

# Izgradnja obiteljskih kuća po principima održive gradnje

---

Raguž, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:955934>

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

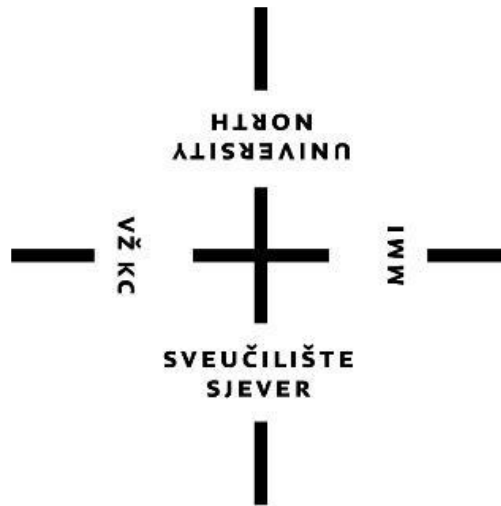
Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



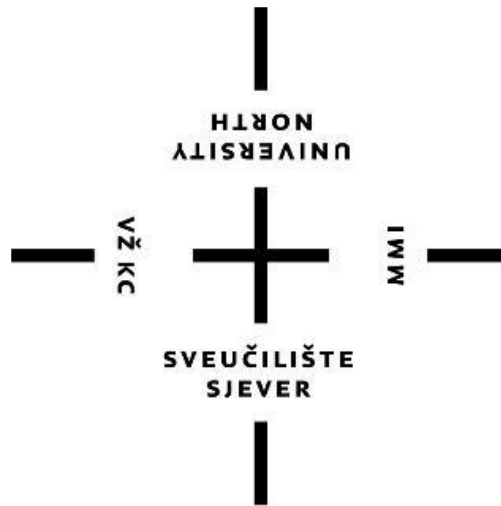


# Sveučilište Sjever

Završni rad br. 317/GR/2017

## IZGRADNJA OBITELJSKE KUĆE U SKLADU S PRINCIPIMA ODRŽIVE GRADNJE

Tomislav Raguž, 4244/601



# Sveučilište Sjever

**Odjel za graditeljstvo**

**Završni rad br. 317/GR/2017**

## **IZGRADNJA OBITELJSKE KUĆE U SKLADU S PRINCIPIMA ODRŽIVE GRADNJE**

**Student**

**Tomislav Raguž, 4244/601**

**Mentor**

**Antonija Bogadi, dipl. ing. arh.**

Varaždin, rujan, 2018. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Tomislav Raguž	MATIČNI BROJ	4244/601
DATUM	KOLEGIJ Završni radovi i instalacije u graditeljstvu		
NASLOV RADA	Izgradnja obiteljskih kuća po principima održive gradnje		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	How to build a single family house according to sustainable construction principles		
MENTOR	Antonija Bogadi	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo		
	2. mr.sc. Vladimir Jakopec, predavač		
	3. Antonija Bogadi, predavač		
	4. dr.sc. Aleksej Aniskin, viši predavač		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ	317/GR/2017
OPIS	Pristupnik u Radu predstavlja koncept održive gradnje i principe održive gradnje primjenjene u graditeljstvu. Pristupnik nadalje opisuje i razlaze održive sustave upravljanja energijom, vodom, otpadom, zemljištem. U Radu se trebaju objasniti i arhitektonsko projektiranje obiteljske kuće po nacelima održive gradnje te detaljno izložiti prikladna studija slučajaja. Zadatak se u Radu treba obraditi po sljedećim temama: Načela održive gradnje, Arhitektonsko projektiranje obiteljske kuće i održiva gradnja te Studija izvedenog primjera održive kuće.

ZADATAK URUČEN

07.09.2018



## **Završni rad: Izgradnja obiteljske kuće u skladu s principima održive gradnje**

**Student: Tomislav Raguz**

**Mentor: Antonija Bogadi, dipl. ing. arh.**

### **Sažetak**

Znatna razlika između suvremene i klasične izgradnje rezultat je napretka u tehnologiji izgradnje, korištenja novih vrsta materijala i potrebe investitora da zgrade budu što ekonomičnije i energetske učinkovitije. Prilikom projektiranja naše građevine cilj je bio prikazati kako se može utjecati na poboljšanje energetske učinkovitosti, zaštite prirode i biološke raznolikosti, kvalitetniji i zdraviji boravak te isplativost, a sve to bez znatno većih davanja nego u klasičnoj izgradnji.

Cilj završnog rada je prikazati i približiti, kako mlađim tako i starijim naraštajima, principe održivog razvoja i načine njegove primjene za bolji, ugodniji i kvalitetniji život. U radu je vidljivo da se samo s početnim parametrima arhitektonskog projektiranja održive gradnje može izraditi kvalitetan životni prostor. Sve je to moguće bez dodatnih troškova i uz poznavanja principa održivog razvoja.

Ovim završnim radom prikazan je održivi razvoj te koji su njegovi principi. Također, predstavljen je projekt koji zadovoljava te principe i način projektiranja održive gradnje. Prikazan je način uporabe tih principa na obiteljskoj kući i ocjena isplativosti takve izgradnje. Opisan je utjecaj oblika građevine, zoniranja unutarnjeg prostora, odabira stolarije ili ostakljenja, izrade kvalitetnije toplinske izolacije, korištenja obnovljivih izvora energije, a sve u svrhu jeftinijeg i ugodnijeg stanovanja.

Prioriteti održive gradnje su: niži troškovi održavanja i korištenja zgrade, ugodniji boravak, zaštita prirode te društvene i biološke raznolikosti, korištenje obnovljivih izvora energije, smanjenje zagađenja okoliša, očuvanje planeta Zemlje za buduće naraštaje i njihovo obrazovanje za zdraviji život na planeti.

**Ključne riječi:** održivi razvoj, održiva gradnja, parametri arhitektonskog projektiranja, energetska učinkovitost, principi održivog razvoja, društvena i biološka raznolikost

## **Abstract**

A significant difference between modern and classic construction is a result of the advances in construction technology, the use of new types of materials and the need for investors to make buildings more economical and energy efficient. When designing our building, the goal was to show how it can improve energy efficiency, nature conservation and biodiversity, quality and healthier stay and affordability, and all this without significantly larger donations than in classical construction.

The aim of this paper is to show an approach, both younger and older generations, the principles of sustainable development and ways of applying it for a better, more enjoyable and quality life. The paper shows that only the initial parameters of architectural design of sustainable construction can create a quality living space. All this is possible without additional costs and knowing the principles of sustainable development

This paper presents sustainable development and its principles. Also, a project that meets these principles and how to design a sustainable construction is presented. The way of using these principles in a family home is presented and the assessment of the viability of such construction. This paper describes the influence of the shape of the building, the zoning of the inner space, the choice of carpentry or glazing, the production of better thermal insulation, the use of renewable energy sources, all for the purpose of cheaper and more comfortable housing.

The priorities for sustainable construction are: lower building maintenance and use costs, more comfortable living, protection of nature and social and biological diversity, the use of renewable energy sources, environmental pollution reduction, the preservation of Earth's planet for future generations and their education for a healthier life on the planet.

**Keywords:** sustainable development, sustainable construction, architectural design parameters, energy efficiency, principles of sustainable development, social and biological diversity

# SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Što je održiva gradnja?.....	3
2.1. Korištenje zemljišta i oblikovanje zemljišta .....	4
2.2. Korištenje vode .....	5
2.3. Korištenje energije .....	5
2.4. Korištenje materijala .....	9
3. Certificirana LEED kuća.....	10
3.1. Što je to LEED i LEED certifikat .....	10
3.2. LEED certifikati u Hrvatskoj .....	13
4. Arhitektonsko projektiranje i održiva gradnja .....	15
4.1. Orijentacija .....	16
4.2. Oblik građevine .....	17
4.3. Optimalno tlocrtno rješenje .....	17
4.4. Toplinsko zoniranje unutarnjeg prostora.....	19
4.5. Iskorištavanje odbitaka sunčevog zračenja kroz ostakljenje.....	19
4.6. Spremanje sunčeve energije .....	20
4.7. Tehnologija izvedbe .....	21
4.8. Toplinska izolacija .....	21
4.9. Izvedba vrata i prozora.....	23
4.10. Zaštita od ljetnog pregrijavanja .....	24
5. Primjer održive gradnje na stambenom objektu .....	25
5.1. Tehnički opis građevine .....	25
5.2. Primjena principa održivog razvoja .....	26
5.2.1. Orijentacija.....	26
5.2.2. Oblik građevine.....	26
5.2.3. Optimalno tlocrtno rješenje.....	28

5.2.4.	Toplinsko zoniranje unutarnjeg prostora .....	29
5.2.5.	Iskorištavanje odbitaka sunčevog zračenja kroz ostakljenje .....	29
5.2.6.	Spremanje sunčeve energije.....	30
5.2.7.	Tehnologija izvedbe.....	31
5.2.8.	Toplinska izolacija .....	32
5.2.9.	Izvedba vrata i prozora.....	34
5.2.10.	Orijentacija, promet i izvor buke.....	35
5.3.	Upravljanje vodom.....	36
5.3.1.	Sakupljanje oborinskih voda.....	36
5.3.2.	Biljni uređaj s vertikalnim pod površinskim tokom .....	38
5.4.	Upravljanje energijom.....	39
5.5.	Ocjena stambenog objekta .....	41
6.	Zaključak.....	42
7.	Literatura.....	44
8.	Popis slika .....	45
9.	Prilozi.....	46



# 1. Uvod

Čovjekov odnos prema prirodi prije industrijske i tehnološke revolucije i njenog daljnjeg širenja bio je usmjeren njegovu prilagođavanju prirodi i životu u skladu s njom. Međutim, posljedice postindustrijskog razvoja, s nemilosrdnim iscrpljivanjem prirodnih resursa kao i neodgovarajućeg načina gradnje objekata, doprinijele su da je u velikoj mjeri narušeno i zagađeno prirodno okruženje u kojemu živimo. Zgrade, točnije kompleksi zgrada koji svojim lociranjem, izgradnjom, samom svojom funkcijom i procesima koji se odvijaju u njima, predstavljaju trenutno najveće zagađenje prirode. Neminovnim razvojem čovječanstvo utječe na promjenu životne sredine. Međutim, trebale bi se zadovoljiti čovjekove potrebe, ali da se pri tome ne narušavaju životne sredine.

Tehnološke promjene i razvoj omogućili su razvoj novih načina izgradnje objekata. Nažalost, ljudi još uvijek nisu posve upoznati s mogućnošću izgradnje objekata na način kojim će omogućiti bolji život za sebe, ali i održiv razvoj okoline te se odlučuju za klasičan način gradnje. Često prije odluke o izgradnji ne razmišljaju o dugoročnim učincima i posljedicama takvog načina gradnje na prirodu i okoliš u kojemu žive. Upravo je i to jedan od razloga velikih onečišćenja, globalnog zatopljenja, izumiranja biljnih i životinjskih vrsta, potresa, poplava i drugih prirodnih katastrofa.

Suvremena izgradnja koncipirana je na načelima održivog razvoja. Održiva gradnja podrazumijeva prije svega efikasnu upotrebu ekoloških građevinskih materijala koji su prirodnog porijekla, nisu štetni za okolinu niti za zdravlje ljudi. Uz materijal potrebno je zadovoljiti i ostale principe: adekvatnost projekta, energetska efikasnost, racionalnost u potrošnji vode. Zahtjevi održive gradnje naizgled su komplicirani, ali za rezultiraju boljem načinu života ljudi. Ekonomska situacija investitora najveći je faktor prilikom odabira načina i vrste građevine. Iz tog razloga mnogi se odlučuju za klasičan način izgradnje jer ih u tome trenutku iziskuje manje novčanih sredstava. Prije izgradnje potrebno je razmotriti ekonomske i ekološke aspekte izgradnje kako bi se maksimizirala dugoročna korist. Postoje razne mogućnosti naknadnih ulaganja u nisko energetske građevine. Međutim, održiva izgradnja omogućuje od samog početka projekta energetska učinkovitu zgradu.

Ovim završnim radom nastoji se objasniti i prikazati postupak izgradnje građevine prema principima održive gradnje. Pretpostavka je da su zgrade izgrađene prema principima održive gradnje visoko energetska učinkovite, omogućuju kvalitetniji život čovjeka te uvelike doprinose očuvanju okoliša.

Kako bi se razumjelo što je održiva gradnja, u prvom djelu rada definirani su osnovni pojmovi održivog razvoja, održive gradnje, navedeni i objašnjeni principi održive gradnje. U drugom dijelu rada objašnjen je način određivanja energetske učinkovitosti zgrada te način certificiranja istih. Treći dio rada odnosi se na projektiranje i planiranje održive gradnje na konkretnom primjeru te ocjena prikazane građevine s obzirom na zahtjeve pojedinih principa održive gradnje

Pri pisanju rada korištena je stručna literatura iz knjiga te različitih web izvora kako bi se definirali i opisali pojedini pojmovi vezani uz tematiku. Korištene su slike i tlocrti projekta koji se nalaze u prilogima.

## 2. Što je održiva gradnja?

Održiva gradnja je gradnja koja se temelji na principima održivog razvoja. Nadalje nameće se pak pitanje što je održivi razvoj?

Pojam održivog razvoja definiran je kao integralni ekonomski, tehnološki, socijalni i kulturni razvoj koji je usklađen s potrebama zaštite i unapređenja životne sredine i koji omogućava sadašnjim i budućim generacijama zadovoljavanje njihovih potreba i poboljšanje kvalitete života.

Osnovna ideja održivog razvoja je formiranje efektivnog sistema distribucije i uporaba resursa na dugi rok. Održivo društvo je ono koje traje više generacija, koje je dalekovidno, dovoljno fleksibilno i mudro da onemogući razaranje ili potkopavanje fizičkog i socijalnog sistema na kojima počiva.

Koncept održivog razvoja usmjeren je na očuvanje prirodnih ekosistema i na racionalno korištenje prirodnog bogatstva Zemlje. U vezi s tim ovaj koncept je usmjeren ka podizanju kvalitete životne sredine i kvalitete života. Održivi razvoj podrazumijeva očuvanje prirode od strane čovjeka na održivim osnovama i njeno korištenje u mjeri koja dozvoljava njeno reproduciranje. Prekomjerno i nekontrolirano iskorištavanje prirodnih resursa može dovesti do narušavanja ekološke ravnoteže, a zatim i do ekološke katastrofe.

Problem održivosti obuhvaća pitanja koja se odnose na: potrošnju energije, populaciju, agrikulturu i biorazgradnju, industriju, globalno zagrijavanje i zagađenje, jednakost u korištenju resursa i urbanizma.

Osnovni princip na kojemu se zasniva koncept održivog razvoja je da prirodni resursi budu eksploatirani samo do nivoa koji osigurava njihovu obnovu.

Za uspostavljanje održivog razvoja potrebno je sprječavanje prekomjerne potrošnje konvencionalnih energetskih goriva i očuvanje životne sredine, što znači da bismo trebali osigurati održivu energetiku. To znači da se budući tehničko-tehnološki razvoj treba zasnivati na striktnoj kontroli i smanjenju emisije zagađenih supstanci koje se emitiraju u životnoj sredini, na korištenju i većoj primjeni ekotehnologije i obnovljivih energetskih izvora.

Osnovni cilj strategije razvoja ekotehnologije u energetici je primjena novih tehnologija proizvodnje i potrošnja energije koje ograničavaju zagađenje i oštećenja životne sredine.

Razvijanje i širenje primjene obnovljivih izvora energije u energetici predstavlja bitan faktor za uspostavljanje održivog razvoja na Zemlji.



Slika 1. Prikaz održivog razvoja

Kako bismo gradili održivo trebamo zadovoljiti određene principe, a oni su:

- Korištenje zemljišta i oblikovanje zemljišta
- Korištenje vode
- Korištenje energije
- Korištenje materijala
- Kvaliteta unutarnjeg prostora
- Promet
- Društvena i biološka raznolikost

## 2.1. Korištenje zemljišta i oblikovanje zemljišta

Prvi princip nalaže nam određivanje povoljne lokacije za izradu objekta kako bi se on mogao izgraditi po principima održivog razvoja. Prilikom odabira lokacije mora se paziti da se što manje uništavaju prirodna staništa i biljke.

Održivi razvoj uči nas da je najbolje stare i nekorištene objekte obnavljati i izrađivati po njegovim principima jer se u tom slučaju sprječava uništavanje prirode i biološke raznolikosti.

Oblikovanje zemljišta također nam je bitno zbog postavljanja fotonaponskih ćelija, pročišćavanja otpadnih ili oborinskih voda, kompostane i sl.

## **2.2. Korištenje vode**

Prosječna osoba potroši na dan 53 litre vode (kupanje, pranje posuđa, piće) koja mora zadovoljiti stroge higijenske propise. Osim toga, svakoga se dana potroši oko 45 litara vode za radnje koje ne trebaju pitku vodu (ispiranje zahoda, praonice rublja, čišćenje, pranje automobila, zalijevanje vrta). Stoga se voda koja nije za piće može zamijeniti kišnicom. Dakle, u prosjeku se svaki dan može uštedjeti 45 litara pitke vode ako se zamijeni kišnicom. Kišnica se skuplja na krovu i vodi kroz filtre u spremnik koji mora biti odgovarajuće veličine, mora se postaviti na odgovarajuće mjesto i zaštititi od izravnoga sunčeva svjetla da se u njemu ne bi počele razvijati alge.

Ugradnjom pročišćivača sivih voda može se zamijeniti pitku vodu u mnogim slučajevima, štedeći novac i povećavajući učinkovitost vodoopskrbe u svim područjima. Recikliranje sive vode u stambenim zgradama, hotelima, školama, gradskim kućama i poslovnim zgradama, vrlo brzo postaje trend. Obradena siva voda može se ponovno koristiti za unutarnje ispiranje zahoda, za navodnjavanje vrta, a u nekim slučajevima i za pranje rublja.

