

Izgradnja obiteljskog stambenog objekta sa energetskeg i ekonomskog stajališta

Stepčić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Pula - College of Applied Sciences / Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:938125>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown

SADRŽAJ:

1. UVOD:

- 1.1 Opis problema
- 1.2 Cilj i svrha
- 1.3 Polazna hipoteza
- 1.4 Metode istraživanja

2. GRADNJA I OSNOVNI POJMOVI:

- 2.1 Koeficijent prolaska topline
- 2.2 Kvantitativni odnos volumena građevine i omotača građevine
- 2.3 Toplinska kvaliteta neprozirnih elementa građevine
- 2.4 Toplinska kvaliteta prozirnih elementa građevine
- 2.5 Djelovanje sunčevog zračenja-insolacija
- 2.6 Toplinski mostovi

3. NISKOENERGETSKA KUĆA (NE):

- 3.1 Uvod
- 3.2 Orijentacija kuće
- 3.3 Toplinska izolacija omotača

4. GRADNJA NE KUĆE OD CIGLE:

- 4.1 Način gradnje
- 4.2 Cjenik

5. GRADNJA NE KUĆE OD POROBETONA:

- 5.1 Način gradnje
- 5.2 Cjenik

6. GRADNJA MONTAŽNE NE KUĆE:

- 6.1 Način gradnje
- 6.2 Cjenik

7. SINTEZA

7.1 Usporedba dobivenih vrijednosti

8. SUNČEVI KOLEKTORI ZA PRIPREMU TOPLE VODE

8.1 Uvod

8.2 Energetska i ekonomska isplativost sustava

9. TOPLINSKE PUMPE

9.1 Uvod

9.2 Energetska i ekonomska isplativost sustava

10. ZAKLJUČAK

11. POPIS SLIKA, TABLICA I DIJAGRAMA

12. POPIS LITERATURE

1.Uvod

1.1 Opis problema

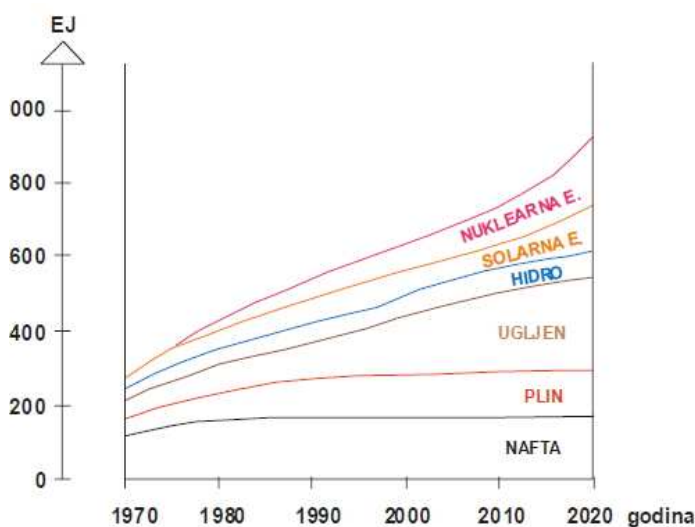
Glavni problemi održivog razvitka ljudskog društva u budućnosti su :

1. Osiguranje dovoljnih količina jeftine energije

2.Zaštita okoliša

Pod pojmom održivog razvitka podrazumijeva se onaj razvitak koji zadovoljava današnje potrebe, ali bez ugrožavanja mogućnosti da i buduće generacije ostvare svoje potrebe. Energija koju dobivamo iz fosilnih goriva kao što su ugljen, nafta, zemni plin sasvim je ograničena. Nameće se velika potreba uporabe obnovljivih izvora energije koji će osigurati održivi razvitak. Tehnologiju uporabe obnovljivih izvora energije treba značajno usavršiti kako bi cijena energije postala niža od cijene energije dobivene iz klasičnih izvora.

Održiva gradnja, kao dio održivog razvitka, može se definirati kao gradnja koja upotrebljava ekološki čiste materijale, proizvodi energetski efikasne građevine i gospodari otpadom u sferi graditeljstva.



Slika 1. Svijet ovisan o fosilnim gorivima, izvor www.wikipedia.org/ izvori energije

Prve naftne krize početkom 70-ih godina pa sve do danas uzrokovale su kontinuirano nadograđivanje propisa o toplinskoj zaštiti zgrada. Zgrade građene prije tog perioda i danas su u funkciji i nepotrebno troše velike količine energije zbog slabe ili nikakve toplinske izolacije.

1.2 Cilj i svrha

Cilj i svrha je energetska učinkovitost u građenju, ugodnost življenja u stvorenoj građevini, te nadalje očuvanje Planete za buduće naraštaje. Pojednostavljeno, energetska učinkovitost znači uporabiti manju količinu energije (energenta) za obavljanje istog posla grijanja ili hlađenja prostora, rasvjetu.

Pod pojmom energetska učinkovitost podrazumijevamo učinkovitu uporabu energije. Važno je istaknuti da se energetska učinkovitost nikako ne smije promatrati kao štednja energija. Naime, štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok učinkovita uporaba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja. Nadalje, poboljšanje učinkovitosti i potrošnje energije ne podrazumijeva samo primjenu tehničkih rješenja. Štoviše, svaka tehnologija i tehnička oprema, bez obzira koliko učinkovita bila, gubi to svoje svojstvo ako ne postoje obrazovani ljudi koji će se njome znati služiti na najučinkovitiji mogući način. Prema tome, može se reći da je energetska učinkovitost prvenstveno stvar svijesti ljudi i njihovoj volji za promjenom ustaljenih navika prema energetski učinkovitijim rješenjima, negoli je to stvar složenih tehničkih rješenja.



Slika 2. Energetska klasifikacija, izvor www.energetskaucinkovitost.com

1.3 Polazna hipoteza

Sadašnjost nam omogućuje korištenje najnaprednijih tehnologija, stoga moramo iskoristiti iste u interakciji s prirodom, te izgraditi obiteljski niskoenergetski dom s ograničenim ekonomskim resursom.

1.4 Metode istraživanja

- deskriptivna
- matematička
- grafička

2. Gradnja i osnovni pojmovi

2.1 Koeficijent prolaska topline

Koeficijent prolaska topline (oznaka: U) je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m² površine, kod razlike temperature od 1K, izraženi u W/m²K.

Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka (kWh/m²), a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja. Tipične vrijednosti koeficijent prolaska topline U za uobičajene strukture zgrada :

- jednostruko staklo (4 mm) : 5,81 W/m²K;
- dvostruko staklo (4 + 8 + 4): 3,0 W/m²K;
- dvostruko izo staklo (4 + 16 + 4): 1,1 W/m²K;
- trostruko izo staklo (4 + 12 + 4 + 12 + 4): 0,5 W/m²K;
- neizolirani zid od šuplje opeke debljine 19 cm: 1,67 W/m²K;
- izolirani zid od opeke 19 cm sa 10 cm mineralne vune: 0,32 W/m²K;
- izolirani zid od opeke 19 cm sa 10 cm stiropora: 0,31 W/m²K;
- slabo izolirani krov: 1,0 W/m²K;
- dobro izolirani krov: 0,15 W/m²K;
- dobro izolirani pod: 0,2 W/m²K;
- slabo izolirani pod: 1,0 W/m²K;

2.2 Kvantitativni odnos volumena i omotača građevine

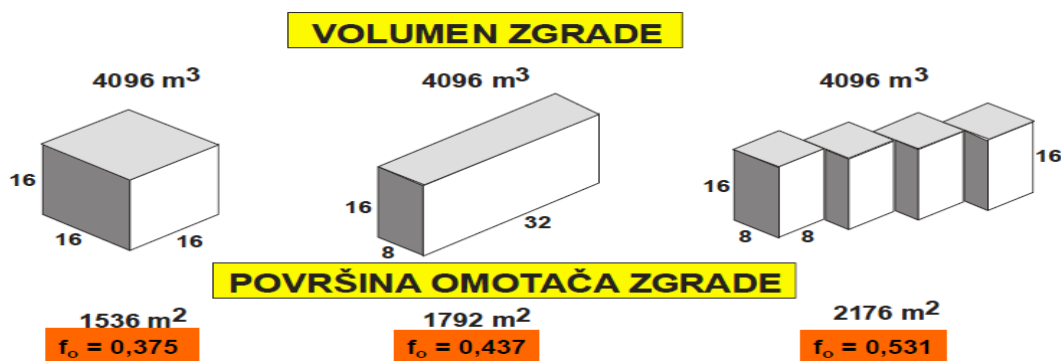
Odnos volumena neke građevine i površine njenog omotača može imati bitnu ulogu u količini potrošene energije potrebne za zagrijavanje iste.

$$f_o = A/V_e \text{ (1/m)}$$

To je omjer oplošja A (m²) i volumena V_e (m³) grijanog dijela.

Građevine razvedenih oblika mogu imati i do 35 % veću površinu omotača od građevina pravilnih geometrijskih oblika.

Građevine razvedenih oblika troše i više energije potrebne za zagrijavanje, pa bi zbog toga trebale imati i kvalitetniji omotač u toplinskom smislu.

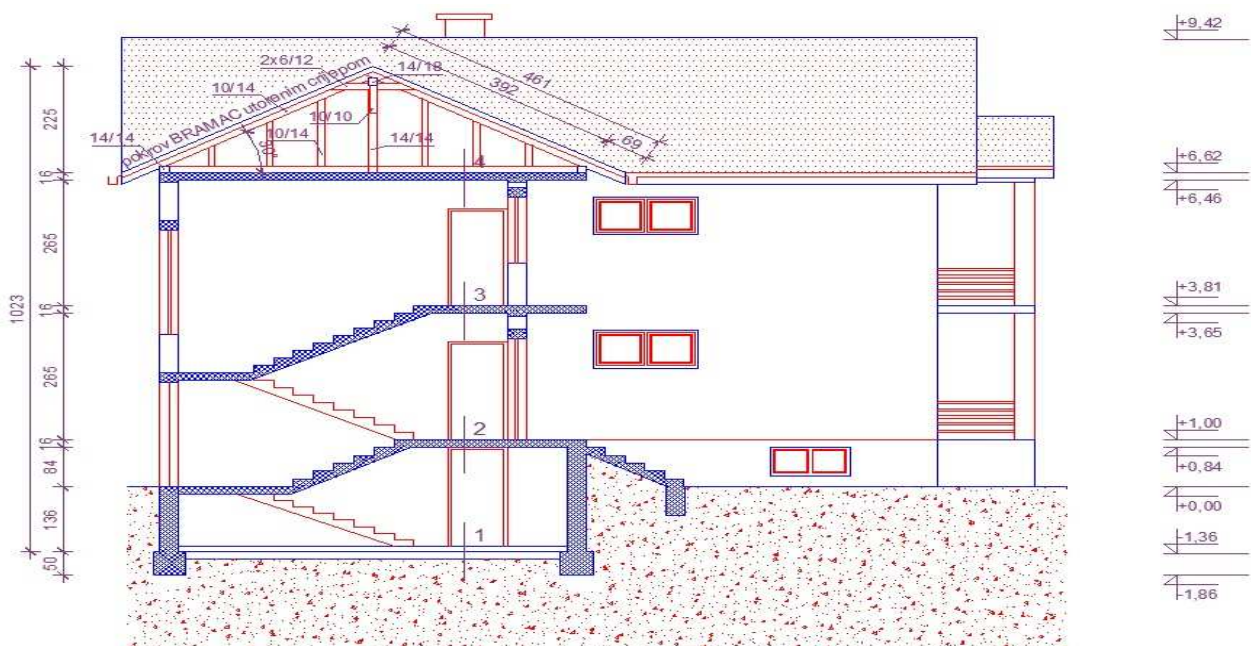


Slika 3. Razvedenost omotača zgrade, izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

2.3 Toplinska kvaliteta neprozirnih elemenata građevine

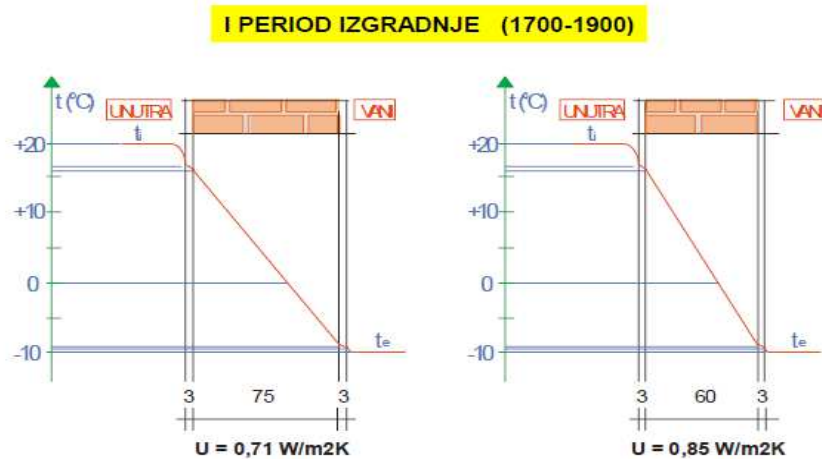
Svaki omotač zgrade čini više vrsta različitih obodnih konstrukcija i elemenata. Svaka od tih obodnih konstrukcija doprinosi ukupnoj toplinskoj kvaliteti omotača proporcionalno učešću površine pojedine konstrukcije u ukupnoj površini omotača zgrade. Omotač zgrade dijeli grijani od ne grijanog prostora. Obodne konstrukcije dijelimo na neprozirne i prozirne. Između njih postoje velike funkcionalne razlike, što znači i velike razlike u materijalima od kojih mogu biti izvedene. Neprozirne obodne konstrukcije u pravilu čine veći dio omotača zgrade. Kod stambenih zgrada taj odnos neprozirnih prema prozirnim konstrukcijama je u najvećem broju slučajeva 3:1 do 4:1. Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama propisuje najveće dopuštene koeficijente prolaska topline “U” za obodne konstrukcije prema njihovom položaju u zgradi :

