je učinkovitije od aktivnog jer aktivno hlađenje zgrade zahtijeva rad kompresora što ujedno podrazumijeva veću potrošnju energije, a time i veće troškove [9].



Slika 20. Osnovna shema dizalice topline [9].

3.8 Rasvjeta i električni uređaji

Kako potrošnja ukupne primarne energije tj. potrošnja primarne energije za toplu vodu, grijanje i električnu energiju ne smije prijeći 120 kWh/m^2 godišnje, za rasvjetna tijela postavlja se LED rasvjeta. Mogu se koristiti pasivne i aktivne metode uporabe danjeg svijetla za pojačavanje osvijetljenosti prostorija danju dok u prostorijama koje su slabo osvjetljene danju ili za vrijeme noći, koriste se održivi elementi za osvjetljavanje. Koriste se i elementi standardne voltaže, ali i niske voltaže. Nezavisne fotonaponske ćelije ili fotonaponske ćelije povezane sa solarnim panelima mogu se koristiti za napajanje rasvjete. Poželjno je ugraditi senzore detekcije pokreta i kronometre kako bi se dodatno smanjila potrošnja energije [10]. U poslovnoj zgradi koja ima radno vrijeme od 7 sati do 15 sati u ljetno vrijeme je mala potrošnja energije za rasvjetna tijela, ako su prostorije dobro osvijetljene danjim svjetlom. Električni uređaji i aparati koji se postavljaju u pasivnu zgradu moraju biti A ili A+ energetskog razreda jer takvi uređaji imaju manju potrošnju energije.

3.9 Električna energija

Potrošnja primarne energije ne bi smjela prelaziti 120 kWh/m^2 kako bi se zadržao koncept pasivne zgrade. Električna energija se koristi za rad rekuperatora i rad toplinske pumpe (ako je potreban rad iste), grijanje vode, rad uređaja u zgradi, rasvjetu, itd. Kako bi ostali u granicama ispod 120 kWh/m^2, najčešće se postavljaju solarni kolektori za zagrijavanje vode i fotonaponske ćelije tako da zgrada pomoću Sunčeve energije proizvodila struju za vlastite potrebe. Ako fotonaponske ćelije ne mogu proizvesti dovoljno struje, onda se dodatna električna energija kupuje od distributera. Može se dogoditi da fotonaponske ćelije proizvedu i više nego dovoljno električne energije, pa se električna energija može prodati distributeru.

4. DOSADAŠNJA ISKUSTVA GRADNJE

Standard pasivne kuće dopušta visoku razinu udobnosti kao i visoku razinu uštede energije, ne samo u obiteljskim kućama nego i u poslovnim pasivnim zgradama. Standard pasivne kuće uspješno je realiziran u gradnji mnogih zgrada, primjerice ureda, hostela, tvornica, škola, vrtića i dvorana.

4.1 Primjeri pasivne gradnje u svijetu

Pasivna kuća (njem. Passivhaus) potječe od profesora Boa Adamsona sa Sveučilišta u Lundu, Švicarska i Wolfganga Feista s Instituta za stanovanje i okoliš u Njemačkoj. Kroz veliki broj istraživanja razvijen je njihov koncept koji je financijski potpomognut od strane njemačke savezne pokrajine Hessen.

Prvi stambeni objekti izrađeni po standardu pasivne kuće su bile zgrade u četiri reda, projektirane u arhitektonskoj tvrtki profesora Botta, Riddera i Westermeyera 1990. godine u Njemačkoj. Godine 1996. u Darmstadtu, Njemačka osnovan je Passivhaus Institut za kontrolu i promociju standarda pasivne kuće. Od tada, na tisuće pasivnih kuća sagrađeno je u Njemačkoj i Austriji. Također, 1996. godine osnovana je Razvojna grupa za ekonomičke pasivne kuće koja je razvila paket planiranja te pokrenula proizvodnju novih komponenti za gradnju pasivne kuće. Razvila je prozore i ventilacijske sustave visoke efikasnosti, a pasivne kuće su se nastavile graditi diljem Njemačke. Nakon projekta Europske unije zvanim CEPHEUS potvrđen je koncept pasivne kuće 2001. godine. Prva pasivna kuća u SAD-u je izgrađena 2003. godine u Urbani, Illinois, a prva certificirana je izgrađena 2006. godine u Minnesoti. Prva montažna pasivna kuća izgrađena je u Irskoj 2005. godine od tvrtke Scandinavian Homes [10].

U Velikoj Britaniji 2016. godine je otvorena pasivna zgrada (slika 21.). Zgrada je namijenjena instituciji akademskog obrazovanja koju pohađa 2400 studenata. Sveučilište je do tada bilo odvojeno u 19 zasebnih zgrada, a izgradnjom velike pasivne zgrade spojene su jedan kompleks [11].



Slika 21. Sveučilište u Leiceseru, The Centre for Medicine [11].

U New Yorku je u procesu izgradnje najveća pasivna stambena zgrada na svijetu (slika 22.). Ova zgrada će imati 26 katova. Najveći trošak u gradnji pasivne zgrade su prozori, a kako je ova zgrada velika, dizajneri su predvidjeli prozore dovoljne veličine za dobivanje danjeg svjetla.



Slika 22. Planirani projekt najveće pasivne zgrade na svijetu

U Frankfurtu je 2016. godine izgrađena pasivna zgrada koja sadrži urede, konferencijske dvorane, arhive i podzemni parking te u zgradi radi 500 ljudi (slika 23.). Zgrada je podijeljena na dvije energetske razine. Gornjih 5 katova ima potrošnju grijanja ispod 15 kWh/m^{2}a, dok prvih 5 katova su niskoenergetski [12].



Slika 23. Pasivna poslovna zgrada u Frankfurtu [12].

U Chicagu se gradi najveća pasivna poslovna zgrada koja će imati ventilirajući sistem sa stopostotnim dovodom filtriranog vanjskog svježeg zraka u prostorije (slika 24.). Zgrada će sadržavati urede, unutarnju garažu za 47 automobila, teretanu, vanjsku terasu i skladište. Projektanti zgrade navode da će zgrada koristiti 86% manje energije za grijanje i 46% manje energije za hlađenje prostorija zgrade [13].