Ova vrsta sustava može uštedjeti znatne količine pitke vode i to do 60% pri konvencionalnom obrascu korištenja. Korištenje sive vode znatno produžuje vijek uporabe i kapacitet komunalnih uređaja u smislu smanjenja protoka otpadnih voda, veće učinkovitosti tretmana i smanjenje troškova obrade. Uzimajući u obzir da je cijena vode sve veća, sustav recikliranja sive vode ima kratak period amortizacije.

## **2.3. Korištenje energije**

Da bi se zadovoljili principi održive gradnje potrebno je osloniti se na obnovljive izvore energije kao što su:

- **Hidroenergija:** hidraulička energija ili energija vode je snaga dobivena iz sile ili energije tekuće vodene mase. Prije nego što je komercijalna električna energija postala široko

dostupna, energija vode se koristila za navodnjavanje i pogon raznih strojeva, poput vodenice, strojeva u tekstilnoj industriji, pilana, lučkih dizalica ili dizala.

- **Energija vjetra:** korištenje snage vjetra bilo je u povijesti od velikog značenja prvenstveno za razvoj pomorstva, pogon mlinova – vjetrenjača i dr. Danas se pažnja usmjerava na energiju vjetra kao na jedan od mogućih alternativnih ekoloških izvora energije. Kinetička energija vjetra pretvara se u korisni oblik energije, električnu energiju, pomoću vjetroelektrana. U klasičnim vjetrenjačama energija vjetra pretvarala se u mehaničku pa se kao takva direktno koristila npr. za mljevenje žitarica ili pumpanje vode. S obzirom na to da se velika količina energije dobiva pri većim brzinama vjetra, dosta energije dolazi u kraćim intervalima odnosno na mahove kao i vjetar. Neke od posljedica vjetroelektrane su te što nemaju stalnu snagu na izlazu kao što to ima npr. termoelektrana. Postrojenja koja se napajaju na vjetroagregate moraju imati osiguranu proizvodnju električne energije iz nekog drugog izvora. Stalnost snage kod vjetroelektrane mogla bi se postići napretkom tehnologije koja se bavi spremanjem energije, tako da bi smo imali mogućnost korištenja tehnologije koja je dobivena za jačeg vjetra onda i kada vjetra nema.

- **Sunčeva energija:** Sunčeva energija ili solarna energija je energija sunca, njegova svjetlost i toplina koju ljudi koriste od davnina uz pomoć raznih tehnologija. Sunčeva svjetlost, uz druge obnovljive izvore, računa se u najčešće dostupne obnovljive izvore. Od cjelokupne sunčeve energije koja je na raspolaganju upotrebljava se samo mali dio. Sunčeva energija pruža električnu energiju pomoću fotonaponskih sustava. Jednom pretvorena, njena uporaba je ograničena samo ljudskom genijalnošću. Djelomični popis sunčevih sustava uključuje prostor za grijanje i hlađenje kroz pasivnu solarnu arhitekturu, pitku vodu kroz destilaciju i dezinfekciju, toplinsku energiju za kuhanje i visoke temperaturne procese topline za industrijske svrhe. Sunčeve tehnologije su široko karakterizirane ili kao pasivne ili aktivne, ovisno o načinu skupljanja, pretvaranja i raspodjele sunčevog svjetla. Aktivne tehnike uključuju uporabu fotonaponskih ćelija i sunčevih toplovodnih kolektora (s električnom ili mehaničkom opremom) kako bi pretvorili sunčevu svjetlost u korisne izlazne jedinice. Pasivne tehnike uključuju orijentaciju zgrade prema suncu, odabir materijala s povoljnim termalnim svojstvima ili svojstvima raspršivanja svjetlosti te projektiranje prostora kod kojih prirodno cirkulira zrak.

- **Geotermalna energija:** Geotermalna energija postoji otkada je stvorena Zemlja. Nastaje polaganim prirodnim raspadanjem radioaktivnih elemenata koji se nalaze u zemljinoj

unutrašnjosti. Duboko ispod površine voda ponekad dospije do vruće stijene i pretvori se u kipuću vodu ili paru. Kipuća voda može dosegnuti temperaturu od preko 150 °C, a da se ne pretvori u paru jer je pod visokim tlakom. Kad ta vruća voda dospije do površine kroz pukotinu u zemljinoj kori, zovemo je vrući izvor. Ako izlazi pod tlakom, u obliku eksplozije, zove se gejzir. Vrući izvori se širom svijeta koriste kao toplice, u zdravstvene i rekreacijske svrhe. Vrućom vodom iz dubine Zemlje mogu se grijati staklenici i zgrade. Na Islandu, koji je poznat po gejzirima i aktivnim vulkanima, mnoge zgrade i bazeni griju se geotermalnom vrućom vodom. Vruća voda i para iz dubine Zemlje mogu se koristiti i za proizvodnju električne energije. Buše se rupe u zemlji i cijevi spuštaju u vruću vodu. Vruća voda ili para (pod nižim tlakom vruća voda pretvara se u paru) uspinje se tim cijevima na površinu. Geotermalna elektrana je kao svaka druga elektrana, osim što se para ne proizvodi izgaranjem goriva već se crpi iz zemlje. Daljnji je postupak s parom isti kao kod konvencionalne elektrane: para se dovodi do parne turbine koja pokreće rotor električnog generatora. Nakon turbine para odlazi u kondenzator, kondenzira se, da bi se tako dobivena voda vratila natrag u geotermalni izvor.

- **Energija biomase:** Pod energijom biomase razumijemo energiju koja se u pravilu oslobađa oksidacijom (gorenje) raznih organskih materijala. Najuobičajeniji i najtradicionalniji način korištenja ove energije je klasična vatra. Smatra se da je otkriće vatre, zapravo njeno kontrolirano korištenje, pokrenulo razvoj i "napredak" ljudske vrste, odnosno civilizacije. Izgleda da je civilizacija sada zatvorila puni krug - nakon što je moderno društvo gotovo zaboravilo drvo i slične materijale kao gorivo, a uljuljano je u blagodati moderne, pomodne i jeftine nafte, sada se pojavljuju razne direktive koje traže da se toliko i toliko fosilnih goriva zamijeni gorivima iz obnovljivih organskih izvora.

- **Biogoriva:** Biogoriva su goriva koja se dobivaju preradom biomase. Njihova energija je dobivena fiksacijom ugljika, tj. redukcijom ugljika iz zraka u organske spojeve. Za razliku od ugljika koji oslobađaju fosilna goriva mijenjajući klimatske uvjete na Zemlji, ugljik u biogorivima dolazi iz atmosfere, odakle ga biljke uzimaju tijekom rasta. Iako su fosilna goriva dobivena fiksacijom ugljika, ne smatraju se biogorivima jer sadrže ugljik koji se ne izmjenjuje u prirodi već dugo vremena. Biogoriva postaju popularna zbog rasta cijena nafte, potrebe za sigurnijom nabavom energije, zabrinutosti zbog štetnih emisija stakleničkih plinova. Godine 2010. svjetska proizvodnja biogoriva dosegla je 105 milijardi litara s porastom od 17% u odnosu na 2009. godinu. U prometu ona zauzimaju 2,7% s najvećim udjelom bioetanola i biodizela. Svjetska proizvodnja bioetanola je dosegla 86 milijardi litara,

a najveći proizvođači su Sjedinjene Američke Države i Brazil (zauzimaju 90% svjetske proizvodnje). Najveći proizvođači biodizela su zemlje Europske unije s udjelom od 53% u svjetskoj proizvodnji. Prema podacima Internacionalne energetske agencije (engl. International Energy Agency), do 2050. godine biogoriva mogu zadovoljiti četvrtinu svjetske potrebe za gorivima u prometu. Globalno, biogoriva se najčešće koriste za prijevoz i u kućanstvu. Većina goriva za prijevozna sredstva su kapljevina jer vozila zahtijevaju veliku gustoću energije, kao što je ona koja je sadržana u kapljevinama i krutinama. Veliku gustoću energije najlakše i najefikasnije je dobiti motorom s unutarnjim izgaranjem, a on zahtijeva da gorivo bude čisto. Goriva koja najlakše izgaraju su kapljevina i plinovita (mogu se ukapljivati), praktična su za prijenos i izgaraju čisto (bez krutih produkata).

- **Energija plime i oseke:** Energija plime i oseke spada u oblik hidroenergije koja gibanje mora, uzrokovano mjesečevim mijenama ili padom i porastom razine mora, koristi za pretvorbu u električnu energiju i druge oblike energije. Za sada još nema većih komercijalnih dosega na eksploataciji te energije, ali potencijal nije malen. Energija plime i oseke ima potencijal za stvaranje električne energije u određenim dijelovima svijeta, odnosno tamo gdje su morske mijene izrazito naglašene. Morske mijene su predvidljivije od energije vjetra i sunčeve energije. Taj način proizvodnje električne energije ne može pokriti svjetske potrebe, ali može dati veliki doprinos u obnovljivim izvorima. Razlika u visini plime i oseke varira između 4,5-12,5 m ovisno o geografskoj lokaciji. Npr. amplitude plime i oseke u Jadranskom moru su 1 m, a na Atlantskom, Tihom i Indijskom oceanu prosječno od 6 do 8 m. Na pojedinim mjestima obale u zapadnoj Francuskoj i u jugozapadnom dijelu Velike Britanije amplituda dostiže i više od 12 m. Na zapadnoeuropskoj atlantskoj obali vremenski razmak između dvije plime iznosi 12 sati i 25 minuta, a na obalama Indokine nastaje samo jedna plima u 24 sata. Za ekonomičnu proizvodnju je potrebna minimalna visina od 7 m. Procjenjuje se da na svijetu postoji oko 40 lokacija pogodnih za instalaciju plimnih elektrana.

- **Energija valova:** Elektrane na valove su elektrane koje koriste energiju valova za proizvodnju električne energije. Energija valova je obnovljivi izvor energije. To je energija uzrokovana najvećim dijelom djelovanjem vjetra o površinu oceana. Snaga valova se razlikuje od dnevnih mijena plime/oseke i stalnih cirkularnih oceanskih struja. Za korištenje energije valova moramo odabrati lokaciju na kojoj su valovi dovoljno česti i dovoljne snage. Energija vala naglo opada s dubinom vala te tako u dubini od 50 m iznosi svega 2% od energije neposredno ispod površine. Snaga valova procjenjuje se na  $2 \times 10^9$  kW, čemu odgovara snaga od 10 kW na 1 metar valne linije. Ta snaga varira ovisno o zemljopisnom



položaju, od 3 kW/m na Mediteranu do 90 kW/m na Sjevernom Atlantiku. Energija valova tijekom vremena varira (više i većih valova ima u zimskom periodu ) i ima slučajni karakter. Stvaranje snage iz valova trenutno nije široko primijenjena komercijalna tehnologija, iako su postojali pokušaji njenog korištenja još od 1890. U 2008. godini pokušano je napraviti zglobni plutajući prigušnik Pelamis u Portugalu, u hidroelektrani na valove Aguçadoura. Koristila je 3 zglobna plutajuća prigušnika Pelamisa P-750 i imala ukupno instaliranu snagu 2,25 MW. U studenom iste godine električni generatori su izvađeni iz mora, a u ožujku 2009. projekt je zaustavljen na neodređeno vrijeme. Druga faza projekta u kojoj je trebalo biti ugrađeno dodatnih 25 Pelamis P-750 strojeva i koja je trebala povećati snagu na 21 MW je u pitanju zbog povlačenja nekih partnera s projekta.



Slika 2. Prikaz grada koji zadovoljava svih 7 principa

## 2.4. Korištenje materijala

U održivoj gradnji preporuča se koristiti prirodne materijale ili umjetne materijale koji se mogu lako reciklirati, a da prilikom reciklaže ne zagađuje okoliš. Zbog blizine prijevoza važno je koristiti materijale koji se proizvode na područjima potrošnje.

### **3. Certificirana LEED kuća**

#### **3.1. Što je to LEED i LEED certifikat**

LEED je certifikacijski sustav koji ocjenjuje održivost zgrada i naselja, a razvio ga je američki savjet za zelenu gradnju ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)). Sustav ocjenjuje energetske učinkovitost i aspekte poput učinkovitog korištenja vode, korištenja materijala, kvalitete unutarnjeg prostora te odabir i upravljanje zemljištem. Sustav se može koristiti za certificiranje novogradnje, ali i postojećih zgrada.

LEED certifikat mijenja način razmišljanja o tome kako su zgrade i čitave zajednice dizajnirane, građene, održavane te kako se njima upravlja diljem svijeta.

LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) je najpoznatiji svjetski sustav ili program certificiranja koji ujedno promovira najbolje svjetske prakse i strategije u gradnji zgrada.

LEED je inicijalno bio korišten kako bi vlasnici zgrada pokazali svoju predanost održivom razvoju, ali je s vremenom prerastao u priznati alat za ocjenjivanje kvalitete zgrada. Razna istraživanja performansi zgrada pokazuju da su zgrade certificirane prema tom sustavu bolje od konvencionalnih zgrada. Kvalitetnije su u smislu učinkovitijeg korištenja energije i vode, ali i u manje opipljivim kriterijima poput zadovoljstva korisnika. Spomenuti kriterij postaje sve bitniji jer poduzeća i ustanove uviđaju kako najveći trošak vezan uz korištenje nekretnina nije zakupnina niti troškovi energije, nego troškovi zaposlenika. Kvalitetniji unutarnji prostor zelenih zgrada omogućuje manje izostanaka s posla i manju fluktuaciju zaposlenika. Navedeno donosi znatno veće koristi korisnicima zgrade nego ušteda troškova vode i energije.

S obzirom na prednosti zelenih nad konvencionalnim zgradama, LEED je postao sinonim za kvalitetu i tržišni standard. Time je olakšana prezentacija njihovih postignuća u održivosti, ali je i korisnicima zgrada olakšan odabir prostora. Primjenom LEED-a razlikovanje dobrih od loših zgrada postaje jednostavnije.

LEED je relativno fleksibilan kako bi se mogao primjenjivati kod svih vrsta zgrada: komercijalnih, višestambenih, javnih, obiteljskih kuća.

Sustav procjena temelji se na nekoliko tipova projekata:

- Dizajn i konstrukcije zgrade

- Dizajn i konstrukcija interijera
- Upravljanje i održavanje zgrade
- Razvoj okoliša/susjedstva
- Stambene objekte

LEED certifikat ocjenjuje održivost zgrada i naselja, a razvio ga je američki savjet za zelenu gradnju. Sustav ocjenjuje energetske učinkovitost, učinkovitost korištenja vode, materijala, odabir i upravljanje zemljištem te kvalitetu unutarnjeg prostora. Certifikat se dodjeljuje i postojećim zgradama i novoizgrađenim.

Iako postoje raznovrsni sustavi ocjenjivanja održive gradnje, u certificiranju zelenih zgrada u Europi najčešće se primjenjuje američki LEED sustav, britanski BREEAM te njemački DGNB. Izbor i primjena određenog sustava certificiranja bitni su elementi prilikom projektiranja novih građevina. Certificirana zgrada investitoru i izvođaču radova donosi ugled na međunarodnom tržištu.

Da bismo certificirali zgradu, potrebna su tri koraka. Prvi je odabir sustava koji se primjenjuje (npr. za novogradnju, postojeću gradnju), drugi propisuje da zgrada treba zadovoljiti minimalne zahtjeve (npr. postojanje bar jednog korisnika), a treći je ispunjavanje obveznih preduvjeta i prikupljanje određenog broja bodova.

Na osnovi prikupljenih bodova određuje se vrsta certifikata koji će se dodijeliti. BREEAM sustav certificiranja razvijen je u Velikoj Britaniji, a u Istočnoj Europi rašireniji je od LEED-a i jednostavniji te primjenjiviji na europskom tržištu. Danas ima 425.000 certificiranih objekata u 59 zemalja svijeta.

Američko vijeće za zelenu gradnju objavilo je da je više od 10 000 objekata diljem SAD-a steklo certifikat LEED.

LEED bodovi se dodjeljuju na skali od 100 bodova i njihova veličina reflektira njihov potencijal na ekološke učinke. Dodatnih 10 bodova može se dobiti na četiri specifična područja koja obuhvaćaju specifične regionalne ekološke probleme.

Projekt mora zadovoljiti sva očekivanja i zaraditi barem minimum bodova koji se očekuju od njega.

LEED sadrži 4 ocjene, a to su:

- Certifikat (40-49 bodova)
- Srebrni (50-59 bodova)
- Zlatni (60-79 bodova)
- Platinom (80 bodova i više)

Način bodovanja ovisi o mjestu na kojemu se objekt nalazi, korištenju vode i energije, korištenju materijala, unutarnjoj kvaliteti okoliša, inovativnom dizajnu i regionalnom prioritetu. Za svaki od navedenih kriterija dobivaju se bodovi posebno i na temelju zbroja bodova dobiva se određeni certifikat. Kako je navedeno u poglavlju 2 ocjenjuju se principi održivog razvoja i njihova iskorištenost.