- 1.VANJSKI ZIDOVI, ZIDOVI PREMA GARAŽI, TAVANU
- 2.ZIDOVI PREMA NEGRIJANOM STUBIŠTU
- 3.ZIDOVI PREMA TLU
- 4.PODOVI NA TLU
- 5.STROPOVI IZMEĐU STANOVA ILI RAZLIČITIH GRIJANIH FUNKCIONALNIH CJELINA
- 6.STROPOVI PREMA TAVANU
- 7.STROPOVI PREMA NEGRIJANOM PODRUMU
- 8.RAVNI I KOSI KROVOVI IZNAD GRIJANIH PROSTORA
- 9.STROPOVI IZNAD VANJSKOG PROSTORA I IZNAD GARAŽA



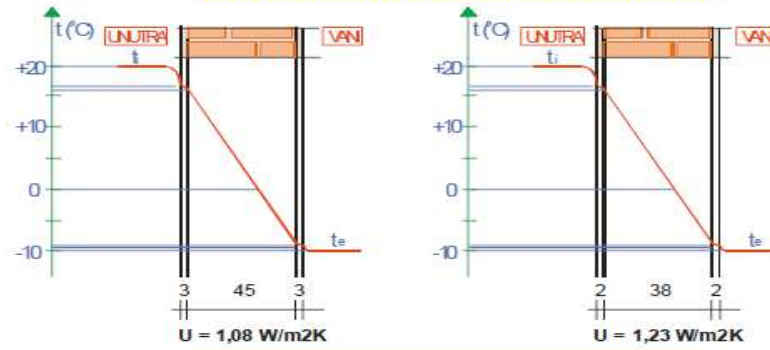
Slika 4. obodne konstrukcije, izvor www.luka.gradnja.hr

Na kvalitetu omotača zgrade utjecali su, u različitim periodima izgradnje zgrada na našem području, osim klimatskih naročito još gospodarski, tehničko-tehnološki i sociološki elementi. Na sljedećim primjerima vanjskih zidova vidimo značajne promjene u njihovoj toplinskoj kvaliteti zavisno od perioda u kojem su građeni.

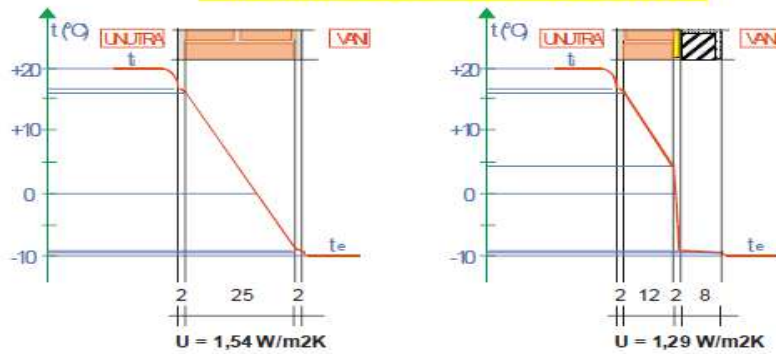


Slika 5. izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

II PERIOD IZGRADNJE (1901-1945)

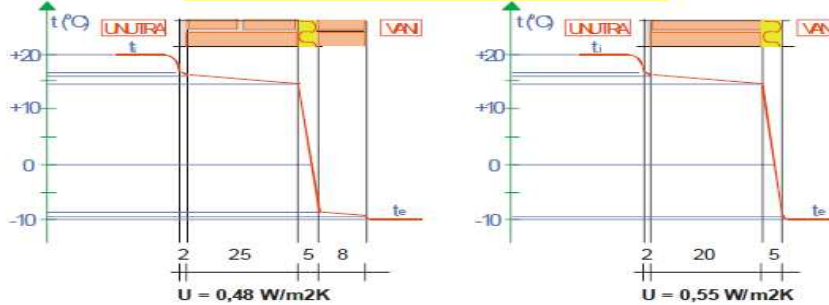


III PERIOD IZGRADNJE (1946-1975)

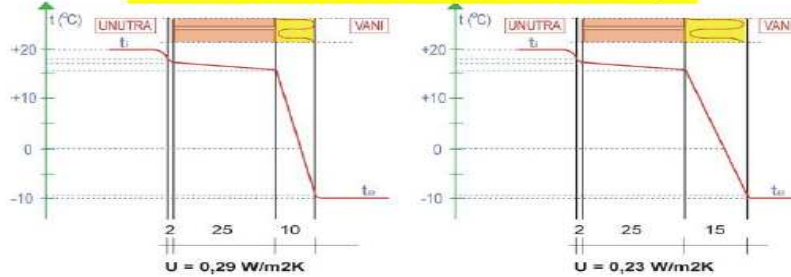


Slika 6.izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

IV PERIOD IZGRADNJE (1976-2000)



V PERIOD IZGRADNJE (2001- do danas)



Slika 7. izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

Prethodni primjeri pokazuju da je toplinska kvaliteta vanjskih zidova bila na najnižoj razini u periodu izgradnje od 1946-1975.

U toplinskom smislu loše obodne konstrukcije iz tog perioda imaju u prosjeku čak tri puta lošiju izolaciju u odnosu na onu koja se izvodi danas.

Veliki problem je što se većina tih zgrada i danas nalazi u funkciji, što znači da se nepotrebno troše veće količine energije potrebne za zagrijavanje zimi i klimatizaciju ljeti.

2.4 Toplinska kvaliteta prozirnih elemenata građevine

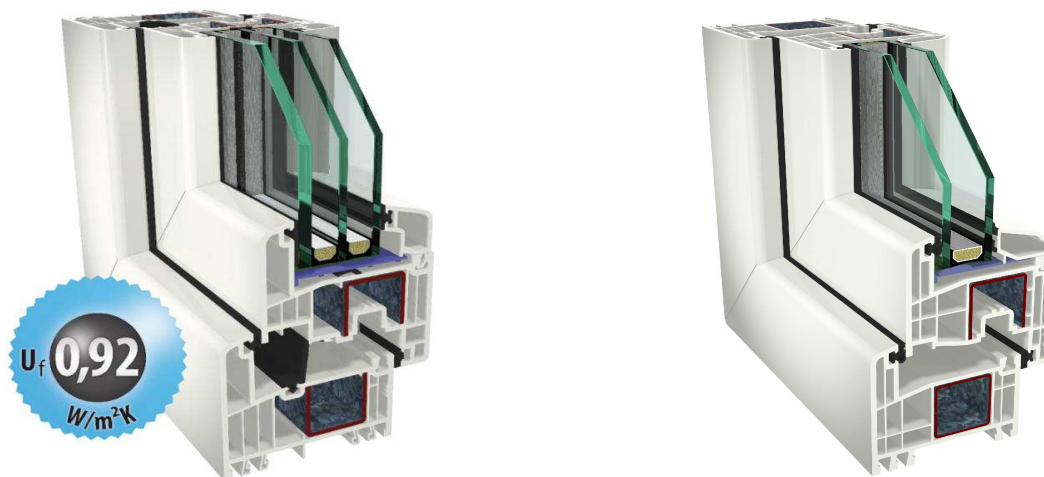
Na toplinsku kvalitetu prozirnih obodnih konstrukcija najviše utječu sljedeći elementi:

- A) BROJ STAKLENIH PLOHA I DEBLJINE ZRAČNIH SLOJEVA IZMEĐU PROZIRNIH MATERIJALA (TRANSMISIJSKI GUBITAK TOPLINE)
- B) MATERIJAL OD KOJEG JE NAPRAVLJEN OKVIR I NAČIN SPAJANJA ELEMENATA OKVIRA (TRANSMISIJSKI GUBITAK TOPLINE)
- C) PRIANJANJE POKRETNIH ELEMENATA UZ FIKSNE ELEMENTE ILI DOBRO ZAPTIVANJE (VENTILACIJSKI GUBITCI TOPLINE)

Koeficijent prolaska topline “U” značajno varira za prozore različite kvalitete. Od 6,0 W/m²K za jednostruke prozore do 0,7 W/m²K za vrlo kvalitetne trostruke prozore.

Ventilacijski gubitci topline kroz nepoželjne spojnice prozora mogu biti i do 30 % od ukupnih gubitaka topline kroz omotač zgrade.

Ventilacijski gubitci topline u pravilu se pojavljuju na spojevima okvira i pokretnih dijelova prozora i na spojevima okvira sa neprozirnim dijelovima obodne konstrukcije



Slika 8. presjeci prozora, izvor www.gealan.hr

2.5 Djelovanje sunčevog zračenja-insolacija

Fizikalni procesi fuzije, koji se neprekidno dešavaju na suncu, oslobađaju velike količine energije koja se u obliku elektromagnetskih valova ravnomjerno širi svemirom. Do zemljine atmosfere dolazi energija od oko 1350 W/m^2 . Do zemljine površine prolaskom kroz atmosferu sunčevo zračenje još oslabi. To ovisi o kutu upada sunčanih zraka, čistoći atmosfere, oblačnosti i visini sunca iznad horizonta. Osim direktnih sunčevih zraka na zemljinu površinu dolazi i dio sunčeve energije koji se raspršio od zemljine površine i drugih objekata u atmosferi. to je tzv. reflektirano ili difuzno sunčevo zračenje.

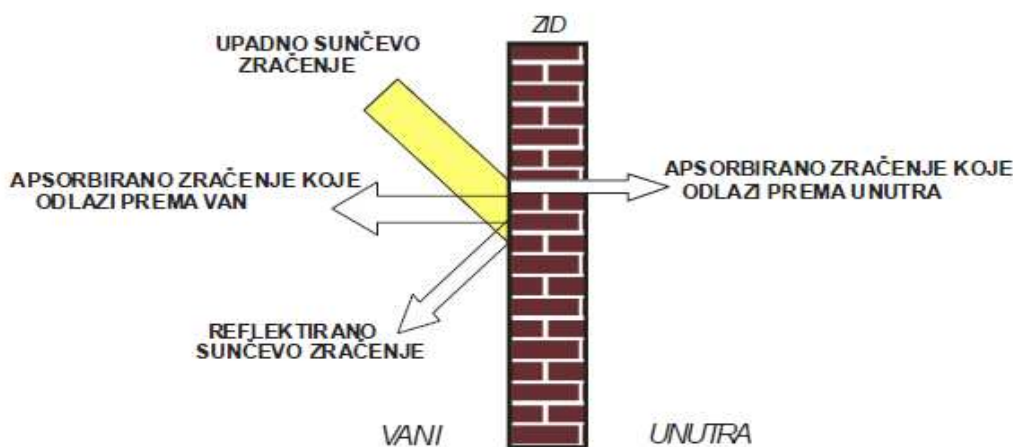
Ukupno sunčevo zračenje koje pada na jedinicu površine nekog građevinskog elementa razlaže se u nekoliko dijelova. Omjer među tim dijelovima ovisi o koeficijentu apsorpcije, refleksije i transparentnosti površine građevinskog elementa na koji pada sunčevo zračenje.

