

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

LUKA VRBANEC

ZEMUNICA – PROTOTIP SUVREMENE PASIVNE KUĆE

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

LUKA VRBANEC

ZEMUNICA – PROTOTIP SUVREMENE PASIVNE KUĆE

DUGOUT – A PROTOTYPE OF A CONTEMPORARY PASSIVE  
HOUSE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Jasmina Ovčar, v. pred.

ČAKOVEC, 2017.

## **ZAHVALA**

*Velika hvala, u prvom redu, dugujem mentorici mag. ing. arh. i urb. Jasmini Ovčar, v. pred., na stručnoj pomoći, trudu i savjetima pri pisanju ovog rada. Također se zahvaljujem kolegama i kolegicama koji su uvijek bili uz mene i bez kojih cijeli tijek mog studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno. Posebna zahvala cijeloj mojoj obitelji koja me uvijek podržavala. I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigao pripisujem svojim roditeljima koji su bili tu, uz mene, bez obzira je li se radilo o teškim ili lijepim trenucima i bez kojih sve ovo što sam do sad postigao ne bi bilo moguće.*

## SAŽETAK

*Cilj je ovoga rada prikazati idejni arhitektonski projekt koji je spoj neolitičke i moderne kuće zvane zemunica na način da se pridržava svih parametara za projektiranje pasivne kuće, a pritom poštuju načela projektiranja stambenih obiteljskih zgrada te da su zadovoljeni svi arhitektonski uvjeti u pogledu funkcije, konstrukcije i estetike.*

*Pojmovi poput održivog razvoja i održivosti tek su nedavno postali dio raznih programa, izvješća i strategija. Međutim, samo načelo kako živjeti održivo i u skladu s prirodom nije nikakva novost. Zakoni održivosti postoje već stoljećima. Dobar je primjer sječa drveća: ne smije se nikad posjeći više drveća nego ih može izrasti novim pošumljavanjem.*

*Poštovanje principa održivosti zamjetno je i u području građenja još u doba stare Grčke ili starog Rima. Tadašnje građevine građene su s namjerom da traju što dulje, njihov utjecaj na okoliš nije bio znatan, a vrlo su česti i primjeri da se materijal starijih, napuštenih građevina primjenjivao za gradnju novih. Upravo su te kategorije osnovni parametri na koje građevinski inženjer treba utjecati da bi ostvario održivu gradnju[1].*

*Ljudi tako još od davnina koriste prirodu i njeno bogatstvo energije Sunca, vode, zemlje i vjetra. Od pamtivijeka grade nastambe u kojima se štite od vremenskih nepravilnosti te raznih drugih napasti kao što su životinje. Prva stalna naselja nastaju već u doba neolitika oko 8000 godina pr. Kr. U to doba javljaju se i prve nastambe zvane zemunice. Zemunice su bile poluukopane ili ukopane nastambe koje su pomoću zemlje davale konstantnu temperaturu pogodnu za život zimi. Današnje moderne zemunice koriste slična načela izgradnje kao i one prije više tisuća godina, a ni izgledom se previše ne razlikuju. Postoje dva tipa suvremenih zemunica. To su potpuno ukopane zemunice i djelomično ukopane zemunice.*

**Ključne riječi:** *održivi razvoj, održivost, prirodna energija, suvremena zemunica, zemunica*

# SADRŽAJ

## SAŽETAK

1. UVOD .....	6
2. POVIJEST STANOVANJA .....	7
3. ZEMUNICA – IDEALAN PROTOTIP SUVREMENE PASIVNE KUĆE .....	11
3.1. Zemunice kao prve nastambe .....	11
3.2. Zemunice kao suvremena pasivne kuće .....	13
4. TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE .....	18
4.1. Orijentacija .....	18
4.2. Oblik zgrade .....	19
4.3. Toplinska hijerarhija prostora – temperaturno zoniranje .....	20
4.4. Toplinska izolacija .....	20
4.5. Ostakljenje i zaštita od ljetnog pregrijavanja .....	21
4.6. Ventilacija .....	22
4.7. Grijanje .....	24
5. IDEJNO RJEŠENJE OBITELJSKE PASIVNE KUĆE – SUVREMENA ZEMUNICA .....	25
5.1. Projektni zadatak .....	25
5.2. Idejni projekt .....	26
5.3. Tehnički opis projektirane kuće.....	34
5.4. Iskaz površina i obračunskih veličina .....	35
6. ANALIZA PREDLOŽENOG IDEJNOG RJEŠENJA U ODNOSU NA TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE .....	37
6.1. Orijentacija .....	37

6.2. Oblik zgrade i toplinska hijerarhija prostora .....	37
6.3. Toplinska izolacija .....	39
6.4. Ostakljenje te zaštita od ljetnog pregrijavanja .....	49
6.5. Ventilacija i grijanje .....	40
7. ZAKLJUČAK .....	41
LITERATURA .....	42
Popis slika .....	43
Popis tablica .....	44
Popis priloga .....	44
PRILOG .....	45

## 1. UVOD

Danas se sve više i sve češće spominju pojmovi kao što su održivi razvoj<sup>1</sup>, energetska učinkovitost<sup>2</sup> i održiva gradnja<sup>3</sup>. Svi ti pojmovi spominju se zbog dosadašnjeg lošeg života ljudi i njihove loše brige prema okolišu. Zbog toga okoliš pati i sve se više zagađuje raznim takozvanim „modernim“ materijalima koji samo štete okolišu. Došlo je vrijeme da se stvari poslože i da se krene živjeti pametnije, po načelima prirode, odnosno održivim stilom života. Ljudi su napokon uvidjeli probleme te ih žele sve više rješavati na boljitak prirode, ali i života samih ljudi.

Jedan je od načina poboljšanja života održiva gradnja. Danas se od nas traži da ponovo koristimo materijale koje nam je dala Zemlja kao što su to radili još i praljudi. Upotrebom tih materijala znatno će se smanjiti zagađenje i mnogobrojni nerazgradivi otpad kojega je već i sada previše na Zemlji.

Graditeljstvo je interdisciplinarna inženjerska djelatnost (i) planiranja, (ii) projektiranja, (iii) gradnje (uključujući i nadzor – stručni, projektantski), (iv) upravljanja, korištenja i održavanja (rekonstrukcije, renoviranja), (v) uklanjanja građevina, (vi) uzorkovanja, ispitivanja i mjerenja (laboratorijska, terenska) te (vii) proizvodnje građevnih materijala radi zadovoljenja ljudskih potreba, odnosno poboljšanja kvalitete života (povećanja standarda) [2].

Za ljude bi danas trebao biti izazov graditi održivo. Izgradnja, ugradnja, obnova i na kraju razgradnja, odnosno uklanjanje zgrada ogroman je ljudski faktor u smislu utjecaja na okoliš. To se izravno odvija kroz potrošnju materijala i energijete onečišćenje građevinskim otpadom, a neizravno kroz lošu i neučinkovitu infrastrukturu.

Razvojni je napredak omogućio energetske visoko učinkovit koncept zgrade pri kojem se potrošnja energije za grijanje, u usporedbi s prosječnim starim gradnjama, smanjila na manje od desetine. Zasluge za sve veći broj pasivnih kuća imaju brojni napredni arhitekti,

---

<sup>1</sup>Održivi razvoj – razvoj koji zadovoljava potrebe današnjice bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija u zadovoljavanju njihovih potreba.

<sup>2</sup>Energetska učinkovitost – širok opseg djelatnosti kojima je krajnji cilj smanjenje potrošnje svih vrsta energije u promatranom objektu.

<sup>3</sup>Održiva gradnja – uporaba građevinskih materijala koji nisu štetni po okoliš, energetska učinkovitost zgrada i gospodarenje otpadom od gradnje i rušenja građevina.

hrabri izvođači<sup>4</sup> i angažirani investitori<sup>5</sup>. Pasivne kuće nisu natrpane tehničkim uređajima, već su u njima intuitivni i za stanare ugodni te priručni građevni elementi i uređaji [3].

Održiva gradnja ima velik utjecaj na fizičko i ekonomsko zdravlje te na dobrobit pojedinca, skupine ili neke organizacije. Održiva zgrada poboljšat će užitak života zajednice tako što će u njoj biti zdrav stambeni okoliš i komfor.

Održivi razvoj i održiva gradnja danas su polako sve više glavne političke teme lokalnih, nacionalnih i međunarodnih vladinih institucija te mnogih industrija i trgovina.

Kako bi se poboljšao okoliš, ljudi trebaju odgovoriti na izazov. Mora se unaprijediti kvaliteta života gradeći zdravo i održivo jer se jedino na taj način može uspostaviti sinergija između pojedinca i prirode.

## 2. POVIJEST STANOVANJA

Svaka struka dijeli povijest na razdoblja prema svojim kriterijima. Građevine su veličinom i trajnošću pokazatelj razvoja neke civilizacije. Na sreću, mnogobrojne su građevine sačuvane potpuno ili u tragovima, ali o mnogima znamo samo iz povijesnih dokumenata... Ipak, povijest čovječanstva jednu svoju, iznimno važnu, sliku ima i u povijesti graditeljstva [4].

Ljudi od pamtivijeka grade nastambe u kojima se štite od vremenskih neprilika te raznih drugih napasti kao što su životinje. Prva stalna naselja nastaju već u doba neolitika 8000 godina. pr. Kr.

Posljednja faza kamenog doba nazvana je neolitik<sup>6</sup>. Unatoč relativno kratkom trajanju (od 8000 do 3500 godina pr. Kr.), bilo je to razdoblje vrlo brzih i odlučujućih promjena koje će iz temelja promijeniti način života ljudi. Stanovništvo je naraslo od desetaka na stotine tisuća ljudi – promijenio se odnos prema okolišu: u samo 3000 godina čovjek je postao

---

<sup>4</sup>Izvođač - graditi i/ili izvoditi radove na građevini može pravna osoba ili fizička osoba obrtnik, registrirana za obavljanje djelatnosti građenja, odnosno za izvođenje pojedinih radova (u daljnjem tekstu: izvođač) koja ispunjava uvjete propisane ovim Zakonom te posebnim propisima kojima se uređuje gradnja.

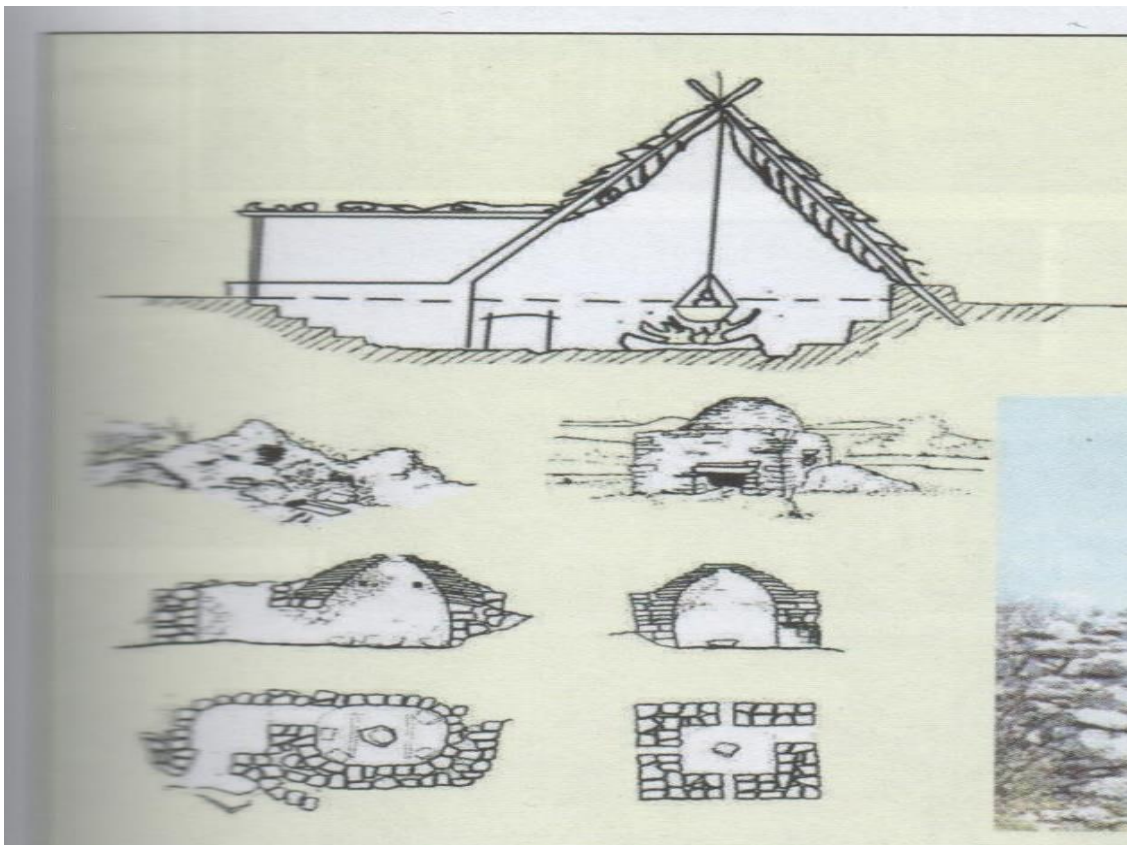
<sup>5</sup>Investitor - (engl. *investor*, njem. *Investor*), pravna ili fizička osoba koja svoja ili posuđena sredstva ulaže u posao u sadašnjosti očekujući profit u budućnosti.

<sup>6</sup>Neolitik - mlađe kameno doba; razdoblje u kojem nastaju prve sjedilačke ljudske zajednice s trajnim naseljima i čvrstim nastambama, utemeljene na uzgoju biljaka i domestikaciji životinja.



najprije polunomad, zatim sjedilac<sup>7</sup>. Gradio je stabilna naselja, koja su trebala biti trajna, razmatrajući nove oblike društvene organizacije i oživotvorujući prve oblike organiziranog društva [5].

Na Slici 1. prikazuje se rekonstrukcija neolitičke zemunice. Vidi se da je jednim dijelom ukopana u zemlju, a drugim dijelom ipak na površini. Dio ukopan u zemlju mjesto je gdje se boravilo navečer i preko noći jer je tu zemlja zadržavala toplinu ugodnu za spavanje.