LEED 2009 for New Construction and Major Renovations				Project Name			
Project Checklist				Date			
<b>Sustainable Sites</b>		Possible Points: 26		<b>Materials and Resources, Continued</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4	Recycled Content	1 to 2
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1	Site Selection	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 5	Regional Materials	1 to 2
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 2	Development Density and Community Connectivity	5	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 6	Rapidly Renewable Materials	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 3	Brownfield Redevelopment	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 7	Certified Wood	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.1	Alternative Transportation—Public Transportation Access	6	<b>Indoor Environmental Quality</b> Possible Points: 15			
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.2	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance	
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.3	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.4	Alternative Transportation—Parking Capacity	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 5.1	Site Development—Protect or Restore Habitat	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 2	Increased Ventilation	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 5.2	Site Development—Maximize Open Space	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan—During Construction	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 6.1	Stormwater Design—Quantity Control	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan—Before Occupancy	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 6.2	Stormwater Design—Quality Control	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.1	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 7.1	Heat Island Effect—Non-roof	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.2	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 7.2	Heat Island Effect—Roof	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.3	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 8	Light Pollution Reduction	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4.4	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	1
<b>Water Efficiency</b>		Possible Points: 10		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 1	Water Use Reduction—20% Reduction		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 6.1	Controllability of Systems—Lighting	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1	Water Efficient Landscaping	2 to 4	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 6.2	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 2	Innovative Wastewater Technologies	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 7.1	Thermal Comfort—Design	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 3	Water Use Reduction	2 to 4	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 7.2	Thermal Comfort—Verification	1
<b>Energy and Atmosphere</b>		Possible Points: 35		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 2	Minimum Energy Performance		<b>Innovation and Design Process</b> Possible Points: 6			
<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1	Optimize Energy Performance	1 to 19	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 2	On-Site Renewable Energy	1 to 7	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 3	Enhanced Commissioning	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 4	Enhanced Refrigerant Management	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.5	Innovation in Design: Specific Title	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 5	Measurement and Verification	3	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 2	LEED Accredited Professional	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 6	Green Power	2	<b>Regional Priority Credits</b> Possible Points: 4			
<b>Materials and Resources</b>		Possible Points: 14		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables		<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1 to 3	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.2	Building Reuse—Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 2	Construction Waste Management	1 to 2	<b>Total</b> Possible Points: 110			
<input checked="" type="checkbox"/>	Credit 3	Materials Reuse	1 to 2	Certified 40 to 49 points Silver 50 to 59 points Gold 60 to 79 points Platinum 80 to 110			

Slika 3. Prikaz bodova za LEED certifikat i konačna ocjena



Slika 4. Jedan od objekta sa certifikatom LEED koji se nalazi u Americi

### **3.2. LEED certifikati u Hrvatskoj**

Hrvatsko tržište još se uvijek upoznaje s međunarodnim certifikatima, ali na tom polju učinjen je znatan pomak unazad pet do šest godina. Nažalost, u istom je razdoblju aktivnost na tržištu nekretnina i gradnje znatno pala, a ona je preduvjet da bi do izražaja došla prednost certifikacije zelenih zgrada. Vlasnici postojećih i razvojni inženjeri novih zgrada većim su dijelom usredotočeni na smanjenje troškova, a ne na povećanje kvalitete. Premda zelena gradnja smanjuje troškove i povećava kvalitetu, na našem se tržištu još uvijek više percipira kao dodatna vrijednost za koju trenutno ne postoji potražnja, odnosno kupci ili zakupnici nekretnina nisu je spremni dodatno platiti.

U Hrvatskoj postoji samo jedna certificirana zgrada prema LEED-u (poslovni centar Adrisa koji je dobio LEED Gold certifikat) i jedna prema BREEAM-u (zgrada Eurocentra u zagrebačkoj Miramarskoj ulici s BREEAM certifikatom "Very good" u kategoriji zgrada u upotrebi), a neki su projekti još u postupku certifikacije.



Slika 5. Poslovni centar Adrisa

## 4. Arhitektonsko projektiranje i održiva gradnja

Arhitektonsko projektiranje prapočetak je svake gradnje. Kad je u pitanju održiva gradnja, tada je osnovni princip i pristup projektiranju još složeniji, a postavke iz arhitektonskih projekata osnova su uspješno realizirane nisko-energetske ili pasivne građevine. Arhitekti u svom pristupu kreću od želja investitora, usklađuju ih s odrednicama proizašlim iz prostornih planova i posebnim uvjetima gradnje, uključuju svoje znanje te projektantsku vještinu i kreativnost kako bi dosegli što viši stupanj sinteze funkcionalne, konstruktivne i estetske vrijednosti.

U današnje vrijeme taj je zadatak znatno proširen. Od velike je važnosti pitanje cijene gradnje, troškova korištenja i održavanja građevine, iskorištavanje potencijala obnovljivih izvora energije, smanjenje korištenja neobnovljivih izvora energije, smanjenje toplinskih gubitaka građevine, korištenje potencijala „iskorištenog“ zraka itd. U tom pogledu elektro i strojarske instalacije građevine postigle su golem razvoj i pružaju raznolike mogućnosti. Međutim, koriste li se tehnički i tehnološki unaprijeđene te nove metode u službi novoizgrađenih građevina, a da se pri tom nije krenulo od kvalitetnog i prilagođenog projektnog rješenja, rezultat će izostati. Ispravnim pristupom i kvalitetnim arhitektonskim rješenjem može se znatno utjecati na smanjenje toplinskih transmisivnih gubitaka građevine.

Početni parametri arhitektonskog projekta održive gradnje su:

- 1) orijentacija
- 2) oblik građevine
- 3) optimalno tlocrtno rješenje
- 4) toplinsko zoniranje unutarnjeg prostora
- 5) iskorištavanje odbitaka sunčevog zračenja kroz ostakljenje
- 6) spremanje sunčeve energije
- 7) kvalitetno rješenje arhitektonskih detalja i spojeva
- 8) tehnologija izgradnje
- 9) toplinska izolacija
- 10) izvedba vrata i prozora
- 11) zaštita od ljetnog pregrijavanja



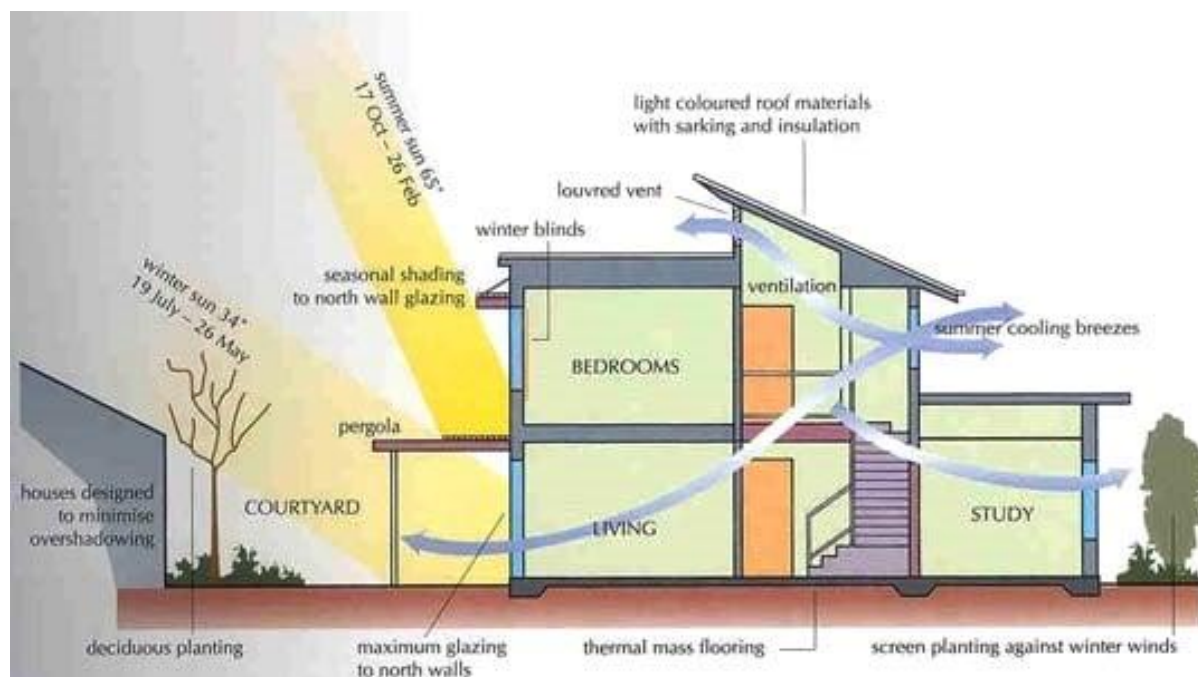
## 4.1. Orientacija

Kod projektiranja niskoenergetskih kuća orientacija je jako bitna i ima veliko značenje jer omogućuje iskorištavanje dobitaka sunčevih zraka. Količina sunčeva zračenja ovisi o godišnjim dobima i dnevnom kretanju sunca te orijentaciji pročelja.

Prilikom jutarnjih sati i izlaskom sunca istočna strana je najviše obasjana, dok je prilikom zalaska sunca u poslijepodnevnom satima zapadna strana najviše obasjana. Zimi je obasjavanje na južnom pročelju intenzivnije nego na istočnom i zapadnom.

Kod samog odabira zemljišta za gradnju po principima održivog razvoja najbolje bi bilo kupiti zemljište koje je orijentirano prema jugu, zbog toga što južna orijentacija u hladnim dijelovima godine omogućuje maksimalno iskorištavanje sunčeve energije i samim time čak do 40 % doprinosi grijanju zgrade. Samo 10° odmicanja zgrade od južne orijentacije smanjuje zaprimanje topline potrebne za grijanje zgrade. Zbog toga se preporuča otklon od juga za najviše od 20°. Na južnu stranu zbog velikih sunčevih dobitaka preporučuju se veće ostakljene površine.

Prilikom projektiranja potrebno je obratiti pažnju na orijentaciju pojedinih prostorija unutar zgrade s obzirom na strane svijeta, čime se postiže kvalitetniji i ugodniji boravak u svakoj prostoriji, ovisno o njenoj namjeni.



Slika 6. Prikaz udara sunčevih zraka ljeti i zimi



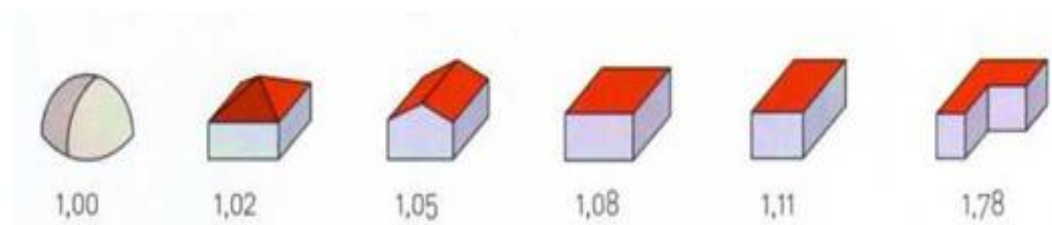
## 4.2. Oblik građevine

Faktorom oblika zgrade ( $f_o$ ) izražava se odnos između površine vanjskog oplošja grijanog dijela zgrade i volumena grijanog dijela zgrade. Površina vanjskog oplošja zgrade predstavlja omotač ili ovojnici zgrade – zidove, podove, krov, prozor i ostale dijelove koji od vanjskog prostora ili negrijanog dijela razdvajaju grijani dio zgrade.

Kod održive gradnje važno je projektom zadovoljiti faktor oblika zgrade ( $f_o$ ).

Kod projektiranja održive građevine preferira se kompaktan i jednostavan oblik zgrade, sa što manje konzolnih istaka, balkona ili razvedenih pročelja, što doprinosi boljim toplinskim svojstvima zgrade. Vrlo je važno da se uvaži pravilo da vanjska površina plašta zgrade u odnosu na volumen bude što manja.

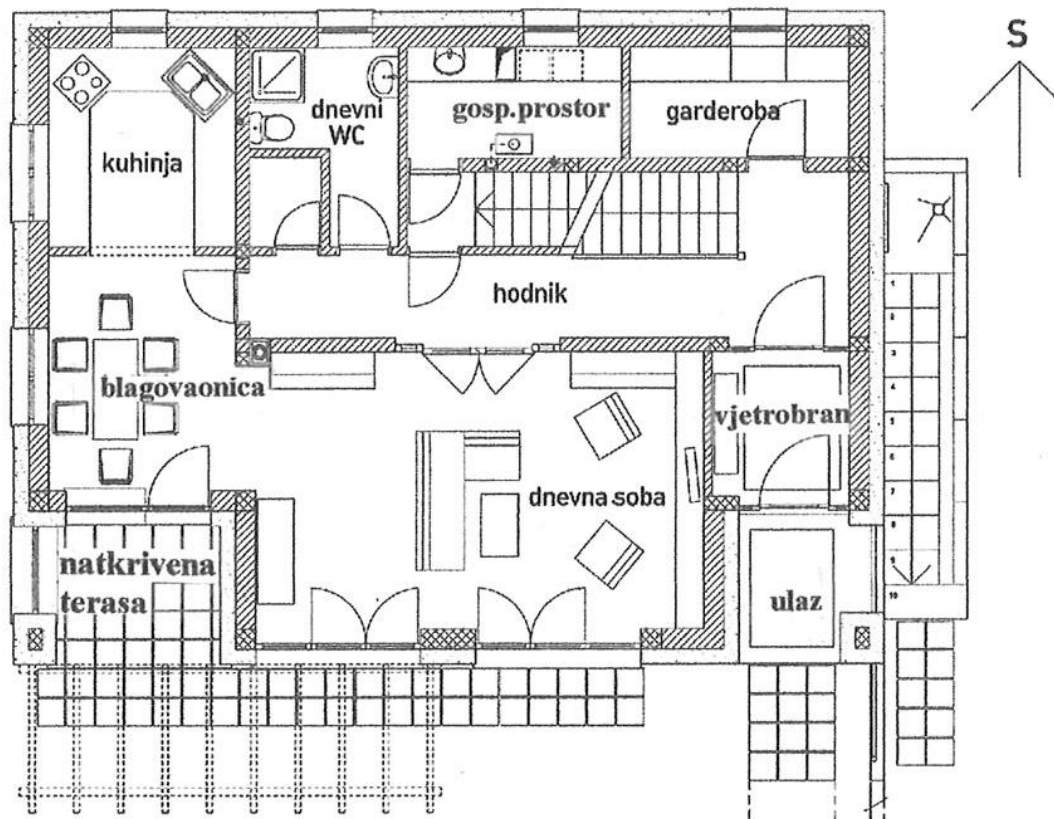
Faktor oblika ( $f_o$ ) je veći kod slobodno stojećih kuća, tako da bi bilo bolje raditi kuće u nizu ili višestambene višekratne zgrade jer kod njih je površina vanjskih zidova s obzirom na volumen puno manja pa je kod takvog načina gradnje moguće postići faktor oblika  $0,3 - 0,7 \text{ m}^{-1}$ . Faktor oblika se dobije formulom:  $f_o = O/V$  (oplošje/volumen)



Slika 7. Prikaz najpovoljnijih geometrijskih oblika

## 4.3. Optimalno tlocrtno rješenje

Tlocrtno rješenje koje osim orijentacije građevine i faktora oblika uvažava i toplinsko zoniranje, daljnji je doprinos smanjenju gubitaka. Preporuka je da se uz sjeverni zid predvide prostori s nižom temperaturom, odnosno gospodarska zona (vešeraj, kotlovnice, spremišta, stubišta, garderobe, kuhinja i pomoćni prostori), a na južnom pročelju dnevni prostori koji pretpostavljaju više temperature i više sunca.



Slika 8. Primjer tlocrtnog rješenja prostora niskoenergetske kuće

Izvor: Zbašnik-Senegačnik (2009), str. 43

#### **4.4. Toplinsko zoniranje unutarnjeg prostora**

Prijenos topline između unutarnjeg i vanjskog prostora koji okružuje zgradu nastaje zbog temperaturnih razlika. Na obje strane vanjskog zida temperature su rijetko jednake. U pravilu kroz njih uvijek prolazi toplina što uzrokuje transmisijske toplinske gubitke. Sličan slučaj je i kod unutarnjih zidova, koji odvajaju prostor s različitim temperaturama, odnosno grijane prostorije od negrijanih (npr. spremišta, hodnik).

Toplinski gubitci kroz zid su veći što je veća temperaturna razlika između vanjske i unutarnje površine. Da bi se smanjili transmisijski toplinski gubitci u kući, smisljeno je na sjevernoj strani, gdje je temperatura na vanjskoj strani zida najniža, predvidjeti prostor s nižom temperaturom kao npr. stubišta, ostave i druge pomoćne prostorije. Na južnom pročelju preporučljivo je projektirati dnevne prostore koji zahtijevaju više temperature, budući da postoji mogućnost da se na takvim dijelovima dogrijavaju sunčevom energijom. Temperaturno zoniranje korisno je i preporučljivo projektirati vanjski pristup u podrum. Izvan toplinskog plašta preporučuju se isto tako i smještaj stubišta i hodnika, posebno u višestambenim zgradama gdje i inače predstavljaju veliki dio volumena zgrade. Na taj način štedi se već dio energije potreban za grijanje (vidi sliku 5.).

#### **4.5. Iskorištavanje odbitaka sunčevog zračenja kroz ostakljenje**

Uz orijentaciju zgrade za iskorištavanje dobitaka od sunčeva zračenja važno je da sunčeve zrake dopiru do zgrade. Sadnjom visokog drveća ili izgradnjom visokih zgrada zaklanjamo prolazak sunčevih zraka i time smanjujemo učinkovitost dobitaka sunčeva zračenja. Razmaci između zgrada moraju biti dimenzionirani s obzirom na nizak upadni kut zimskog sunčeva zračenja. U blizini južnog, istočnog ili zapadnog pročelja može biti zasađeno listopadno drveće. Ljeti njihovi listovi štite od sunca, dok zimi otpadnu te se oslobodi prolaz sunčevog zračenja. Na južnoj strani, gdje je obasjavanje suncem najmanje, ostakljene površine moraju biti što manje jer se tako smanjuju toplinski gubitci kroz plašt zgrade.

Velika važnost posvećuje se toplinskoj bilanci kojom se vrši proračun godišnje potrebne topline za grijanje. Kod toplinske bilance suma svih energetske dobitaka (dobitci sunčevog zračenja + dobitci unutarnjih izvora + toplina iz uređaja za grijanje) u plaštu zgrade treba biti jednaka sumi svih energetske gubitaka (transmisijski toplinski gubitci + toplinski gubitci od prozračivanja).