Količina apsorbiranog kratkovalnog sunčevog zračenja ovisi najviše o boji površine građevinskog elementa :

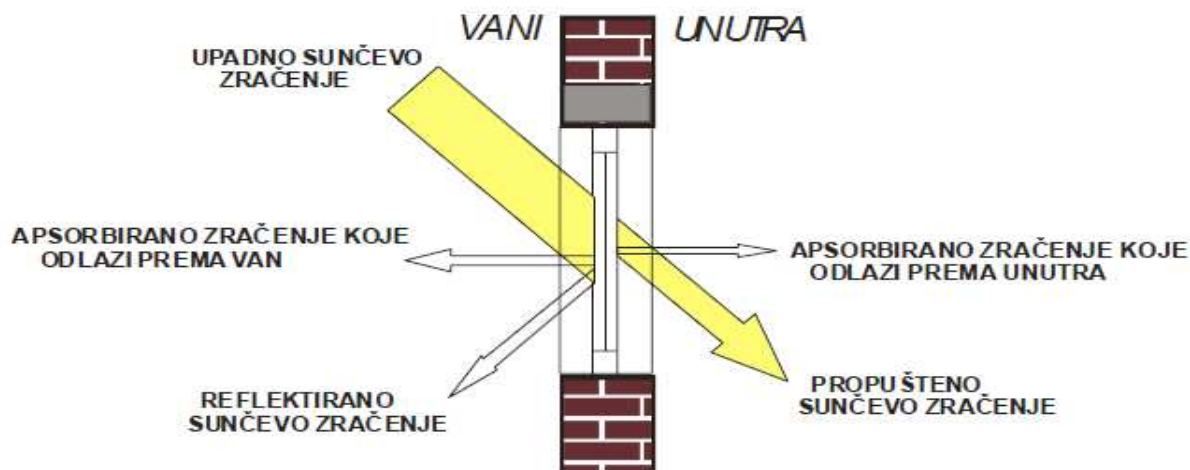
BOJA POVRŠINE GRAĐEVINSKOG ELEMENTA	KOEFICIJENT APSORPCIJE (%)
BIJELA	0,2-0,3
ŽUTA, NARANČASTA, SVIJETLO CRVENA	0,3-0,5
TAMNO CRVENA, SVIJETLO ZELENA	0,5-0,7
SMEĐA, TAMNO ZELENA, TAMNO PLAVA	0,7-0,9
TAMNO SMEĐA, CRNA	0,9-1

Slika 9. tablica koeficijenta apsorpcije, izvor www.insolacija.hr

Treba razlikovati djelovanje sunčevog zračenja koje padne na neprozirni i prozirni građevinski element ili konstrukciju. na sljedeća dva crteža prikazana je ta bitna razlika u raspodjeli sunčevog zračenja



Slika 10. djelovanje sunca na neprozirne površine, izvor www.insolacija.hr

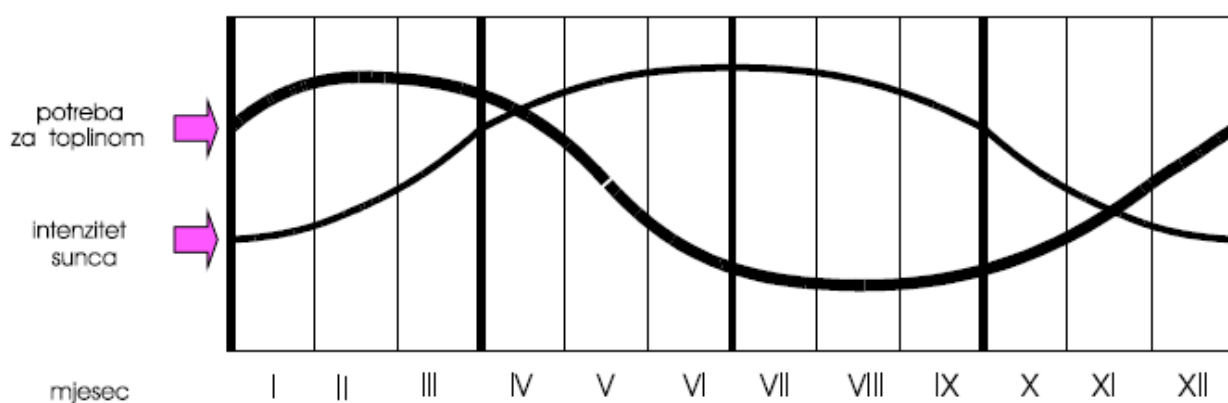


Slika 11. djelovanje sunčevog zračenja, izvor www.insolacija.hr

Puno veću ulogu u apsorpciji sunčevog zračenja imaju prozirni dijelovi omotača zgrade. Veći dio sunčevog zračenja ti elementi propuštaju u unutrašnjost zgrade, pa se na taj način i količina iskorištenja dodatne toplinske energije povećava.

U našim kontinentalnim klimatskim uvjetima potreba za sunčevom energijom u različitim godišnjim dobima obrnuto je proporcionalna sa intenzitetom sunčevog zračenja. To je dodatni problem koji treba savladati omotač zgrade odnosno obodne građevinske konstrukcije i elementi.

Snaga zimskog sunca samo je 10 % manja od ljetnog, a razlog toga je dulji prolazak sunčevog zračenja kroz atmosferu.



Slika 12. dijagram intenziteta sunčevog zračenja, izvor www.insolacija.hr

U zimskom periodu potrebno je što je moguće više ostvariti prodor sunčevih zraka kroz prozirne dijelove konstrukcije

U ljetnom periodu potrebno je ostvariti učinkovitu zaštitu od sunčevih zraka koje narušavaju toplinski komfor u zgradama



Slika 13. djelovanje sunčevog zračenja ljeti i zimi, izvor www.insolacija.hr

Dobra orijentacija prema stranama svijeta i pravilno proporcioniranje prozirnih obodnih konstrukcija ima vrlo bitnu ulogu za stvaranje povoljnog toplinskog komfora u zgradama tijekom cijele godine

2.6 Toplinski mostovi u obodnim konstrukcijama

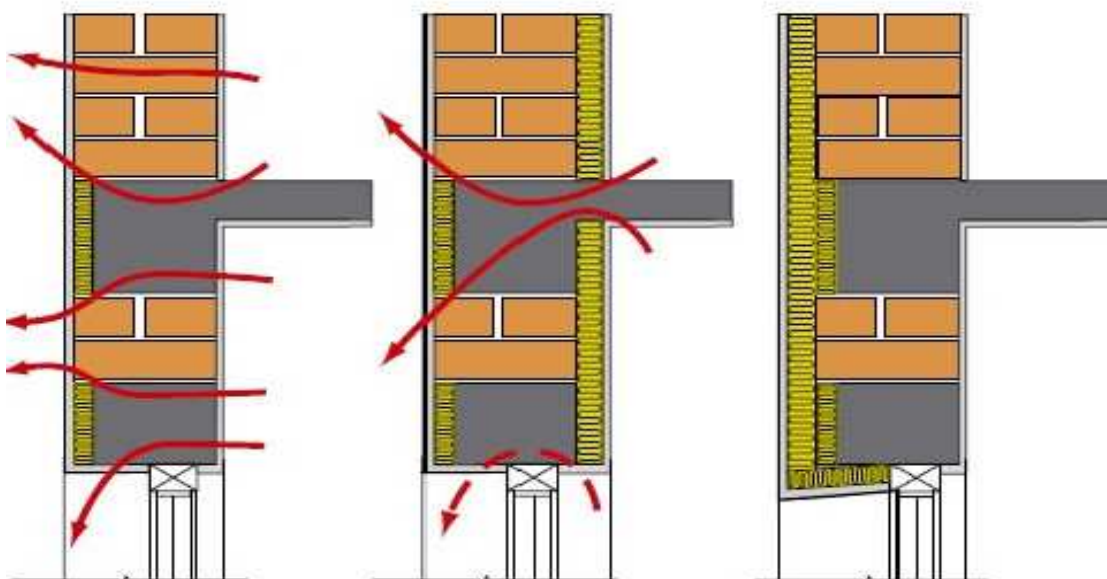
Toplinski mostovi su dijelovi omotača zgrade koji imaju znatno manji toplinski otpor ili otpor prolazu topline od prosječnog otpora za cijeli omotač zgrade.

Oni najčešće nastaju na mjestima ortogonalnih projekcija unutrašnjih nosivih konstrukcija na obodne konstrukcije koje čine omotač zgrade.

Slabom kvalitetom u toplinskom smislu toplinski mostovi predstavljaju mjesta kroz koja se nepotrebno gubi toplinska energija potrebna za zagrijavanje u zimskom periodu

Zbog snižene temperature unutrašnje površine toplinskih mostova može doći do pojave kondenzacije vodene pare. Ako do kondenzacije i ne dođe ti dijelovi omotača zgrade, zbog hladnije površine, predstavljaju mjesta bržeg taloženja prašine.

To rezultira sa promjenom boje unutrašnje površine tih dijelova konstrukcije i sa većim temperaturnim naprezanjima .



Slika 14. toplinski mostovi, izvor www.gradenje.com

Izgraditi zgradu bez toplinskih mostova gotovo je nemoguće, ali uz pravilno projektirane detalje toplinske zaštite utjecaj toplinskih mostova možemo smanjiti na minimum. Uz kvalitetnu toplinsku izolaciju vanjske ovojnice kuće, izbjegavanje jakih toplinskih mostova preduvjet je energetske efikasne gradnje. Postavom toplinske izolacije s vanjske strane možemo izbjeći većinu toplinskih gubitaka kod toplinskih mostova. Pozicija prozora u zidu također igra važnu ulogu izbjegavanju toplinskih mostova. Ako je moguće prozor treba biti smješten u nivou toplinske izolacije. Ako to nije moguće potrebno je toplinski izolirati špalete oko prozora.

Potencijalna mjesta toplinskih mostova su konzolne istake balkona, istake streha krovova, spojevi konstrukcija, spojevi zida i prozora, kutije za roletu, temelji i drugo. Zato na njima, pri rješavanju konstruktivnih detalja, treba obratiti posebnu pažnju. Po završetku izgradnje, kvalitetu gradnje i toplinske zaštite moguće je dodatno provjeriti termografskim snimanjem.

3.Niskoenergetska kuća (NE)

3.1Uvod

Gradnja kuće za svakog je pojedinca velik izazov, ali i velika investicija . Prije samog početka gradnje kuće treba odlučiti o puno stvari: koliko velika će biti kuća, koliko i kakvih će imati prostorija, od kakvih će materijala biti izgrađena, kakvi će biti prozori, kakav krov, kakvo grijanje, hlađenje, izolacija i fasada, a u posljednje vrijeme i kakvog će kuća biti energetskeg standarda – *obična*, niskoenergetska ili pasivna.

Niskoenergetska kuća je zgrada s godišnjom potrošnjom energije za grijanje, odnosno energetskeg brojem od 40 do 60 kWh po m². To je dobro toplinski izolirana kuća kuća , te je ugrađena kvalitetna stolarija ostakljena višeslojnim staklom. Za grijanje se u takvoj zgradi u pravilu koristi neki od tradicionalnih sustava grijanja i grijaćih tijela.

3.2 Orientacija kuće

Od položaja objekta ovisi ne samo osvjetljenje prostorija već i dobitak topline od sunčevog zračenja, što je vrlo bitno ukoliko se planira gradnja niskoenergetske kuće. Kako bi se postigli strogi kriteriji energetskeg efikasne gradnje objekta, prostorije u kojima se najviše boravi treba orijentirati prema suncu. Prema suncu se orijentira uglavnom dnevna soba sa velikim prozorima i vratima koja propuštaju svjetlost i toplinu u unutrašnjost objekta.

Prostorije orijentirane prema jugu će imati dobro dnevno osvjetljenje i tokom čitave godine će imati dobitke od sunčevog zračenja. Savjetuje se sadenje listopadnog drveća u prostoru ispred koje će ljeti štiti od pregrijavanja, a zimi kada lišće padne, dozvoljava prodor sunčevih zraka. Jug je pogodan za dnevni boravak, blagovaonu i dječje sobe.

Pravilna orijentacija objekta i prostorija je veoma bitna. Time se stvara ugodan stambeni prostor, smanjuje se potrošnja električne energije za klimatizaciju tokom ljetnih mjeseci i dogrijavanja tokom zime.

3.3 Toplinska izolacija omotača kuće

Toplinska izolacija kuće smanjuje toplinske gubitke zimi, čuva od pregrijavanja ljeti, te čuva konstrukciju od vanjskih uvjeta i jakih temperaturnih naprezanja. Toplinski izolirana kuća je ugodnija, produžuje joj se životni vijek i doprinosi zaštiti okoliša. Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje energetskeg efikasne kuća. Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti λ . Što je koeficijent topline U manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

Na toplinsku zaštitu utječu debljina sloja toplinske izolacije i koeficijent toplinske vodljivosti materijala λ (W/mK) Ponuda toplinske izolacijskih materijala na tržištu je raznolika, a možemo ih podijeliti na anorganske i organske materijale. Od anorganskih materijala najviše se koriste kamena i staklena vuna, dok je među

organskim materijalima najpopularniji stiropor. Većina uobičajenih toplinsko izolacijskih materijala ima koeficijent toplinske vodljivosti $k = 0,030-0,045 \text{ W/mK}$, pa potrebna debljina za koeficijent prolaska topline $U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ iznosi 8-11 cm. Kod toplinske izolacije ne smijemo zanemariti ulogu materijala od kojih neki već imaju vrlo visoke toplinske karakteristike kao što su porozirana termo opeka i probeton. Ti materijali zamjenjuju od 8-25 cm toplinske izolacije ovisno o debljini zida.



Slika 15. toplinski gubitci ,izvor www.fenix-tp.hr

VANJSKI ZID	SLOJ IZOLACIJE (cm)	UKUPNA DEBLJINA ZIDA (cm)	KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U (W/m ² K)	TOPLINSKI GUBICI KROZ ZID (kWh/m ² god)	UŠTEDA %
šuplja blok opeka 19 cm, obostrano ožbukana	4	27	0,62	49,6	-
	6	29	0,47	37,6	24,2
	8	31	0,38	30,4	38,7
	10	33	0,32	25,6	48,4
	20	43	0,17	13,6	72,6
šuplja blok opeka 29 cm, obostrano ožbukana	4	37	0,55	44,0	-
	6	39	0,43	34,4	21,8
	8	41	0,35	28,0	36,4
	10	43	0,30	24,0	45,5
Armirano-betonski zid 20 cm, obostrano ožbukana	20	53	0,17	13,6	69,1
	4	28	0,75	60,0	-
	6	30	0,54	43,2	28,0
	8	32	0,42	33,6	44,0
	10	34	0,35	28,0	53,3
	20	44	0,18	14,4	76,0

sl.16 tablica interakcije izolacije,koef. prolaska topline i uštede energije,izvor www.fenix-tp.hr

4. Gradnja NE kuće od cigle

4.1 Način gradnje:

Bilo da su od cigle, porobetona, blokova ili kamena sve zidane kuće se zidaju na lokaciji pa samim time i sama izgradnja kuće traje duže nego kod montažnih. Izrada temelja ovisi o vrsti građevine koju planiramo graditi, te je kod zidanih kuća potrebno izraditi armirano betonski (AB) temelj zbog nosivosti mase kompletne konstrukcije.