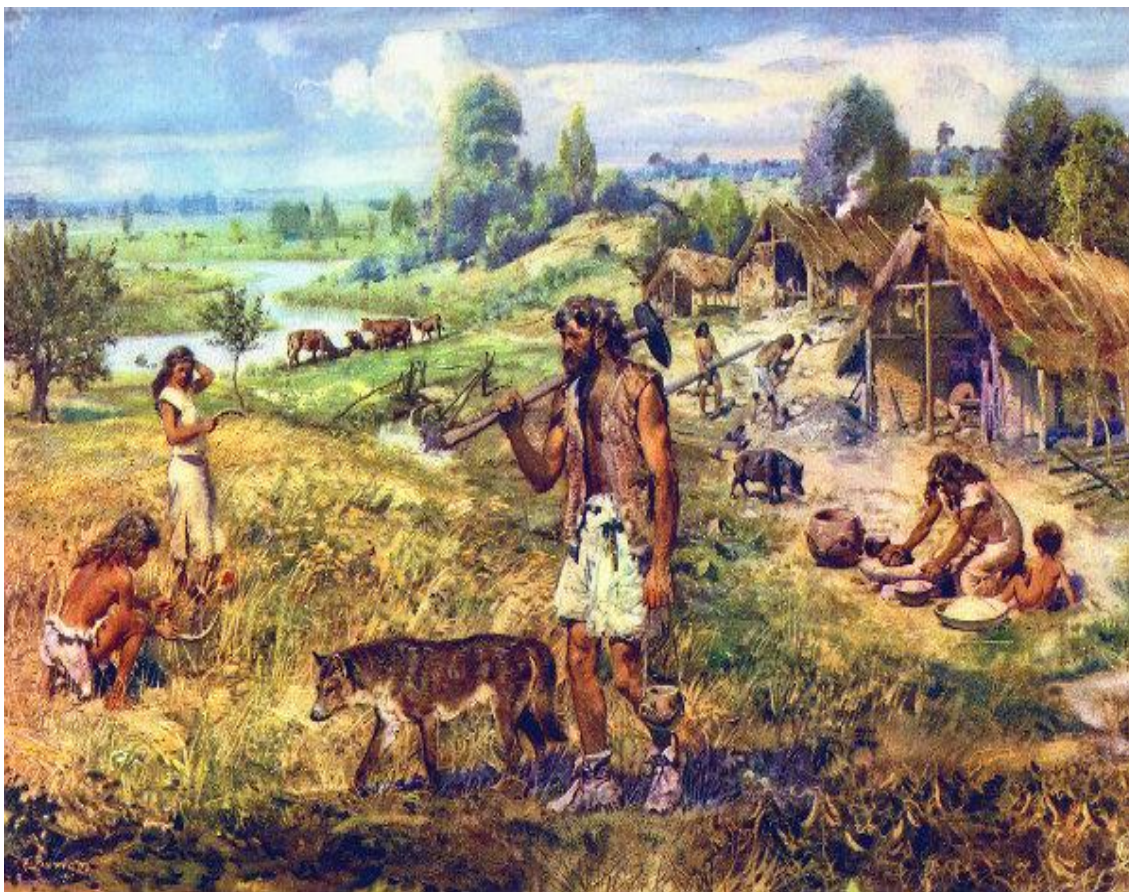
**Slika 1.** Crtež neolitičkih zemunica

*Izvor: Radić, J. (2016). Uvod u graditeljstvo. Zagreb, Školska knjiga*

Prva stalna naselja mogla su se razviti kada je čovjek bio sposoban proizvesti hranu za dulje razdoblje na nekom mjestu, odnosno kada se nije zbog hrane morao seliti.

<sup>7</sup> Sjedilac - pripadnik skupine koja živi na jednom mjestu, u izgrađenom naselju.

Na Slici 2. prikaz je prvih stalnih naselja. Prikazuju se prve nastambe, način života i mjesta blizu vode gdje su se izgrađivala prva stalna naselja.



**Slika 2.** Prva stalna naselja

*Izvor: <https://www.thinglink.com/scene/578235112815067138>*

Od poljoprivredne revolucije do rođenja sela u kojima se trajno stanovalo korak je bio relativno mali. Prva svjedočanstva o počecima toga procesa potječu iz razdoblja lova i skupljanja. u Abu Hureyri u Siriji postoje tragovi sela čije se podrijetlo vjerojatno duguje povoljnim uvjetima okoliša. Tri tjedna žetve divlje pšenice i ječma u kasno proljeće mogli su osigurati zalihe hrane za cijelu godinu. Zašto se dakle seliti? S povijesnog stajališta, doba čvrstog naseljavanja uslijedilo je nakon doba udomaćivanja biljaka i životinja i donijelo radikalnu promjenu u životnim navikama [5].

Prvi oblici i mjesta naseljavanja bila su sela, a tek kasnije nastaju prvi gradovi.

Tlocrt<sup>8</sup> prvih sela bio je pretežno kružnog oblika, poput neke vrste velike kolibe, funkcionalan za potrebe obrane i zaštite. Sela su vjerojatno bila samodovoljna, tj. zadovoljavala su ukupne potrebe zajednice [5].

Najstarija naselja nastala su u aridnim krajevima, dolinama rijeka koje su povremeno plavile i ostavljale plodni mulj. Na tim su mjestima kasnije nastali i prvi gradovi. Preduvjeti za prve gradove<sup>9</sup> bili su stanovništvo, okoliš, tehnologija i društvena organizacija.

Smješteno u južnoj Anatoliji, naselje Catal Huyuk razvilo se u 7. tisućljeću pr. Kr. Sklop poljodjelske, trgovačke i obrtničke djelatnosti, o kojima su ostali sačuvani dokazi, donio je naselju naziv grada. U početku je pokrivalo područje od 30 hektara; kuće, prosječne površine od oko 25 četvornih metara, bile su naslonjene jedna na drugu. Vjeruje se da je u vrijeme svoga najvećeg sjaja imalo kuće od opeke [5].

U kasnije doba nastaju jezgre urbanog razvoja. Postojalo je šest središta oko kojih su se izgrađivala naselja i gradovi. Najčešće je to bilo u blizini velikih rijeka i mora. Razlog je takvog odabira jasan, blizina hrane i vode. Prvo takvo naselje nastalo je 3500 godina pr. Kr. u donjoj Mezopotamiji<sup>10</sup> planski, okruženo zidom s pravilnom mrežom ulica. Poslije toga gradovi se razvijaju u dolinama rijeka Nila (3200 godina pr. Kr.), Inda (2400 godina pr. Kr.) te u dolini Žute rijeke (1800 godina pr. Kr.). Što se tiče doline Žute rijeke, ovdje su gradovi bili međusobno povezani sa selima, odnosno gradski zid nije odvajao urbani dio od ruralnog.

U brončano doba<sup>11</sup> nastale su još dvije velike civilizacije, civilizacija naroda oko rijeke Ind i ona na Kreti, prva europska visoka civilizacija, premda se najveća pažnja i dalje poklanjala raznolikosti i grandioznosti ostvarenoj u Mezopotamiji i Egiptu [5].

---

<sup>8</sup>Tlocrt - tehnički crtež nekog objekta (npr. građevine, strojnog elementa, broda) izrađen po pravilima nacrtne geometrije kao ortogonalna projekcija objekta na horizontalnu ravninu. U graditeljstvu se tlocrtom zgrade prikazuju obrisi njezinih dijelova, a kadšto i njihov sastav u zamišljenom presjeku, većinom u visini prozora pojedine etaže.

<sup>9</sup>Grad - relativno veliko i stalno urbano naselje u kojemu većina populacije živi od industrije, trgovine i servisnih djelatnosti, za razliku od sela gdje je većina ekonomskih aktivnosti zasnovana oko poljoprivrede.

<sup>10</sup>Mezopotamija - područje jugozapadne Azije koje obuhvaća otprilike 350.000 četvornih kilometara. Mezopotamija obuhvaća aluvijalnu ravnicu između rijeka Tigrisa i Eufrata u Iraku i Siriji.

<sup>11</sup>Brončano doba - prapovijesno razdoblje obilježeno uporabom bronce za izradu oružja, oruđa, nakita i posuđa. Brončano doba traje od oko 2000. do 750. godine pr. Kr., a dijeli se na rano (2000. – 1600. pr. Kr.), srednje (1600. – 1300. pr. Kr.) i kasno (1300. – 750. pr. Kr.) brončano doba.

Zatim slijedi nastajanje najstarije jezgre „novog svijeta“, Srednje Amerike. Ona se pojavljuje 200 godina pr. Kr. Obilježja su joj bila pravilan sustav ulica, mala gustoća naseljenosti i nepostojanje obrambenih zidova.

Nakon toga slijede arhaisko i klasično razdoblje u kojima se grade prve luke. Poslije njih još se javljaju polisi (gradovi države) te Rimsko carstvo.

### **3. ZEMUNICA – IDEALAN PROTOTIP SUVREMENE PASIVNE KUĆE**

Zemunice<sup>12</sup> kao nastambe javljaju se u ranom srednjem vijeku. Iako su postojale i puno ranije, za to ima jako malo nalazišta i dokaza. Poznato je da su postojale već u doba neolita, oko 5000 godina pr. Kr.

Prve strukture potječu iz razdoblja mlađeg kamenog doba, neolitičke zemunice,... [4].

#### **3.1. Zemunice kao prve nastambe**

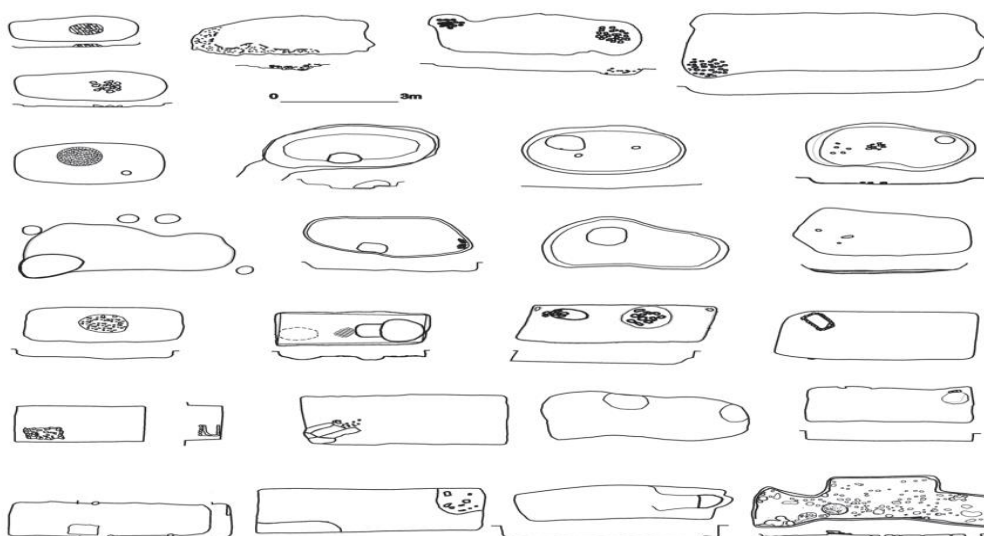
Zemunice su se dijelile na potpuno ili samo djelomično ukopane. Osim toga, postoji razlika u konstrukciji<sup>13</sup>. Većina ih je bila izgrađena od zemlje, no neke su imale nosive dijelove konstrukcije od kolaca. Sasvim ukopane zemunice bile su s gornje strane pokrivena zemljom i granama, a u prostor se ulazilo stepenicama koje su također bile napravljene od zemlje. Bolji tip zemunice ipak je bila djelomično ukopana zemunica kružnog oblika. Nosiva konstrukcija od kolaca bila je u obliku kupole, u središtu zemunice nalazilo se ognjište, a oko ognjišta kreveti. U srednjem vijeku javljaju se zemunice elipsoidnog i pravokutnog oblika na prostorima srednjoistočne Europe.

Na Slici 3. prikazuju se prva nalazišta i mogući izgled pravokutno-elipsoidnih i pravokutnih zemunica na prostoru srednjoistočne Europe.

---

<sup>12</sup> Zemunica - poluukopani ili ukopani objekt za stanovanje ljudi, postrojbi i zapovjedništava izvan naselja u hladne dane, kao i za smještaj ozlijeđenih i oboljelih sanitetskih vojnika i ljudstva u zbjegovima.

<sup>13</sup> Konstrukcija - bitan graditeljski, ali i estetski element arhitekture. Svaka konstrukcija sastoji se od nosača (okomitih elemenata) i tereta (vodoravnih elemenata). Nosači su zid, pilot, stup, stub i arkada. Tereti su arhitrav, zabat, strop, svod, krov i kupola.



**Slika 3.** Pravokutno-elipsoidne i pravokutne zemunice

Izvor: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=40608](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=40608)

Njihovo prostorno širenje, tipologija, funkcionalne i genetičke interpretacije teme su arheoloških rasprava. Najstarije se pojavljuju već u slavenskim kolonizacijskim migracijama, kako kod sjeverozapadnih Slavena, tako i u Karpatskoj kotlini. U narednim stoljećima (8. – .) pojavljuju se u još manjem broju, osobito u podplaninskim regijama, ali samo rijetko kao jedini ili glavni tip nastambe [6].

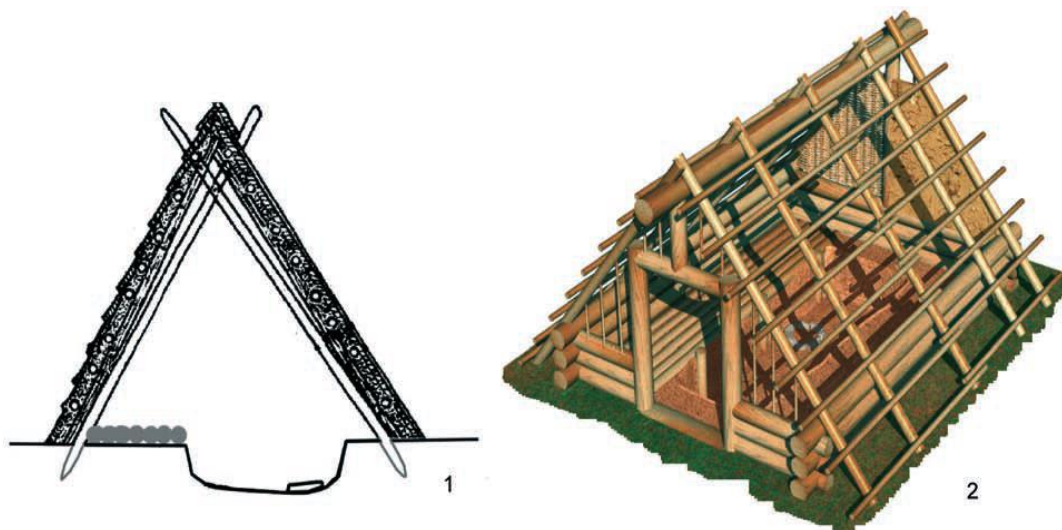
Postojalo je nekoliko vrsta i tipova zemunica koje su se razlikovale po kvadraturi.

Najbrojnije su bile s manje ili više pravilnim tlocrtom te manjih i srednjih dimenzija (približno 4 – 8 m<sup>2</sup>), pravokutnog oblika sa zaobljenim uglovima i ponekad blago ispupčenim središnjim dijelom (ognjištem), s razmjerom duže i kraće osovine [6].

Manje pravilni ili veći oblici (7 – 15 m<sup>2</sup>) koji su imali ognjište ili su samo površinski bili bitno veći, smatrani su za ukopane nastambe, odnosno kao dio nadzemnih kuća. Za njihovo razlikovanje od tipičnih zemunica možda bi bilo prikladno upotrijebiti termin poluzemunica – ili opisno „kuća s djelomično ukopanim interijerom“ [6].

Posebna skupina dugih zemunica kod sjeverozapadnih Slavena bili su razmjerno najmasivniji objekti (20 – 50 m<sup>2</sup>), ponekad lančano povezani u liniju s unutarnje strane duž utvrde [6].