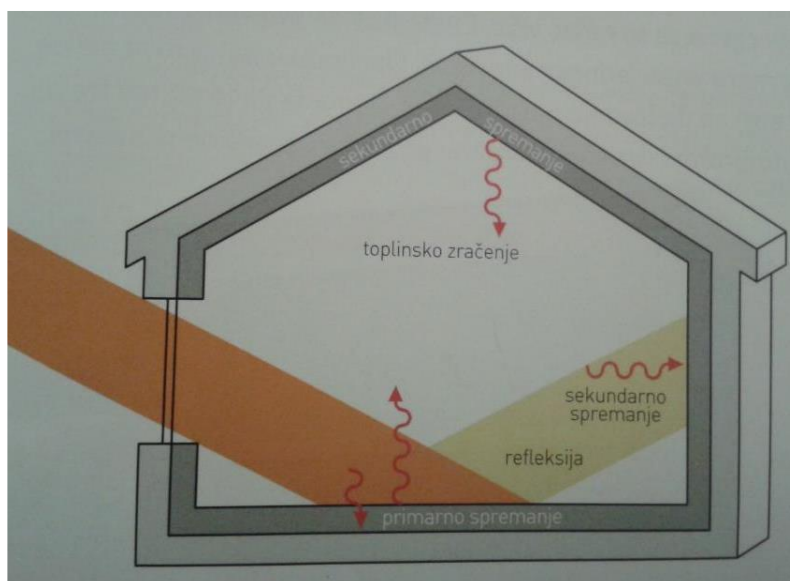
## 4.6. Spremanje sunčeve energije

Toplinsko uskladištenje sunčeve energije se može ostvariti na više načina: zagrijavanjem određenog materijala (čvrstog ili tekućeg), taljenjem čvrstih tijela, tj. korištenjem latentnih toplina taljenja nekih materijala, korištenjem raznih kemijskih reakcija pri kojima se oslobađa, odnosno veže toplina.

Zbog promjenjivog svojstva sunčeve energije (oblaci, dan - noć, godišnje doba) jedan od najvažnijih problema je uskladištenje (akumuliranje) energije, tj. potrebno je ugraditi akumulacijski uređaj u kojem se skuplja energija za vrijeme sunčanih razdoblja, odnosno iz kojeg se energija crpi za vrijeme kad sunčeva zračenja nema ili ga nije dovoljno. Ugradnjom akumulacijskih uređaja povećava se stupanj iskorištenja sunčevog energijskog sustava jer imaju sposobnost sačuvati toplinu od dana za noć ili u toku nekoliko dana pa čak i nekoliko tjedana i mjeseci.

Postoje različite metode za uskladištavanje energije: toplinska, kemijska, termokemijska, mehanička i magnetsko-električna. Izbor načina uskladištavanja ovisi o mnogim čimbenicima. Jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na izbor načina akumuliranja jest vremenski interval uskladištenja: očito je da će za sezonsko uskladištenje (ljetno - zima) problemi biti sasvim drukčiji nego ako je energiju potrebno akumulirati na kratke periode kao što je dan – noć. Toplinska akumulacija energije u području nižih temperatura (20 °C – 120 °C) koja se koristi pri primjeni sunčeve energije za grijanje (hlađenje) prostorija i vode.

Slika 6 prikazuje kako se toplinski dobitci dobivaju sunčevim zračenjem kroz ostakljenje i zadržavaju se u unutarnjem prostoru



Slika 9. Prodiranje sunčeve topline kroz ostakljenje sprema se u masivnim materijalima: najveći dio s neposrednim spremanjem, odbijena toplina sa sekundarnim spremanjem.

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

#### 4.7. Tehnologija izvedbe

Kod održive gradnje prihvatljive su sve građevinske tehnologije. Koriste se lagane i masivne konstrukcije. Moguće je postići jednake rezultate s obje vrste konstrukcija kao i s različitim materijalima. Masivna gradnja opekom najrašireniji je način gradnje obiteljskih kuća pa tako i kod niskoenergetskih zgrada. Kod masivne gradnje nosiva konstrukcija može biti od betona, lakog betona ili od gotovih elemenata. Na vanjskoj strani zida postavlja se toplinska izolacija. Debljina izolacije nam ovisi od tome koji energetski razred želimo zadovoljiti. Niskoenergetska zgrada ne smije prelaziti  $0,15 \text{ W}/[\text{m}^2\text{K}]$  što spada u A+ energetski razred.

Debljina nosivog zida ovisi o statičkim zahtjevima. Budući da se u skladu s principima održive gradnje ugrađuje s vanjske strane vanjskih nosivih zidova znatna debljina toplinske izolacije, nosivi zidovi mogu biti tanji, odnosno minimalni u skladu s statičkim zahtjevima. Kod laganih konstrukcija najčešće se upotrebljava drvo i to u svim predgotovljenim elementima. Najčešće se upotrebljavaju: drveni okvir, lamelirani drveni elementi, sustav rebara i prečki. Između nosive drvene konstrukcije nalazi se toplinska izolacija, koja može biti napravljena od različitih materijala.

#### 4.8. Toplinska izolacija

Toplinska izolacija ili termoizolacija je svojstvo opiranja prolasku topline kroz tvari ili prostor. Toplinski plašt zgrade čine svi građevinski elementi koji tvore granicu između dva

temperaturna područja. Unutar toplinskog plašta su prostori koji se stalno griju. Izvan toplinskog plašta mogu biti smješteni negrijani podrumi, garaže, smočnice i pomoćne prostorije. Kod projektiranja građevina bez toplinskih mostova treba poštovati osnovno načelo: toplinskoizolacijski sloj (kod masivnih zidova debljina najmanje 20 cm, kod laganih konstrukcija 30 – 45 cm) mora biti projektiran tako da bez prekida ovije cijela kuća.

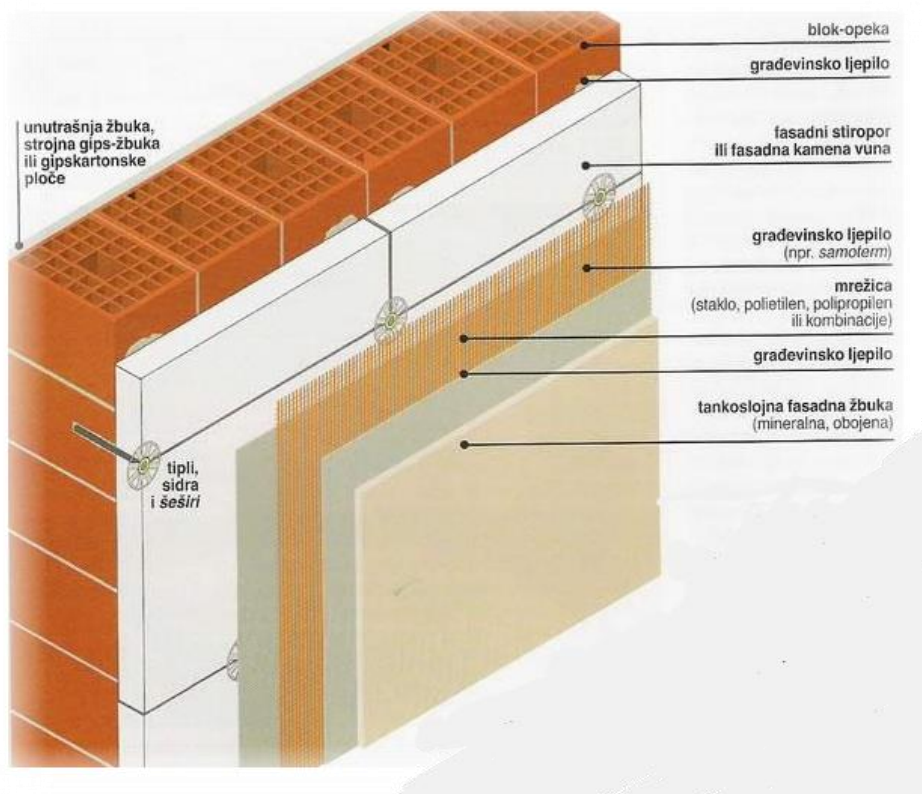
Toplinska izolacija mora prekrivati okvire prozora i vrata, koji su također toplinsko izolirani. Kao toplinska izolacija povoljni su svi postojeći materijali – umjetni anorganski i organski te prirodni. Od umjetnih anorganskih tvari primjenjuju se mineralna vuna, pjenjeno staklo. Od umjetnih organskih toplinsko izolacijskih materijala najčešće rabe ekspanzirani i ekstrudirani polistiren, pjenjeni polietilen i pjenjeni poliuretan.

Posljednjih godina se umjesto umjetnih materijala rabe prirodni toplinsko izolacijski materijali, kao što su celulozna vlakna, drvena vlakna, kokosova vlakna, lan, konoplja, ovčja vuna, pluto te slama.

U skupinu toplinsko izolacijskih materijala ulazi i prozirna toplinska izolacija. Prozirna toplinska izolacija osim što ima toplinsko izolacijska svojstva ima i sposobnost propuštanja većine toplinske energije te tako može grijati iza nje postavljeni zid. Taj zid je poželjno obojati u tamnu boju radi bolje apsorpcije.

Toplinskom izolacijom neizolirane kuće, već s osnovnih 10 cm izolacije na zidovima, 20 cm u krovu i 8 cm prema negrijanom podrumu godišnje možemo uštedjeti oko 70% potrebne energije za grijanje, a investicija se može isplatiti već za 5 do 10 godina (ovisno o vrsti grijanja – lož ulje/plin).

Slika 7 nam prikazuje detalj pravilne izvedbe jedne od vrsta umjetne anorganske toplinske izolacije.



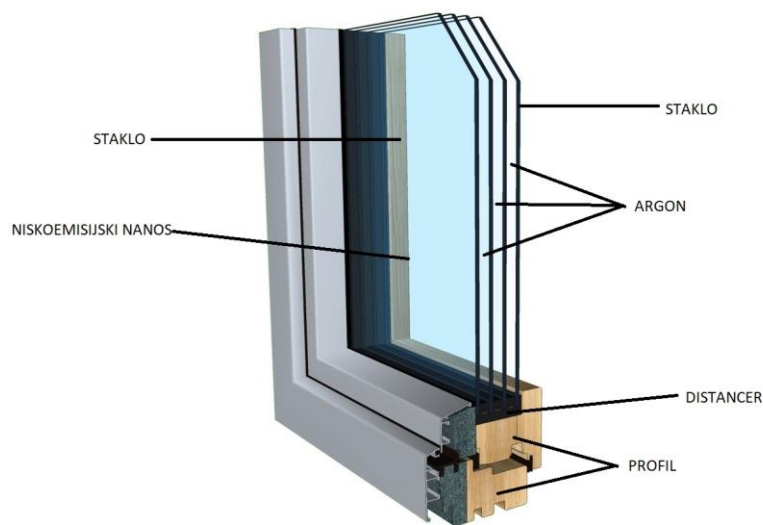
Slika 10. Detalj pravilne izvedbe toplinske izolacije

#### 4.9. Izvedba vrata i prozora

Prozor koji je ugrađen u skladu s održivom gradnjom, mora imati dobre toplinsko izolacijske karakteristike, tako da se njegova unutarnja površinska temperatura što više približi temperaturi zraka u prostoru, što je potrebno zbog temperaturne ugodnosti, ali i zbog sprečavanja kondenzacije zračne vlage.

U današnje vrijeme najčešće se koriste stakla s  $U_g=1,2-1,4 \text{ W(m}^2\text{K)}$ . Danas su razvijeni prozori s troslojnim toplinsko izolacijskim ostakljenjem s  $U_g$  oko  $0,6 \text{ W(m}^2\text{K)}$  do najviše  $0,7 \text{ W(m}^2\text{K)}$ . Izolacijsko ostakljenje sastoji se od tri stakla umjesto dva kao što je uobičajeno danas. Međuprostor je zbog bolje toplinske izolacije punjen plemenitim plinom, najčešće argonom. Važnu ulogu kod ostakljenja imaju i okviri. Na okvire od drveta, aluminijski i PVC-a na različite je načine ugrađena toplinska izolacija. U tu se namjenu rabe celulozna vlakna, poliuretanska pjena, toplinska izolacija od drvenih vlaknaca i slično. Stoga se danas preporuča i zahtjeva koristiti prozore s trostrukim ostakljenjem, koje uvelike sprječava

prolazak topline kroz staklo. Također zimi propušta više sunčeve energije u unutrašnji prostor nego topline iz njega pa površinske temperature na unutarnjoj strani ostaju visoke i zimi.



Slika 11. Detalj troslojnog toplinsko izolacijskog prozora npr. kod pasivnih kuća

Na staklo se treba nanositi nevidljivi i izuzetno tanki sloj, većinom srebrenih, oksida (nisko emisijski nanos) radi prodiranja što manjeg dugovalnog toplinskog zračenja kroz ostakljenje.

#### 4.10. Zaštita od ljetnog pregrijavanja

Često se javlja bojazan da u niskoenergetskim kućama zbog velikih ostakljenih površina dolazi do ljetnog pregrijavanja. Praktična iskustva u brojnim niskoenergetskim kućama pokazuju da u ljetnoj sezoni mogu zadržati ugodnu stambenu klimu. Najčešći uzroci ljetnog pregrijavanja su dobitci sunčeva zračenja kroz ostakljene, kao i unutarnji dobitci odnosno toplina iz električnih uređaja.

Samu udobnost stanarima može poboljšati bolja toplinska izolacija. Preporučano je noćno prozračivanje kroz prozore. Veličina prozora se uz prozračivanje pokazala kao najvažnija komponenta sprečavanja ljetnog pregrijavanja. Kod većih ostakljenja preporuča se vanjska zaštita od sunca. Masivna gradnja pohranjuje toplinu i poboljšava temperaturnu postojanost. Kako bi se spriječilo ljetno pregrijavanje, treba smanjiti potrošnju električne energije, uvesti hlađenje zemnim skupljačem topline, prozračivati noću, ugraditi latentne spremnike topline te postaviti sjenila na prozore.



## 5. Primjer održive gradnje na stambenom objektu

U ovom poglavlju bit će opisan primjer stambene građevine koja je projektirana po principima održivog razvoja. Projekt je izradio dipl. ing. građ. Ivan Raguž, a potpisao i ovjerio Termo-Projekt d.o.o. iz Požege.

Prilikom preuzimanja njihovog projekta prilagodio sam ga principima održivog razvoja da bi se bolje prikazao način projektiranja i izvedbe objekta po principima održivog razvoja i svega onoga što oni podrazumijevaju.

### 5.1. Tehnički opis građevine

Obiteljska stambena građevina trebala bi se nalaziti u Požegi na koti konačnog izravnatog terena uz građevinu – 1,49 m, dok bi kota poda prizemlja bila na 0,59 m od kote konačnog izravnatog i uređenog terena na najnižem dijelu.

Visina građevine je na 4,57 m od kote konačnog izravnatog i uređenog terena na najnižem dijelu, dok bi ukupna visina stambenog objekta bila na 7,79 m od kote konačno izravnatog terena na najnižem dijelu.

Stambeni objekt bi trebao imati sustave za pročišćavanje sivih voda i skupljače oborinskih voda te bi se na krovnoj plohi trebale postaviti fotonaponske ćelije.

Katovi: podrum + prizemlje + potkrovlje

Površina zemljišta pod građevinom:	169,18 m <sup>2</sup>
Građevinska bruto površina:	274,84 m <sup>2</sup>
Podrum:	23,01 m <sup>2</sup>
Prizemlje:	176,39 m <sup>2</sup>
Potkrovlje:	75,44 m <sup>2</sup>
Ukupna ploština podne površine zgrade:	266,22 m <sup>2</sup>
Podrum:	31,99 m <sup>2</sup>
Prizemlje:	160,42 m <sup>2</sup>
Potkrovlje:	73,81 m <sup>2</sup>
Ukupna ploština korisne površine zgrade:	226,08 m <sup>2</sup>
Podrum:	16,00 m <sup>2</sup>
Prizemlje:	140,37 m <sup>2</sup>
Potkrovlje:	69,71 m <sup>2</sup>

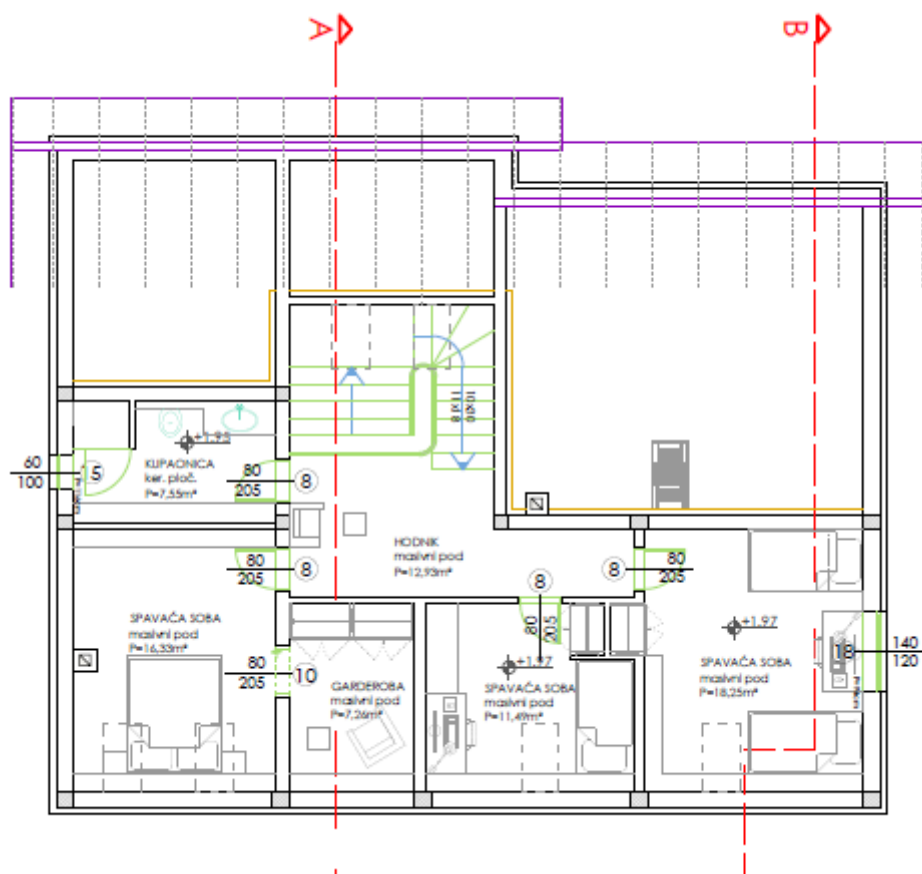
## 5.2. Primjena principa održivog razvoja

U nastavku je opisana primjena principa održivog razvoja na primjeru stambene građevine.

### 5.2.1. Orijentacija

Orijentacija zemljišta je takva da se ulaz u objekt nalazi na sjeveru, a najkorisniji dijelovi su na jugu. Sve to ide u prilog nekih osnovnih principa održivog razvoja.