Ukoliko težimo izgradnji NE građevine od cigle, istu gradimo termoizolacijskim blokom tipa TB-25:

Dimenzije (mm): 380x 250x 238

Utrošak po m²(kom): 10,7 (zid 250 mm)

Masa (kg/kom): 17,7

Termo blok u procesu proizvodnje sadrži lako gorive dodatke, čijim sagorijevanjem u bloku nastaju sitne šupljine (pore) koje bloku daju izuzetna termo-izolacijska svojstva. Zahvaljujući poroznosti, ima olakšanu masu čime se uvelike olakšava manipulacija blokovima na gradilištu, dok velike dimenzije u odnosu na klasične opekarske proizvode pridonose manjem utrošku blokova po m², manjoj potrošnji morta te uštedi vremena pri gradnji. Istovremeno, debeli vanjski zidovi osiguravaju dobru zvučnu izolaciju. Izrađuje se isključivo od prirodnih materijala (glina i piljevina), bez ikakvih sintetskih dodataka.

Spojevi zidova se spajaju vertikalnim i horizontalnim A.B. serklažima. Sa vanjske strane zidovi se oblažu ljepljenjem fasadnim polistirenom (stiropor) ili prešanom mineralnom vunom sa okomitim vlaknima u širini 10, 15, ili 20 cm. Na polistiren se nanosi sloj građevinskog ljepila sa armaturnom mrežicom na koju se nanosi završni dekorativni fasadni sloj. Sa unutarnje strane zidovi se žbukaju gipsanom žbukom debljine 1,5 cm.



Slika 17. gradnja ciglom, izvor www.wienerberger.hr

Koeficijent prolaznosti topline zida obloženog sa 10 cm polistirena iznosi:
 $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, sa 15 cm $U=0,196 \text{ W/m}^2\text{K}$ isa 20 cm $U= 0,153 \text{ W/m}^2\text{K}$

4.2 Cjenik

Kod gradnje ciglom postoje četiri osnovne faze:

NISKI ROHBAU:

gradnja od 100 – 160 €/m², izvode se zemljani radovi, toplinske izolacije i građevinski radovi, ali bez pregradnih zidova. Svakako da kuća koja ima dosta armirano-betonskih radova ima i veće cijene, ali takvi objekti su daleko otporniji na tektonske poremećaje i kvalitetniji, što uvelike povećava sigurnost samog objekta.

ROHBAU:

Od 150 – 210 €/m² je naješća zastupljena gradnja, izvode se zemljani radovi, toplinske izolacije, građevinski radovi, krovšte i limarija.

VISOKI ROHBAU:

Od 250 – 310 €/m², izvode se zemljani radovi, toplinske izolacije, građevinski radovi, krovšte, limarija, fasaderski radovi, žbukanja, podovi.

KLJUČ U RUKE:

Od 550 – 600 €/m², izvode se kompletni radovi sa okolišem, tj. kompletan objekt za useljenje bez namještaja.

PRIMJER:

Zidovi od ciglenog bloka $d= 25 \text{ cm}$

Vanjska ovojnica zgrade, stiropor izolacija debljine 10 cm.

Koeficijent prolaska topline $U= 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cijena= 550-600 eura/ m² ključ u ruke

5. Gradnja NE kuće od porobetona

5.1 Način gradnje:

S porobetonskim sustavom gradnje gradi se **20 – 30 % brže**. Razlog tome su blokovi i ploče velikih dimenzija, mali utrošak morta za zidanje, tanke fuge, pera i utori na svim elementima, precizne dimenzije blokova i ploča i tankoslojne završne obrade. Gradi se porobetonskim termo blokovima debljine $d = 30$ ili 40 cm, te je prednost građenja u tome da se elementi spajaju tankim slojem morta od svega 2-3 mm. Porobetonskom zidu nisu potrebne dodatne toplinske obloge - sam materijal je toplinski izolator.



Slika 18. gradnja porobetonom, izvor www.ytong.hr

5.2 Cjenik

Faze građenja porobetonskim blokovima iste su kao kod gradnje ciglom te su vremenski kraće zbog gore navedenih razloga ali je gradnja skuplja zbog cijene samog bloka.

PRIMJER:

Zidovi od porobetonskog termo bloka $d = 40$ cm

Koeficijent prolaska topline $U = 0,25$ W/m²K

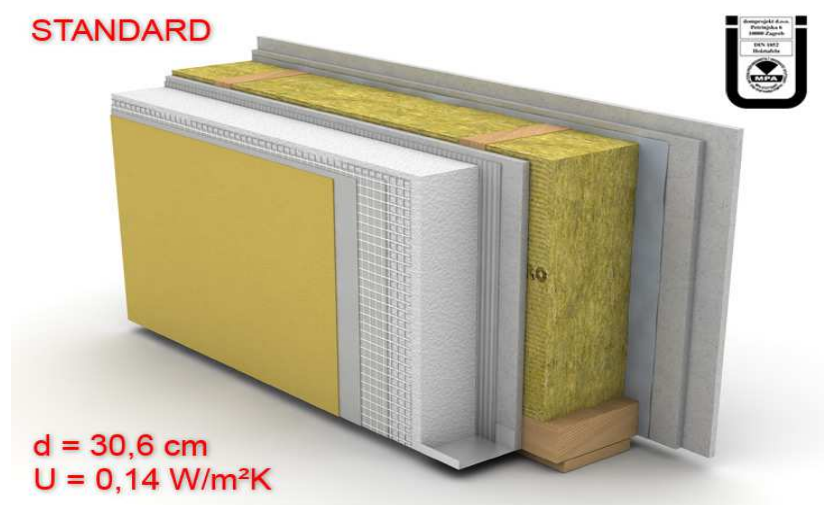
Cijena = 670-740 eura/ m² ključ u ruke

6. Gradnja montažne NE kuće

6.1 Način gradnje:

U pripremnom procesu projektiranja kuće i njenih elemenata koriste se CAD i 3D-CAD/CAM programi pomoću kojih se postiže maksimalna preciznost i učinkovitost u procesu proizvodnje i gradnje kuće.

Montaža zidova, stropova i postavljanje krovne konstrukcije u optimalnim vremenskim uvjetima u prosjeku traje jedan dan. Vrijeme pokrivanja krovišta crijepom ovisi o razvedenosti krova. Po pokrivanju krova završavaju se radovi na fasadi i dekorativnom sloju žbuke te preostaje još postavljanje gips kartonskih protupožarnih ploča na stropovima i izrada dimnjaka.



Slika 19. presjek zida montažne kuće, izvor www.domprojekt.hr

Zidni elementi se proizvode od impregnirane nosive drvene konstrukcije - KVH, širine 16 cm, koja se obostrano oblaže gipsano vlaknastom - pločom $d=1,25$ cm (ili OSB pločom), s ispunom od kamene vune $d=16$ cm s parnom branom. S unutarnje strane se preko gipsano vlaknaste ploče postavljaju gips kartonske ploče $d=1,25$ cm, a s vanjske strane se zidni elementi oblažu polistirenom $d=10$ cm, gletaju građevinskim ljepilom s mrežicom i završno obrađuju silikatnom žbukom.

Kuća se izvode u krupno panelnom sistemu od elemenata koje dizalicom montiramo na pripremljenu temeljnu ploču. Nakon montaže zidova, kod kuća prizemnica, montiraju se krovni rešetkasti nosači. Montaža zidova i krovne rešetkaste konstrukcije kod kuća prizemnica traje nekoliko sati, ovisno o veličini kuće.

Kod kuća prizemnica s potkrovljem ili katnica, nakon montaže zidnih elemenata prizemlja, montira se stropna konstrukcija prizemlja, na koju se postavljaju zidni elementi potkrovlja ili kata, te krovna konstrukcija ili krovni paneli. Montaža zidova prizemlja, stropne konstrukcije prizemlja, zidova potkrovlja ili kata, te krovne konstrukcije ili krovnih panela traje jedan dan.

Izvedba ostalih radova, za nivo izvedenosti visoki roh bau, kod kojega je kuća kompletno izvana gotova, a unutra dovedena do faze završnih obrtničkih radova traje ovisno o veličini kuće, kod kuća prizemnica cca 15-20 dana, a kod kuća prizemnica s potkrovljem ili katom cca 20-30 dana. Kod izvedbe sistema ključ u ruke izvedba radova traje ovisno o odabiru samih završnih materijala.

Najveća prednost izvedbe objekata sa drvenom nosivom konstrukcijom u odnosu na zidanu konstrukciju je to da se uz manji presjek zida postiže višestruko bolji koeficijent prolaska topline. Osim toga gradnja sa drvenom nosivom konstrukcijom je suhi sistem gradnje, a gradnja sa zidanom nosivom konstrukcijom je mokri sistem gradnje, što rezultira puno bržom izgradnjom objekata sa drvenom nosivom konstrukcijom (nije potrebno čekati sušenje žbuke na zidovima i stropovima). Kod gradnje objekata sa drvenom nosivom konstrukcijom koriste se ekološki prihvatljivi i biološki zdravi materijali, zbog manje mase objekte odlikuje dobra potresna otpornost.

Montažne kuće sa drvenom nosivom konstrukcijom imaju odličnu otpornost na potres. Takva konstrukcija je vrlo elastična, preuzima velika naprezanja, ima duktilne spojeve, a težinom je cca 4 puta lakša od klasičnih zidanih konstrukcija.

Niskoenergetsku kuću je prihvatljivije i povoljnije raditi u drvenoj nosivoj konstrukciji, jer se uz manji presjek zida postiže višestruko bolji koeficijent prolaska topline.

6.2 Cjenik

PRIMJER:

Ukupna debljina zida = 30,6 cm

Koeficijent prolaska topline

$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cijena = 500-550 eura / m² ključ u ruke

7.Sinteza

7.1 Usporedba dobivenih vrijednosti

Iz prethodne analize građenja sistemom "ključ u ruke" dobivamo uvid u dva glavna parametra presudna za odlučivanje o tipu građevine:

-koeficijent prolaska topline "U"

-jediničnu cijenu za m² pojedine građevine

1.Za gradnju ciglom $U=0,25\text{W/m}^2\text{K}$,cijena-550-600€/m²

2.Za gradnju porobetonom $U=0,25\text{W/m}^2\text{K}$,cijena-670-740€/m²

3.Za montažnu gradnju $U=0.14\text{W/m}^2\text{k}$,cijena-500-550€/m²

8.Sunčevi kolektori za pripremu tople vode

8.1Uvod

Sunce je najisplativiji, a istovremeno i najpristupačniji alternativni izvor energije. Sunčeva energija je gotovo besplatna, dugoročno gledano sigurna i može biti korištena kao energent koji ne ispušta opasne tvari u atmosferu. Istovremeno sunce nam može isporučiti više energije nego što trebamo jer sunce isijava prema zemlji gotovo 5000 puta više energije nego je nama potrebno tokom cijele godine gledano na svjetskoj razini. Zahvaljujući današnjoj solarnoj tehnici moguće je čak i u najsjevernijim dijelovima zemlje koristiti sunčevu energiju a da je investicija isplativa. Zemlje kao što su Danska i Švedska su najbolji primjeri za to, oni koriste solarnu energiju već godinama a potražnja za solarnim sustavima je i dalje u velikom porastu.

Vrste sunčevih kolektora za PTV

Sunčev toplovodni kolektor ili solarni kolektor je dio sunčevog toplovodnog sustava, koji direktno pretvara sunčevu energiju u toplinsku energiju vode ili neke druge radne tvari.

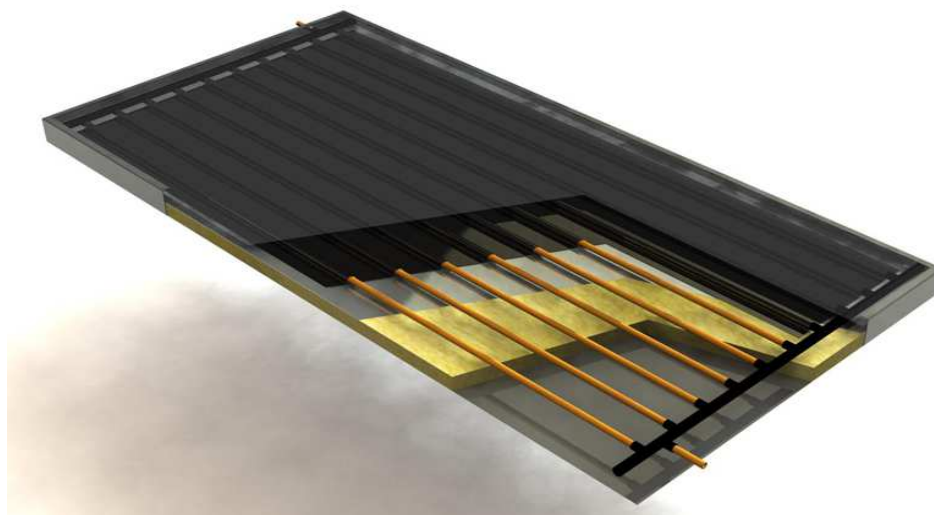
Godišnje sunčevo zračenje u Hrvatskoj je oko 1600 kWh/m² u primorskoj, pa do 1100 kWh/m² u kontinentalnoj Hrvatskoj. Sunčevi kolektori direktno pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku energiju, a učinkovitost pretvorbe ovisi o vrsti kolektora. Kako opada vanjska temperatura zraka, povećava se razlika temperature između kolektora i vanjskog zraka, te dolazi do opadanja ukupne učinkovitosti kolektora. Srednja godišnja učinkovitost kolektora je oko 50 - 60% (oko 500 - 800 kWh/m² kolektora godišnje), dok je stupanj iskorištenja sustava oko 30-50% za pravilno dimenzionirani sustav. Tijekom zime kolektorski sustav najbolje učinke daje u kombinaciji s podnim grijanjem, jer se mogu ostvariti temperature od 40 do 50 °C u kolektoru, koje će biti dovoljne za rad podnog grijanja.