Slika 24. Pasivna poslovna zgrada u Chicagu [13].

Procjenjuje se da je krajem 2008. godine broja pasivnih kuća i pasivnih poslovnih zgrada kretao oko 15 000 do 20 000. U Europi je u kolovozu 2010. godine potvrđeno 25 000 raznih pasivnih građevina, dok ih je u SAD-u bilo 13. Većina pasivnih objekata su izgrađeni u Skandinaviji i u državama njemačkog govornog područja [10].

4.2 Primjeri u Hrvatskoj

U Hrvatskoj je do 2014. godine bila izgrađena 21 pasivna kuća dok je te iste godine u Europi bilo 150 000. U niskoenergetskoj i pasivnoj gradnji kuća prednjači Koprivnica, ali tu je i Zadar, Sveta Nedjelja, Osijek, i dr. Koprivnica želi postati energetski neovisan grad te uz brojne, već izgrađene, pasivne kuće ima u planu gradnju stambenih zgrada te škole u niskoenergetskom standardu.

Prva pasivna kuća u Hrvatskoj je izgrađena u Zagrebu 2008. godine (slika 25.). Godišnje za potrošenu energiju vlasnik izdvoji 4000 kn što je otprilike 330 kn mjesečno. U kući je tijekom cijele godine ugodna klima i to bez konvencionalnog sustava grijanja ili klima uređaja za hlađenje kuće.



Slika 25. Prva pasivna kuća u Hrvatskoj [14].

Istra i Primorje također ne zaostaje u gradnji pasivnih kuća. Gradovi nastoje komunalnim ili poreznim olakšicama poticati niskoenergetsku i pasivnu gradnju kuća. Ali kako je gradnja takve kuće nešto skuplja od gradnje standardne kuće, dodatni problem predstavljaju visoke

cijene administrativnih troškova, ali i koncesija za korištenje podzemnih voda. Na Krku u Salatićima se nalazi pasivna višestambena zgrada koja kao primarni energent koristi Sunčevu energiju za grijanje prostora i vode, ali i za proizvodnju električne energije. Ako u kojem slučaju ne bude dovoljno Sunčeve energije, za grijanje će koristiti toplinsku pumpu.

U Žminju je 2014. godine izgrađena prva pasivna poslovna zgrada u Hrvatskoj. (slika 26.) Zgrada ima 802 četvorna metra i godišnja potrošnja grijanja je 1200 kn. Ima samoventilirajuću fasadu i dizalicu topline koja koristi prirodnu toplinu iz zemlje. Priprema tople vode za korištenje se odvija preko solarnih kolektora, a ima i rekuperator za grijanje unutrašnjosti zgrade. Struja u zgradi se dobiva iz fotonaponske elektrane koja je smještena na krovu zgrade te ima i sustav upravljanja za pametne kuće [14].



Slika 26. Prva pasivna poslovna zgrada u Hrvatskoj [28].

5. UŠTEDE I KORISTI GRADNJE PASIVNE ZGRADE U ODNOSU NA KLASIČNU GRADNJU

5.1 Gradnja

U gradnji standardne kuće i pasivne kuće nema nekih velikih razlika u visini troškova jer su načela projektiranja i gradnje pasivnih kuća proizašla iz načela projektiranja i gradnje standardnih kuća. U nastavku poglavlja usporedit će se troškovi gradnje pasivnih kuća odnosno zgrada te gdje je javljaju razlike u troškovima i ako se javljaju. U nekim segmentima razlike u troškovima neće biti, ali će biti ograničenja u slobodi projektiranja pasivnih kuća u odnosu na standardne kuće.

5.1.1 Orijentacija

U samoj orijentaciji kuće ili zgrade ne javljaju se nikakvi dodatni troškovi, ali kod pasivnih kuća postoje tehnički zahtjevi kojih se treba držati kako bi postigli koncept pasivne kuće. Kod gradnje standardnih kuća, projektant ima slobodu orijentacije objekta, ali se mora imati na umu što bolju kvalitetu boravka i samog objekta. Projektanti pri gradnji standardne kuće teže ka tome da orijentacija standarde kuće bude što bliža orijentaciji pasivne kuće.

5.1.2 Oblik

Prilikom odabira oblika građevine nema neke razlike u troškovima. Ako se zamisli pasivna i standardna kuća iste kubikaže, pasivna kuća će biti projektirana što jednostavnijeg geometrijskog oblika i kompaktno, s malim brojem prijeloma kako bi se izbjeglo probleme s toplinskim mostovima i zrakonepropusnosti. S druge strane standardna kuća može biti nekog drugog zahtijevanog oblika, ali projektanti također teže što jednostavnijim oblicima.

5.1.3 Tehnologija gradnje

Izbor tehnologije za gradnju pasivne kuće nije ograničen pa zbog toga gotovo i nema razlike u cijeni u odnosu na standardnu kuću. Izbor materijala i tehnologija ovisi od investitora pa se tu mogu naći male razlike u cijeni.

5.1.4 Toplinska izolacija

Toplinska izolacija pasivne kuće se razlikuje u cijeni u odnosu na toplinsku izolaciju standardne kuće. Razlog je što, kao što je navedeno, prolaz topline kroz zid kod pasivne kuće

ne smije biti veći od 15 kWh/m^{2}a, a kod standardnih kuća ne smije biti veći od 45 kWh/m^{2}a. Zbog navedenih zahtijeva, debljina izolacije će određivati cijenu. Kako za izolaciju pasivne kuće treba dobar toplinski izolator, najkvalitetniji izbor je kamena vuna. Pri izolaciji standardne kuće debljina kamene vune od 10 cm je sasvim dovoljna da bi se postigao zahtjev prolaza topline kroz zid. Kod pasivne kuće debljina izolacije ne bi trebala biti manja od 25 cm. U proračunu će biti kamena vuna debljine 30 cm.