Na Slici 4. rekonstrukcija je mogućeg izgleda pravokutno-elipsoidne i pravokutne zemunice.



**Slika 4.** Rekonstrukcija pravokutno-elipsoidne i pravokutne zemunice

Izvor: [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=40608](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=40608)

### 3.2. Zemunice kao suvremene pasivne kuće

Moderne zemunice koriste slična načela izgradnje kao i one prije nekoliko tisuća godina. Ni izgledom se previše ne razlikuju od onih iz prošlosti. Postoje dva tipa suvremenih zemunica: potpuno ukopane zemunice te djelomično ukopane zemunice. Zna se da zemlja ima vrlo dobra termoizolacijska svojstva pa je najčešća temperatura 12,2 stupnjeva Celzijevih. Ukoliko se zemunice ne grade na nekom planinskom području, moguće je kvalitetno iskoristiti i zemljište iznad objekta. Može se napraviti zeleni krov ili pak iskoristiti strane svijeta i prirodni toplinski energent Sunce te postaviti solarne panele<sup>14</sup>.

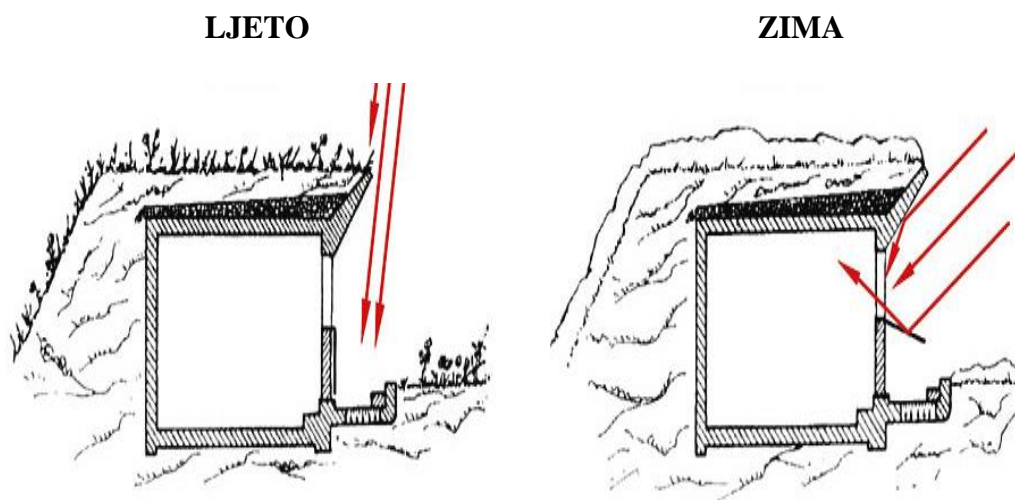
<sup>14</sup> Solarni panel - poluvodički uređaj koji pretvara sunčevu energiju izravno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta. Grupe ćelija tvore solarne module, poznate i kao solarni paneli.

Razlika u izradi nosive konstrukcije moderne zemunice od klasične je što se nosiva konstrukcija više ne izrađuje uz pomoć kolaca, već je u današnje doba, zbog nosivosti i puno veće kvadrature kuće, potrebno zidati armiranim betonom.

Danas su najpraktičnije i najekonomičnije ipak djelomično ukopane zemunice koje imaju vanjski dio usmjeren prema jugu. Kod odabira načina izgradnje zemunice mora se paziti i na klimatske uvjete. Zemunica se može graditi u kraju koji ima dovoljno sunčanih dana tako da se Sunce iskoristi što je više moguće, a da se što manje koriste neprirodni resursi. Ovdje je riječ o pasivnoj kući koja ima određene i zadane kriterije potrošnje koji se ne smiju premašiti.

Osnovne su prednosti djelomično ukopanih zemunica veća sunčeva efikasnost, jer južni otvori omogućuju maksimalnu insolaciju zimi dok je nadstrešnicama spriječeno pregrijavanje ljeti, kada je sunce visoko, i vizualni komfor, tj. mogućnost pogleda na okolinu čime je znatno smanjena nelagoda koja postoji kod duljeg boravka u podzemnim prostorijama [7].

Na Slici 5. prikazuje se velika važnost kuta upada sunčevih zraka kod pasivne zemunice. Također, veoma je važna razlika između ljetnog i zimskog razdoblja gdje su ti kutovi različiti.



**Slika 5.** Prikaz insolacije u ljetnom i zimskom razdoblju s primjenom reflektirajućih površina

Izvor: <http://www.samogrejnekuce.com/samogrejna-eko-kuca.html>

Zemunice pripadaju u jedne od najtiših i najsigurnijih kuća što se tiče vremenskih nepogoda.

Postoje još neke prednosti zemunica. Nisu im potrebni žljebovi za odvođenje vode s krovakao ni gromobrani. Zaštićene su u slučaju zemljotresa i olujnih vjetrova. Problem buke i vibracija ne postoji. Zemunica je jedina kuća u kojoj se ne osjeća ni vjetar. Zemunice su potpuno zaštićene od svih atmosferskih utjecaja, prvenstveno od mraza i ekstremnih temperatura koje postepeno razaraju fasadu i zidove klasičnih kuća. Vijek trajanja zemunice je oko 200 godina [7].

Zna se da pasivne kuće veći dio energije uzimaju iz prirode, najviše pomoću Sunca, vjetra i zemlje, i time štede umjetno proizvedene energente, ali i novac, a na kraju krajeva čuvaju i brinu o prirodi. Izgradnja pasivnih kuća u današnje je doba još znatno skuplja od klasičnih. Izgradnja pasivnih zemunica još je uvijek jeftinija. Ušteda energije u solarnoj zemunici iznosi i do 85 %, njeni stanari su izuzetno zadovoljni, a sama izgradnja jeftinija je od izgradnje nadzemne kuće.

Na Slici 6. prikazuje se malo stambeno naselje u Švicarskoj koje se sastoji od 7 zemunica smještenih kraj umjetnog jezera. Dnevne su prostorije smještene na jugu, a noćne na sjeveru. U sredini se nalazi kupaonica i stepenice koje povezuju gornji dio s ukopanim. Sve kupaonice dobivaju prirodno svjetlo kroz krovne prozore [8].



**Slika 6.** Prikaz stambenog naselja u Švicarskoj

<https://www.niftyhomestead.com/blog/earth-sheltered-homes/>



Na Slici 7. prikazana je zemunica sagrađena na strani brda. Površina joj je 4144 m<sup>2</sup>, ali ipak nestaje u krajoliku.



**Slika 7.** Prikaz zemunice koja se sastoji od 7 međusobno povezanih kupola

<https://www.niftyhomestead.com/blog/earth-sheltered-homes/>

Na Slici 8. prikazana je kuća koja je cijela zaštićena i okružena zemljom. Izgrađena je potpuno ispod zemlje na ravnom mjestu, a glavni stambeni prostori okružuju središnje vanjsko dvorište. Prozori i staklena vrata na izloženim zidovima okrenutim prema atriju pružaju laganu sunčanu toplinu, poglede na vanjsku stranu i pristup stubištu iz prizemlja. Atrij je jedva vidljiv s razine tla i stvara privatni otvoreni prostor te pruža dobru zaštitu od zimskih vjetrova. Pasivni solarni dobitci najveći su kroz prozore [9].



**Slika 8.** pasivna zemunica u Arizoni

<https://energy.gov/energysaver/efficient-earth-sheltered-homes>

Na Slici 9. prikazana je zemunica u Vermontu.



**Slika 9.** Zemunica u Vermontu

<https://www.niftyhomestead.com/blog/earth-sheltered-homes/>

## 4. TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE

Da bi kuća bila pasivna, potrebno je doseći zadani energetska standard. Za postizanje tog standarda postoji niz komponenti koje moraju doseći zadani nivo da bi ukupan rezultat bio zadovoljavajući i pripadao pod standard pasivne kuće. Za to postoje temeljna načela kojih se treba držati.

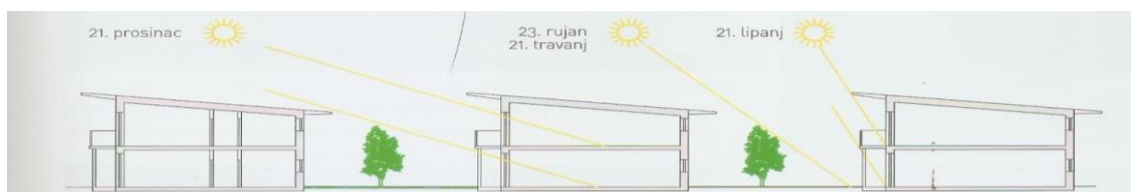
### 4.1. Orijentacija

Pravilno pozicioniranje pasivne kuće prema stranama svijeta jedan je od ključnih čimbenika kako bi se dobilo što je više moguće topline od prirodnog energenta, Sunca. Vrlo je važno odabrati parcelu koja nudi mogućnost pozicioniranja kuće prema jugu.

Južna orijentacija u hladnim dijelovima godine omogućuje maksimalnu iskoristivost sunčeve energije i time do 40 % doprinosi grijanju zgrade. Pasivna iskoristivost sunčeve energije ima, dakle, ugodan utjecaj na zajedničku toplinsku bilancu <sup>15</sup>zgrade [3].

Također se kod orijentacije zgrade ne smije zaboraviti ni na pregrijanost prostora zbog velike upotrebe južnog pročelja i velikih staklenih površina. Izravan ulaz Sunčevih zraka kroz prozor u najtoplijem dijelu dana sprječavaju susjedne zgrade i njihov razmak, konzole, nadstrešnice i slično. Osim toga, sadi se i listopadno drveće koje tijekom ljetnih mjeseci na sebi ima lišće i time štiti od jakih sunčevih zraka. Zimi, kada su sunčeve zrake potrebne da bi zagrijale prostor, listopadno drveće gubi lišće i time sunčeve zrake prodiru izravno do prozora i sve do unutrašnjosti kuće.

Na Slici 10. prikazuje se razmak između građevina određen zimskim upadnim kutom Sunca.



**Slika 10.** Razmak između građevina određen je zimskim upadnim kutom Sunca

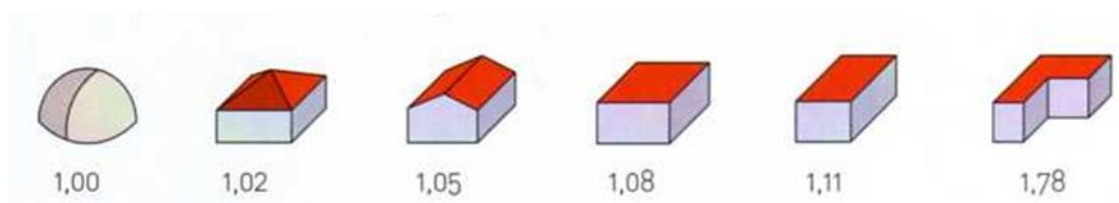
*Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o*

<sup>15</sup> Toplinska bilanca – vrsta toplinskih gubitaka (transmisijski i toplinski gubici od ventilacije – prozračivanjem) i dobitaka u zgradi (toplinski dobitci sunčeva zračenja, toplinski dobitci unutarnjih izvora, ogrjevna toplina) u duljem vremenskom razdoblju (npr. u godini dana).

## 4.2. Oblik zgrade

Glavna je zadaća pasivne kuće svesti transmisijske gubitke<sup>16</sup> na najmanji mogući minimum. Transmisijski gubici javljaju se po plaštu zgrade zbog čega je bitan oblik zgrade. Zgrada treba izgledom biti što jednostavnija. Vanjski plašt treba biti što manji u odnosu na volumen zgrade. Taj odnos površine i volumena naziva se faktor oblika<sup>17</sup> zgrade. Dakle, treba graditi kompaktne i nerazvedene građevine. Najbolji su oblici eliptični i okrugli te kvadratni i osmerokutni.

Na Slici 11. prikazuje se koliko je bitan geometrijski oblik tijela jednakog volumena.



**Slika 11.** Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom

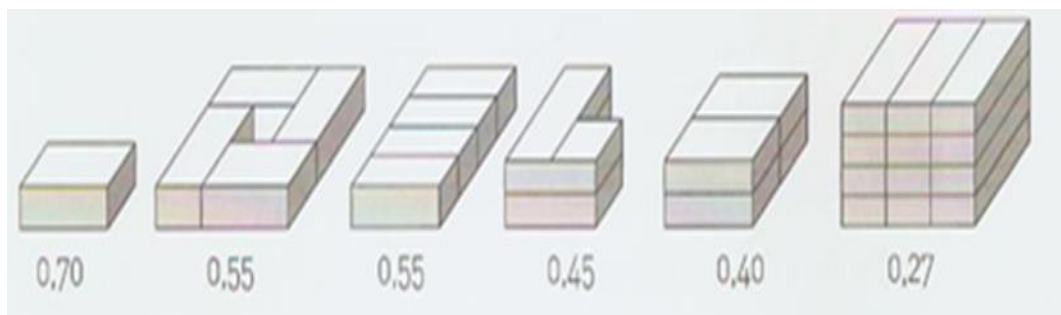
*Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.*

U usporedbi s obiteljskim slobodnostojećim zgradama, s energetskeg gledišta mnogo je bolje povezivanje u obliku zgrada u nizu ili, još bolje, višestambena višekatna izgradnja, što je prikazano na Slici 4. Kod njih je površina toplih vanjskih zidova, s obzirom na volumen, puno manja. Kod takvog načina gradnje moguće je postići faktor oblika 0.3 – 0.7 m<sup>-1</sup> [3].

Na Slici 12. prikaz je faktora oblika geometrijskog tijela sastavljenih iz više jednakih elemenata.

<sup>16</sup> Transmisijski gubici – gubici koji se javljaju zbog prolaza topline kroz plašt zgrade koji se sastoji od zidova, krova i prozora.

<sup>17</sup> Faktor oblika zgrade – odnos između ukupne vanjske površine i grijanog volumena zgrade koju ta površina okružuje.



**Slika 12.** Faktor oblika geometrijskih tijela sastavljenih iz više jednakih elemenata

*Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.*

### 4.3. Toplinska hijerarhija prostora – temperaturno zoniranje

Pasivnu je kuću potrebno projektirati tako da prostorije budu podijeljene na dvije zone. Ako je kuća orijentirana S – J, tada se na sjevernoj strani nalaze prostori kojima nije potrebno stalno grijanje i gdje ljudi borave kratko. To su wc, kupaonica, garderoba, kotlovnica, glačao i razna spremišta. Na južnoj se strani nalaze prostorije u kojima se boravi dulje i gdje je potrebno stalno grijanje: dnevni boravak, blagovaona, spavaće sobe, dječje sobe te radne sobe. Hladne se prostorije od toplih odjeljuju nosivim zidom ili nekim hodnikom. Sa zoniranjem se dobiva na uštedi topline jer se ne mora cijela kuća konstantno grijati na istoj temperaturi, a prostori se odjeljuju i time su manji toplinski gubici.