Razlikujemo dva osnovna tipa kolektora:

-Pločasti kolektori

Pločasti sunčev kolektor ima stupanj iskoristivosti sunčane energije 50-80%, te je osnovni dio sunčevog toplovodnog sustava. Kolektor je prekriven sunčevim staklom, te je otporan na tuču i lom. Ciljevi kolektora se laserski spajaju na bakreni lim kolektora. Kolektor se može postavljati na kosi krov, ravni krov ili se može uklopiti u krovnište. Kolektori se mogu postavljati položeni na krov, pa do kuta od 60° u odnosu na tlo. Apsorberi su premazani selektivnim premazom visoke učinkovitosti. Okvir kolektora je napravljen od crnog anodiziranog aluminijskog aluminija

Sam kolektor je u stvari kutija s jednom prozirnomicom, u kojoj se nalaze cijevi kroz koje prolazi voda. Na cijevima se nalaze limena krilca koja su obojana u crnu boju. Na taj način sunčevo svjetlo ulazi kroz prozirnu stranicu i udara o crnu limenu površinu, te se pretvara u toplinsku energiju.

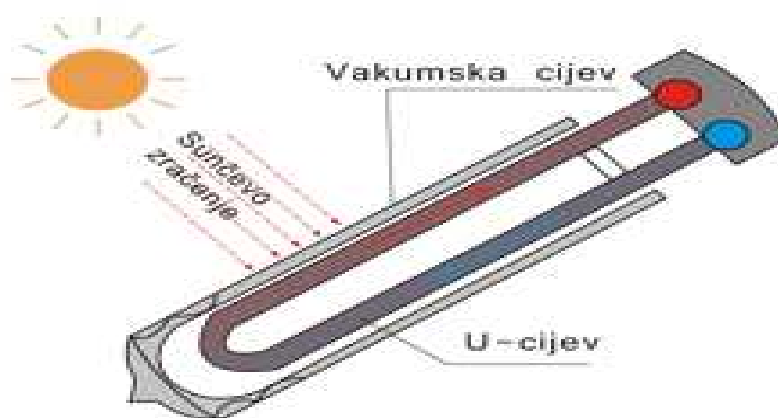


Slika 20. pločasti kolektor, presjek, izvor www.buderus.hr

-Vakuumski kolektori

Vakuumski sunčev kolektor koristi sličan način rada kao i termos boca (Dewarova posuda). U svrhu smanjenja toplinskih gubitaka u kolektoru, apsorberi se nalaze u staklenim cilindrima u kojima je vakuum, na tlaku manjem od 0,01 bara

Vakuumski solarni kolektori se sastoje od niza cijevi unutar kojih se nalazi vakuum, a same cijevi su premazane sa tri absorbirajuća sloja, kako bi prikupile što veću količinu topline. Središnji dio vakuumske cijevi je napravljen od bakra te se u njemu nalazi specijalna tekućina (glikol) koja se grije i provodi toplinu od krova do akumulacijskog bojlera gdje se ta toplina prenosi na spirale koje zagrijavaju vodu. Pošto su bakrene cijevi koje se nalaze unutar vakuumskih cijevi imaju oblik slova U, ovakve cijevi i kolektori se nazivaju U-pipe tip kolektora. Solarni vakuumski kolektor ima najbolju iskorisitvost ukoliko je okrenut prema jugu i pod nagibom od 35°-45°.



Slika 21. cijev vakumskog kolektora, izvor www.kreativna-energija.hr

Vrste sunčevih sustava za PTV

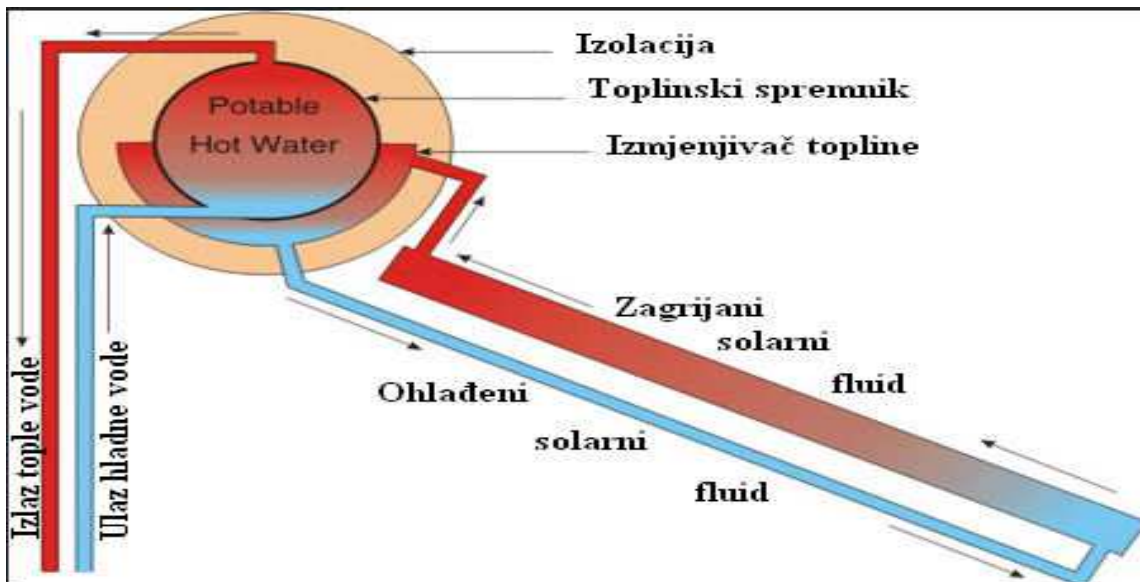
Sunčev toplovodni sustav koristi sunčevu energiju, kao obnovljivi izvor energije, za zagrijavanje potrošne tople vode

Sunčevim toplovodnim sustavom moguće je godišnje prikupiti 500 – 600 kWh/m² površine kolektora u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske, a u primorskom dijelu 900 - 1000 kWh/m²

Razlikujemo dva osnovna sustava:

-Sustav s prirodnim kruženjem ili termosifon

Sustav s prirodnim kruženjem ili termosifon nakon zagrijavanja u kolektoru, uslijed razlike u gustoći diže do spremnika, postavljenog iznad kolektora, tamo hladi i vraća nazad u kolektor, potiskujući toplu vodu prema spremniku. Ne zahtijevaju regulaciju niti pumpu, no imaju manju stupanj iskoristivosti, zbog manjih protoka u kolektoru i većih toplinskih gubitaka, ukoliko je spremnik ugrađen izvan objekta. Stoga su takvi sustavi prikladni za grijanje tople vode u manjim objektima, u ljetnim mjesecima.



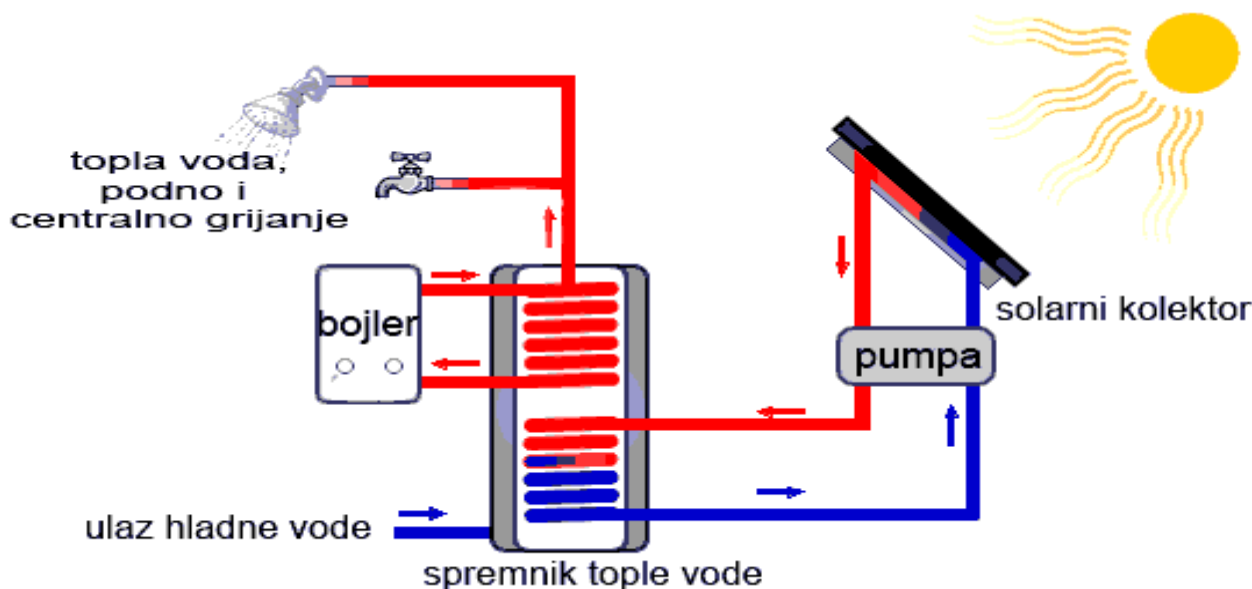
Slika 22. presjek termosifonskog sustava, www.termsifonski.sustavi.hr

-Sustav s prisilnim kruženjem (cirkulacijom)

Sunčev toplovodni sustav s prisilnom cirkulacijom sadrži sunčev toplovodni kolektor, sunčev spremnik topline, cirkulacijsku pumpu i regulaciju. Sunčeva tekućina preuzima apsorbirano sunčevo zračenje u kolektoru i predaje ga vodi u akumulacijskom spremniku, preko izmjenjivača topline, koji se sastoji od cijevi savijenih u spiralu radi bolje izmjene topline i zauzimanja manjeg prostora. U razdobljima nedovoljne insolacije ili povećane potrošnje, u većini sunčevih toplovodnih sustava, voda se dogrijava preko dodatnog izmjenjivača topline. Električni grijač se nalazi u gornjem dijelu spremnika, jer se topla voda nakon zagrijavanja oko izmjenjivača sunčevog kruga diže prema gornjim dijelovima spremnika.

Zadatak regulacije (automatike) je osigurati najveći stupanj iskoristivosti rada

sunčevog sustava. Diferencijalna automatika u sunčevom sustavu upravlja radom pumpe, koja pogoni nosioca topline između kolektora i spremnika. Regulacija uključuje pumpu kada je temperatura na izlazu iz kolektora nekoliko °C veća od one u spremniku na mjestu neposredno iznad izmjenjivača topline, a isključuje, kada je ta razlika manja od zahtijevane. Tako se onemogućuje rashlađivanje spremnika u razdobljima kada je temperatura u spremniku viša od one u kolektoru (za oblačna vremena ili tijekom noći).



Slika 23. sunčev sustav s prisilnom cirkulacijom, izvor www.buderus.hr

8.2 Energetska i ekonomska isplativost sustava

Proračun potrošnje električne energije za bojler 50 l

Za zagrijavanje tople vode kuća koristi 50 litarski bojler sa grijačem od 2 kW, faktorom iskoristivosti 0,8 i termostatom za regulaciju podešenim na 65°C. Prilikom proračuna, temperatura ulazne vode u bojler iznosila je 20°C. Iz toga slijedi da je utrošena toplinska energija za zagrijavanje tople vode:

$$W_{top} = c \times m \times (T_2 - T_1)$$

$$W_{top} = 4,183 \times 50 \times (65 - 20) = 9411,75 \text{ kJ}$$

Gdje je:

C = specifični toplinski kapacitet (4,183 za vodu)

m = masa (količina vode)

T1 = temperatura ulazne vode

T2 = temperatura izlazne vode

Za zagrijavanje 50 l vode temperature 20°C na temperaturu 65°C, potrebno je

9.411,75 kJ. Da bi kJ pretvorili u kWh potrebno ih je najprije pretvoriti u kWs, a zatim podijeliti sa 3600 pri čemu je $1\text{kJ}=1\text{kWs}$.

$$W_{\text{top}}=9411,75/3600=2,61 \text{ kWh}$$

S obzirom da je faktor iskoristivosti 0,8 ukupna utrošena energija za zagrijavanje 50 l vode iznosi:

$$W_{\text{elek}}=2,61/0,8=3,26\text{kWh}$$

Vrijeme da se zagrije bojler od 50 litara sa temperature $T_1= 20 \text{ oC}$ na temperaturu od $T_2=65\text{oC}$ sa električnim grijačem od 2kW iznosi:

$$t = 3,26/2 = 1,64 \text{ h}$$

što iznosi približno 1h i 40 min.