	Površina toplinske izolacije	Kamena vuna d=30cm (pasivna kuća) / d=10cm (standardna kuća)	Ukupna cijena
PASIVNA ZGRADA	350m^2	310 kn	108 500 kn
STANDARDNA ZGRADA	350m^2	100 kn	35 000 kn

Tablica 1. Usporedba cijena toplinske izolacije [15].

Iz tablice 1. vidljiva je razlika u cijeni toplinske izolacije. Kako je kamena vuna d=30 cm tri puta skuplja od d=10 cm tako je i cijena izolacije za istu površinu tri puta veća.

5.1.5 Prozori i vrata

U poglavlju „Gradnja pasivne zgrade“ je spomenuto kako za prozore kod pasivnih zgrada se ugrađuju troslojna IZO stakla s LOW-E premazom. Na standardne zgrade se ugrađuju dvoslojna stakla kojima je cijena oko 1500 kn/m^2. Cijena prozora s troslojnim IZO staklom je oko 2200 kn/m^2 što je oko 30% skuplje u odnosu na prozore s dvoslojnim staklom, ali su toplinski gubici manji za čak 50% [16].

5.2 Ušteda energenata

5.2.1 Grijanje i hlađenje

Kako kod standardnih zgrada ugradnja toplinske pumpe za grijanje prostora nije isplativa zbog poveće potrošnje energije za grijanje tada se izabiru klasični načini grijanja, primjerice plinski bojleri i grijaća tijela. Cijene plinskih kondenzacijskih bojlera se kreće od 15 000 kn do 20 000 kn [17], ali treba uzeti u obzir postavljanje grijaćih tijela (radijatora) za grijanje

prostorija. Za objekt od 800 m^2, cijena grijaćih tijela je 35 000 kn do 60 000 kn, a cijena ovisi o vrsti, broju i dimenzijama grijaćih tijela. Za godišnje grijanje standardnih zgrada potroši se oko 100 do 150 kWh/m^2 kako bi se zagrijao objekt 800 m^2 te se može zaključiti da se godišnje potrebe grijanja standardne zgrade iskoristi 80 000 do 120 000 kWh [1]. Ako uzmemo i obzir da je cijena plina 0.4 kn/kWh, a učinkovitost plinskog bojlera oko 90%, dobiva se da je cijena grijanja po kWh 0.45 kn/kWh [18]. Prema navedenim cijena i potrošnji može se izračunati da za godišnje potrebe grijanja poslovnog prostora od 800 m^2 prosječno iznosi 36 000 kn do 54 000 kn što je otprilike 3000 do 4500 kn mjesečno.

U pasivnom zgradama ne koriste se standardni sustavi grijanja već toplinske pumpe i rekuperator topline. Takvi sustavi, kao što je spomenuto, koriste energiju iz okoline. Cijena toplinske pumpe zemlja-voda ili voda-voda iznosi 75 000 kn do 115 000 kn [19]. Prema standardima pasivnih kuća, energija potrebna za grijanje ne smije biti veća od 15 kWh/m^2 što znači da za objekt od 800 m^2 godišnja potreba za grijanje ne smije biti veća od 12 000 kWh. Troškovi za grijanje preko toplinske pumpe iznose oko 1 kn/kWh [20] pa se godišnje za troškove grijanja pasivne zgrade mora izdvojiti 12 000 kn, što je 1000 kn mjesečno. Ali zbog sustava ventilacije s rekuperatorom rad toplinske pumpe je sveden na 30%, većinom u zimskom periodu, te stoga za rad pumpe treba izdvojiti 300 kn mjesečno.

Ako se usporede troškovi grijanja standardne zgrade i pasivne, vidljivo je da su prvotne investicije kod pasivne zgrade možda malo veće, ali mjesečni trošak grijanja pasivne zgrade je 10 puta niži.

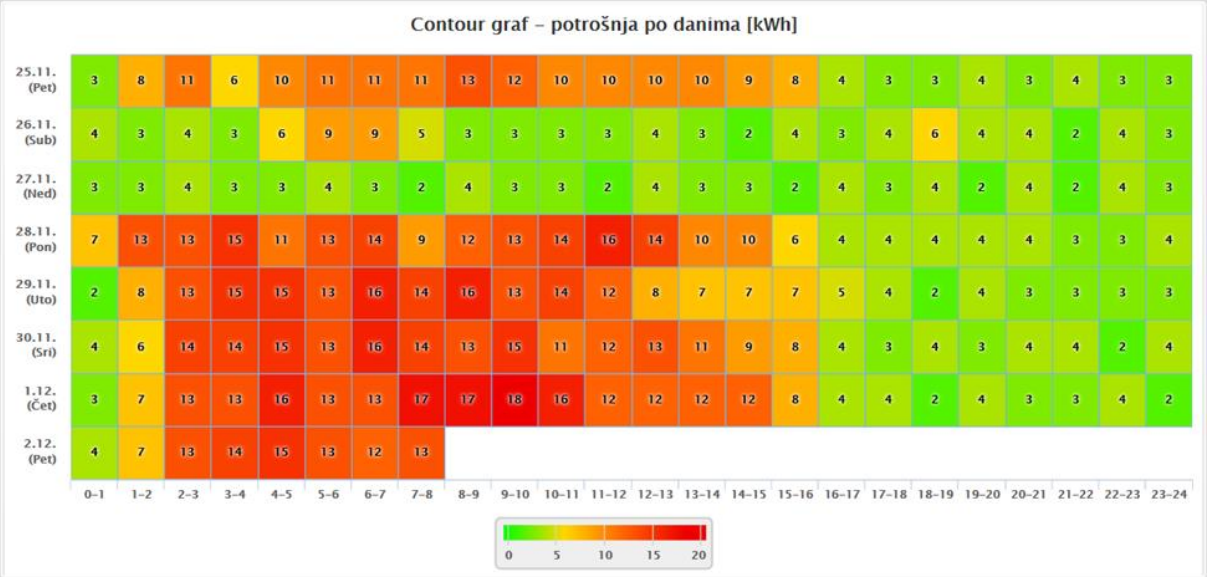
Zbog dobre toplinske izolacije i rekuperatora, dodatni sustav hlađenja za pasivne zgrade nije potreban. Kod standardnih zgrada dolazi do pregrijavanja unutarnjeg prostora zgrade pa se najčešće ugrađuju klima uređaji čije se cijene kreću od oko 3000 kn na više ovisno o modelu i vrsti. Kako je poslovna zgrada velika, potrebna je i ugradnja povećeg broja klima uređaja pa se tako može očekivati trošak od 25 000 kn na više. Računajući da je potrošnja prosječnog klima uređaja 0.8 kWh i da radi 8 sati dnevno tada dnevna potrošnja iznosi 6.4 kWh. Mjesečna potrošnja jednog klima uređaja, izuzevši vikende, bi bila 128 kWh. Cijena kWh za poduzetnike je oko 1 kn/kWh pa stoga potrošnja jednog klima uređaja iznosi 128 kn mjesečno. Za prostor od 800 m^2 treba 10 klima uređaja, te mjesečna potrošnja za hlađenje standardne zgrade iznosi 1280 kn [21].