### 4.4. Toplinska izolacija

Toplinski plašt zgrade čine svi građevni elementi koji tvore granicu između dva temperaturna područja. To su vanjski zidovi, unutarnji zidovi prema negrijanim dijelovima zgrade, krov, podovi, prozori i vanjska vrata. Unutar toplinskog plašta moraju biti oni prostori koji se stalno griju. Izvan toplinskog plašta negrijani su podrumi, smočnice, garaže i ostali pomoćni prostori. Radi što boljeg faktora oblika, toplinski plašt mora biti što kompaktniji [3].

Plašt pasivne kuće ima dobre toplinskoizolacijske karakteristike: svi građevni elementi moraju imati prolaz topline  $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Često su te vrijednosti niže ( $U \leq 0,1$

$W/(m^2K)$ ). Debljina toplinske izolacije ovisi o materijalu i sastavu zida te iznosi 25 – 40 cm [3].

Postoje umjetni anorganski i organski te prirodni materijali. Umjetni su anorganski materijali mineralna vuna i pjenjeno staklo, dok su umjetni organski materijali ekspanzirani polistiren, pjenjeni polietilen i poliuretan. Danas se sve više, osobito kod pasivnih kuća, koriste prirodni materijali kao što su drvena i celulozna vlakna, lan, konoplja, pluto i ovčja vuna.

Što se tiče odabira i postavljanja toplinske izolacije, ona je ista kao i kod klasičnih kuća.

#### 4.5. Ostakljenje i zaštita od ljetnog pregrijavanja

Vanjski otvori čine vanjski plašt zgrade koji mora biti kvalitetno zabrtvljen da ne bi došlo do gubitaka topline. Za to su potrebna kvalitetna stakla, okviri i vrata.

Izolacijsko ostakljenje pasivnih kuća sastoji se od tri stakla umjesto do sada uobičajeno dva. Međuprostor je radi bolje toplinske izolacije punjen plemenitim plinom, npr. argonom, kriptonom ili (do nedavno) ksenonom. Da bi kroz ostakljenje prodrlo što manje dugovalnog toplinskog zračenja<sup>18</sup>, na staklo je nanesen nevidljiv, izuzetno tanak sloj većinom srebrnih oksida (niskoemisijski nanos). Ostakljenja takvog sastava postižu prolaz topline do  $U_g = 0,4 W/(m^2K)$  [3].

Što se tiče zaštite od ljetnog pregrijavanja, koriste se rolete, žaluzine, balkoni te prirodno listopadno drveće koje ljeti štiti od izravnog ulaska sunčevih zraka. Zimi lišće padne te sunčeve zrake mogu prodrijeti do prozora.

Na Slici 13. prikaz je slojeva toplinskoizolacijskih vrata koji se primjenjuju kod pasivne kuće.

---

<sup>18</sup> Dugovalno zračenje – dio je infracrvenoga zračenja valne duljine veće od 3  $\mu m$ . U meteorologiji se prema podrijetlu razlikuje dugovalno toplinsko zračenje Zemlje (4 – 50  $\mu m$ ), koje nastaje apsorpcijom Sunčeva kratkovalnog zračenja, te dugovalno zračenje atmosfere, koje nastaje apsorpcijom toplinskoga zračenja Zemlje (4 – 120  $\mu m$ ) različitim plinovima (vodenom parom, vodenim kapljicama, metanom, ugljičnim dioksidom).



**Slika 13.** Toplinskoizolacijska vrata primjerena pasivnoj kući

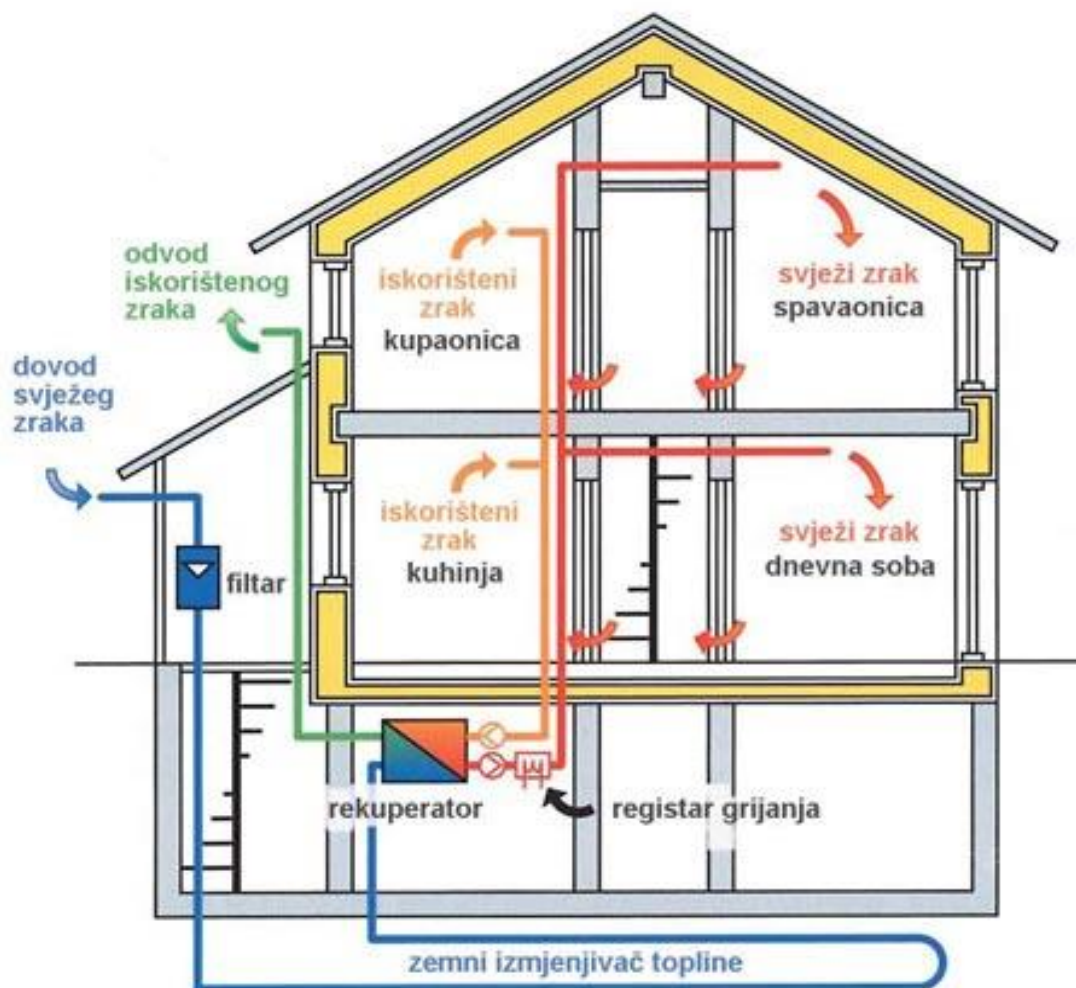
*Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.*

#### 4.6. Ventilacija

Svaka kuća, pa tako i pasivna, mora imati ventilaciju zraka, odnosno uvođenje svježeg zraka u kuću, a odvođenje CO<sub>2</sub> i ostalih štetnih tvari van iz kuće. U prostoriju se svakih sat vremena treba uvesti između 25 i 35 m<sup>3</sup> svježeg zraka po osobi. Budući da pasivna kuća ima stroge standarde i zahtijeva da plašt zgrade bude kompaktan i zrakonepropusan, ne preporučuje se otvaranje prozora i prozračivanje.

U pasivnim je kućama obavezna ugradnja uređaja za ventilaciju koji stalno dovodi svježi zrak u prostore. Otvaranje prozora tako više nije potrebno iako nije zabranjeno. Za postizanje što manjih toplinskih gubitaka u pasivnoj je kući obavezan sustav kontrolirane ventilacije vraćanjem topline otpadnog zraka (tj. rekuperacija) i s iskoristivošću većom od 75 %. To znači da topao otpadni zrak daje toplinu hladnom ulaznom svježem zraku što dodatno smanjuje toplinske gubitke zbog ventilacije, odnosno prirodnog prozračivanja. Pored toga, sustav ima filtere koji dovedenom zraku oduzimaju pelud i prašinu što je velika prednost za osjetljive i oboljele od raznih alergija [3].

Na Slici 14. prikaz je sheme rada kontrolirane ventilacije s vraćanjem topline otpadnog zraka. Sve započinje kod dovoda svježeg zraka izvana. Zrak prvo ulazi u filter gdje se dodatno pročišćava od štetnih čestica. Zatim ulazi dolje u zemni sakupljač gdje se pod zemljom prirodno dodatno zagrije i tada ulazi u rekuperator ako ga je potrebno još dodatno zagrijati. Nakon toga se kroz cijevi svježi zrak dovodi u stambene prostore i spavaonice, a onečišćeni i teški zrak natrag odvodi iz kuhinje, kupaonice, zahoda i smočnice. Takav onečišćeni i iskorišteni zrak odvodi se natrag cijevima van.



**Slika 14.** Shema rada kontrolirane ventilacije s vraćanjem topline otpadnog zraka

*Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.*

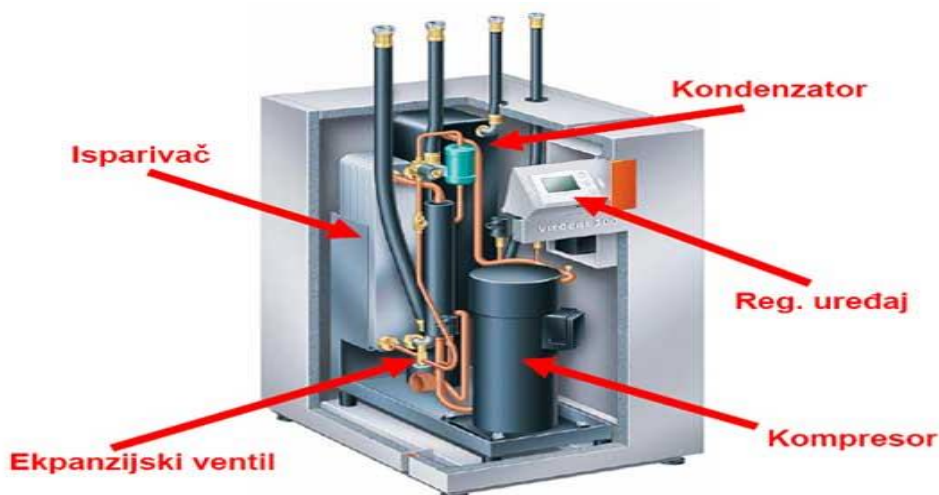


## 4.7. Grijanje

Ukoliko se graditelji pasivnih kuća striktno drže svih ovih načela o projektiranju pasivne kuće i kada kuća ima minimalno toplinskih gubitaka, teoretski joj nije ni potrebno dodatno zagrijavanje. Međutim, pasivna kuća ipak treba grijanje, i to kada su temperature između 0 °C i -5 °C. Razlog je dodatnog grijanja baš na toj vanjskoj temperaturi taj što onda nema Sunca i sunčeve zrake ne mogu dovoljno snažno zagrijati kuću kroz staklo. Što se tiče energenata, strogo je zabranjeno i neprihvatljivo grijanje električnom energijom.

U pasivnoj se kući umjesto klasičnog sustava grijanja primjenjuje tzv. toplozračno grijanje. Zrak koji se uređajem za ventilaciju dovodi u stambene prostore, u hladnim se danima nešto dogrije. Pri izboru sustava za dogrijavanje zraka treba razmisliti kako grijati sanitarnu vodu. U uobičajenim zgradama dio za grijanje sanitarne vode iznosi 12 %. U pasivnim se kućama taj odnos mijenja. Za grijanje sanitarne vode potrebno je dvostruko više energije nego za grijanje prostora. Zgrada se grije samo zimi, a toplu sanitarnu vodu treba osigurati preko cijele godine [3].

U pasivnim se kućama za grijanje prostora preporučuje uporaba toplinske crpke<sup>19</sup>, a za grijanje sanitarne vode kombinacija toplinske crpke i pretvornika sunčeve energije (PSE) kojima se pokriva 40 % - 60 % potrebne energije za zagrijavanje sanitarne vode [3].



**Slika 15.** Toplinska crpka

Izvor: [http://www.eko-puls.hr/Toplinske\\_pumpe.aspx](http://www.eko-puls.hr/Toplinske_pumpe.aspx)

<sup>19</sup> Toplinska crpka – uređaj koji uzima toplinu okoline i podiže ju na višu temperaturnu razinu.

## **5. IDEJNO RJEŠENJE OBITELJSKE PASIVNE KUĆE – SUVREMENA ZEMUNICA**

Idejno je rješenje početna faza pri izradi idejnog projekta. Prikazuje najbolje rješenje od svih mogućih varijanti koje su izrađene. Nakon što investitor izabere idejno rješenje koje želi, kreće se s izradom idejnog projekta koji se prikazuje u mjerilu 1:100. Na idejnom su projektu prikazana funkcionalna, konstrukcijska i estetska rješenja.

### **5.1. Projektni zadatak**

Projektom zadatkom zadani su gabariti, odnosno kvadratura željene kuće od strane investitora. Projektant se, uz svu svoju kreativnost i znanje, ipak mora usredotočiti i prilagoditi željama i zahtjevima investitora. Stoga pri izradi zadanog projekta projektant mora uvesti investitora u osnovna pravila projektiranja ukoliko on nije upoznat s njima. Također, projektant ima pravo investitoru predložiti bolje rješenje ako uvidi da su investitorovi zahtjevi nemogući ili teško izvedivi. To je često dodatno zahtjevan zadatak ako se projektira pasivna kuća. Kuća je projektirana za mladu suvremenu i osviještenu obitelj koja želi svoj budući stambeni životni prostor u skladu s prirodom. Obiteljska kuća može imati maksimalno 200 m<sup>2</sup> neto korisne površine prema svim načelima projektiranja pasivne kuće. Obiteljska je kuća namijenjena četveročlanoj obitelji kao zgrada s prizemljem i katom. Prostor prizemlja zamišljen je kao spoj društveno-gospodarske zone u kojoj bi se nalazio dnevni boravak s blagovaonom, kuhinjom i wc-om te gospodarstvo. Na katu bi bila privatna zona sa spavaonicama, i to s dvije dječje sobe i roditeljskom sobom, kupaonicom te jednom radnom sobom.

Tablica 1. prikazuje zahtjeve investitora u vezi površina određenih prostorija kojih se u projektu nastojalo pridržavati koliko su dopuštala pravila projektiranja pasivne kuće. Tablica s lijeve strane prikazuje prostorije koje su podijeljene po katovima. U prizemlju su kotlovnica, spremište/ peglanje, WC, garderoba, prolaz, izba, dnevni boravak, blagovaonica i kuhinja. Na katu se nalaze: vjetrobran, kupaonica, galerija, stubište, radna soba, dječja soba 1, dječja soba 2 te roditeljska spavaća soba. Dok su na desnoj strani tablice prikazi želja investitora u vezi površina određenih prostorija.