Potrošnja vode

Jedna osoba dnevno potroši približno 65 l vode, što ukupno iznosi 260 l dnevno.

Ako uzmemo u obzir činjenicu da od 50 l vode zagrijane na 65°C možemo dobiti cca 285 l vode na 40°C dolazimo do računice da je dnevno potrebno tri puta grijati bojler.

$$3 \times 1,64 = 4,92 \text{ h} = 4\text{h}55\text{min}$$

Potrošeno ukupno 9,84 kWh dnevno.

Ako se uzme u obzir godišnja potrošnja od 365dana

$$365 \times 9,84 = 3591,6\text{kWh}$$

Srednja vrijednost kWh (prema podacima HEP-a) u kunama iznosi 0,7 pa se prema tome dobije ukupni trošak za utrošenu električnu energiju od:

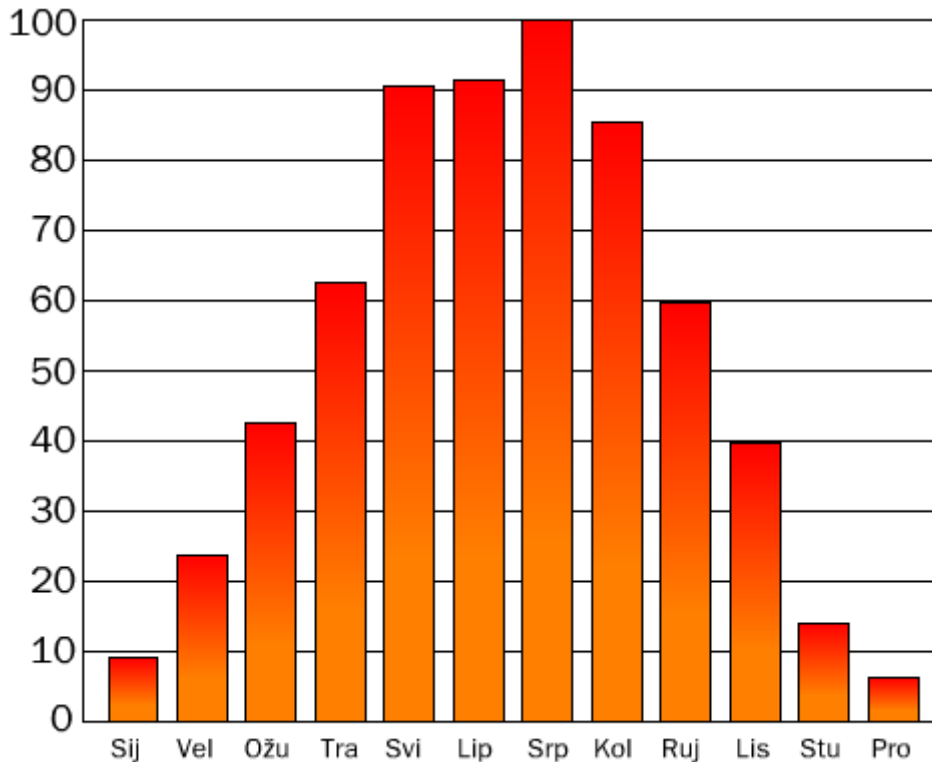
$$3591,6 \times 0,7 = 2514,12\text{kn}$$

Ugradnja sustava prinudnom cirkulacijom Viessmann

Proračun sustava dobili smo direktno od proizvođača na temelju insolacije naše regije koje iznosi $1.350 \text{ kWh/m}^2\text{pa}$, te na temelju izbora pločastih sunčevih kolektora.



Slika 24: karta insolacije Hrvatske, izvor www.viessman.hr

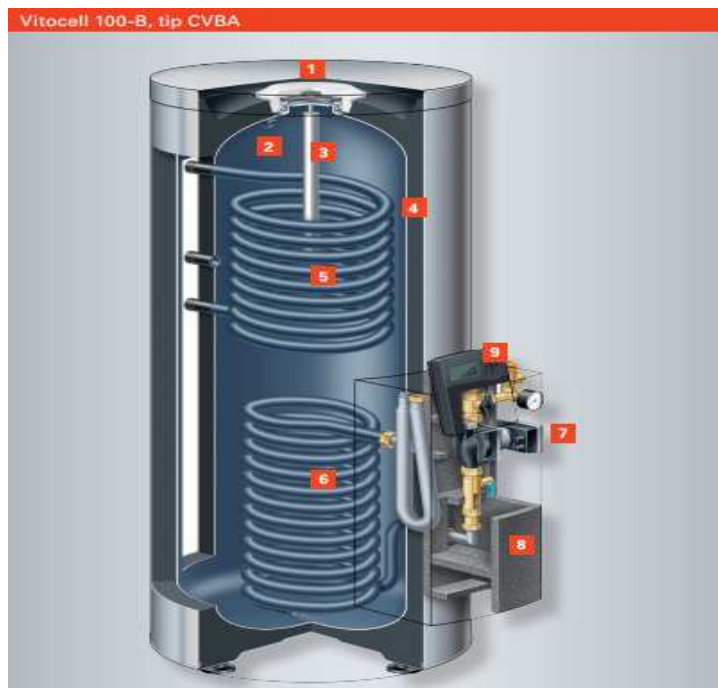


Slika 25: stupanj iskoristivosti sustava po mjesecima, izvor www.viessman.hr

Dimenzionirani sustav ima stupanj iskoristivosti od 52% godišnje.

Sustav se sastoji:

- 2 Vitosol 200-F (tip SVK) pločasta kolektora 4,02m² površine absorbera s priključnim kompletom uključujući priključne vodove
 - solarna ekspanzijska posuda 18 litara
 - toplinski medij Tyfocor 20 litara
 - Vitocell 100-B (tip CVBA) bivalentni spremnik PTV-a volumena 250 litara, s predmontiranim Solar-Diviconom, uključujući 3-stupanjsku cirkulacijsku crpku za solarni krug, solarnu regulaciju Vitosolic 100 tip SD1, odvajač zraka i armaturu za punjenje
 - pribor za montažu na kosi krov, pokrivanje žlijebnjacima
- Cijena sustava iznosi: 15.450 kn



Slika 26. cirkulacijsi bojler, izvor viessman.hr

1. otvor za čišćenje
2. čelični spremnik
3. magnezijaska anoda
4. toplinska izolacija
5. gornja ogrijevna spirala
6. donja ogrijevna spirala
7. priključak solarnih kolektora
8. cirkulacijska pumpa
9. regulacija



Slika 27. dimenzionirani sustav, izvor www.viessman.hr

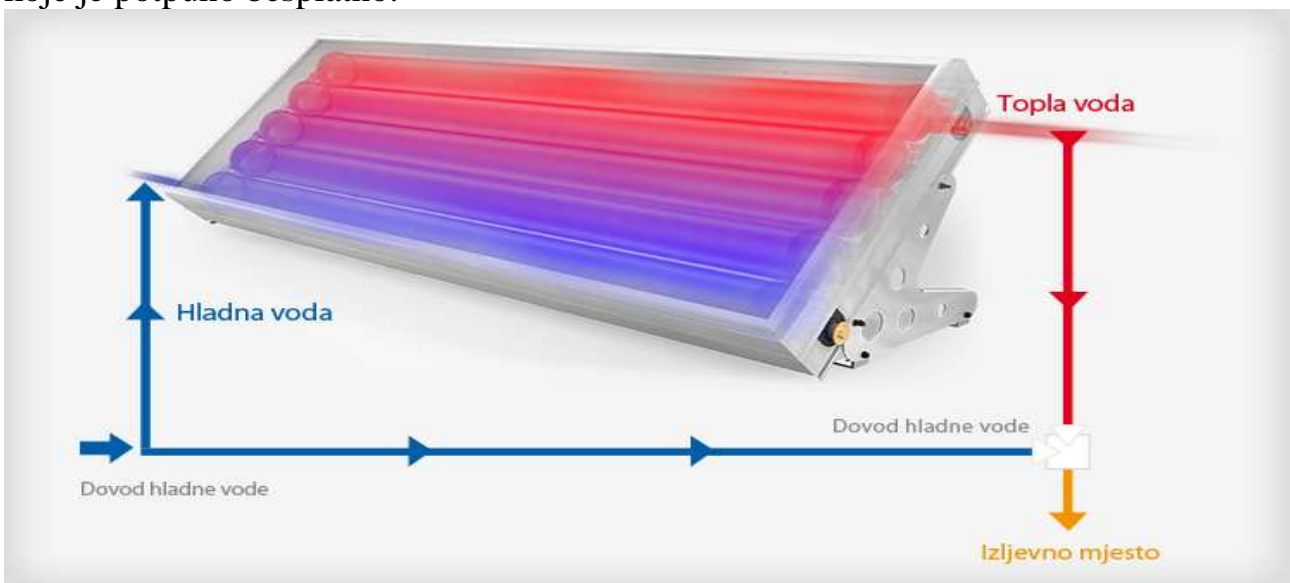
	Bez solarnih kolektora	Sa solarnim kolektorima
Ugljični dioksid CO ₂ (kg/godišnje)	3526	1410
Ugljični monoksid CO (g/godišnje)	45627	18251
Dušični oksidi NO _x (g/godišnje)	16592	6637
Sumporni dioksid SO ₂ (g/godišnje)	41479	16592

Slika 28. smanjenje emisija plinova pomoću dimenzioniranog sustava, izvor [www.viessman .hr](http://www.viessman.hr)

Ugradnja sustava bez prinudne cirkulacije

Sustav koji prikazujemo je novitet na tržištu, a sam novitet sastoji se u tome da za razliku od prijašnjih termosifonskih sustava, sustav tvrtke Solcrafte ima integrirani spremnik vode u samome tijelu kolektora.

Ulaz vode u sistem vrši se pomoću tlaka iz vodovodne mreže u donjem dijelu, te se ispunjava snop cijevi koje se nalaze unutar kolektora. Zagrijavanje se vrši pomoću apsorbera Sunčevog zračenja dok se izlaz vode nalazi u gornjem dijelu kolektora. Sam sustav ne iziskuje nikakve dodane pumpe, tekućine (glikol) i sl., te su jedini uvjeti za pravilan rad pitka voda odgovarajućeg tlaka i dovoljna količina Sunčevog zračenja koje je potpuno besplatno.



Slika 29. olcrafteov inovativan termosifonski sustav, izvor www.solcrafte.com

Voda se zagrijava izravno u solarnom kolektoru, a zatim se akumulira. Činjenica da je toplinski medij ujedno i potrošni medij pruža dvije značajne prednosti:

- nema gubitka uslijed prenosa topline s jednog medija na drugi
- nisu potrebni elementi poput cirkulacijske pumpe, akumulacijskog bojlera itd.

Tako se i minimalno sunčevo zračenje može pretvoriti u toplinu, te se učinkovito može koristiti.

To dopušta znatno veću energetska učinkovitost i uštedu troškova za energiju koja je potrebna za zagrijavanje tople vode do 80% u odnosu na obične sustave.

Prema preporukama proizvođača za četveročlanu obitelj dostatan je termosifonski sustav kapaciteta 100 l, Solcrafte style 100

Ulaz vode u sistem vrši se pomoću tlaka iz vodovodne mreže u donjem dijelu, te se ispunjava snop cijevi koje se nalaze unutar samog kolektora. Zagrijavanje se vrši pomoću samog apsorbira Sunčevog zračenja dok se izlaz vode nalazi u gornjem dijelu kolektora. Sam sustav ne iziskuje nikakve dodane pumpe, tekućine (glikol) i sl., te su jedini uvjeti za pravilan rad pitka voda odgovarajućeg tlaka i dovoljna količina Sunčevog zračenja koje je potpuno besplatno.

Kako bismo sustav koristili i zimi postoji mogućnost ugradnje grijača snage 2kW, potrebne za dogrijavanje vode u gornjoj zoni spremnika.

GODIŠNJA UŠTEDA TROŠKOVA ZA ENERGIJU*			
Model Solcrafte® Style	Potrebna energija (kWh / godini)	Ukupna solarna stopa pokriva (%)	Ukupni godišnji prinos (kWh / godini)
Style 100	1.012,2	75	762,2
Style 150	1.523,2	87	1.322,5
Style 200	2.081,9	87	1.805,3

Slika 30. tablica uštede energije, izvor www.solcrafte.com



Slika 31. termosifonski sunčevi sustavi, izvor www.solcrafte.com

Solcrafe-ov sustav kapaciteta 100l sa grijačem snage 2kW ima cijenu od 6600kn.