5.2.2 Ventilacija

Kod pasivnih zgrada, otvaranje prozora nije preporučeno jer ulazi hladan zrak, tijekom zimskog perioda, i narušava se koncept pasivne kuće dok kod standardnih zgrada to se radi otvaranjem prozora. U pasivnoj zgradi ulazak svježeg zraka dolazi preko sustava ventilacije i rekuperatora. Kako je poslovna zgrada velike kvadrature, treba i jači rekuperator koji omogućuje svim prostorijama dotok svježeg zraka. Cijene takvih rekuperatora se kreću od 33 000 kn do 50 000 kn [22]. Kao što je već spomenuto, rekuperator se koristi i za grijanje prostora, pa ako je zgrada u ugodnoj vanjskoj klimi, u većem dijelu nema potrebe koristiti toplinsku pumpu za dodatno grijanje prostora. Za grijanje pasivne kuće, investicije su veće, ali se kroz niz godina isplati zbog niske potrošnje energenata.

5.2.3 Električna energija

Potrošnja električne energije u poslovnim zgradama ovisi o veličini zgrade i broju zaposlenika u njoj. Potrošnja po danu u standardnoj poslovnoj zgradi koja ima oko 30 zaposlenika i 800 m^2 je 200 – 300 kWh po danu. Ako se uzme u obzir da je cijena kWh za poduzetnike 1 kn/kWh [20] dolazi do zaključka da se za električnu energiju mjesečno izdvoji 5000 kn do 7500 kn. U pasivnoj poslovnoj zgradi za istu kvadraturu i isti broj zaposlenika, ugradnjom fotonaponske ćelije za proizvodnju električne energije i solarnih kolektora za grijanje vode, će se pokriti potrošnja električne energije. Ako u kojem slučaju zbog duljeg radnog vremena ili nekih drugih okolnosti bude veća potrošnja električne energije, energija će se dobaviti od distributera i iznosi mjesečno 200 kn do 500 kn. Na slici 27. prikazana je potrošnja električne energije po satu. Iz slike je vidljivo da je potrošnja veća za vrijeme radnog vremena 7-16 sati i za vrijeme noći kada su temperature vrlo niske pa je potreban rad toplinske pumpe kako bi se digla temperatura zraka u prostorijama.



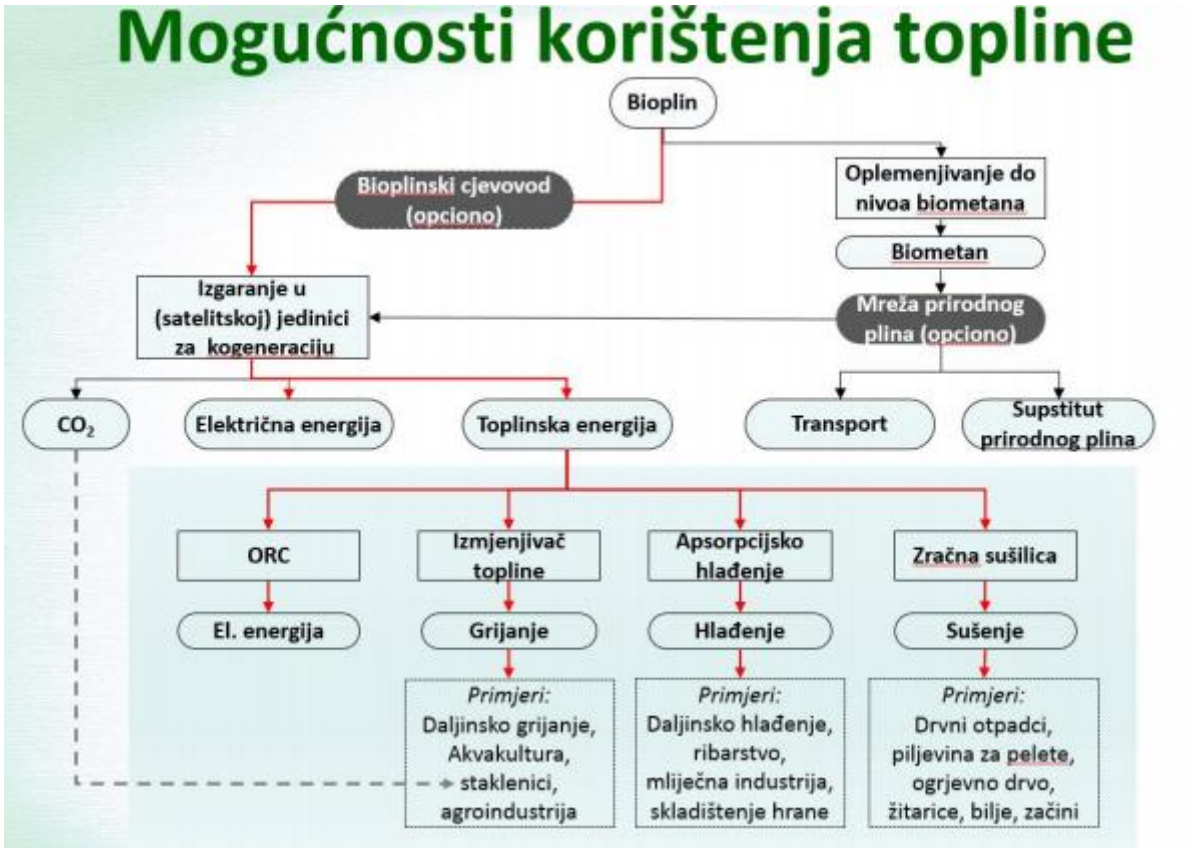
Slika 27. Potrošnja električne energije po satu u pasivnoj poslovnoj zgradi [28].