**Tablica 1.** Prikaz površina prostorija na zahtjev investitora

<b>PRIZEMLJE</b>	<b>POV.</b>
Kotlovnica	8 m <sup>2</sup>
Spremište/peglanje	10 m <sup>2</sup>
WC	3 m <sup>2</sup>
Garderoba	3 m <sup>2</sup>
Prolaz	2 m <sup>2</sup>
Izba	3 m <sup>2</sup>
Dnevni boravak	20 m <sup>2</sup>
Blagovaonica	14 m <sup>2</sup>
Kuhinja	10 m <sup>2</sup>
<b>KAT</b>	
Vjetrobran	6 m <sup>2</sup>
Kupaonica	8 m <sup>2</sup>
Galerija	25 m <sup>2</sup>
Stubište	6 m <sup>2</sup>
Radna soba	14 m <sup>2</sup>
Dječja soba 1	14 m <sup>2</sup>
Dječja soba 2	14 m <sup>2</sup>
Roditeljska spavaća soba	15 m <sup>2</sup>

*Izvor: Autorska izrada*

## 5.2. Idejni projekt

Predloženi idejni projekt rezultat je međusobne suradnje i uvažavanja između investitora i projektanta. Taj ponuđeni idejni projekt zadovoljio je sva očekivanja investitora u pogledu funkcije, konstrukcije, estetike te energetske efikasnosti.

Unutar Tablice 2. prikazan je popis grafičkih prikaza idejnog projekta (vlastiti projekt izrađen na temelju projektnog zadatka).

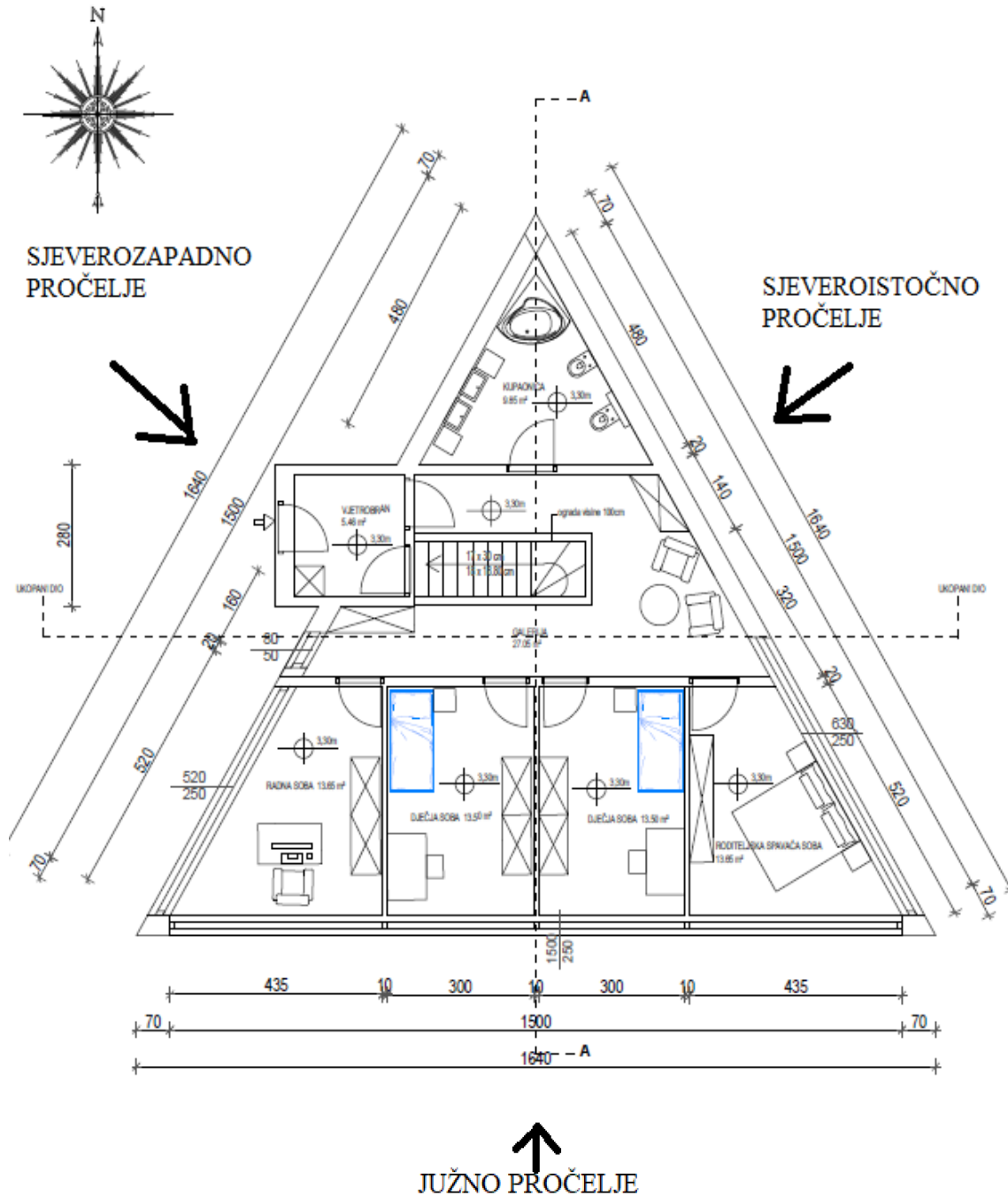
**Tablica 2.** Popis sastava grafičkog prikaza idejnog projekta pasivne kuće

GRAFIČKI PRIKAZ	str.
TLOCRT KATA (ULAZ) kota $-^+ 0,00$ m	..... 28
TLOCRT PRIZEMLJA kota $-^+ 3,00$ m	..... 29
TLOCRT KROVIŠTA	..... 30
PRESJEK KUĆE A-A	..... 31
SJEVEROISTOČNO PROČELJE	..... 32
JUŽNO PROČELJE	..... 33
SJEVEROZAPADNO PROČELJE	..... 32

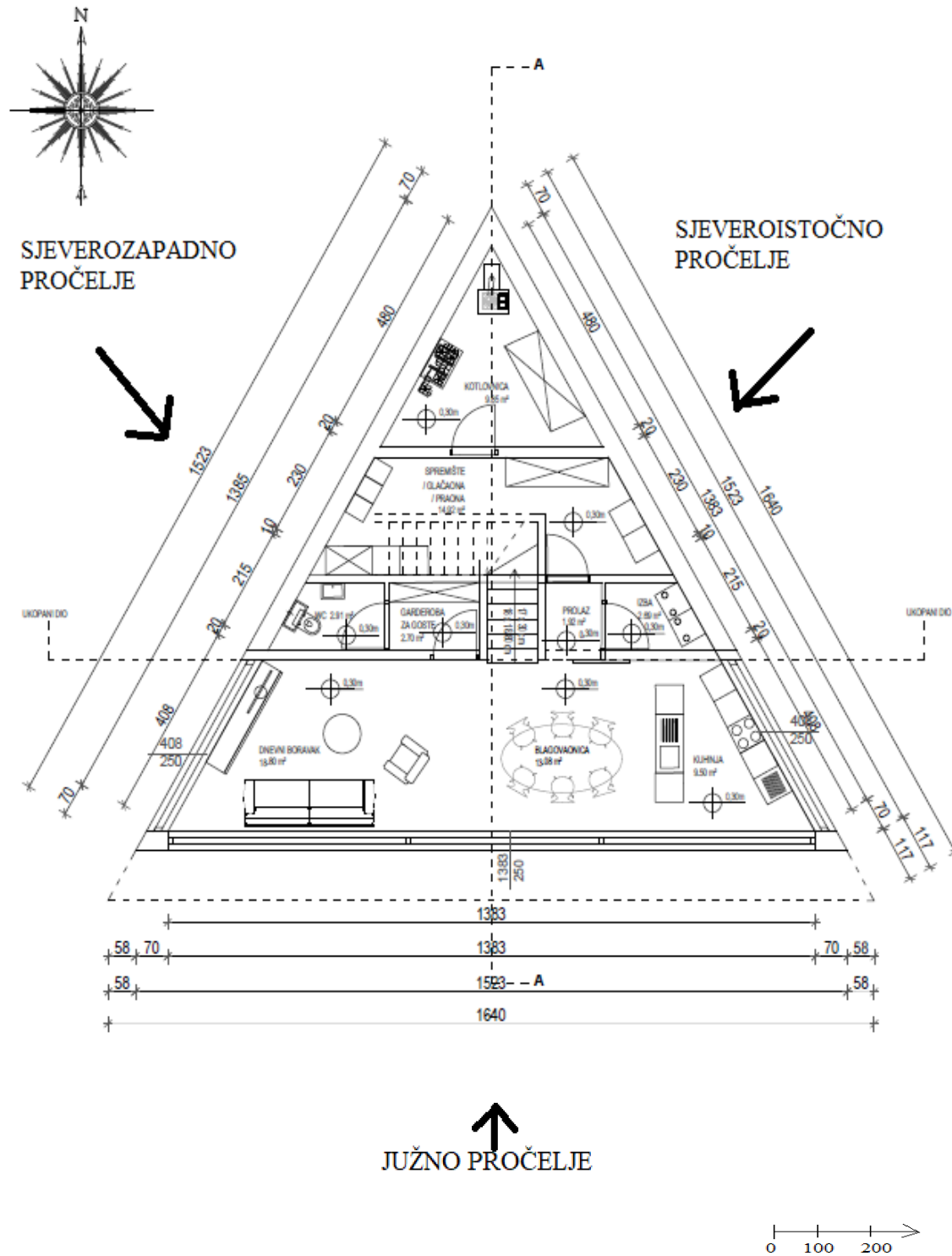
Sjevernog pročelja nema u tlocrtnom prikazu jer je ukopano u zemlju. Razlog tome je da se kuća potpuno zaštiti zemljom sa sjeverne strane koja je najnepoželjnija strana. Zatvaranjem sjeverne strane, odnosno ukopavanjem kuće u zemlju s te strane znatno se smanjuju toplinski gubitci.

TLOCRT KATA

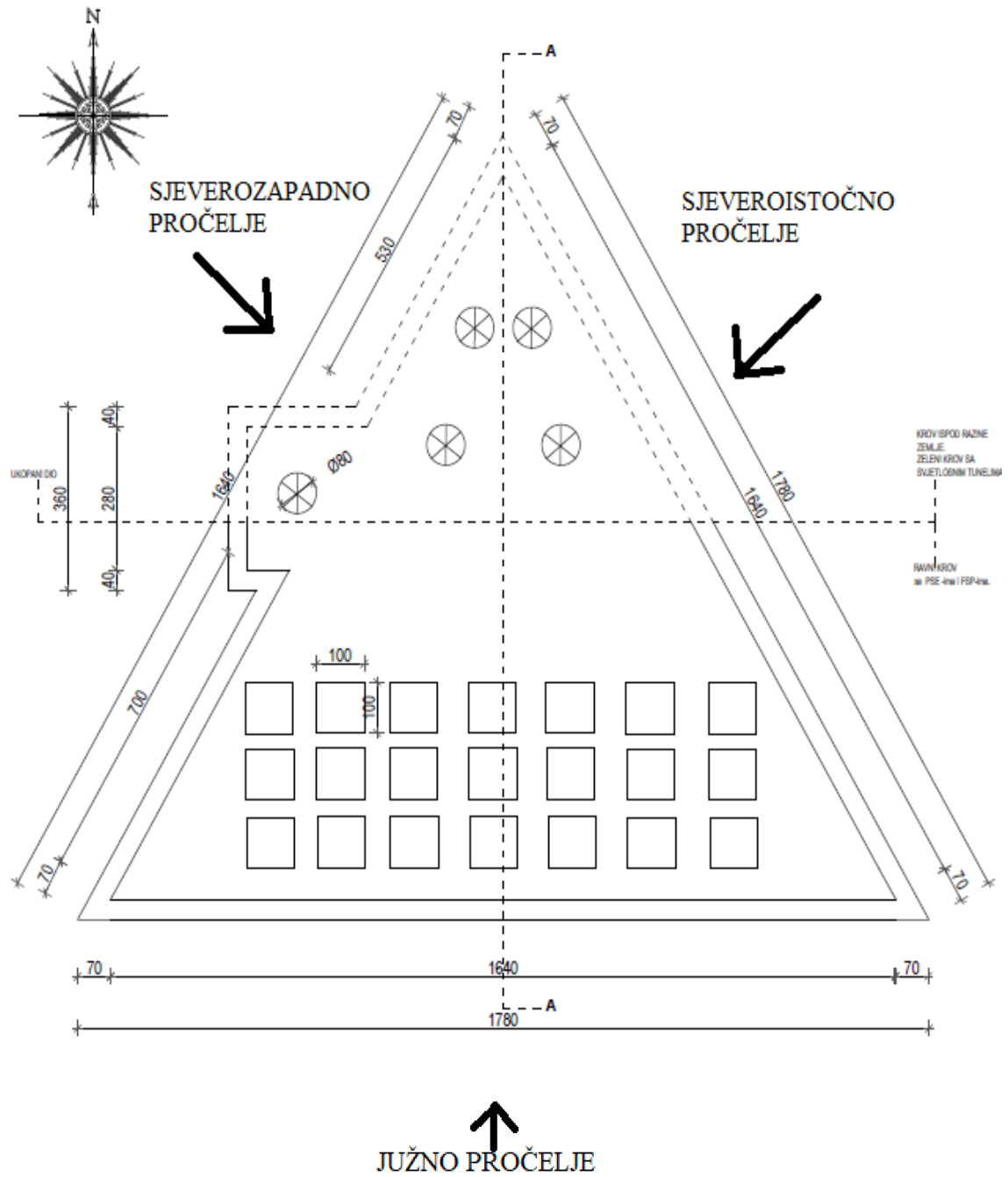
kota  $\pm 0,00$  m



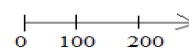
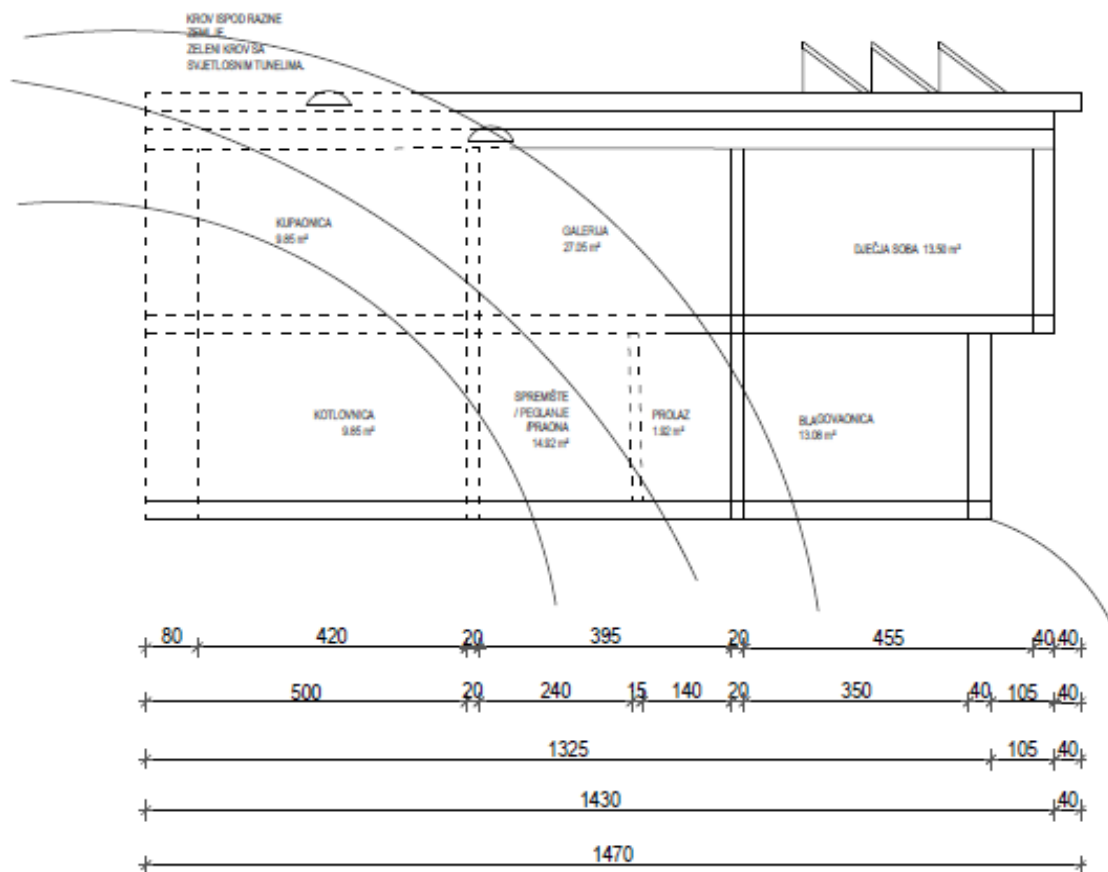
TLOCRT PRIZEMLJA kota  $\pm 3,00$  m