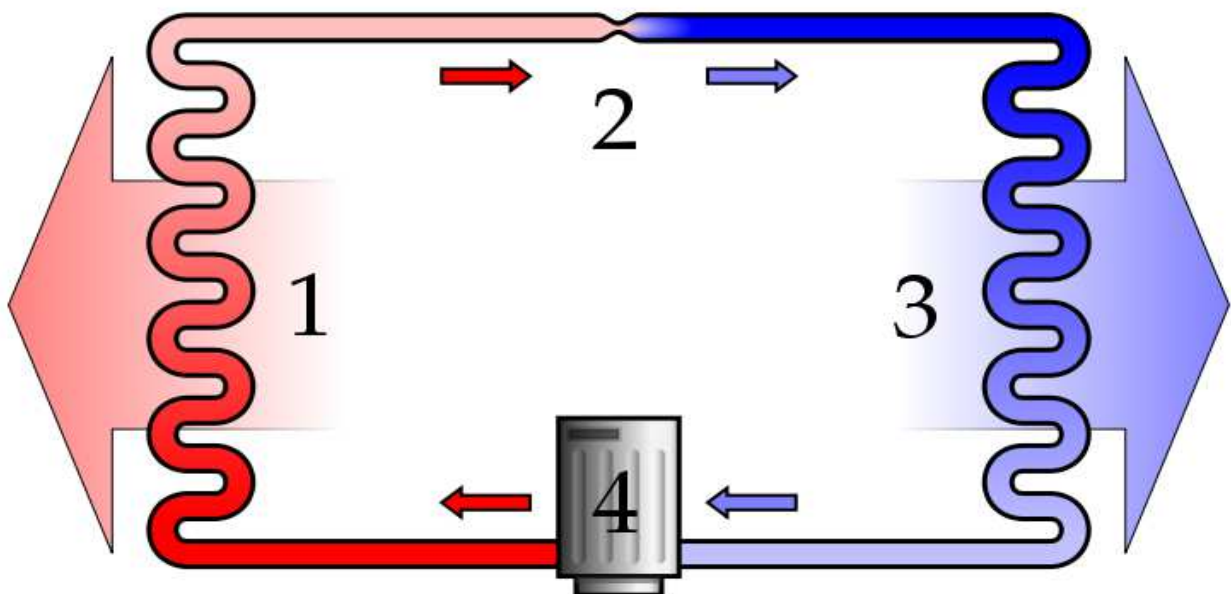
Tip	Style 200	Style 150	Style 100
Ukupna površina kolektora	2.4 m ²	1.75 m ²	1.1 m ²
Dimenzije D x Š x V	2,184 x 1,100 x 212 mm	2,184 x 800 x 212 mm	2,184 x 510 x 212 mm
Težina (prazan, bez elemenata za pričvršćivanje)	75 kg	60 kg	40 kg
Volumen	195 litara	145 litara	90 litara
Izolacija	tvrda PUR pjena od 30 mm	tvrda PUR pjena od 30 mm	tvrda PUR pjena od 30 mm
Maks. pogonska temperatura	100 °C	100 °C	100 °C
Maks. pogonski tlak	4 bar	4 bar	4 bar
Grijači element (opcija)	opcionalno (1 kW/2 kW)	opcionalno (1 kW/2 kW)	opcionalno (1 kW/2 kW)
Element za zaštitu od smrzavanja	opcionalno (200 W)	opcionalno (200 W)	opcionalno (200 W)
Priključci	2 x 1" vanjski navoj	2 x 1" vanjski navoj	2 x 1" vanjski navoj
Instalacija	ravni krov / paralelni krov	ravni krov / paralelni krov	ravni krov / paralelni krov
Jamstvo	5 godina	5 godina	5 godina

Slika 32. tablica podataka solarnih sustava,izvor www.solcrafe.com

9. Toplinske pumpe

9.1 Uvod

Toplinska pumpa je sustav koji se bazira na lijevokretnom Carnotovom kružnom procesu koji toplinu u stroju pretvara u rad, pri čemu se koristi idealni plin, najčešće neki od freona ovisno o željenim temperaturama. Način rada je gotovo identičan načinu rada kućnog hladnjaka, a razlika je u tome što rashladni uređaj oduzima toplinu namirnicama i predaje je okolini dok toplinska pumpa uzima toplinu iz zraka, vode ili zemlje, i dovodi je u prostor koji želimo zagrijati. Proces se sastoji od dvije adijabatske promjene i dvije izotermne promjene koje zatvaraju ciklus.



Slika 33. shema lijevokretnog kružnog procesa,izvor www.wikipedia toplinske pumpe

1. Izotermna ekspanzija odvija se u kondenzatoru koji predaje toplinu rashladnog medija vodi ili nekom drugom prostoru koji želimo zagrijati. Rashladni medij mora prijeći u tekuću fazu.

2. Adijabatska ekspanzija koju izvodi termo-ekspanzijski ventil unutar kojeg rashladni medij gubi tlak i opada mu temperatura.

3. Prva izotermna promjena na isparivaču kada on uzima toplinu iz okoline (voda, tlo, zrak) i zagrijani rashladni medij u parnoj fazi vraća je natrag na kompresor čime zaokružuje ciklus.

4. Adijabatska kompresija promjena na kompresoru gdje tlak medija raste kao i temperatura.

Dijelovi toplinske pumpe:

Kompresor

Kompresori su strojevi koji imaju ulogu tlačenja rashladnog medija, podizanja njegove temperature i tlaka dovođenjem rada W .

Toplinske pumpe najčešće koriste kompresore niskog odnosno srednjeg tlaka do 20 bar.

Kondenzator

Kondenzator je izmjenjivač topline napravljen kao sustav cijevi u zavojnicu gdje rashladni medij predaje toplinu. Kod toplinskih pumpi on svoju toplinu predaje vodi koja se pri tome zagrijava i pomoću vodene pumpe cirkulira kroz izmjenjivač topline u prostoru kojim grijemo npr. radijator i na taj način nas grije. Kod rashlada on ima obrnutu ulogu gdje on odvodi toplinu.

Termo ekspanzijski ventil

Ekspanzijski ventil je regulator protoka rashladnog medija kroz sistem. Nalazi se između kondenzatora i isparivača. U njega ulazi rashladni medij iz kondenzatora na višem tlaku i većoj temperaturi. Kada plin izađe iz ventila u cijev većeg poprečnog presjeka, dobivamo niži tlak rashladnog medija. Ekspanzijskim ventilom možemo regulirati rad kompresora regulirajući površinu poprečnog presjeka kod protoka, njegovu otvorenost odnosno zatvorenost regulira sonda koja se nalazi prislonjena na usisnu cijev kroz koju rashladni medij nakon predavanja topline ulazi u kompresor.

Isparivač

Isparivač je izmjenjivač topline građen kao sustav cijevi namotanih u zavojnicu površinom u koje ulazi rashladni medij na nižoj temperaturi i preuzima toplinu iz tla, vode ili zraka. Dakle nama su tlo, voda ili zrak su medij koji svoju energiju predaju toplinskoj pumpi. Isparivač je funkcijski građen kao i kondenzator.

Rashladni mediji (plinovi)

Kao rashladni medij moraju se koristiti isključivo plinovi sa svojstvima da na određenoj temperaturi, ovisno o tlaku, mogu biti u svim agregatnim stanjima. Rashladni medij ne smije reagirati niti s jednim sastavom unutar sistema, gustoća bi mu trebala biti što veća, mora biti hermetički zatvoren unutar sustava, najčešće u nehrđajućim bakrenim cijevima, mora biti neeksplozivan, tako da u slučaju ispuštanja ne bi došlo do eksplozije, neotrovan i po mogućnosti što manje štetan za okoliš. Rashladni medij se miješa sa mazivim uljem kojem rashladni medij mora osigurati kontinuirano putovanje kroz čitav sustav. Ulje ne smije mijenjati svojstva plina.

Izvori topline za toplinske pumpe

Voda

Kada govorimo o vodi kao izvoru topline za pogon toplinskih pumpi, pri tome mislimo na iskorištenju energije podzemnih voda a vrlo često i tehnoloških otpadnih voda.

Podzemne se vode obično ne nalaze na prevelikim dubinama i ne bi trebao biti neki veliki problem doći do njih. Temperatura podzemnih voda približno je konstantna tijekom cijele godine i kreće se od 8 - 12°C. Ovakva stalna i relativno visoka temperatura izvora omogućava toplinskim pumpama koje koriste vodu kao izvor topline.

Sustav se sastoji od dva bunara: upojnog i usisnog. Iz usisnog se bunara pomoću dubinske pumpe crpi voda (nešto slično kao kod kućnog hidrofora) i transportira do toplinske pumpe, a zatim se kroz drugu cijev odvodi u drug, tzv. upojni bunar. Usisni bunar ne bi trebao biti dubine veće od 20 m jer s većom dubinom rastu troškovi el. energije za pogon **dubinske pumpe**. Voda koja se odvodi u upojni bunar temperature je 5 -7°C tj. niže je vrijednosti.

Kako zbog ovog ne bi došlo do pada temperature na usisu bunare je potrebno razmaknuti na što veću udaljenost ali ne manju od 5 m.

Okvirni proračun:

Zadano: 15 kW potrebna snaga za grijanje objekta

Potreban stalni protok vode:

$$V = P \times (1 - e) \times Q$$

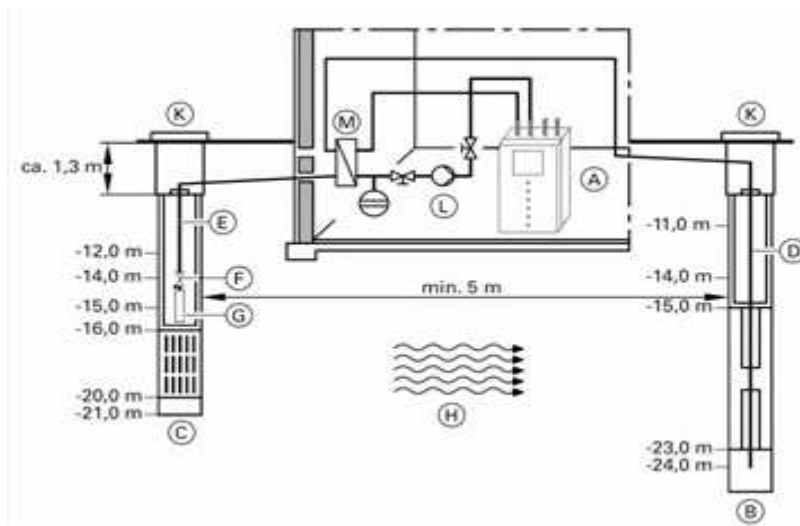
Gdje je:

P - snaga za grijanje u kW

e - udio el. snage za pogon kompresora toplinske pumpe (cca 25 %), e = 0,25

Q - jedinični protok dubinske crpke, Q ≈ 300 lit/h po kW

$$V = 15 \times (1 - 0,25) \times 300 = 3375 \text{ lit/h}$$



Slika 34. izvor topline voda, izvor www.mc-solar.hr

Zemljani kolektor

Za instaliranje sustava potrebno je raspolagati sa određenom površinom terena uz objekat. Cijevi se polažu u zemlju na dubinu 1,2 - 1,5 m, ispod granice smrzavanja ali ne preduboko jer se s povećanjem dubine smanjuje utjecaj toplinskog toka Sunca i padalina. Postoje više načina polaganja cijevi a jedan od najčešćih je da se cijevi u jednom iskopanom "bazenu" polože po sličnom principu kako se i polažu cijevi za podno grijanje.



Slika 35. sustav zemljani kolektor, izvor www.mcsolar.hr

Razmak polaganja cijevi ovisi o promjeru cijevi i kreće se u rasponu od 40 - 70 cm. Položene cijevi se prije zatrpavanja provjeravaju tlačnom probom. U cijevi se stavlja mješavina etylenglikola i vode kao zaštita od smrzavanja. Naime, tijekom rada sustava mogu se očekivati temperature medija u cijevima i ispod 0°C. Nakon što se napune medijem i stave pod pritisak, cijevi se zatrpavaju zemljom.

Prijenos topline od zemlje do toplinske pumpe obavlja se cirkulacijom medija kroz cijevi pomoću cirkulacijske pumpe koja se nalazi u toplinskoj stanici. Površina ispod koje su položene cijevi ne smije se asfalirati. Poželjno je da u potpunosti bude izložena utjecaju Sunca i oborina.

Okvirni proračun:

Zadano: 15 kW potrebna snaga za grijanje objekta

Potrebna raspoloživa površina zemlje:

$$A = P \times (1 - e) / q$$

Gdje je:

P - snaga za grijanje u kW

e - udio el. snage za pogon kompresora toplinske pumpe (cca 25 %), $e = 0,25$

q - specifično odavanje zemlje, $q \approx 0,025 \text{ kW/m}^2$

$$A = 15 \times (1 - 0,25) / 0,025 = 450 \text{ m}^2$$

Zemljana sonda

Pomoću zemljane sonde oduzima se energija iz zemlje iz većih dubina. Kod ovog sustava primarni je toplinski tok Zemljane kore a ne direktno sunčevo zračenja kao kod zemljanih kolektora. Na ovaj način dobiva se približno konstantna temperatura izvora kroz cijelu godinu. Kod sustava sa sondama izvode se dubinska bušenja na dubine 60 - 100 m a u bušotinu se kao i kod zemljanih kolektora polaže najčešće polietilenske cijevi. Razmak između bušotina ne bi smio biti manji od 6 m. U cijevi se stavlja mješavina etylenglikola i vode kao osiguranje od preniskih temperatura u sondi. Međuprostor bušotine i cijevi ispunjava se suspenzijom bentonit+cement+voda prema točno određenoj recepturi. Punjenje suspenzijom potrebno je kako bi se ostvario kvalitetni prijenos topline od zemlje na sondu. Bušotine (sonde) se međusobno povezuju u zajedničkom šahtu koji se nalazi u neposrednoj blizini toplinske stanice. Prijenos topline od zemlje do toplinske pumpe obavlja se cirkulacijom medija kroz sonde pomoću cirkulacijske pumpe koja se nalazi u toplinskoj stanici.