Sunčeva energija je dobro iskorištena na južnoj strani krovne plohe, a projektirano je da se na sjevernoj strani nalaze manje korišteni prostori: garaža, hodnik, kupaonica, radna soba. Navedeno je prikazano i na tlocrtima prizemlja i potkrovlja.

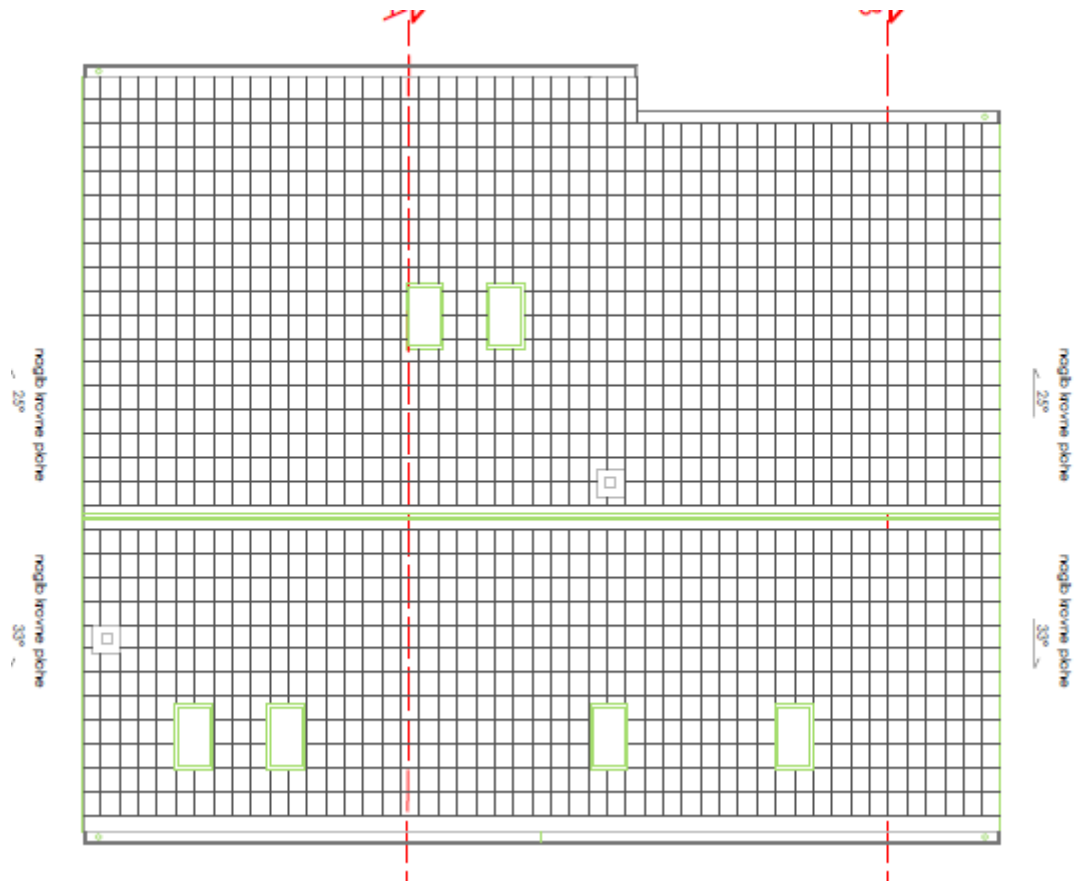


Slika 12. Prikaz orijentacije potkrovlja

### 5.2.2. Oblik građevine

Građevina je projektirana na jednostavan i kompaktan način. Od istaka određena je samo terasa koja se nalazi na južnom pročelju, a ostala pročelja nemaju nikakvih drugih izbočina ili balkona. To doprinosi boljim toplinskim svojstvima zgrade.

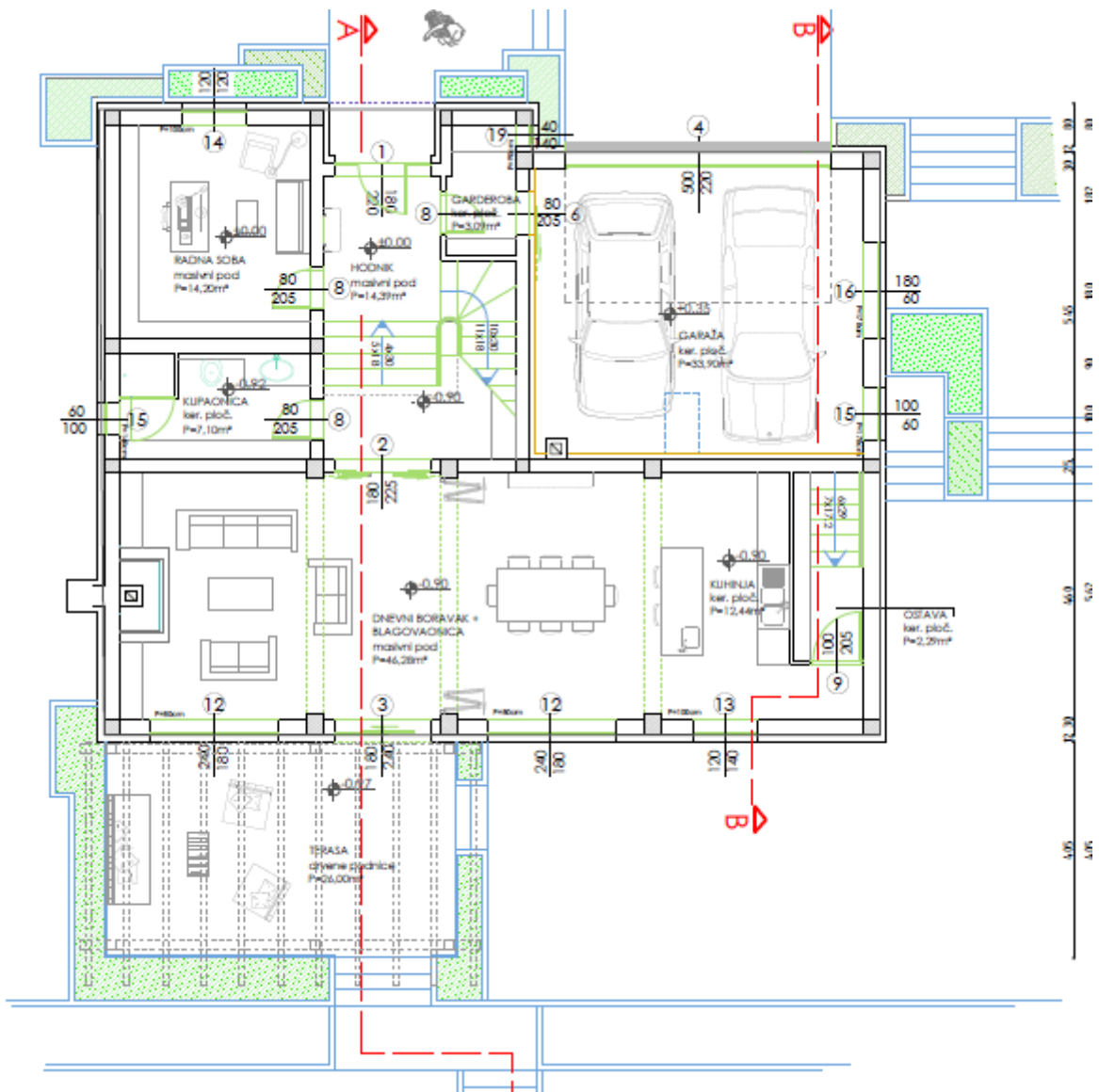
Krov je projektiran kao jednostavni dvostrešni krov što utječe na faktor oblika građevine. Faktor oblika građevine je  $0,3 \text{ m}^{-1}$  što je prihvatljivo po principima održivog razvoja.



Slika 13. Prikaz jednostavnog dvostrešnog krova

### 5.2.3. Optimalno tlocrtno rješenje

Tlocrtno rješenje pokušava pratiti principe održivog razvoja pa se na sjeveru nalaze prostorije kao što su: garaža, hodnik, radna soba, kupaonica. Na južnoj strani nalaze se prostorije koje se najviše koriste, a to su dnevni boravak i kuhinja. U potkrovlju su tri spavaće sobe, garderoba i kupaonica. Tlocrt je omogućio da dnevni prostori koje najviše koristimo budu sa više sunca i sa smanjenom potrošnjom grijanja.



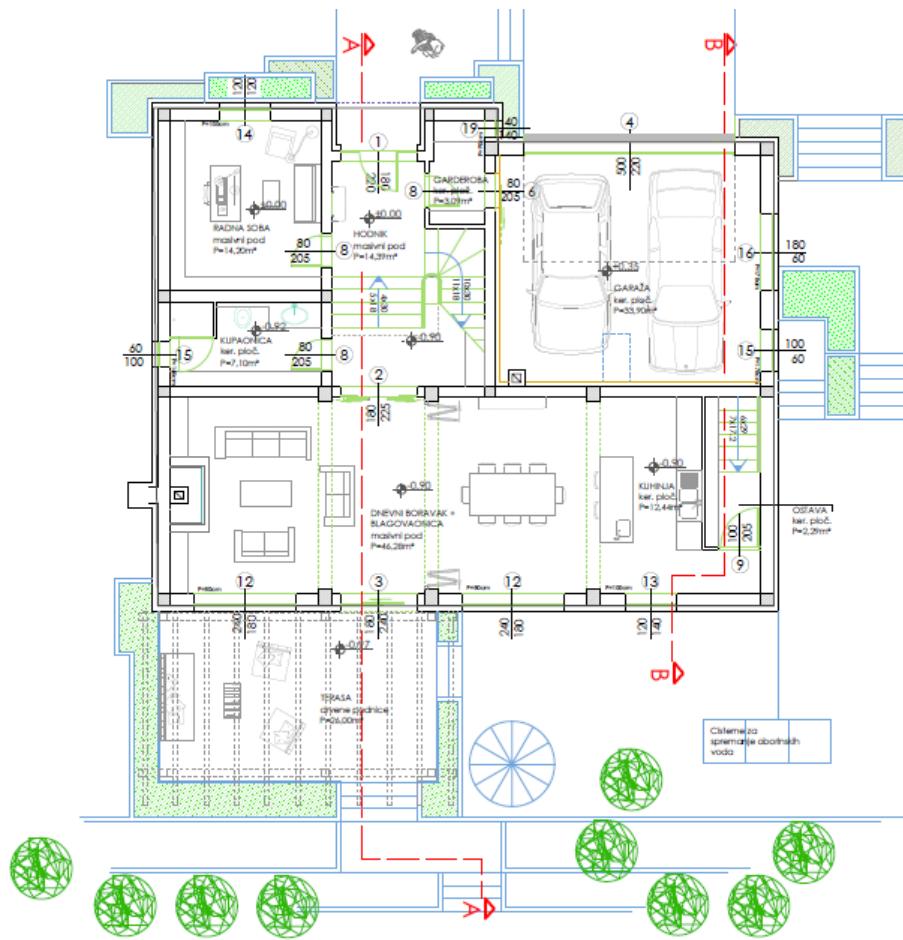
Slika 14. Prikaz optimalnog tlocrtnog rješenja na mom objektu

#### **5.2.4. Toplinsko zoniranje unutarnjeg prostora**

Vidjeli smo iz tlocrtnog rješenja kako se treba zonirati stambeni objekt da se zadovolje određeni principi. Toplinsko zoniranje u ovom slučaju riješeno je vrlo dobro te su svi bitni i najviše korišteni prostori orijentirani prema jugu. Jedina mana koja se nije mogla izbjeći je radna soba koja se nalazi se na sjevernom zidu, a predviđeno je da će se u njoj boraviti često. Stubište je u sklopu hodnika i orijentirano je prema sjeveru, a ulaz u podrum projektiran je iz kuhinje s istočnog pročelja. Navedeno je prikazano u poglavlju 5.2.3.

#### **5.2.5. Iskorištavanje odbitaka sunčevog zračenja kroz ostakljenje**

Objekt je samostojeći što bi značilo da oko njega nema visokih zgrada te to omogućava slobodan prolaz sunčevih zraka. Parcela je orijentirana tako da omogućuje sadnju srednje visokog listopadnog drveća koje ljeti štiti objekt od sunčevih zraka. Zimi lišće otpadne s drveća pa ne smeta prolazu sunčevih zraka prema objektu. Kada govorimo o ostakljenju možemo istaknuti da se na južnoj krovnoj plohi nalaze četiri krovna prozora, a na sjevernoj dva. Na južnom pročelju nalazi se terasa koja je zbog staklenih stijena izložena jakome suncu, a to bi se moglo riješiti sadnjom srednje visokoga listopadnog drveća.



Slika 15. Prikaz posadenog listopadnog drveća za sprječavanje sunčevih zraka ljeti

### 5.2.6. Spremanje sunčeve energije

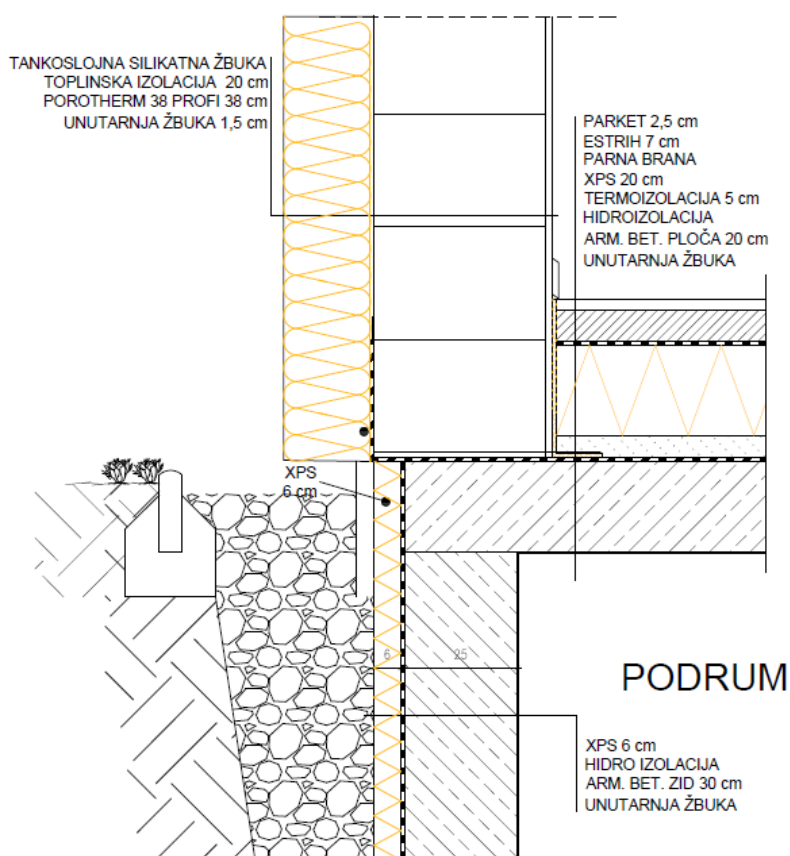
Objekt je projektiran tako da je cijela južna krovna ploha pravilna što omogućuje postavljanje fotonaponskih i solarnih panela te bolju iskoristivost istih. Način akumuliranja energije ovisi i o količini energije koja se želi skladištiti.

Što se tiče ostakljenja, južna strana ima dosta ostakljenja tako da se zimi može primiti velika količina sunčevog svjetla i prodor dijela topline u prostorije na južnoj strani. Sjeverna strana je minimalno ostakljena, na njoj se nalazi samo jedan prozor, tako da imamo uštedu na gubitku topline na najhladnijoj strani zida. Što se tiče ljetnih razdoblja važno je naglasiti da se postavljanjem zelenog zida pravi hlad na južnoj strani i time objekt štiti od velikih ljetnih prodora vrućine.

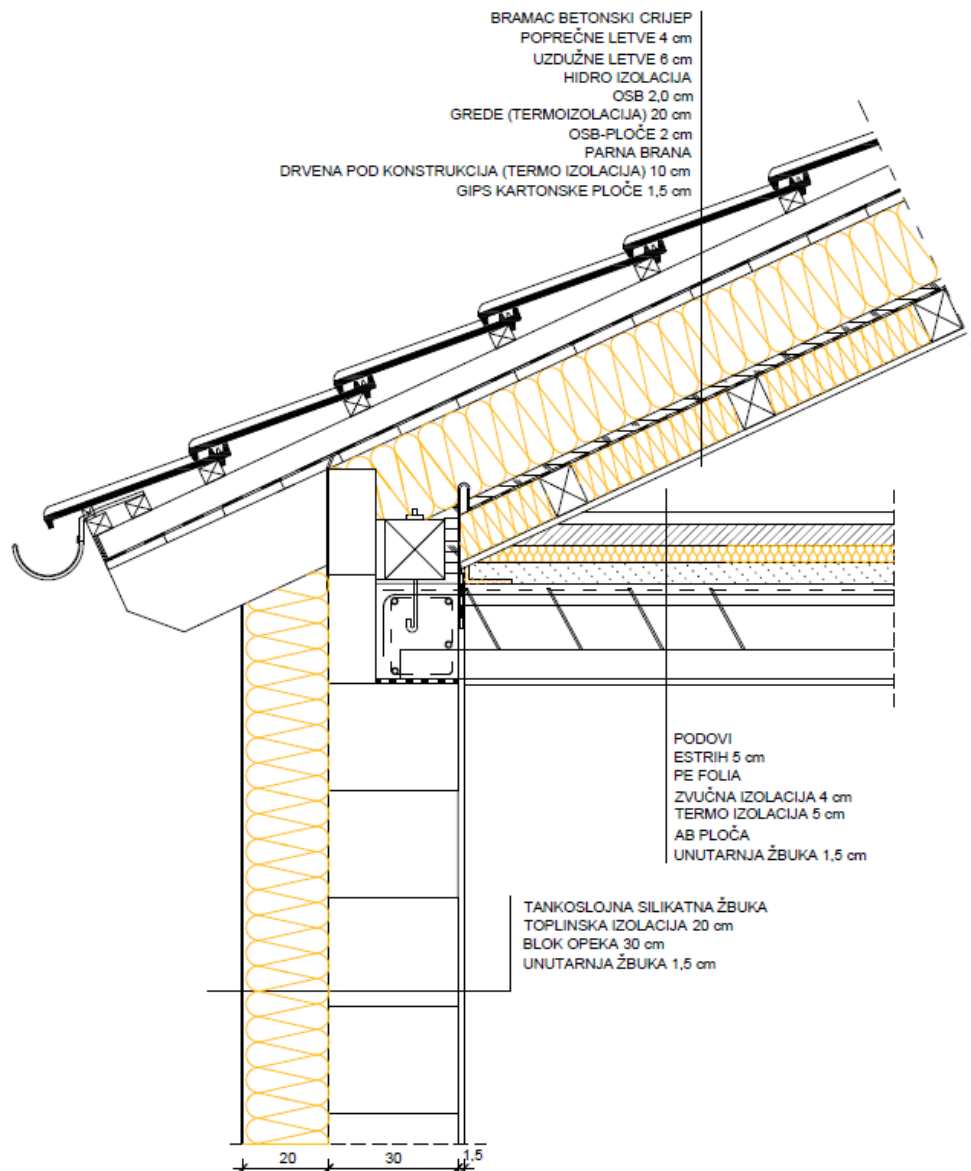
### 5.2.7. Tehnologija izvedbe

Objekt se sastoji od masivne konstrukcije. U skladu s principima održive gradnje vanjski nosivi zidovi su debljine 30 cm i dodatno su izolirani s 20 cm toplinske izolacije. Unutarnji (pregradni) zidovi izvode se laganom opekom debljine 15 cm. Svi unutarnji zidovi žbukaju se cementnom žbukom, a strop se brusi i ravna masom za izravnavanje.