TLOCRT KROVIŠTA

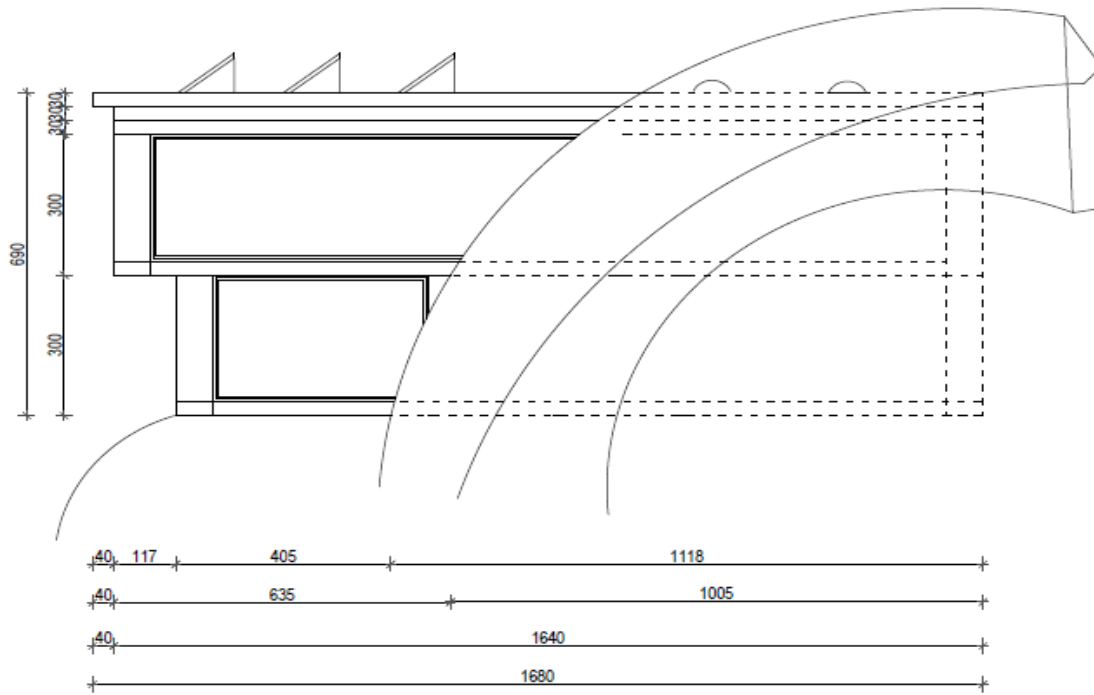


## PRESJEK KUĆE A-A

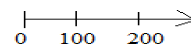
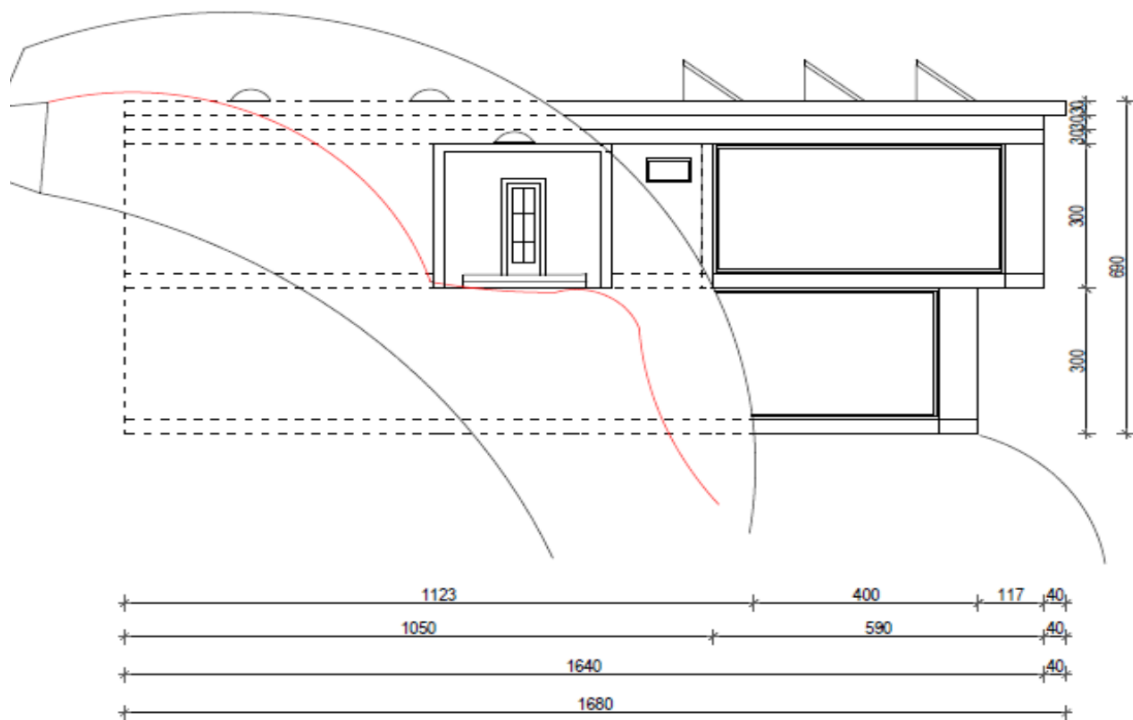




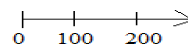
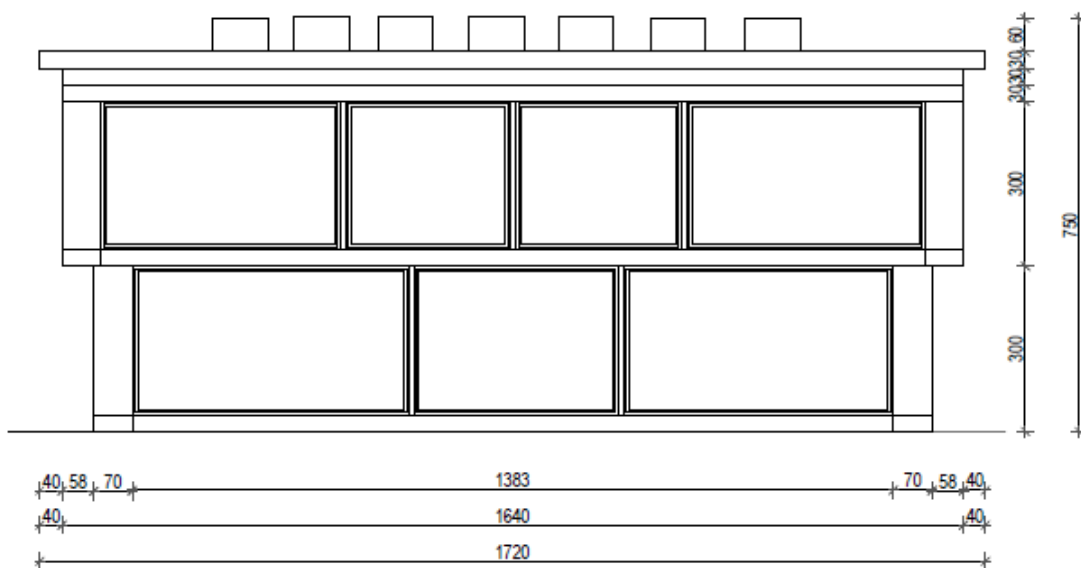
SJEVEROISTOČNO PROČELJE



SJEVEROZAPADNO PROČELJE



JUŽNO PROČELJE



### 5.3. Tehnički opis projektirane kuće

Tehnički opis zgrade izrađen je prema osnovnim podacima zgrade koji nas informiraju o funkcionalnim, konstrukcijskim, estetskim i tehnološkim karakteristikama u odnosu na građevinske stručne termine i njihova definiranja (karakterističan kat, tlocrt prizemlja, presjek, pročelja, grijanje, ventilacija i sl.) [10].

Plan je projektirati pasivnu kuću kao energetski štedljivu zgradu kod koje je stambena ugodnost osigurana bez uobičajenog grijanja ili upotrebe klime. Godišnja potrebna toplina za grijanje zgrade može biti najviše 15 kWh/(m<sup>2</sup>) – međunarodni dogovor koji vrijedi u svim državama. Dakle, cilj je projektiranja ove kuće da se grije sama iz okoline i uz pomoć prirodnih resursa bez nekih aktivnih sustava grijanja.

Predmet je ovog idejnog projekta izrada pasivne kuće trokutastog oblika čije su sve tri stranice jednakostranične. Katastarska čestica nalazi se u brdovitom i neravnom prostoru. Problem brdovitog terena riješen je tako da dio kuće bude ukopan u tlo.

Predmetna pasivna kuća namijenjena je stanovanju četveročlane obitelji.

Kolni pristup za predmetnu građevinu predviđen je sa sjeverne strane parcele, odnosno sa već postojeće komunalno uređene ulice, dok se u kuću ulazi sa sjeverozapadne strane gdje je otkopan samo ulaz, a ostatak kuće na tom se dijelu terena nalazi pod zemljom.

Teren građevne čestice neravna je oblika i različitih visinskih razlika te se raznim vrstama iskopa došlo do poravnanja dijela tla za ulaz u kuću.

Kuća ima dvije etaže. Prizemlje i kat. Ulaz je na katu radi lakšeg ulaženja u kuću zbog brdovitog terena. Ukupna je tlocrtna dimenzija predmetne pasivne kuće različita u odnosu na prizemlje i kat. Dimenzije su svih triju stranica kata 16,40 m, dok su dimenzije prizemlja 15,23 m. Uz to postoji i vjetrobran pravokutnog oblika dimenzija 2,8 x 2,8 m.

Krov je ravan i neprohodan. Visina vijenca, odnosno atike ravnog krova kuće iznosi 6,00 m + tri sloja ravnog krova, svaki visine 30,00 cm. Krovšte građevine projektirano je kao ravni krov koji na svom zadnjem sloju ima krovnu foliju kao zadnji, odnosno završni sloj.

U kuću se ulazi kroz vjetrobran koji se nalazi na katu kuće. U gornjem se ukopanom dijelu sa sjeverne strane nalazi kupaonica, dok su sa južne strane radna soba, dvije dječje sobe te roditeljska spavaća soba. Spuštanjem niz stepenice dolazi se u gospodarske prostorije, tj.

u dnevnu sobu, blagovaonicu i kuhinju koje su međusobno povezane i nalaze se s južne strane. U ukopanom dijelu prizemlja sa sjeverne strane kuće nalazi se wc, izba, spremište i kotlovnica.

Faktor oblika zadane kuće, s obzirom na njenu tlocrtnu razvedenost, iznosi  $0,59 \text{ m}^{-1}$ . On se dobije tako što se podijeli ploština svih dijelova zgrade s ukupnim volumenom zgrade. Što je on manji, to je zgrada kompaktnija i energetski učinkovitija.

#### 5.4. Iskaz površina i obračunskih veličina

Kuća je analizirana i u programu KI Expertu 2013., međutim ne tako uspješno. Ušla je tek u C razred energetske certifikata za stambene zgrade koji se nalazi u Prilogu 1., iako joj vrlo malo nedostaje da uđe u B razred. To je neuspjeh u pogledu pasivne kuće koja bi morala pripadati u puno viši rang s puno manjim gubitcima. Međutim, ako se pogleda samo faktor oblika zgrade koji iznosi samo  $0,59 \text{ m}^{-1}$ , kuća i nije tako loše projektirana. Oblik joj nije razveden. Kuća je s južne strane potpuno otvorena, cijelo je južno pročelje napravljeno od staklenih stijena i program to vidi kao veliku pogrešku, odnosno kao velike gubitke. Trenutno na program za određivanje energetske razreda utječu samo geometrijske karakteristike (ploštine pročelja, otvora i krova i sl. toplinske ovojnice) te sastav tih dijelova. Tehnički sustav (solarni paneli, pogonsko gorivo, razvod grijanja, dizalica topline) osim rekuperacije kod ventilacije ne utječu na određivanje energetske razreda. Tek kada će KI Expert moći postaviti odnosno u programu odabrati i navesti korištenje primarne energije za određivanje energetske razreda, tek tada će na te podatke utjecati i tehnički sustav i tada će ova pasivna kuća vrlo vjerojatno biti u puno višem razredu.

Tablica 3. prikazuje popis svih prostorija kuće. Podijeljena je na prikaz prostorija u prizemlju i prikaz prostorija na katu. Uz to su i površine pojedinih prostorija. Na kraju je prikazana ukupna neto površina kata, ukupna bruto površina kata, ukupna ploština, volumen zgrade, faktor oblika zgrade, volumen dijela zgrade pod zemljom i preostali volumen dijela zgrade.