6. MOGUĆA UNAPRIJEĐENJA

Zbog toga što je koncept pasivne zgrade dobro osmišljen, nema puno unaprjeđenja koja bi mogla doprinijeti boljoj uštedi i radu takve zgrade.

6.1 Električna energija

U zimskom periodu, zbog niskih temperatura je moguć pojačani rad toplinske pumpe koja iziskuje puno električne energije za rad, te ako u zgradi postoje sobe sa serverima koje moraju biti hlađene u ljetnom periodu godine. Pri projektiranju poslovne zgrade trebalo bi imati na umu predviđenu količinu potrošnje električne energije te tako postaviti dovoljan broj fotonaponskih ćelija čija bi proizvodnja električne energije bila dovoljna za potrebe zgrade [23]. Za proizvodnju električne energije, ali i grijanje i hlađenje zgrade također se može koristiti bioplin koji se dobiva digestijom biorazgradivog otpada (slika 28.)



Slika 28. Mogućnosti korištenja energije iz bioplina [23].

6.2 Voda

Zbog sve većeg efekta staklenika i toplinskih promjena na planetu, vode je sve manje. Ponovna upotreba vode je smjer u kojem bi se trebalo okrenuti. Pasivne poslovne zgrade većinom sakupljaju kišnicu u posebnim spremnicima te ju koriste za ispiranje WC-a i zalijevanje okoliša zgrade. Voda koja dolazi iz opskrbe za pranje ruku (siva voda) bi se mogla iskoristiti ponovno jer kao takva nije jako zagađena. Ugradnjom filtera i sustava za ponovnu upotrebu vode, uštedjela bi se voda, a i smanjio mjesečni račun za potrošnju energenata.

6.3 Sustav pametne kuće

Kako bi se dodatno poboljšala ugodnost boravka ljudi u prostoru moguće je ugraditi sustav pametne kuće. To je sustav u kojem su grijanje, hlađenje, rasvjeta, sigurnosni sustav, multimedija i elektronika povezani u cjelinu. Sustavom se upravlja pomoću daljinskog upravljača, mobitela, tableta ili glavnog zidnog ekrana u zgradi. Takav sustav je na najvišoj razini te, primjerice, u slučaju požara, curenja vode i sl. javlja nadležnoj osobi problem te se može na vrijeme reagirati. Sustav može podesiti glazbu, svijetla, zalijevati vrt i dr. Sustav pametne kuće daje visoki komfor, sigurnost, uštedu energije i inteligentno izvršavanje svakodnevnih kućanskih zadataka. Kako bi sigurnost radnika bila na najvišoj razini, u slučaju veće nezgode sustav može automatski pozvati medicinsku pomoć, u slučaju provale automatski pali alarm i obavještava policiju. Kako bi smanjili potrošnju električne energije sustav ima automatsko osvjetljenje tako da se gasi rasvjeta u prostorijama gdje se ne boravi te određuje jačinu svjetla ovisno o sunčevom osvjetljenju prostora i dobi dana. Također može spuštati sjenice na prozorima automatski uzimajući u obzir razinu sunčeva zračenja, temperaturu, brzinu vjetra ili kiše.

6.4 Zeleni krov

Na smanjenje potrošnje grijanja i hlađenja, na pasivnoj zgradi može se projektirati zeleni krov. Zeleni krov djeluje kao toplinska izolacija i zamjenjuje skupocjeni crijep na krovu kuće (slika 29.). Pri projektiranju treba obratiti pažnju na orijentaciju kuće tako da Sunce maksimalno prodire u unutrašnji prostor. Zimi, zeleni krov, sprječava gubitak topline, a ljeti osvježava unutrašnjost zgrade. Takav krov može poslužiti kao terasa, ali mora imati minimalan nagib kako bi voda mola otjecati. Zeleni krov ima mnoge prednosti: štiti krov od ultraljubičastog zračenja, mehaničkih oštećenja i velikih temperaturnih razlika. Također upija zvuk, te smanjuje utjecaj buke, filtrira zrak i stvara kvalitetniju mikroklimu [24].



Slika 29. Zeleni krov na poslovnoj zgradi [24].

Općenito, prirodno raslinje, pogotovo stabla koja okružuju zgradu značajno doprinose uštedi energije kako za grijanje, tako i hlađenje. Stabla mogu reducirati temperaturu zraka tako da zasjenjuju zgradu ljeti, tako da Sunčeva svjetlost ne osvjetljava direktno zgradu, a zimi ipak dovoljno topline dopire do zgrade. Također, isparavanje vode s lišća stabala uklanja toplinu iz zraka te tako djeluje kao „rashladni uređaj“. Zimi, zimzelena stabla smanjuju brzinu vjetra i time smanjuju gubitak temperature iz zgrade. Raslinje oko zgrade apsorbira toksine iz zraka i tako osigurava zdravije okružje zgrade. Osim prednosti pogodnih za prirodu i okoliš, stabla imaju i estetske prednosti. Naime, povećavaju vrijednost same kuće i okućnice te dalju ljepši izgled [29].

7. METODIČKI DIO

7.1 Analiza nastavnog programa srednje strukovne škole u sadržaju teme diplomskog rada

Tema diplomskog rada je Pasivne poslovne zgrade. Sadržaji koji se nalaze uz vezanu temu mogu se implementirati u nastavni sadržaj predmeta Obnovljivi izvori energije, Energetika, Tehnologija grijanja i hlađenja i sl.