Podovi su izolirani od udarnog zvuka te toplinskom izolacijom debljine 10 cm. Gubitci kroz pod na tlo su neznatni u usporedbi s gubitcima drugih dijelova konstrukcije. Temperatura podne plohe slična je unutarnjoj temperaturi što stvara puno ugodniji boravak u prostoru. Stropna konstrukcija podruma i prizemlja izvodi se od armirano betonskih ploča debljine 18 i 16 cm. Krovna konstrukcija je predviđena kao jednostavni dvostrešni krov koji se treba izvesti kao ventilirajući. Krov kao završni dio zgrade sastoji se od pokrova i krovne konstrukcije. Funkcija, konstrukcija i oblik su tri parametra koja krov mora zadovoljiti s obzirom na klimatske uvjete, građevinske materijale te ekonomske prilike.



Slika 16. Detalj spoja vanjskog zida s pločom prizemlja



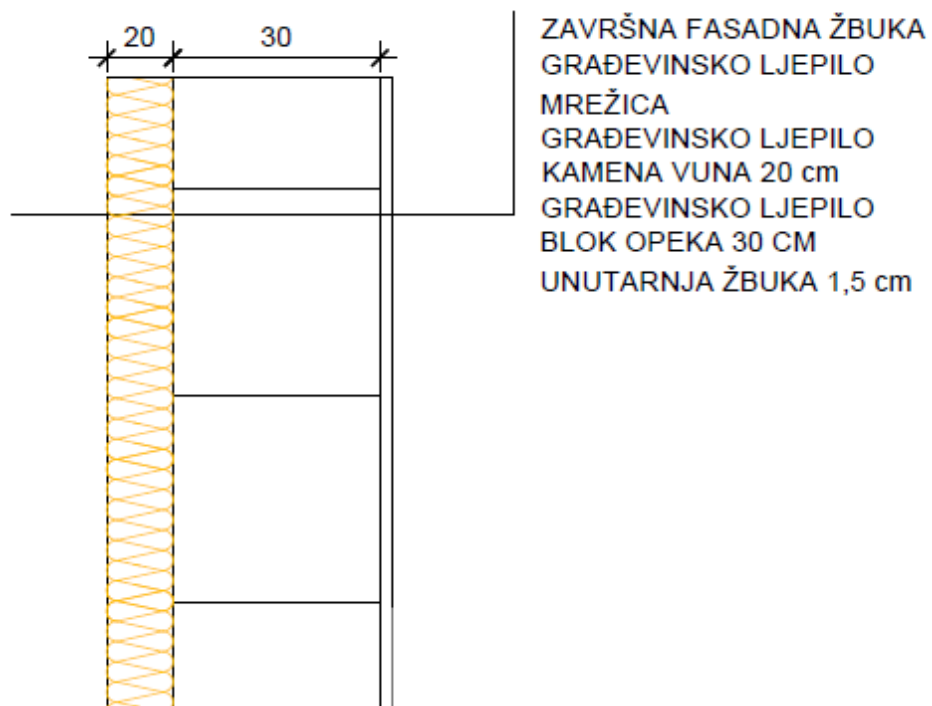
Slika 17. Detalj spoja vanjskog zida i krova

### 5.2.8. Toplinska izolacija

Kako bi se zadovoljili određeni principi potrebno je pravilno izraditi toplinsku izolaciju objekta. U slučaju prikazane stambene građevine to je kamena vuna debljine 20 cm. Podrum je cijelim volumenom ukopan u zemlju te je izoliran s 10 cm ekstrudiranim polistirenom.

Krovna konstrukcija je postavljena tako da su u potkrovlju spuštene stropovi postavljeni kao i rogovi i prati se njihov pad. Sukladno tome samo bi se taj dio krova trebao izolirati tako da se između svakog roga postavi mineralna vuna debljine minimalno 20 cm. Objekt bi s ovakvim načinom izolacije te odabirom kvalitetne stolarije trebao zadovoljiti A+ razred.



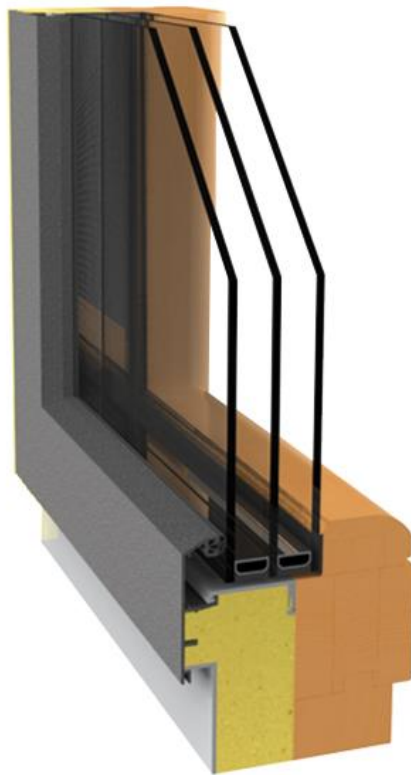


Slika 18. Detalj zida s prikazom slojeva toplinske izolacije

### 5.2.9. Izvedba vrata i prozora

Odabrana stolarija je kombinacija aluminija i drveta. Vanjska strana trebala bi biti od aluminija, a s unutarnje strane bilo bi drvo. Kao što je već navedeno, nije bitno kakav je prozor nego kakva su stakla. U ovom slučaju radi se o troslojnom staklu koji je ispunjen argonom te premazan nevidljivim premazom u tankom sloju.

Takva stakla su jedan od glavnih preduvjeta za izgradnju objekta po principima održive gradnje. Zimi propušta više sunčeve energije u unutrašnji prostor nego topline iz njega pa površinske temperature na unutarnjoj strani ostaju visoke i zimi.



Slika 19. Prikaz troslojnog toplinsko izolacijskog prozora koji bi se trebao koristiti na ovom objektu

## 5.2.10. Orijentacija, promet i izvor buke



Slika 20. Prikaz situacije pokazuje gdje se točno objekt postavlja na parcelu

Ulaz u objekt i garažu nalazi se na sjeveru, a terasa i dvorište na jugu. Slijepa ulica u blizini centra grada daje miran i bezbrižan boravak. Navedenom cestom prolaze samo stanovnici ulice, a u prilog ide i to što je građevina na sredini ulice. Zbog slabog prometa djeca i roditelji mogu biti slobodniji i opušteniji, ali radi dodatne sigurnosti objekt je ograđen.

Iz opisane prometne situacije proizlazi i smanjen izvor buke. Vozila koja su glavni izvor buke (kamioni, transportna vozila, građevinska vozila) ulicom prometuju samo u slučaju određene potrebe.

## 5.3. Upravljanje vodom

### 5.3.1. Sakupljanje oborinskih voda

Jedan od bitnijih principa održivog razvoja je korištenje vode. Zbog toga su napravljene tri cisterne koje su projektirane tako da mogu sakupiti 3 m<sup>3</sup> oborinskih voda te se ona može koristiti za održavanje vrta, pranje auta, kupanje.

Suvremeni uređaj koji se koristi za sakupljanje kišnice sastoji se od spremnika, filtera, automatskog sustava te kontrolne jedinice. Spremnik je proizveden od polipropilena te može samostalno stajati, primjerice, u podrumskom prostoru stambene kuće ili može biti ukopan pod zemljom u dvorištu. Filter koji se nalazi u ovom sustavu služi za čišćenje oborinskih voda od krupnih nečistoća (npr. lišća) koje je voda pokupila na putu. Upravljačke (kontrolne) jedinice koje se nalaze u sustavu služe za vizualno praćenje i kontrolu vode u spremniku te javljanje eventualne nadopune spremnika ako je potrebno. Kišnica se može upotrebljavati za zalijevanje vrtova, pranje auta, ispiranje sanitarnih čvorova, čišćenje kućanstva, pranje rublja i druge slične namjene.

U svrhu prikupljanja oborinskih voda mogu se koristiti spremnici za zadržavanje kišnice, lagune i deponiji. U njima se akumuliraju i čuvaju veće količine oborinskih voda. U svrhu akumuliranja kišnice, kada se radi o obilnijim oborinama, moguće je koristiti Nidaplast blokove za skupljanje kišnice i to u slučaju kada uobičajeni sustav kanalizacije nije dostatan. Ako se javi dulji sušni period i spremnik ostane bez akumulirane vode, sustav je moguće nadopuniti iz klasičnog vodovodnog sustava.

Cjeloviti sustav za korištenje oborinske vode (kišnice) ima nekoliko komponenti:

- sistem za prikupljanje oborinske vode (krovovi, žljebovi i vertikale)
- sklop za mehaničko odvajanje krupnijih nečistoća (grančice, lišće, laticе i sl.) veličine od oko 1,0 mm
- spremnici za pohranu oborinske vode
- filter za odvajanje sitnijih nečistoća iz vode veličine oko 0,5-1,0 mm
- pumpa
- fini mehanički filtri prema potrebi veličine oko 0,02-0,05 mm
- kemijsko-biološki filtri prema potrebi (s aktivnim ugljenom, za odvajanje teških metala, obrnuta osmoza)

Projekt je projektiran na način da se oborinska voda koristi za pranje rublja i osobnu higijenu te ju je zbog takve uporabe potrebno mehanički i fino filtrirati. Preporuča se koristiti filter s aktivnim ugljenom radi odstranjivanja bakterija, klorida i kloridnih zagađivača.

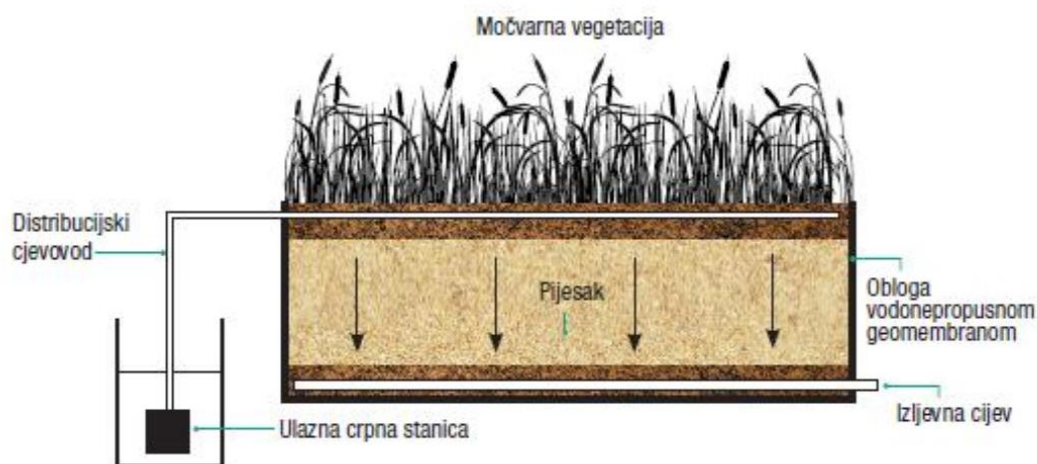


Slika 21. Detalj primanja i odvoza vode iz kišnice

### 5.3.2. Biljni uređaj s vertikalnim podpovršinskim tokom

Ova vrsta uređaja sastoji se od triju slojeva odgovarajuće debljine i karakterističnih supstrata: površinskog sloja sa supstratom od krupnog šljunka, središnjeg filtarskog sloja sa supstratom od pijeska srednje do krupne granulacije i drenažnog sloja sa supstratom od krupnog šljunka. Prethodno izbistrena otpadna voda distribuira se po čitavoj površini uređaja, a to je neophodno za njegov uspješan rad. Istjecanje otpadne vode iz distribucijske cijevi osigurano je kroz male otvore koji se buše na odgovarajućim razmacima. Nakon toga otpadna voda pod djelovanjem gravitacije vertikalno se procjeđuje kroz čitavo tijelo biljnog uređaja i na tom se putu odvija njezino pročišćavanje. Središnji je filtarski sloj najaktivniji u procesu pročišćenja otpadnih voda te je on zbog toga i najdeblji. Prednji drenažni sloj ima funkciju dreniranja pročišćene i procijeđene vode te se unutar njega polažu drenažni odvodni cjevovodi. Kroz njih pročišćena voda otječe iz uređaja do kontrolnog okna. Iznimno je važno osigurati isprekidano dotjecanje otpadne vode. Na površini uređaja omogućeno je prozračivanje središnjeg filtarskog sloja jer dolazi do prodora zraka u pore ispune, a to se odvija u periodu mirovanja između dva doticanja otpadne vode. Navedeno je važno za održavanje aerobnih uvjeta razgradnje organske tvari i postizanje potpune nitrifikacije (Malus i Vouk, 2012).

Takav uređaj predviđeno je postaviti u sam kraj donjeg dijela parcele.



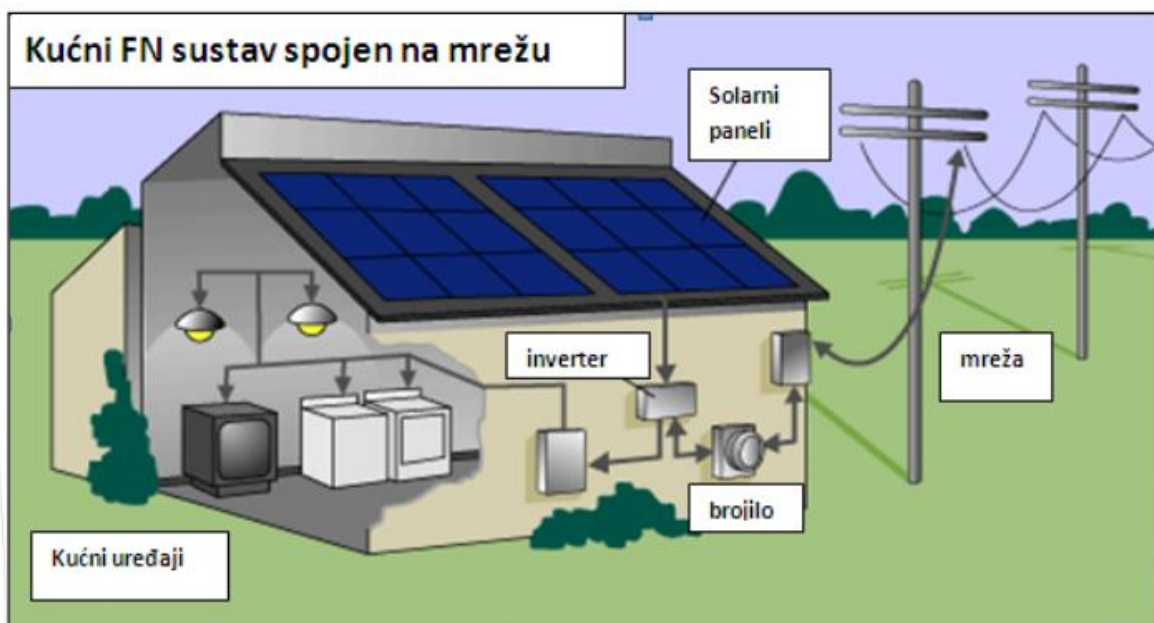
Slika 22. Biljni uređaj s vertikalnim podpovršinskim tokom (Malus i Vouk, 2012)



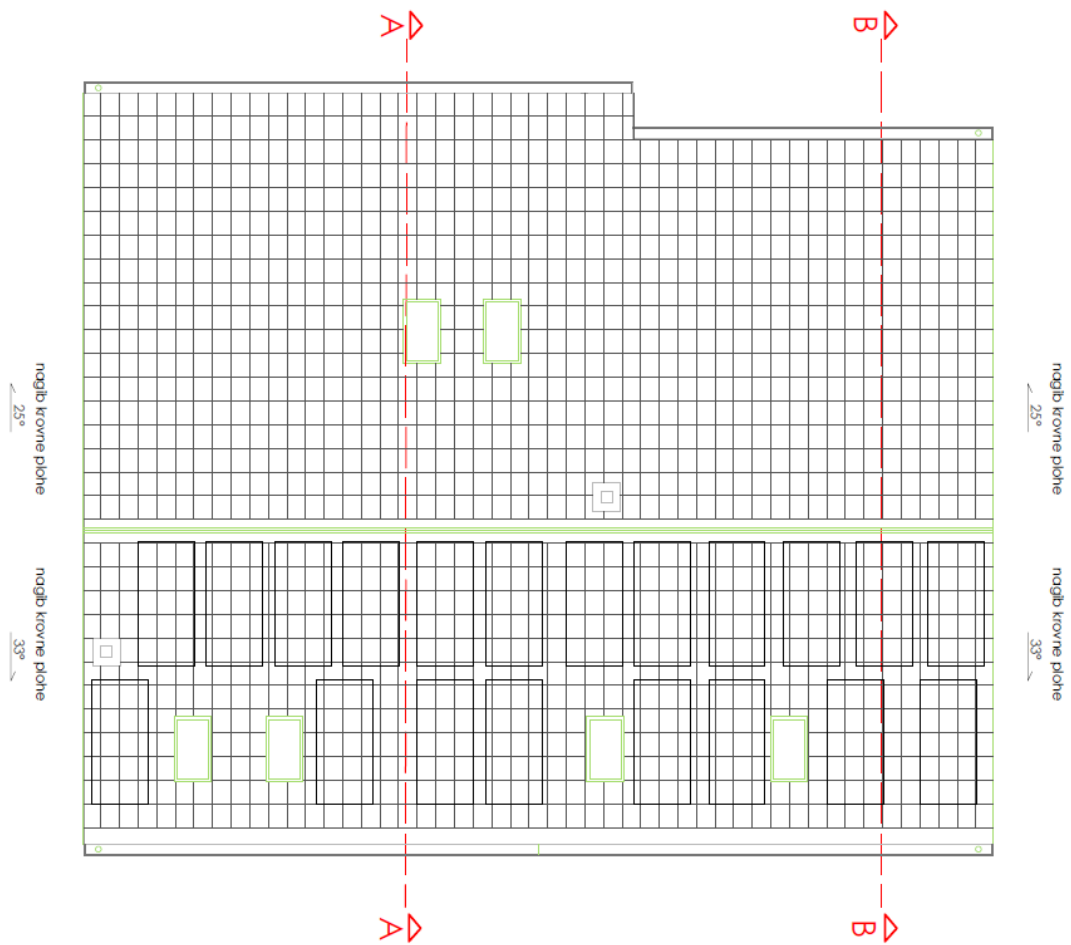
## 5.4. Upravljanje energijom

Na južnu krovnu plohu predviđeno je postavljanje fotonaponske ćelije. Također je predviđeno da sustav ovog objekta bude priključen na javnu mrežu tako da se višak električne energije može prodati.