**Tablica 3.** Popis prostorija i površina projektirane kuće

<b>PRIZEMLJE</b>	
Kotlovnica	9,85 m <sup>2</sup>
Spremište/peglanje	14,92 m <sup>2</sup>
WC	2,91 m <sup>2</sup>
Garderoba	2,70 m <sup>2</sup>
Prolaz	1,92 m <sup>2</sup>
Izba	2,69 m <sup>2</sup>
Dnevni boravak	18,80 m <sup>2</sup>
Blagovaonica	13,08 m <sup>2</sup>
Kuhinja	9,50 m <sup>2</sup>
<b>UKUPNA NETO POV. PRIZEMLJA</b>	<b>76,37 m<sup>2</sup></b>
<b>KAT</b>	
Vjetrobran	5,46 m <sup>2</sup>
Kupaonica	9,85 m <sup>2</sup>
Galerija	27,05 m <sup>2</sup>
Stubište	7,56 m <sup>2</sup>
Radna soba	13,65 m <sup>2</sup>
Dječja soba 1	13,50 m <sup>2</sup>
Dječja soba 2	13,50 m <sup>2</sup>
Roditeljska spavaća soba	13,65 m <sup>2</sup>
<b>UKUPNA NETO POV. KATA</b>	<b>104,22 m<sup>2</sup></b>
<b>UKUPNA NETO POV. KUĆE</b>	<b>180,59m<sup>2</sup></b>
<b>UKUPNA BRUTO POV. KUĆE</b>	<b>234,76 m<sup>2</sup></b>
<b>UKUPNA PLOŠTINA</b>	<b>414,18 m<sup>2</sup></b>
<b>VOLUMEN ZGRADE</b>	<b>698,77 m<sup>3</sup></b>
<b>FAKTOR OBLIKA ZGRADE</b>	<b>0,59 m<sup>-1</sup></b>
<b>VOLUMEN U ZEMLJI</b>	<b>442,5 m<sup>3</sup></b>
<b>PREOSTALI VOLUMEN</b>	<b>256,27 m<sup>3</sup></b>

## **6. ANALIZA PREDLOŽENOG IDEJNOG RJEŠENJA U ODNOSU NA TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE**

Prilikom projektiranja pasivne kuće, odnosno izrade njenog idejnog rješenja, trebalo se pridržavati svih zakona i odredbi da bi se dobila kuća sa svim karakteristikama koje zadovoljavaju izgled i namjenu pasivne kuće. Stoga se trebalo rukovoditi osnovnim principima izrade pasivne kuće koji su navedeni u poglavlju 4. ovoga rada.

### **6.1. Orijentacija**

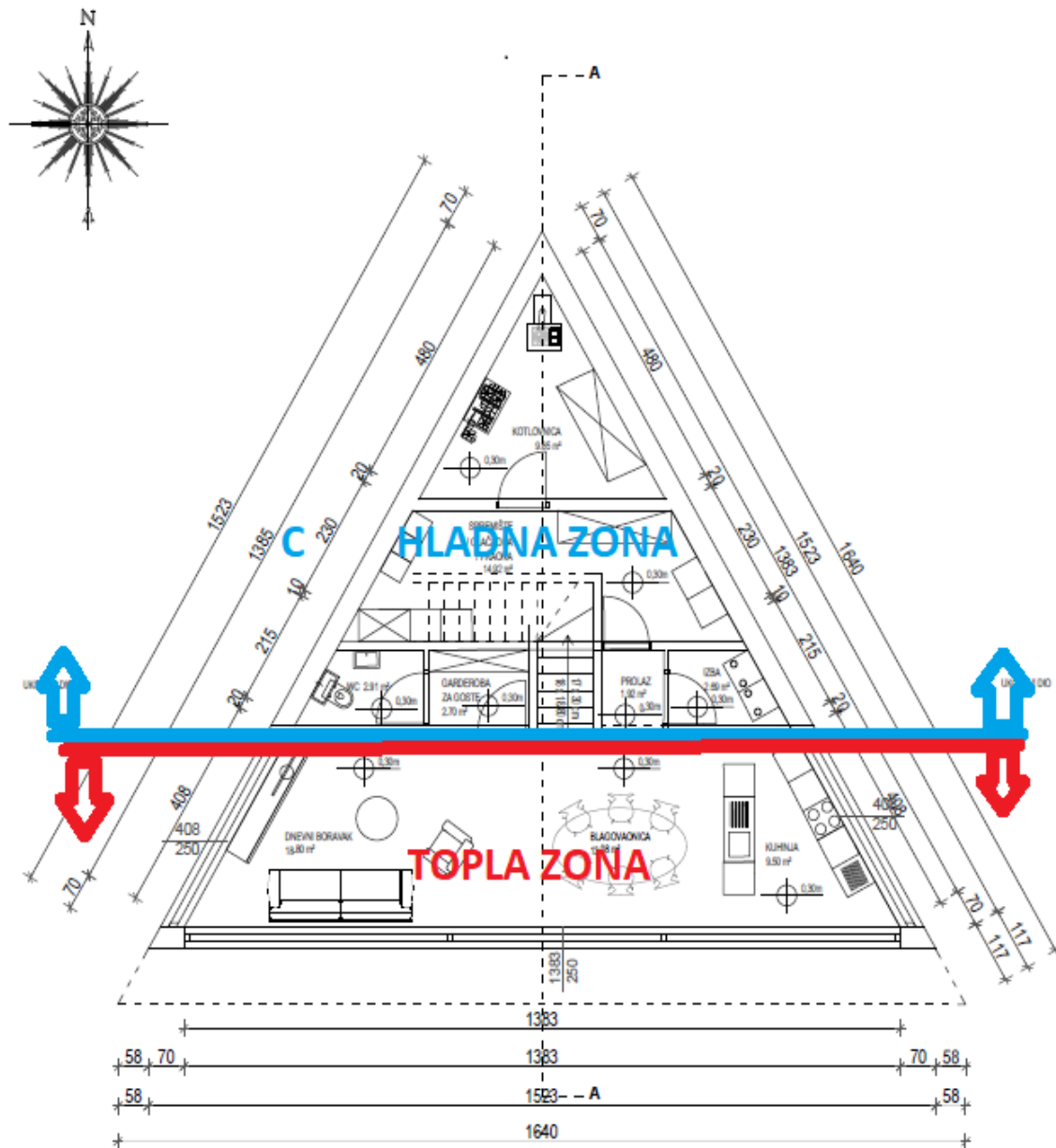
Kuća je orijentirana S – J, s time da je sjeverni dio potpuno ukopan u tlo. Time se postiglo da su gubitci sa sjeverne strane skoro jednaki nuli. Tlo još dodatno grije sjevernu stranu kuće. Kuća se otvara na jug na način da je vrh trokuta na sjeveru dok je jedna cijela stranica trokuta okrenuta jugu. Otvoreni dio kuće većim je dijelom od staklenih blokova čime se dodatno dobiva na toplini kuće putem prirodnog energenta Sunca. Na krovu se nalazi 21 panel pravilno poredan u 3 reda po 7 panela koji kroz cijelu godinu upijaju sunčeve zrake te spremaju sunčevu energiju za hladne dane.

### **6.2. Oblik zgrade i toplinska hijerarhija prostora**

Oblik predmetne kuće je jednakostraničan trokut. Dakle, plašt zgrade je jednostavnog geometrijskog oblika što je vrlo pogodno kod izgradnje pasivne kuće.

Prostorije su podijeljene na dvije zone. Dijeli ih nosivi zid debljine 20cm koji je ujedno i tampon zona koja odjeljuje spavaći i gospodarski dio u kojemu je potrebna nešto viša temperatura zbog češćeg boravka u tim prostorijama.

Na Slici 15. prikazuje se na koji se način kuća podijelila na dva dijela. Time se dobilo na uštedi energije i da se cijela kuća ne mora jednako grijati. U gornjoj hladnoj zoni dovoljno je grijati na 18 °C dok se u toploj zoni griju prostorije na višoj temperaturi. Prostorije su raspoređene tako da se to zoniranje može lako provoditi. Naime, u toploj se zoni nalaze prostorije u kojima se boravi veći dio dana dok su u hladnoj sjevernoj zoni one prostorije u kojima se boravi vrlo malo.



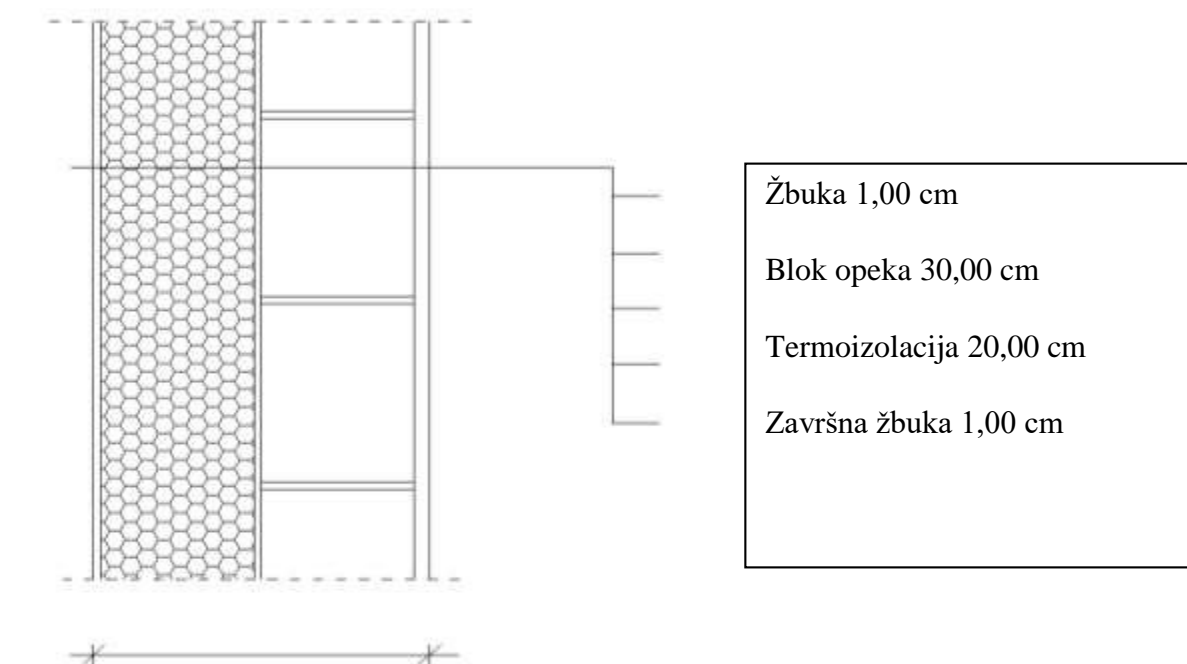
Slika 16. Prikaz toplinskog zoniranja

Izvor: Autorska izrada

### 6.3. Toplinska izolacija

Fasadni zidovi kuće zidani su opekom debljine 30,00 cm. S vanjske strane postavlja se toplinska izolacija debljine 20,00 cm. Pregradni su zidovi debljine 10 cm. Zidovi u sanitarnim čvorovima opločuju se keramičkim pločicama do visine stropa radi dodatne zaštite. Na otvorenom dijelu kuće ispred masivnog zida ugrađuje se toplinska izolacija od celuloznog saća zbog velike površine kuće s južne strane. Time se dobila dodatna zaštita od mogućeg pregrijavanja.

Na Slici 16. prikaz je presjeka vanjskog zida projektirane pasivne kuće koji se sastoji od žbuke, blok opeke, termoizolacije i završne žbuke.



**Slika 17.** Presjek vanjskog zida

*Izvor: Autor*

### 6.4. Ostakljenje te zaštita od ljetnog pregrijavanja

Budući da je veći dio kuće omeđen staklenim stijenama, one moraju biti odlične kvalitete. Korišteno je troslojno IZO staklo punjeno argonom. Okviri su spoj drveta i aluminijski. Ulazna su vrata su brtvljeni ekspanzijskom trakom kako bi se prostor potpuno vakumirao.



alumijska. Na svim unutarnjim vratima nalaze se otvori za strujanje zraka koji se električno mogu otvarati i zatvarati po potrebi.

Na staklenim stijenama nalaze se alumijske vanjske žaluzine s izoliranim lamelama koje se pokreću električno, ovisno o zrakama sunca. U prizemlju se s južne strane nalazi dnevni boravak s blagovaonom i kuhinjom koji je također dodatno zaštićen od izravnog ulaska sunca gornjim katom, odnosno propustom koji je izdužen prema van za 1,17 m.

Veći dio prostora ima dovoljno prirodnog osvjetljenja dok ukopani dio veći dio dana također koristi prirodno osvjetljenje putem svjetlosnih tunela, odnosno pravilno raspoređenih staklenih kupola tako da dnevno svjetlo prirodno ulazi do svih prostorija koje su ukopane pod zemljom.

## 6.5. Ventilacija i grijanje

Kuća ima sustav umjetne ventilacije pomoću rekuperatora<sup>20</sup> i cijevi pomoću kojih svježi zrak ulazi u kuću. Taj svježi zrak prvo ulazi u filter za dodatno pročišćavanje zraka od štetnih čestica. Nakon toga rekuperator dodatno zagrije zrak, ako je potrebno, i širi ga kroz cijevi po kući, dok štetni zrak odvodi van. To je važno jer se tako ne moraju otvarati prozori radi provjetravanja čime su toplinski gubitci kroz otvore minimalizirani.

Grijanje je riješeno pomoću dizalice topline<sup>21</sup> koja se nalazi u prizemlju ukopanog dijela kuće te ima posebnu prostoriju (kotlovnicu) za smještaj stroja, odnosno dizalice topline. Ona radi na principu klima uređaja, samo obrnuto. Uzima hladan zrak izvana te ga zagrijava na višu temperaturu, slično kao i rekuperator. Također, 21 panel, koji se nalaze na ravnom krovu kuće, prikuplja dovoljno topline za konstantnu upotrebu tople vode za dnevne svrhe.

---

<sup>20</sup>Rekuperator – izmjenjivač topline koji iskorištenom izlaznom zraku oduzima toplinu i njome grije hladni ulazni zrak.

<sup>21</sup> Dizalice topline – uređaji koji toplinsku energiju niske temperaturne razine dižu na višu temperaturnu razinu, prihvatljivu za adekvatnu primjenu u odgovarajućem sustavu distribucije topline.

## 7. ZAKLJUČAK

Sve više i češće čuju se riječi održivost, održivi razvoj i održiva gradnja. To nisu samo puke riječi, ni samo nešto što ima veze s ekologijom, kao što često mnogi misle. To je stil života. Održivo se živi, a ako živimo održivo, priroda će nam tu našu brigu o njoj vratiti preko prirodnih energenata pa sve do uštede i ekonomske isplativosti. Naime, graditi održivo ekonomski je isplativo. Pasivna kuća nije „space shuttle“ kao što većina misli. To nije neka nova tehnologija gradnje, već dosljedno izgrađena kuća s istim, samo kvalitetnijim materijalima kao i kod klasične kuće. Jedina je razlika bolja kvaliteta izrade čime su uz kvalitetnije materijale i kvalitetniju izvedbu poboljšana toplinsko-izolacijska svojstva, smanjeni toplinski mostovi i zrakonepropusnost, ugrađeni najkvalitetniji otvori, a uz to je nadodan sustav umjetne ventilacije te dizalica topline.

Zemunica kao prototip suvremene pasivne kuće nije ništa drugo nego pasivna kuća koja koristi planinu ili zemlju iz prirode kao dio plašta. Taj je dio plašta u ovom projektnom zadatku ukopan sa sjeverne strane što građevinu još dodatno štiti od toplinskih gubitaka koji i jesu najviše izraženi baš sa sjeverne strane. Uz to, kod ove se zemunice na dodatnom značenju dobiva estetikom i faktorom oblika, tj. njenim trokutastim tlocrtnim oblikom koji svoj vrh ima na sjeveru, dok mu se jedna cijela stranica proteže prema jugu i suncu.