U sadržajnom planu nastavnog predmeta Obnovljivi izvori energije navedene su nastavne cjeline i nastavni sadržaji. Predmet se predaje u trećem i četvrtom razredu srednjih strukovnih škola u obrazovnom sektoru strojarstva, brodogradnje i metalurgije. Tjedno se održava po dva sata što znači 70 na godišnjoj razini. Cilj predmeta je stjecanje znanja i vještina kako bi učenicima omogućiti samostalno projektiranje, postavljanje i servisiranje obnovljivih izvora energije. Učenike će se upoznati s mogućnošću korištenja obnovljivih izvora energije s obzirom na energetske krize.

Redni broj	Nastavna cjelina	Nastavni sadržaj
1	Obnovljivi izvori energije u RH	- općenito o obnovljivim izvorima energije - potreba za obnovljivim izvorima energije - vrste obnovljivih izvora energije - iskoristivost, prednosti i mane obnovljivih izvora - položaj Hrvatske i budućnost obnovljivih izvora energije
2	Regulativa obnovljivih izvora energije	- direktiva EU o obnovljivim izvorima - obnovljivi izvori energije u hrvatskim zakonima
3	Energija biomase	- vrste i osnovne značajke biomase - tehnologija proizvodnje energije iz biomase - potencijal i proizvodnja biomase - termoelektrane na

		biomasu
4	Energija Sunčeva zračenja	- potencijal Sunčeva zračenja - geometrija Sunčeva zračenja - proračun Sunčeva zračenja - proizvodnja toplinske energije - solarni toplinski sustavi - solarni kolektori - solarni spremnici - pasivni solarni sustavi - proizvodnja električne energije - solarni fotonaponski sustavi - fotonaponske ćelije - solarne elektrane - sigurnosna zaštita fotonaponskih sustava - stanje i očekivani razvoj fotonaponske tehnologije
5	Energija okoliša (geotermalna energija)	- porijeklo i priroda geotermalne energije - geotermalni resursi - korištenje geotermalne energije za grijanje - korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije

Tablica 2. Nastavni sadržaji predmeta „Obnovljivi izvori energije“

Kako bi se ostvarili ciljevi i zadatci predmeta predlaže se obrađivanje sadržaja popraćeno praktičnim vježbama. Teorijski nastavu bi trebalo izvoditi u specijaliziranoj učionici opremljenoj fotonaponskim sustavom, solarnim toplinskim sustavom te modelima i uzorcima obnovljivih izvora energije. Također se predlaže posjet energetskim sustavima obnovljivih izvora energije [25].

7.2 Priprema za nastavu

S V E U Č I L I Š T E U R I J E C I
ODSJEK ZA POLITEHNIKU

Ime i prezime: Matea Glavaš

P R I P R E M A
Z A I Z V O Đ E NJ E N A S T A V E

Škola: Tehnička škola Mjesto: Rijeka
Razred: 4. A
Nastavni predmet: Obnovljivi izvori energije
Kompleks: Energija Sunčeva zračenja
Metodička (nastavna) jedinica: Fotonaponske ćelije

S A D R Ž A J N I P L A N

Podjela kompleksa na teme (vježbe, operacije)
(Uz svaku temu /vježbu, operaciju/ navedite broj nastavnih sati i podvucite onu koja se u pripremi obrađuje)

Redni broj	Naziv tema u kompleksu	Broj sati	
		teorija	vježbe
1.	Potencijal Sunčeva zračenja	1	1
2.	Geometrija Sunčeva zračenja	1	
3.	Proračun Sunčeva zračenja		1
4.	Proizvodnja toplinske energije	1	
5.	Solarni toplinski sustavi	1	1
6.	Solarni kolektori	1	1
7.	Solarni spremnici	1	
8.	Pasivni solarni sustavi	1	
9.	Proizvodnja električne energije	1	1
10.	Solarni fotonaponski sustavi	1	1
11.	Fotonaponske ćelije	1	
12.	Solarne elektrane	1	1
13.	Sigurnosna zaštita fotonaponskih sustava	1	
14.	Stanje i očekivani razvoj fotonaponske tehnologije	1	

Karakter teme (vježbe, operacije) – metodičke jedinice

Informativni tip – obrada sadržaja o fotonaponskim ćelijama

PLAN VOĐENJA ORGANIZACIJE NASTAVNOG PROCESA

Cilj (svrha) obrade metodičke jedinice:

(Navedite ŠTO OD UČENIKA OČEKUJETE na kraju, nakon obrade nastavne građe, zbog čega se građa obrađuje)

Upoznati učenike sa principom rada fotonaponske ćelije i pojmom pretvore energije sunca u električnu energiju.

Ishodi učenja (postignuća koja učenik treba ostvariti za postizanje cilja):

(Posebno upišite koja znanja; koje vještine i umijeća, te koju razinu samostalnosti i odgovornosti učenik treba steći nakon obrade nastavne teme. Ishode formulirati jasno i jednoznačno kako bi se mogli nedvojbeno provjeriti evaluacijom.)

ZNANJE I RAZUMIJEVANJE *(obrazovna postignuća)*:

- Objasniti pretvorbu energije sunca u električnu energiju
- Definirati pojam fotonaponske ćelije
- Nabrojati vrste fotonaponskih ćelija

VJEŠTINE I UMIJEĆA *(funkcionalna postignuća)*:

- Argumentirati važnost energije sunca

SAMOSTALNOST I ODGOVORNOST *(odgojna postignuća)*:

- Aktivno surađivati u nastavi odgovarajući na pitanja
- Razvijati svijest o zaštiti okoliša

Organizacija nastavnog rada – artikulacija metodičke jedinice:

(Pregledno u tablicu upišite, zasebno za uvodni, glavni i završni dio u obliku teza: ŠTO se obrađuje – sadržaj, KAKO se obrađuje – metode rada i KOLIKO se obrađuje – trajanje nastavnog rada)

Dio sata	Faze rada i sadržaj	Metodičko oblikovanje	Vrijeme (min)
UVODNI DIO	- Ponavljanje gradiva prošlog sata - Motivacija učenika	Dijalog sa učenicima	5 min
GLAVNI DIO	- Definicija fotonaponske ćelije - Primjena fotonaponske ćelije - Dijelovi fotonaponske ćelije - Princip rada fotonaponske ćelije	Frontalni rad Dijalog sa učenicima	35 min
ZAVRŠNI DIO	- Ponavljanje obrađenog sadržaja	Dijalog sa učenicima	5 min

Posebna nastavna sredstva, pomagala i ostali materijalni uvjeti rada:
(Navedite što je konkretno potrebno i količine koje su potrebne. Izdvojite zasebno sredstva, pomagala i ostalo.)