Sustav sa zemljanim sondama ne traži veliku raspoloživu površinu. Stabilan je i kao takav najčešće je korišten sustav sa toplinskim pumpama u Europi. Primjer, Švedska kao zemlja s najvećim brojem ugrađenih toplinskih pumpi u potpunosti je orijentirana na zemljane sonde. Osnovno i jedino ograničenje primjene je povećano startno ulaganje. Najveća investicija je bušenje, ono se u Hrvatskoj kreće u rasponu od 40-60 Euro/m.



Slika 36. sustav zemljana sonda, izvor www.mcsolar.hr

Okvirni proračun:

Zadano: 15 kW potrebna snaga za grijanje objekta

Ukupno potrebna dubina bušenja:

$$L = P \times (1 - e) / q$$

Gdje je:

P - snaga za grijanje u kW

e - udio el. snage za pogon kompresora toplinske pumpe (cca 25 %), $e = 0,25$

q - specifično odavanje zemlje, $q \approx 0,050$ kW/m

$$L = 15 \times (1 - 0,25) / 0,050 = 225 \text{ m}$$

Slijede 3 bušotine od 75 m

Zrak

Zrak se koristi najčešće kod malih jedinica odnosno zagrijavanja kućanstava. Inverteri su vrsta toplinskih pumpi koje su po svojem sustavu najbliži klima uređaju: oni i hlade i griju, imaju isti izgled, montaža je ista, samo koriste drugačiji plin kao rashladni medij od klima uređaja. Inverter se sastoji od vanjske jedinice koja u fazi grijanja ima funkciju isparivača, a za vrijeme hlađenja ima funkciju kondenzatora. Isto je sa unutarnjom jedinicom koja za vrijeme dok grije ima funkciju kondenzatora, a dok hladi funkciju isparivača. Njihov stupanj iskoristivosti je oko 3,5, što znači da za jedan kilovat uložene električne energije daju 3,5 kilovata toplinske energije. Kada temperatura padne ispod -20°C , tada je vanjski zrak hladniji od plina u isparivaču i uređaj više nije efikasan jer nema odakle crpiti energiju.

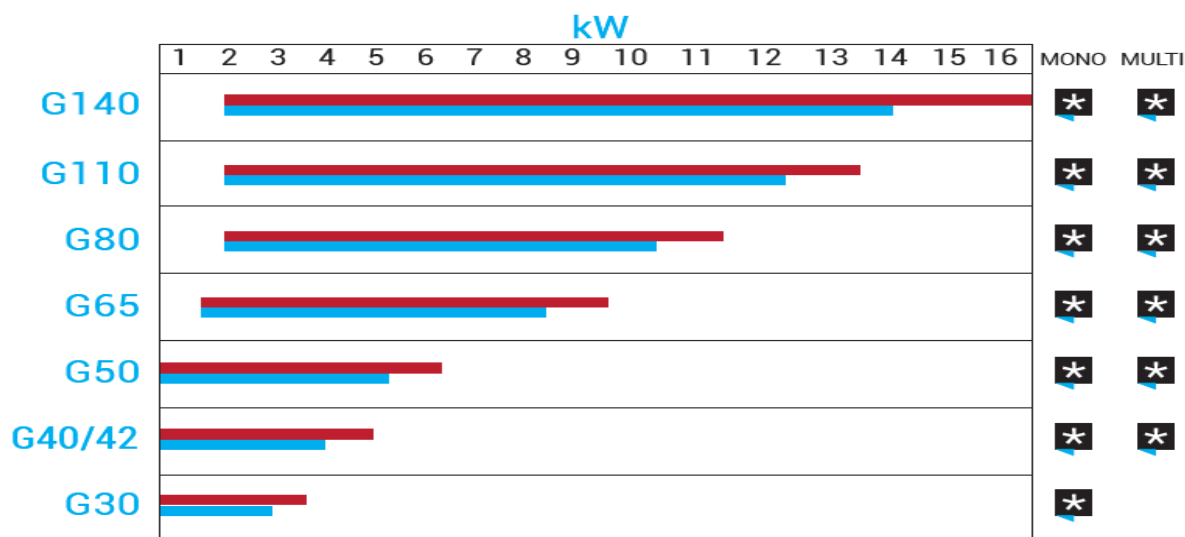
9.2 Energetska i ekonomska isplativost sustava

Sustav koji smo odabrali za primjer je inovativan sustav jer sa toplinskom pumpom, koja kao izvor energije koristi zrak našem domu omogućuje:

- grijanje
- hlađenje
- pripremu PTV

Proizvođač tvrtka Technibel, toplinske pumpe nazvane iSERIES.

Granične vrijednosti rada vanjskih jedinica u rasponu su od -50°C do $+50^{\circ}\text{C}$, unutar kojih se uključuju automatski zaštitni mehanizmi. U sjevernim zemljama postoje mnoge instalacije koje funkcioniraju na temperaturama nižim od -30°C , dok instalacije u pustinjским područjima funkcioniraju na vanjskim temperaturama oko 50°C . Na tim je temperaturama učinak naravno mnogo manji nego što naznačuju nazivne vrijednosti.



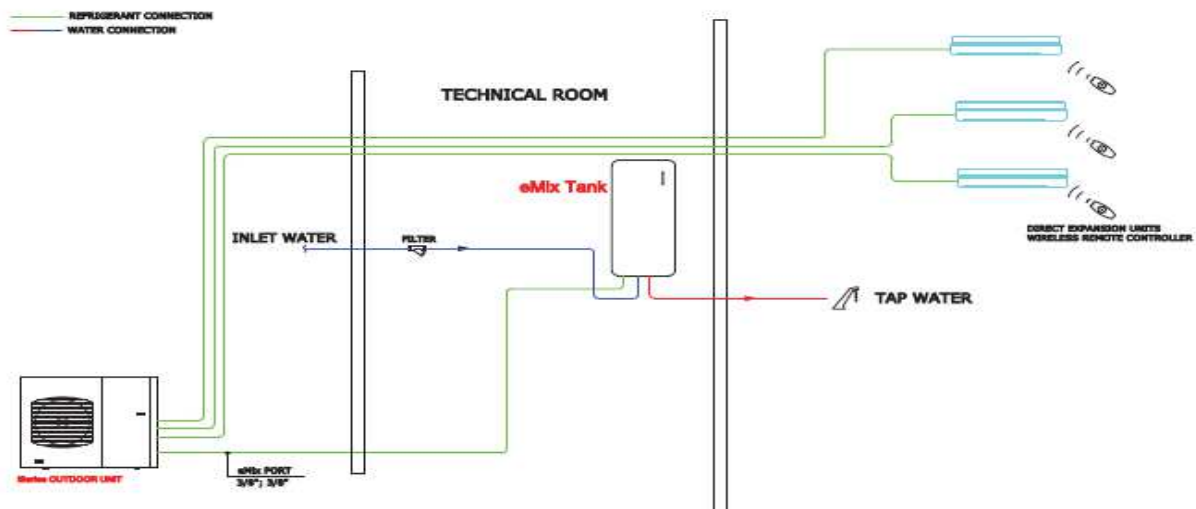
Slika 37. dijagram raspona snaga, tipova vanjskih jedinica, izvor www.technibel.com

Sustav koji smo izabrali sastoji se od :

- vanjske jedinice G65 eMIX-13,365,00kn
- 3 unutarnje jedinice MT $-2,909,68 \times 3 = 8,729,04\text{kn}$
- eMIX modul za pripremu PTV+ spremnik 220l -13,643,44kn
- set cijevi, kit za kompletnu montažu-3,276,30kn

Cijena sustava bez montaže iznosi: 39,463,78kn

iSeries COMPLETE LAYOUT - eMix Tank



Slika 38.shema sustava zrak-zrak,zrak-voda,izvor www.technibel.com

10.Zaključak

Nakon izvršene analize dobivene vrijednosti nam govore kako je gradnja montažne niskoenergetske kuće optimalno rješenje kako u energetskom,tako i u ekonomskom okviru:

1.Najniži koeficijent prolaska topline

2.Najniža cijena građenja

3.Najkraće vrijeme izgradnje objekta(po spremnim dozvolama za građenje, spremnim temeljem montaža kuće traje jedan dan,za prosječnu kuću cca.100 m²).

Vrijednosti dobivene iz analize sunčevih kolektora za PTV nam govore da je optimalno rješenje implementacija termosifonskog sustava Solcrafte u prvom redu zbog visokog stupnja iskoristivosti,sustav ne iziskuje dodatan prostor jer je spremnik integriran u samome kolektoru,te ugradnjom grijača sustav koristimo cijelu godinu. Toplinske pumpe predstavljaju cjelokupno energetsko rješenje za kuću(grijanje,hlađenje,priprema PTV),međutim nedostupne su zbog visokih cijena koštanja uzevši u obzir da u društvu u kojem živimo nisu dostupni poticaji za sustave s obnovljivim izvorima energije.

Praktično se pokazalo da NE kuće ne iziskuju razgranate sustave za grijanje ili hlađenje,te da bi toplinske pumpe poput sustava kojeg smo predstavili najveću iskoristivost pružao starijem objektu sa većim koeficijentom prolaska topline,gdje bi investicija imala smisla.

11. Popis slika ,tablica i dijagrama

Slika 1. Svijet ovisan o fosilnim gorivima, izvor www.wikipedia/ izvori energije

Slika 2. Energetska klasifikacija, izvor www.energetskaucinkovitost.com

Slika 3. Razvedenost omotača zgrade, izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

Slika 4. obodne konstrukcije, izvor www.luka.gradnja.hr

Slika 5. izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

Slika 6. izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

Slika 7. izvor Građevinska fizika, Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

Slika 8. presjeci prozora, izvor www.gealan.hr

Slika 9. tablica koeficijenta apsorpcije, izvor www.insolacija.hr

Slika 10. djelovanje sunca na neprozirne površine, www.insolacija.hr

Slika 11. djelovanje sunčevog zračenja, izvor www.insolacija.hr

Slika 12. dijagram intenziteta sunčevog zračenja, izvor www.insolacija.hr

Slika 13. djelovanje sunčevog zračenja ljeti i zimi, izvor www.insolacija.hr

Slika 14. toplinski mostovi, izvor www.gradenje.com

Slika 15. toplinski gubitci, izvor www.fenix-tp.hr

Slika 16. tablica interakcije izolacije, koef. prolaska topline i uštede energije, izvor www.fenix-tp.hr

Slika 17. gradnja ciglom, izvor www.wienerberger.hr

Slika 18. gradnja porobetonom, izvor www.ytong.hr

Slika 19. presjek zida montažne kuće, izvor www.domprojekt.hr

Slika 20. pločasti kolektor, presjek, izvor www.buderus.hr

Slika 21. cijev vakumskog kolektora, izvor www.kreativna-energija.hr

Slika 22. presjek termosifonskog sustava, www.termosifonski.sustavi.hr

Slika 23. sunčev sustav s prisilnom cirkulacijom, izvor www.buderus.hr

Slika 24: karta insolacije Hrvatske, izvor www.viessman.hr

Slika 25: stupanj iskoristivosti sustava po mjesecima, www.viessman.hr

Slika 26. cirkulacijski bojler, izvor [viessman.hr](http://www.viessman.hr)

Slika 27. dimenzionirani sustav, izvor www.viessman.hr

Slika 28. smanjenje emisija plinova pomoću dimenzioniranog sustava, izvor [www.viessman .hr](http://www.viessman.hr)

Slika 29. olcrafteov inovativan termosifonski sustav, izvor www.solcrafte.com

Slika 30. tablica uštede energije, izvor www.solcrafte.com

Slika 31. termosifonski sunčevi sustavi, izvor www.solcrafte.com

Slika 32. tablica podataka solarnih sustava, izvor www.solcrafte.com

Slika 33. shema lievokretnog kružnog procesa, izvor www.wikipedia toplinske pumpe

Slika 34. izvor topline voda, izvor www.mc.solar.hr

Slika 35. sustav zemljani kolektor, izvor www.mcsolar.hr

Slika 36. sustav zemljana sonda,izvor www.mcsolar.hr

Slika 37.dijagram raspona snaga,tipova vanjskih jedinica,izvor www.technibel.com

Slika 38.schema sustava zrak-zrak,zrak-voda,izvor www.technibel.com

12.Popis literature

1-Građevinska fizika,Željko Koški, građevinski fakultet Osijek, 2012

2-Građevinska fizika, projektiranje i primjene, Šild Kaselman, Damen Polenc,
Beograd 1985

3-www.wienerberger.hr

4-www.ytong.hr

5-www.domprojekt.hr

6-www.ekogradnja.hr

7-www.buderus.hr

8-www.wikipedia.hr

9-www.viessman.hr

10-www.technibel.com

11-www.insolacija.hr

12-www.mcsolar.hr