Međutim, bitan su faktor i arhitekti koji se moraju pridržavati načela projektiranja pasivne kuće. Moraju paziti na orijentaciju kuće da se čim više koristi prirodni energent Sunce te se uz pomoć njega dobije dovoljno topline. Tako se ne koriste umjetni energenti pri čemu se i štedi. Također, treba projektirati što kompaktniju kuću, koja nije previše razvedena, sa što jednostavnijim tlocrtnim oblikom.

Sve su to važne stavke kod projektiranja pasivne kuće. Zato projektiranje takvih kuća iziskuje mnoga znanja iz raznih područja. Konačan projekt mora odgovarati svim zadanim zahtjevima što se tiče funkcije, konstrukcije i estetike.

## LITERATURA

- [1] Radić, J. (2010). Trajnost konstrukcija 1. Zagreb, Hrvatska sveučilišna naklada, Jadrino, Građevinski fakultet
- [2] Lakušić, S. (2014). Izazovi u graditeljstvu 2. Zagreb, Hrvatski savez građevinskih inženjera
- [3] Zbašnik Senegačnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.
- [4] Radić, J. (2016). Uvod u graditeljstvo. Zagreb, Školska knjiga
- [5] Laća, J. (2003). PRETPOVIJEST: Razvoj života na Zemlji. Zagreb, MOSTA VIRIDIS d.o.o.
- [6] [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=40608](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=40608) (29.8.2017.)
- [7] <http://www.ekokuce.com/arhitektura/principi/solarne-zemunice> (29.8.2017.)
- [8] <https://www.niftyhomestead.com/blog/earth-sheltered-homes/> (10.9.2017.)
- [9] <https://energy.gov/energysaver/efficient-earth-sheltered-homes> (10.9.2017.)
- [10] Simović, V. (2002). Leksikon građevinarstva. Zagreb, MAS medija

**Popis slika**

<b>Slika 1.</b> Crtež neolitičkih zemunica .....	8
<b>Slika 2.</b> Prva stalna naselja .....	9
<b>Slika 3.</b> Pravokutno-elipsoidne i pravokutne zemunice .....	12
<b>Slika 4.</b> Rekonstrukcija pravokutno-elipsoidne i pravokutne zemunice .....	13
<b>Slika 5.</b> Prikaz insolacije u ljetnom i zimskom periodu .....	14
<b>Slika 6.</b> Prikaz stambenog naselja u Švicarskoj .....	15
<b>Slika 7.</b> Prikaz zemunice koja se sastoji od 7 međusobno povezanih kupola .....	16
<b>Slika 8.</b> Pasivna zemunica u Arizoni .....	17
<b>Slika 9.</b> Zemunica u Vermontu .....	17
<b>Slika 10.</b> Razmak između građevina određen je zimskim upadnim kutom Sunca .....	18
<b>Slika 11.</b> Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom .....	19
<b>Slika 12.</b> Faktor oblika geometrijskih tijela sastavljenih iz više jednakih elemenata .....	20
<b>Slika 13.</b> Toplinsko izolacijska vrata primjerena pasivnoj kući .....	22
<b>Slika 14.</b> Shema rada kontrolirane ventilacije s vraćanjem topline otpadnog zraka.....	23
<b>Slika 15.</b> Toplinska crpka .....	24
<b>Slika 16.</b> Prikaz toplinskog zoniranja .....	38
<b>Slika 17.</b> Presjek vanjskog zid .....	39



**Popis tablica**

<b>Tablica 1.</b> Prikaz kvadratura prostorija na zahtjev investitora .....	26
<b>Tablica 2.</b> Popis sastava grafičkog prikaza idejnog projekta pasivne kuće .....	27
<b>Tablica 3.</b> Popis prostorija i kvadratura projektirane kuće .....	36

**Prilog**

<b>Prilog 1.</b> Energetski certifikat pasivne zemunice (rad na temelju vlastitog idejnog projekta) (1. - 4. str.) .....	45 -
--	------

48

 <p>prema Direktivi 2010/31/EU</p>	<input type="checkbox"/> nova/veća rekonstrukcija <input type="checkbox"/> prodaja <input type="checkbox"/> iznajmljivanje, zakup, leasing			
	Vrsta zgrade		Stambeni dio	
	Naziv zgrade		PASIVNA KUĆA / Zona 1	
	Adresa		IVE LOLE RIBARA 2a	
	Mjesto		ČAKOVEC	
	k. č.	1729/12	k. o. Čakovec	
	Vlasnik / Investitor		LUKA VRBANEC	
	Godina izgradnje:		2017	
	Izvođač		GRAV d.o.o	
	<b>Energetski certifikat za stambene zgrade</b>	Q <sup>''</sup> H,nd,ref		kWh/(m <sup>2</sup> a)
			<b>53</b>	
<b>A+</b>		≤ 15		
<b>A</b>		≤ 25		
<b>B</b>		≤ 50		
<b>C</b>		≤ 100		
<b>D</b>		≤ 150		
<b>E</b>		≤ 200		
<b>F</b>		≤ 250		
<b>G</b>		> 250		
Podaci o zgradi				
A <sub>K</sub> [m <sup>2</sup> ]	180,59	f <sub>0</sub> [m <sup>-1</sup> ]	0,59	
V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> ]	645.00	H <sup>*</sup> <sub>tr,adj</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,41	
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat				
Ovlaštena fizička osoba				
Ovlaštena pravna osoba				
Imenovana osoba				
Registarski broj ovlaštene osobe				
Oznaka energetskog certifikata		P_99/2017-1		
Datum izdavanja/rok važenja				
Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe				
Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi certifikata				
Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis	
Građevinski				
Strojarski				
Elektrotehnički				

Proračun izveden računalnim programom KI Expert 2013.

Klimatski podaci	
Klimatski podaci (kontinentalna ili primorska hrvatska)	Kontinentalna
Broj stupanj dana grijanja SD [Kd/a]	2939,5
Broj dana sezone grijanja Z [d]	178,9
Srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja $\Theta_e$ [°C]	3,9
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja $\Theta_i$ [°C]	20,0



Podaci o termotehničkim sustavima zgrade	
Način grijanja zgrade (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	Lokalno
Izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode	
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	
Izvori energije koji se koriste za hlađenje	
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez ili s povratom topline)	
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	
Udio obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje [%]	0,00

Energetske potrebe						
	Za referentne klimatske podatke		Za stvarne klimatske podatke		Zahtjev	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Dopušteno [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Ispunjeno DA / NE
$Q_{H,nd}$	9629,13	53,32	8896,29	49,26	66,24	DA
$Q_W$	2257,38		2257,38			
$Q_{H,ls}$						
$Q_{W,ls}$						
$Q_H$						
$E_{del}$						
$E_{prim}$						
CO <sub>2</sub> [kg/a]	0,00		0,00			

Objašnjenje:



obvezna ispuna




ispunjava se opcijski

Građevni dio zgrade	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>max</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	Ispunjeno DA / NE
Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetravanom tavanu	0,26	0,30	DA
Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0,16	0,25	DA
Zidovi prema tlu, podovi prema tlu	0,18	0,40	DA
Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže			
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0°C			
Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja	0,80	1,60	DA
Vanjska vrata s neprozirnim vratnim krilom		2,00	

Upisuju se U vrijednosti za pretežite građevne dijelove zgrade (najvećih ukupnih ploština).

Proračun izveden računanim programom KI Expert 2013.

Prijedlog mjera / preporuke	
<p>Prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske svojstava temeljem Izvješća o energetskom pregledu zgrade</p> <p>- Za nove zgrade i zgrade nakon veće rekonstrukcije daju se preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom i očuvanja topline i ispunjenje energetske svojstava zgrade</p>	
Mjera / preporuka	Jednostavni period povratka ulaganja
1. Edukacija korisnika zgrade – upoznavanje s ugrađenim energetskim sustavima i načinom korištenja zgrade u cilju smanjenja potrošnje energije i vode.	
2. Postava toplinske, kontaktne fasade (ETICS sustava) s toplinskom izolacijom od kamene vune (kao Knauf Insulation FKD-S/N Thermal) debljine minimalno 14,00 cm; $U = 0,23 (W/m^2 K)$	8,0 god.
3. Dodatna toplinska zaštita stropa prema tavanu, ugradnjom minimalno 20,00 cm toplinske izolacije od mineralne vune ( $\lambda = 0,035 W/mK$ – kao Knauf Insulation Unifit 035) u sustavu slijepog poda;	3,5 god.
4. Toplinska sanacija ravnog krova postavljanjem sloja toplinske izolacije od ploča tvrde kamene vune, gustoće $150-160 kg/m^3$ (kao Knauf Insulation DDP), u dva ili više slojeva ukupne debljine minimalno 20,00 cm;	12,0 god.
5. Toplinska zaštita vanjskih zidova s unutarnje strane, te zidova prema negrijanom stubištu, izvedbom suhomontažnih zidova s oblogom od gipskartonskih ploča i toplinskom izolacijom od mineralne vune, $\lambda \leq 0,037 W/mK$ (kao Knauf Insulation TP115), debljine minimalno 10,00 cm.	6,0 god.
6. Toplinska zaštita podgleda stropova iznad vanjskih prostora postavljanjem lamela od kamene vune (kao Knauf Insulation FKL), debljine minimalno 12,00 cm, $\lambda \leq 0,041 W/mK$ i završnom oblogom otpornom na vanjske uvjete.	10,0 god
7. Toplinska sanacija krovne kosine koja obuhvaća kompletnu zamjenu sekundarnog i završnog pokrivača, uz mogućnost korištenja materijala koji se može ponovno iskoristiti. Između rogova postaviti mineralnu vunu debljine, ovisno o visini rogova (minimalno 14,00 cm – kao Knauf Insulation Unifit 035), te još dodatna postava ploča tvrde kamene vune gustoće $150 kg/m^3$ , debljine 10,00 cm postavljenih preko postojećih rogova (kao Knauf Insulation Termotop). Postava sekundarnog pokrivača od paropropusne-vodonepropusne folije (kao Knauf Insulation LDS	8,0 god.
8. Toplinska, zvučna i protupožarna izolacija podgleda stropa negrijanog podruma toplinskom izolacijom od lamela kamene vune (kao Knauf Insulation FKL), debljine minimalno 10,00 cm.	9,8 god
9. Kompletna zamjena otvora, energetski efikasnijom stolarijom s dvostrukim ili trostrukim ostakljenjem $U_w \leq 1,20 W/m^2$	1,5 god.
10. Ugradnja štednih armatura na izljevna mjesta vode;	8,0 god.
11. Promjena sustava grijanja prelaskom s lokalnog na centralno grijanje s kondenzacijskim kotlovima i novim grijaćim tijelima;	2,0 god.
12. Zamjena rasvjete sa žarnom niti s fluokompaktnim izvorima svjetlosti;	
13. Kontrolirano provjetravanje unutarnjih prostorija, posebno u zimskim mjesecima kada treba izbjegavati neželjene ventilacijske gubitke.	
14. Zimsko razdoblje – rolete treba koristiti noću kako bi umanjili gubitke topline iz zgrade. Rolete mogu umanjiti gubitke topline i do 10%.	
15. Izvedba sustava rekuperacije topline čime se uz niže toplinske (ventilacijske) gubitke mogu značajno podići uvjeti glede kakvoće zraka, uvjeta minimalnog broja izmjena zraka te ugodnosti korištenja unutarnjih prostora.	
<p><b>Detaljnije informacije</b> (uključujući one koje se odnose na troškovnu učinkovitost prijedloga mjera ili preporuka)</p>	
<p>Primjenom svih građevinskih mjera istovremeno (točke ? – ?.) ostvaruju se uštede više od ___ kWh, uz smanjenje emisije CO<sub>2</sub> za više od ___ t i jednostavnim periodom povrata investicije (JPP) od ___ godine. Nakon izvršene rekonstrukcije vanjske ovojnice, očekivani energetski razred može biti „_“.</p> <p>Sastavni dio energetskog certifikata čini izvješće o provedenom energetskom pregledu u kojem se nalaze sve relevantne informacije o metodologiji procjene i mjerama za poboljšanje energetske učinkovitosti predmetne građevine.</p>	



Dodatak	
Objašnjenje tehničkih pojmova	
Ploština korisne površine zgrade, $A_K$ [ $m^2$ ], jest ukupna ploština neto podne površine grijanog dijela zgrade.	
Obujam grijanog dijela zgrade, $V_e$ [ $m^3$ ], jest bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje A.	
Faktor oblika zgrade, $f_0 = A/V_e$ [ $m^{-1}$ ], jest količnik oplošja A i obujma grijanog dijela zgrade $V_e$ .	
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka, $H_{tr,adj}$ [W/K], jest količnik između toplinskog toka koji se transmisijom prenosi iz grijane zgrade prema vanjskom prostoru i razlike između unutarnje projektne temperature u sezoni grijanja i vanjske temperature.	
Srednja vanjska temperatura, $\Theta_e$ [ $^{\circ}C$ ], jest osrednja vrijednost temperature vanjskog zraka u promatranom vremenskom periodu prema meteorološkoj postaji najbližoj lokaciji zgrade.	
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja, $\Theta_i$ [ $^{\circ}C$ ], jest projektom predviđena temperatura unutarnjeg zraka svih prostora grijanog dijela zgrade.	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za stvarne klimatske podatke, $Q_{H,nd}$ [kWh/a], jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba dovesti tijekom jedne godine za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, $Q_{H,nd,ref}$ [kWh/a], jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade za referentne klimatske podatke.	
Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, $Q'_{H,nd,ref}$ [kWh/( $m^2$ a)], jest godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke izražena po jedinici ploštine korisne površine zgrade.	
Dopuštena vrijednost specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, $Q'_{H,nd,dop}$ [kWh/( $m^2$ a)], jest dopuštena specifična godišnja potreba toplinska energija za grijanje koja se izračunava uz uvjete propisane za nove stambene zgrade prema posebnom propisu kojim se propisuju tehnički zahtjevi glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite novih i postojećih zgrada.	
Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode, $Q_w$ [kWh/a], jest računski određena količina topline koju sustavom pripreme potrošne tople vode treba dovesti tijekom jedne godine za zagrijavanje vode.	
Godišnji toplinski gubici sustava grijanja, $Q_{H,ls}$ [kWh/a], jesu energetske gubici sustava grijanja tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutarnje temperature u zgradi.	
Godišnji toplinski gubici sustava za zagrijavanje potrošne tople vode, $Q_{W,ls}$ [kWh/a], jesu energetske gubici sustava pripreme potrošne tople vode tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za zagrijavanje vode.	
Godišnja potrebna toplinska energija, $Q_H$ [kWh/a], jest zbroj godišnje potrebne topline i godišnjih toplinskih gubitaka sustava za grijanje i zagrijavanje potrošne tople vode u zgradi.	
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$ [kWh/a], jest energija dovedena tehničkim sustavima zgrade tijekom jedne godine za pokrivanje energetskih potreba za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu, rasvjetu i pogon pomoćnih sustava.	
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$ [kWh/a], jest računski određena količina energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta ni jednom postupku pretvorbe.	
Godišnja emisija ugljičnog dioksida, $CO_2$ [kg/a], jest masa emitiranog ugljičnog dioksida u vanjski okoliš tijekom jedne godine koja je posljedica energetskih potreba zgrade.	