Nastavna sredstva:
- PPT prezentacija
- Model fotonaponske ćelije

Nastavna pomagala:
- Računalo
- projektor

Korelativne veze metodičke jedinice s ostalim predmetima i područjima:
(Navedite nastavni predmet i konkretno područje – temu.)

Fizika – struja, napon
Osnove elektronike - poluvodiči

Metodički oblici koji će se primjenjivati tijekom rada:
(Upišite na koji način ćete prezentirati sadržaj u pojedinom dijelu sata ili nastavnog rada)

Uvodni dio:
- Dijalogom ponavljam gradivo prošlog sata

Glavni dio:
- Frontalnim radom objašnjavam definiciju, primjenu, dijelove i princip rada fotonaponske ćelije
- Dijalog sa učenicima

Završni dio:
- Ponavljanje kroz dijalog sa učenicima

Izvori za pripremanje nastavnika:
(Literatura s potpunim bibliografskim podacima, prikupljenim podacima, uvidom u konkretnu praksu i drugo.)

Lambić, M., *Solarne tehnologije – toplinski i fotonaponski sustavi*, AGM knjiga

Izvori za pripremanje učenika:
(Udžbenik ili/i pomoćna literatura s potpunim bibliografskim podacima i sl.)

Bilješke sa sata

TIJEK IZVOĐENJA NASTAVE – NASTAVNI RAD

(Detaljna razrada teza iz tablice artikulacije – napisati onako kako će se izvoditi pred učenicima – "scenarij" nastavnog procesa)*

UVODNI DIO

Sat započinjem pozdravljanjem učenika. Najavljujem današnju temu te zapisujem naslov i datum na ploču.

Ponavljanje gradiva

Razgovorom sa učenicima ponavljam gradivo prošlih sati o solarnim kolektorima i proizvodnji električne energije.

Što je energija Sunca?
Na koji način dobivamo električnu energiju iz energije Sunca?

Motivacija učenika

Želim potaknuti raspravu među učenicima pitanjem Što su fotonaponske ćelije i koja im je zadaća?

GLAVNI DIO

Definicija fotonaponske ćelije

Učenicima prikazujem video o energiji Sunca i njenoj pretvorbi u električnu energiju. Na videu je zorno prikazana fotonaponska ćelija i njeno korištenje. Želim da učenici iz priloženog videa sami osmisle definiciju fotonaponske ćelije. Nakon nekog vremena, izgovaram definiciju fotonaponske ćelije te je učenici zapisuju u bilježnicu. Fotonaponska ćelija je poluvodički uređaj koji pretvara sunčevu energiju izravno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta.



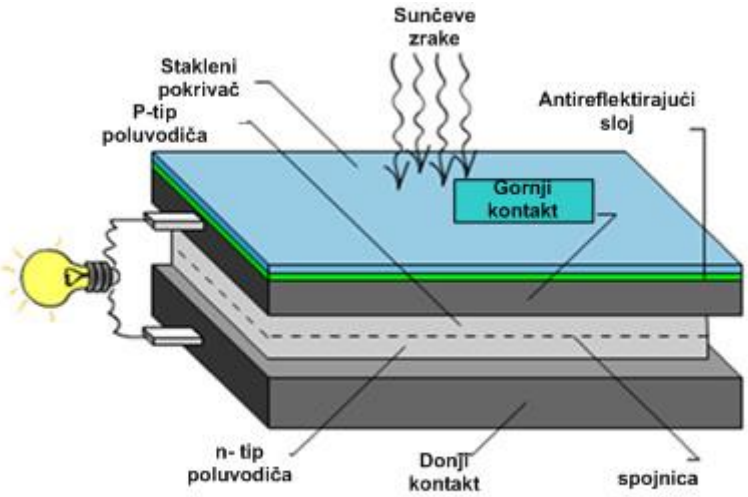
* Uložite nove stranice papira, odnosno onoliko koliko zahtijeva tekst "scenarija".

Primjena fotonaponske ćelije

Prikazujem slajd na kojem je prikazana široka primjena fotonaponskih ćelija te ih objašnjavam. Ukazujem na važnost zaštite okoliša s obzirom na ovakvu proizvodnju električne energije.

Dijelovi fotonaponske ćelije

Na slajdu prikazujem sliku na kojoj su prikazani dijelovi fotonaponske ćelije te objašnjavam ulogu pojedinog dijela. Učenici crtanju u bilježnicu građu fotonaponske ćelije.



Princip rada fotonaponske ćelije

Prikazujem video na kojem je objašnjen rad fotonaponske ćelije. Tijekom videa učenicima dodatno objašnjavam ključne točke u radu ćelije.
Fotonaponska ćelija je izrađena od dva sloja – pozitivni i negativni. Razlika potencijala između pozitivnog i negativnog sloja ovisi o intenzitetu solarnog zračenja. Sunčeva energija stiže na Zemlju u obliku fotona. Kada foton padne na površinu solarnog panela, foton predaje svoju energiju panelu i izbija negativno nabijene elektrone iz atoma. Ti izbijeni elektroni kreću se do drugog sloja (negativnog) na drugoj strani panela i tako dolazi do razlike potencijala te nastaje električna energija.