Osnovni dijelovi fotonaponskog sustava su: fotonaponski moduli, fotonaponski izmjenjivač (inverter), montažna podkonstrukcija, priključno mjerni ormar sa zaštitnom i instalacijskom opremom. Fotonaponski moduli pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju istosmjernog oblika. Fotonaponski izmjenjivač prilagođava tako proizvedenu energiju u oblik koji se može predati u javnu elektroenergetsku mrežu. Izmjenični napon se preko zaštitne i mjerne opreme predaje u elektroenergetsku mrežu .



Slika 23. Kućni mrežni fotonaponaponski sustav



Slika 24. Prikaz postavljenih fotonaponskih ćelija



## 5.5. Ocjena stambenog objekta

Sukladno pojašnjenjima pojedinih principa može se zaključiti da je stambena građevina projektirana prema zadanim zahtjevima održivog razvoja.

Kvalitetnom i ispravnom gradnjom objekt će zadovoljiti sve uvjete koji su potrebni kako bi bio izgrađen kao samoodrživi objekt. Takav će objekt omogućiti kvalitetan i zdrav život koliko je to moguće s obzirom na blizinu centra grada.

U radu nije definirano kakva će se energija koristiti na samome objektu jer navedeno ovisi o mogućnostima investitora građevine.

Lokacija na kojoj se projektira građevina daje nam prostora za korištenje alternativnih izvora energije kao što su: solarni paneli, fotonaponske ćelije, male vjetroelektrane, grijanje i hlađenje na podzemne vode.

Na samoj parceli nalazi se bunar što omogućuje izradu pročišćivača sivih voda te spremnika za oborinske vode.

Način projektiranja objekta zadovoljava gotovo sve principe održive izgradnje te će zasigurno budućim stanarima omogućiti bolji i ugodniji život.

## 6. Zaključak

Povećanjem broja stanovnika povećava se potrošnja energije u kućanstvu, zagađenje okoliša te se smanjuje kvaliteta života. Održiva gradnja budućnost je suvremene arhitekture, ali i garancija za bolji život budućim naraštajima. Održiva gradnja omogućava velike uštede, smanjenje zagađenja okoliša te stvaranje ugodnijeg prostora za život.

Niskoenergetska gradnja temelj je održive gradnje tijekom cijelog procesa. Principi održive gradnje naglašavaju očuvanje i zaštitu okoliša tijekom i nakon izgradnje objekta. U svim koracima izgradnje potrebno je koristiti građevinski materijal čija proizvodnja i korištenje ne zagađuju okoliš. Tijekom izgradnje treba voditi brigu o racionalnoj potrošnji energije, o mogućnostima gospodarenja otpadom te o korištenju materijala koji se može reciklirati. Iako su zahtjevi visoki, navedeni način izgradnje pruža visok komfor stanovanja, ugodniju temperaturu tijekom cijele godine bez klasičnog sustava grijanja i hlađenja te vrlo nisku potrošnju energije.

Glavna ideja održive gradnje je korištenje sunčeve energije za grijanje kuće u zimskom razdoblju i sprječavanje sunčeva zračenja u ljetnom razdoblju kako bi se smanjila potrošnja energije za hlađenje. Minimalni toplinski gubitci postižu se ugradnjom što kvalitetnije toplinske izolacije zidova i otvora te ugradnjom prozora i vrata sa što manjim koeficijentom prolaska topline. Navedenim postupcima osigurava se niskoenergetski standard.

Kvalitetnim instalacijskim sustavom može se dodatno unaprijediti energetska kategorija zgrade. Neki od načina su: rekuperacija, umjetno provjetravanje, zagrijavanje, kvalitetna elektroinstalacija, ugradnja energetski učinkovitih aparata i strojeva.

Prije same izgradnje važno je da objekt bude arhitektonski projektiran po osnovnim principima održive gradnje kako bi gradnja objekta bila olakšana, što je u radu prikazano. Investitori danas gledaju da prilikom izgradnje imaju što manje troškove življenja i održavanja stambenog objekta, a isto tako raste svijest prema zaštiti okoliša i prirode koja nas okružuje.

Završnim radom opisano je projektiranje i izgradnja objekta koji će biti ugodan za stanovanje te ujedno smanjiti troškove stanovanja i potrošnju zaliha energije koja se danas koristi.

Smatram da je održiva gradnja korak naprijed za boljitak budućih naraštaja i očuvanje našeg planeta.



Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SIEVER

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Tomislav Dugvić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Izrada knjižnice škole u skladu s principima održive gradnje (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Tomislav Dugvić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Tomislav Dugvić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Izrada knjižnice škole u skladu s principima održive gradnje (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Tomislav Dugvić  
(vlastoručni potpis)

## 7. Literatura

### Knjige:

- [1] Zbašnik-Senegačnik, M. (2009). *Pasivna kuća*. Zagreb: SUN ARH d.o.o.
- [2] Radosavljević, J. (2010). *Solarna energetika i održivi razvoj*. Beograd: Građevinska knjiga.

### Internet izvori:

- [3] <http://www.gbccroatia.org/stranice/leed-me-unarodno-priznati-certifikat-zelene-gradnje/57.html> (25.08.2018.)
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Leadership\\_in\\_Energy\\_and\\_Environmental\\_Design](https://en.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design) (25.08.2018.)
- [5] [http://www.regea.org/cro2013/images/prezentacije/CROENERGY2013\\_Radionica%20I\\_Hrv\\_oje%20Kvasnicka%20-%20Hrvatski%20savjet%20za%20zelenu%20gradnju%20-%20Financijski%20aspekt%20zelenih%20zgrada.pdf](http://www.regea.org/cro2013/images/prezentacije/CROENERGY2013_Radionica%20I_Hrv_oje%20Kvasnicka%20-%20Hrvatski%20savjet%20za%20zelenu%20gradnju%20-%20Financijski%20aspekt%20zelenih%20zgrada.pdf) (25.08.2018.)
- [6] <https://www.energetskocertificiranje.com.hr/leed-certifikat-ocjena-odrzivosti-zgrada-naselja/> (25.08.2018.)
- [7] <https://www.webgradnja.hr/strucni-dio/energetski-ucinkovita-gradnja/cemu-sluzu-certifikati-zelene-gradnje/c-926/> (21.08.2018.)
- [8] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEivost> (03.07.2018.)
- [9] <http://www.gradimo.hr/clanak/izolacijsko-staklo-za-pasivnu-kucu/25784> (10.07.2018.)
- [10] <https://uredjenje-doma.com/toplinska-izolacija-kuce/> (10.07.2018.)
- [11] <https://hrcak.srce.hr/71332> (11.07.2018.)
- [12] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEiva\\_energija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEiva_energija) (11.07.2018.)
- [13] <http://www.unizd.hr/Portals/6/nastavnici/Sanja%20Lozic/OPK%206%20-%20Energija%20vjetra.pdf> (10.07.2018.)
- [14] [https://zenica.arcelormittal.com/corporate-responsibility/corporate-responsibility/sustainable\\_development.aspx](https://zenica.arcelormittal.com/corporate-responsibility/corporate-responsibility/sustainable_development.aspx) (03.07.2018.)
- [15] [http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/\\_voda-prikupljanje.html](http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_voda-prikupljanje.html) (10.09.2018.)
- [16] <http://www.bor-plastika.hr/skupljanje-kisnice/> (10.09.2018.)
- [17] <https://repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf%3A1866/datastream/PDF/view> (10.09.2018.)
- [18] [http://repozitorij.fsb.hr/892/1/18\\_02\\_2010\\_Diplomski\\_rad\\_Emil\\_Zivkovic.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/892/1/18_02_2010_Diplomski_rad_Emil_Zivkovic.pdf) (11.09.2018)
- [19] <http://sfss.ca/sub/sustainability/leed-gold-certification/> (11.09.2018)

## 8. Popis slika

Slika 1. Prikaz održivog razvoja

Slika 2. Prikaz grada koji zadovoljava svih 7 principa

Slika 3. Prikaz bodova za LEED certifikat i konačna ocjena

Slika 4. Jedan od objekata s LEED certifikatom koji se nalazi u Americi

Slika 5. Poslovni centar Adrisa

Slika 6. Prikaz udara sunčevih zraka ljeti i zimi

Slika 7. Prikaz najpovoljnijih geometrijskih oblika

Slika 8. Primjer tlocrtnog rješenja prostora niskoenergetske kuće (Zbašnik-Senegačnik, 2009:43)

Slika 9. Prodiranje sunčeve topline kroz ostakljenje sprema se u masivnim materijalima: najveći dio s neposrednim spremanjem, odbijena toplina sa sekundarnim spremanjem (Senegačnik-Zbašnik, 2009)

Slika 10. Detalj pravilne izvedbe toplinske izolacije

Slika 11. Detalj troslojnog toplinsko izolacijskog prozora (npr. kod pasivnih kuća)

Slika 12. Prikaz orijentacije potkrovlja

Slika 13. Prikaz jednostavnog dvostrešnog krova

Slika 14. Prikaz optimalnog tlocrtnog rješenja na mom objektu

Slika 15. Prikaz posađenog listopadnog drveća za sprječavanje sunčevih zraka ljeti

Slika 16. Detalj spoja vanjskog zida s pločom prizemlja

Slika 17. Detalj spoja vanjskog zida i krova

Slika 18. Detalj zida s prikazom slojeva toplinske izolacije

Slika 19. Prikaz troslojnog toplinsko izolacijskog prozora koji bi se trebao koristiti na ovom objektu

Slika 20. Prikaz situacije pokazuje gdje se točno objekt postavlja na parcelu

Slika 21. Detalj primanja i odvoza vode iz kišnice

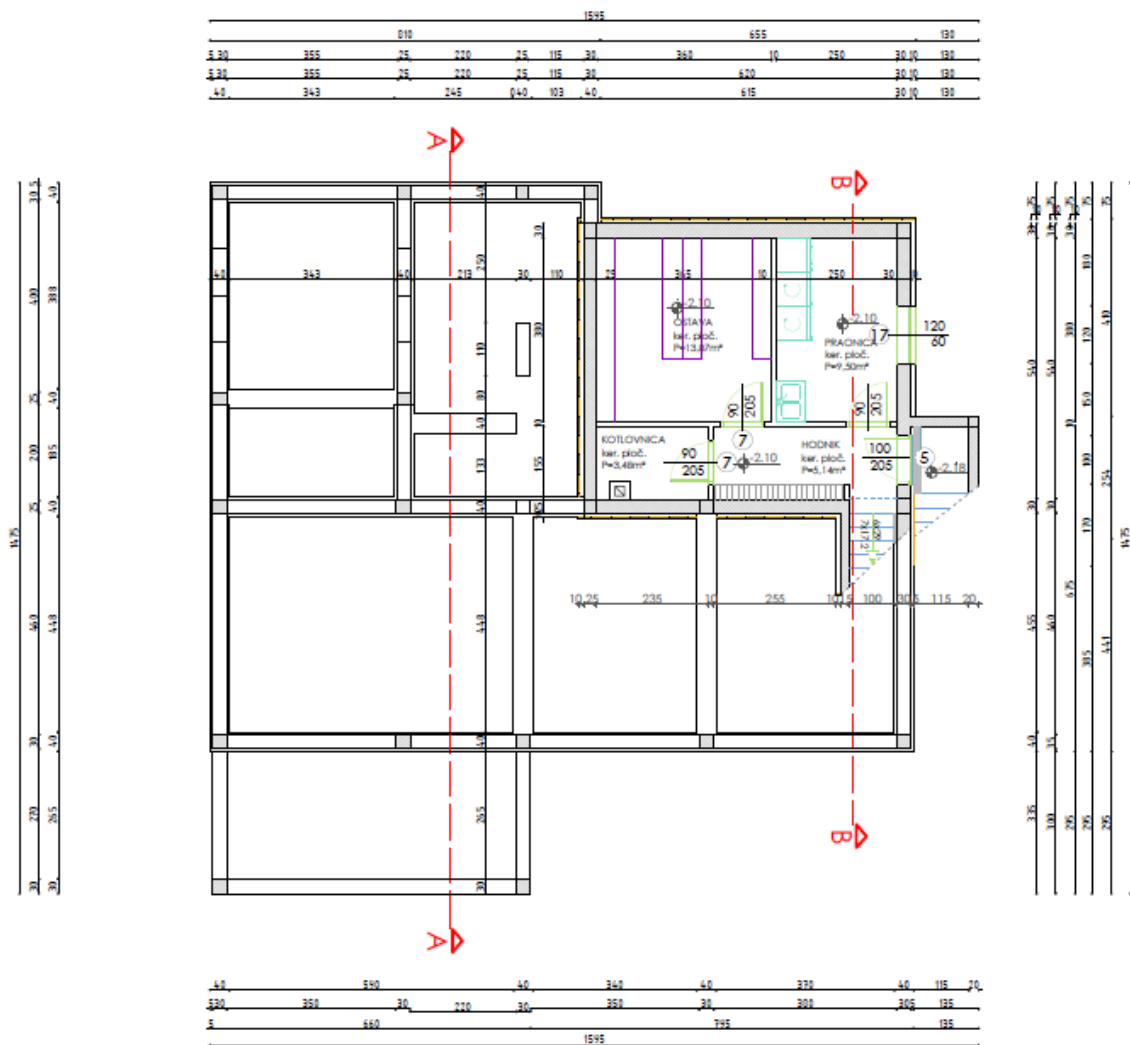
Slika 22. Biljni uređaj s vertikalnim podpovršinskim tokom (Malus i Vouk, 2012)

Slika 23. Kućni mrežni fotonaponski sustav

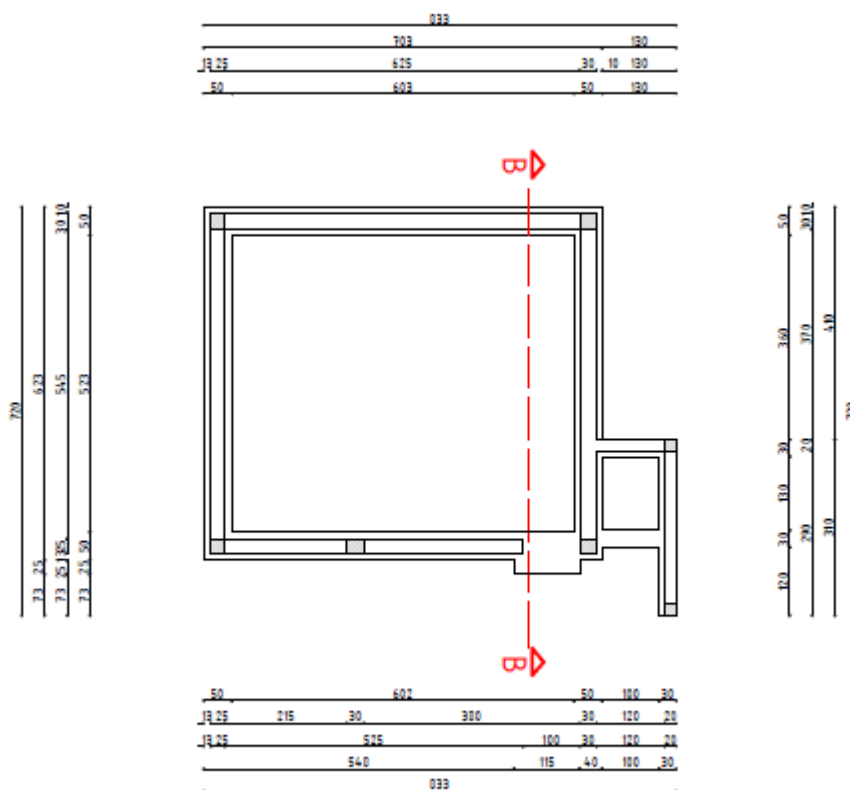
Slika 24. Prikaz postavljenih fotonaponskih ćelija