ZAVRŠNI DIO

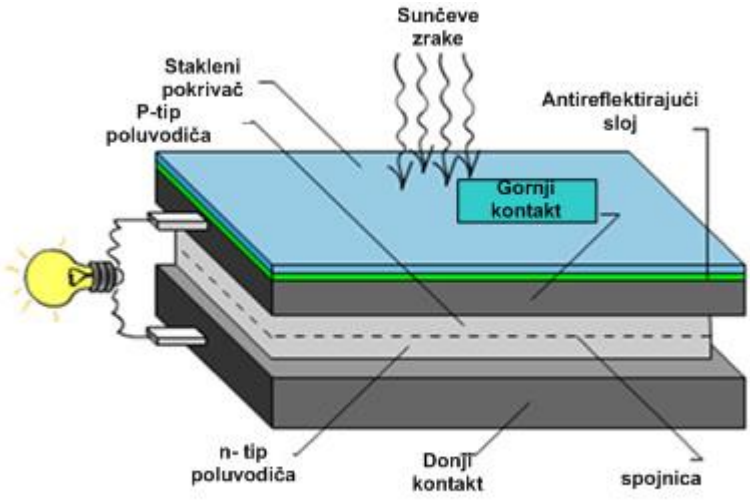
Sa učenicima ponavljam gradivo današnjeg sata. Pozdravljam učenike i zahvaljujem im se na suradnji.

Izgled ploče

(Skicirati potpuni izgled ploče nakon obrađene teme /naslov, skice, crteži, tekst/ .)

FOTONAPONSKA ĆELIJA

Fotonaponska ćelija - poluvodički uređaj koji pretvara sunčevu energiju izravno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta



_____

(potpis studenta)

*Pregledao:_____ *Datum:_____

Osvrt na izvođenje:

(Sažet kritički osvrt na sadržajnu, stručno – teorijsku, organizacijsko – tehničku i subjektivnu komponentu vođenja nastavnog procesa.)

*Ocjena:_____ _____

_____

(Potpis ocjenjivača) (Datum)

* Popunjava se ako se obrazac koristi za nastavnu praksu studenata.

8. ZAKLJUČAK

Klimatske promjene, koje je većinom prouzrokovao čovjek, imaju sve veći utjecaj na život na Zemlji. Resursi vode nestaju, energenata za grijanje je sve manje, a proizvodnja električne energije na konvencionalan način je nepogodna za okoliš. Uz sve navedeno, i troškovi života su sve skuplji. Zbog očuvanja prirode, ali i kućnog budžeta osmišljen je koncept pasivne kuće koji je zaživjeo i u poslovnom zgradarstvu. Kako su poslovne zgrade velike građevine u kojoj tijekom dana borave stotine ljudi tako je i potrošnja energenata velika. Gradnjom pasivne poslovne zgrade smanjit će se potrošnja energenata, koristiti energija iz obnovljivih izvora pa tako i smanjiti trošak režija. U svijetu se pasivne poslovne zgrade u današnje vrijeme masovno izgrađuju, a u Hrvatskoj u daleko manjoj mjeri. Kako je pasivnih kuća u Hrvatskoj iz godine u godinu sve više, možda će i broj pasivnih poslovnih zgrada početi rasti. Problem predstavlja značajnija investicija za gradnju takve zgrade, jer se moraju koristiti najbolji dostupni materijali za gradnju, toplinsku izolaciju, stolariju i ventilacijske sustave kako bi zgrada zadržala pasivni standard. Ali kroz niz godina življenja i obitavanja i takvoj zgradi, investicija se vraća i ostaje ugodan život u zgradi uz očuvanje prirode, nisku potrošnju energenata, a tako i niske režije.

9. LITERATURA

[1] Milovanović, B., Štirmer N., Miščević, LJ. *Pasivna kuća poboljšanje kvalitete stanovanja. Sveučilište u Zagrebu,* Zagreb preuzeto 23.8.2018.

[2] Senegačnik Zbašnik, M. (2009). *Pasivna kuća*. Zagreb

[3] Miščević, LJ., (2005). *Pasivni energetski standard u graditeljstvu kao perspektiva održivog razvitka – prve pasivne kuće u Hrvatskoj*. Hrvatsko energetsko društvo, Zagreb 117.-126.

[4] Mineralna vuna, Wikipedia preuzeto 24.8.2018.

[5] Toplinska izolacija, Wikipedia preuzeto 24.8.2018.

[6] Ektrudirani polistiren, Gradimo.hr preuzeto 24.8.2018.

[7] Toplinski most, Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj preuzeto 25.8.2018.

[8] Miščević, LJ. Pasivna kuća- ventilacija, Korak u prostor preuzeto 26.8.2018.

[9] Što su dizalice topline i kako rade?, Regulator.hr preuzeto 27.8.2018.

[10] Pasivna kuća, Wikipedia preuzeto 27.8.2018.

[11] The UK's largest passivhaus, CIBSE journal preuzeto 28.8.2018.

[12] New office building in Frankfurt receives Passive House certification, Buildup.eu preuzeto 28.8.2018.

[13] Largest Passive House office building in the U.S., bdcnetwork.com preuzeto 29.8.2018.

[14] U Hrvatskoj izgrađena 21 pasivna kuća, poslovni.hr preuzeto 29.8.2018.

[15] Cijene kamene vune, ikoma.hr preuzeto 30.8.2018.

[16] Troslojno IZO LOW-E staklo ponuda, inoprem.hr preuzeto 30.8.2018.

[17] Plinski bojler ponuda, metrex.hr preuzeto 31.8.2018.

[18] Plin cijena, gpz-opskrba.hr preuzeto 1.9.2018.

[19] Dizalica topline cijena, solarno.hr preuzeto 1.9.2018.

[20] Tarifne stavke cijene, HEP preuzeto 1.9.2018.

[21] Potrošnja klima uređaja, arijanova.hr

[22] Rekuperatori ponuda, klima-uređaji.hr

[23] Dr. Sc. Kulišić, B.,Toplinska energija iz kogeneracija na bioplin, poslovni.hr

[24] Modrić, T. (2016). Uloga zelenih krovova u održivom razvoju zajednice, Sveučilište Sjever, Varaždin

[25] Nastavni program za predmet obnovljivi izvori energije, Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH preuzeto 10.9.2018.

[26] PVC stolarija Secom preuzeto 2.9.2018.

[27] Blower door testing, Carolina home performance preuzeto 3.9.2018.

[28] Galerija slika, rudan.com

[29] Trees Of Strength, projects.ncsu.edu preuzeto 13.9.2018.