# 9. Prilozi

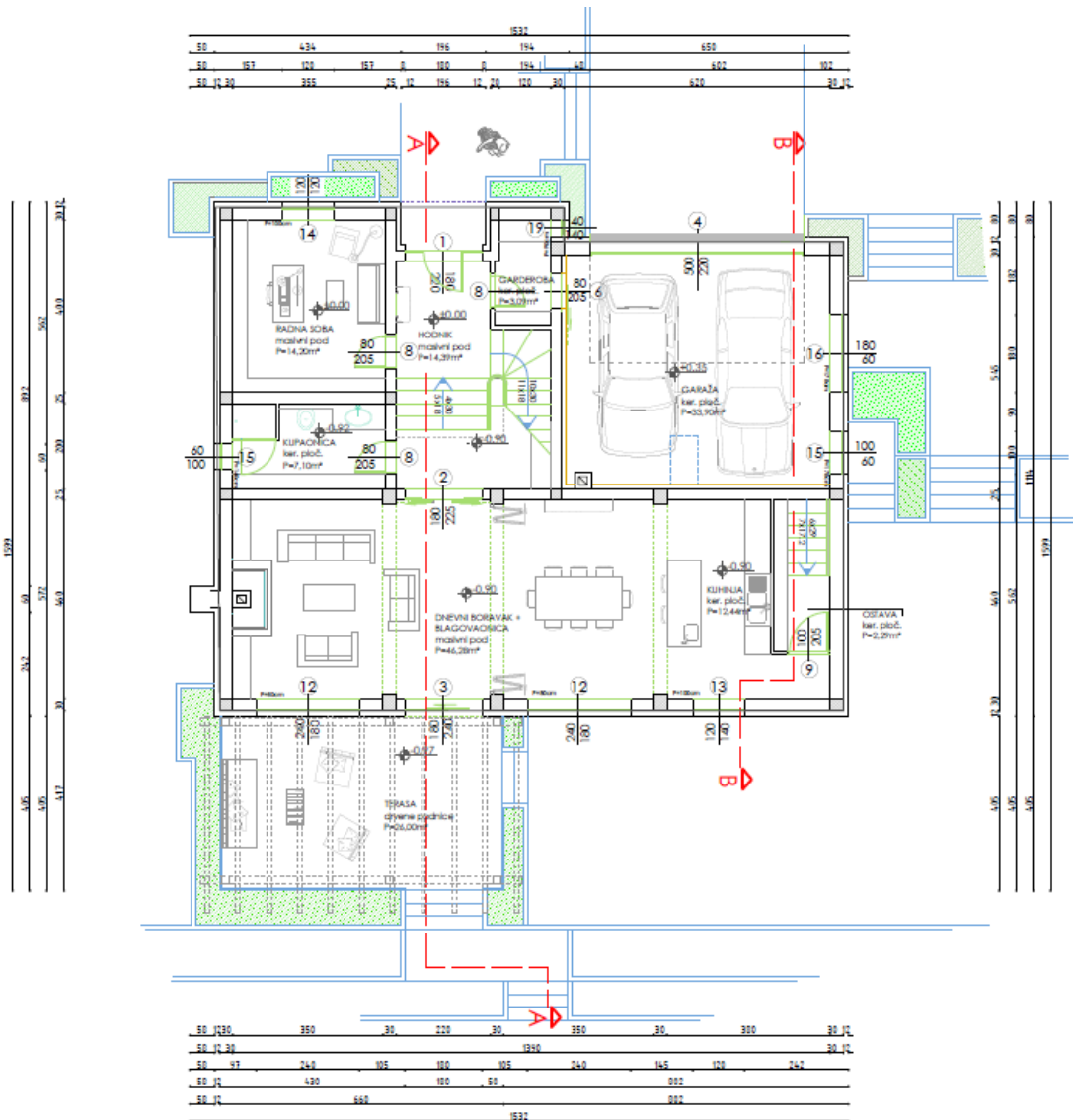
## Tlocrt temelja



# Tlocrt podruma i temelja

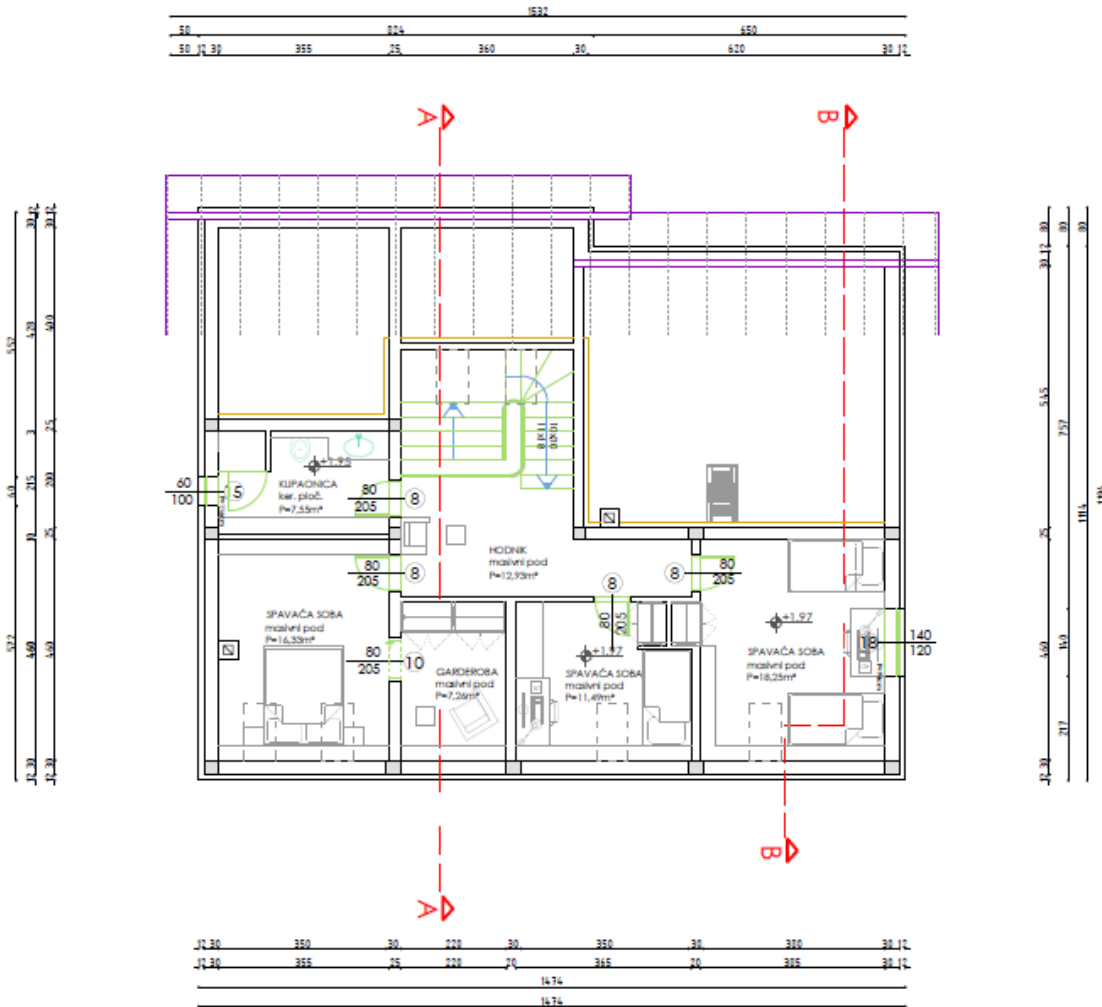


# Tlocrt prizemlja

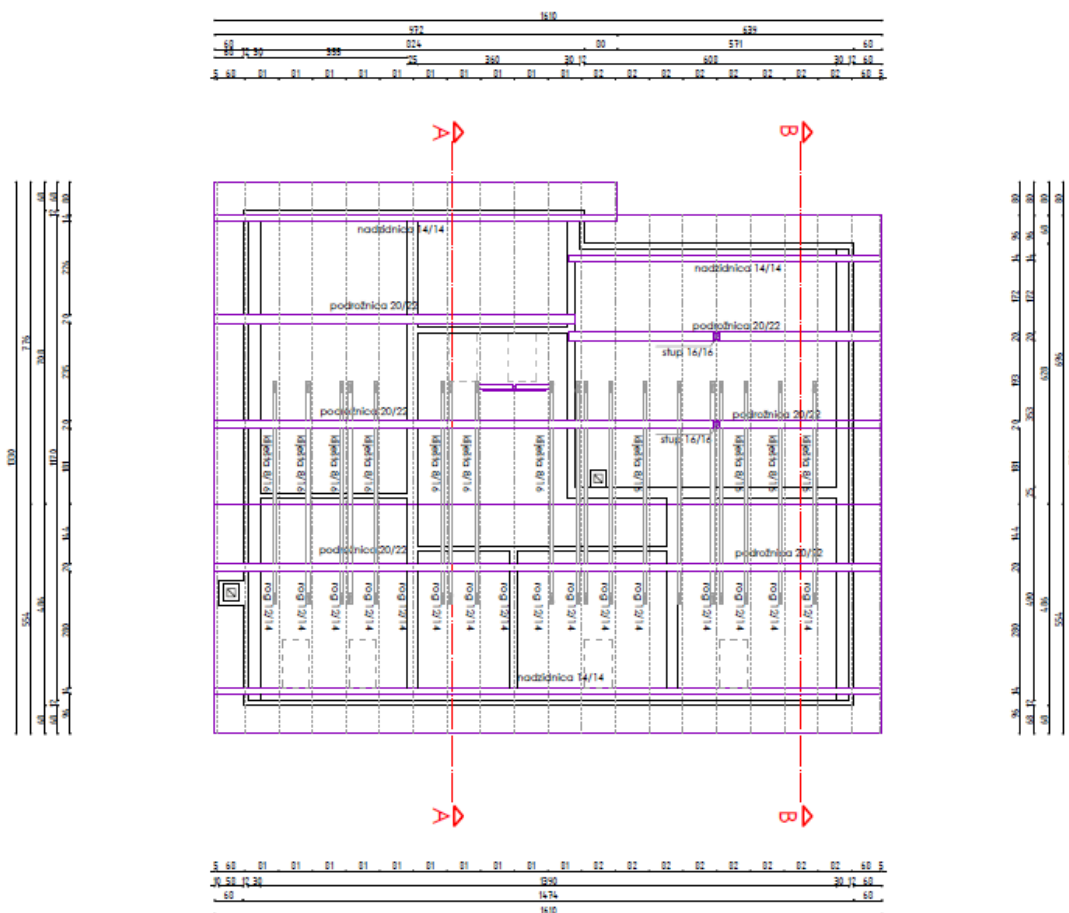




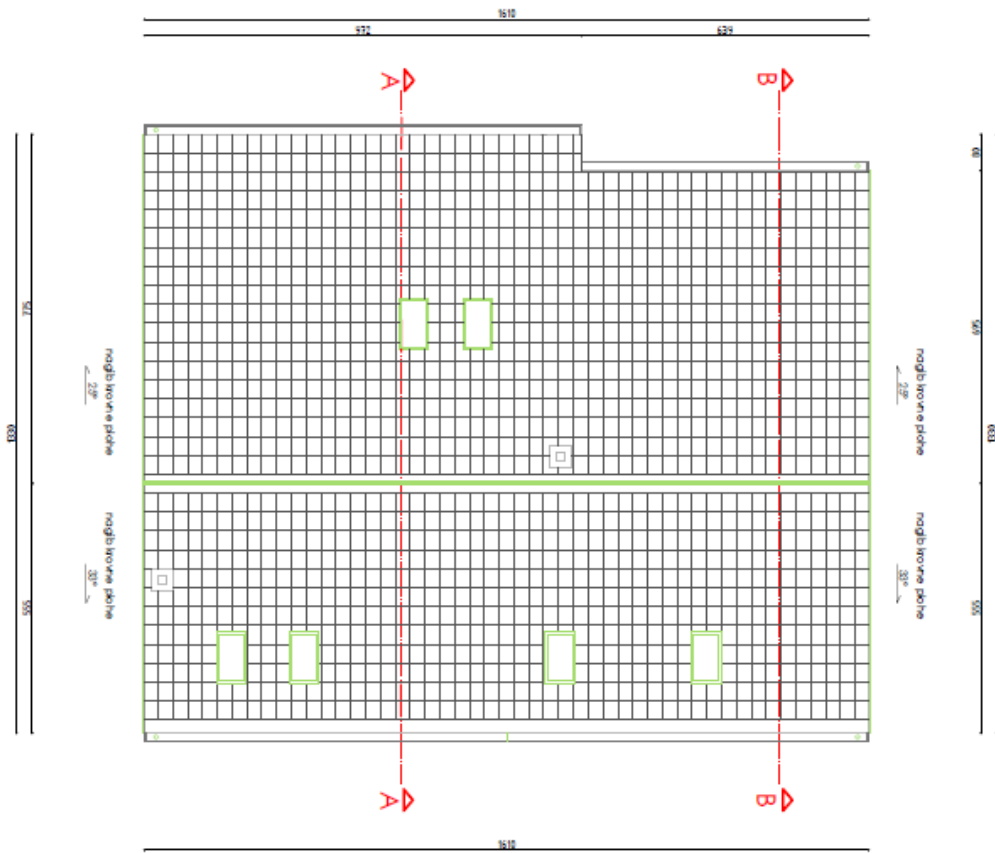
# Tlocrt potkrovlja



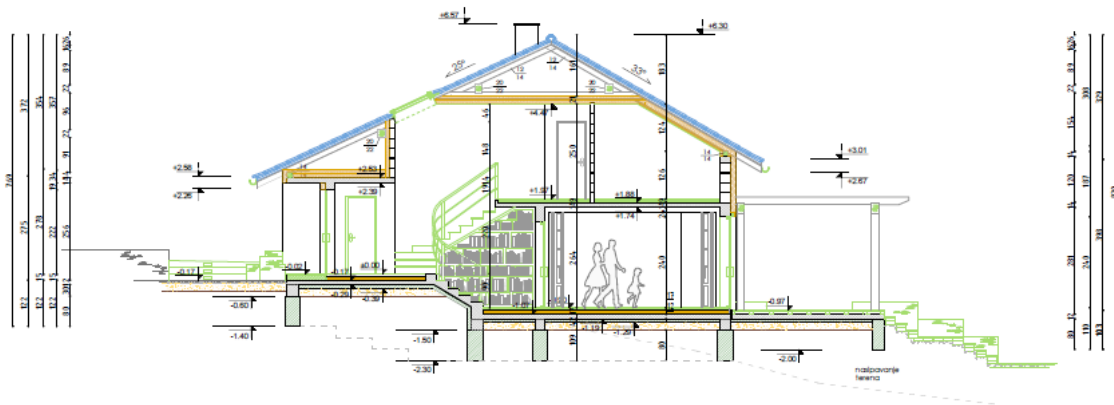
# Tlocrt krovšta



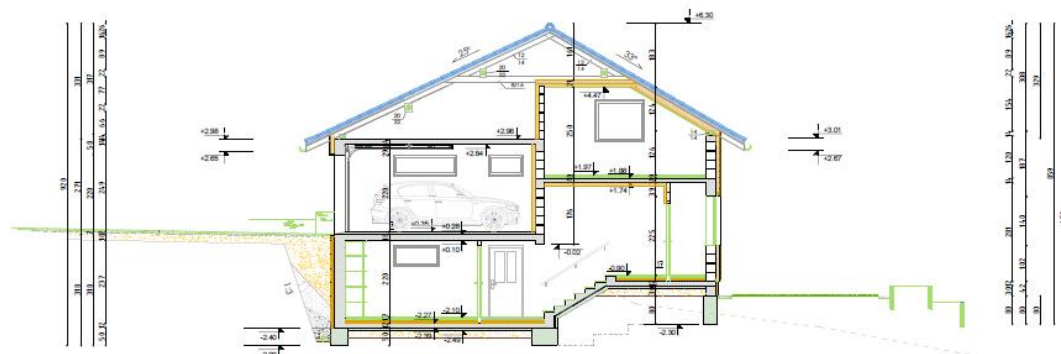
# Tlocrt krovnih ploha



## Presjek A-A

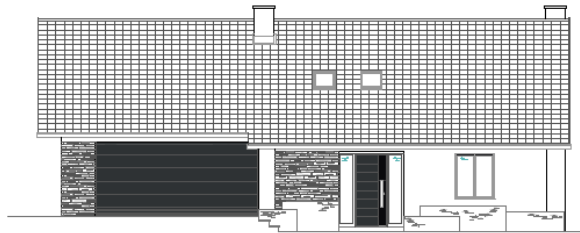


## Presjek B-B

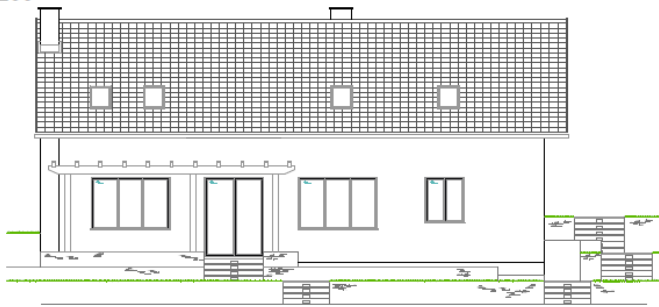


## Pročelja sjever i jug

SJEVERNO PROČELJE  
MJERILO 1 : 200

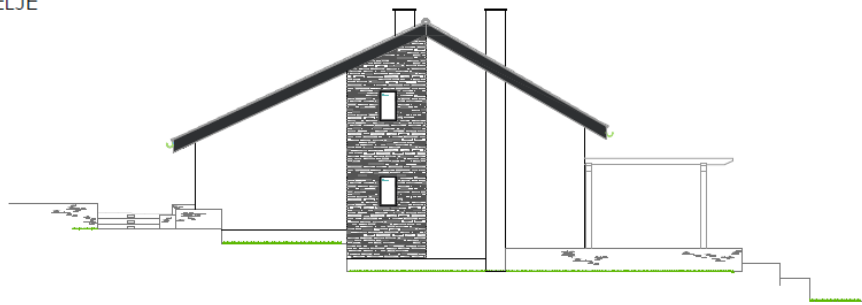


JUŽNO PROČELJE  
MJERILO 1 : 200



## Pročelja Istok i Zapad

ZAPADNO PROČELJE  
MJERILO 1 : 200



ISTOČNO PROČELJE  
MJERILO 1 : 200

