

Zelena gradnja - principi projektiranja i materijali

Jelenić, Stefani

Graduate thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:243445>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Stefani Jelenić

Zelena gradnja - principi projektiranja i materijali

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni diplomski studij građevinarstva
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
Projektiranje u visokogradnji**

**Stefani Jelenić
JMBAG: 0114027339**

Zelena gradnja - principi projektiranja i materijali

Diplomski rad

Rijeka, veljača, 2023.

Rijeka, 26. veljače 2023.

Zavod: **Zavod za prometnice, organizaciju i tehnologiju građenja i arhitekturu**
Predmet: **Projektiranje u visokogradnji**
Grana: **2.01.03 arhitektonske konstrukcije, fizika zgrade, materijali i tehnologija građenja**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 52

Pristupnik: **Stefani Jelenić (0114027339)**
Studij: **Građevinarstvo; smjer: Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi**

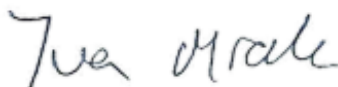
Zadatak: **Zelena gradnja - principi projektiranja i materijali**

Opis zadatka:

Analizirati što je zelena gradnja i osnovne karakteristike. Koncentrirati se na karakteristike koje se odnose na graditeljstvo, te ih detaljnije analizirati. Dati primjer klasičnog idejnog rješenja i rješenja adaptiranog prema principima projektiranja i korištenja materijala zelene gradnje te ih usporediti.

Zadatak uručen pristupniku: 1. studenoga 2022.
Rok za predaju rada: 26. veljače 2023.

Mentor:



Izv. prof. dr. sc. Iva Mrak

Dr. sc. Denis Ambruš (komentor)

IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom/mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Stefani Jelenić

U Rijeci, 26.02.2023.

Zahvala

Veliko hvala mentorici izv. prof. dr. sc. Ivi Mrak i dr.sc. Denisu Ambrošu na pomoći i uputama prilikom izrade diplomskog rada.

Veliko hvala mojim roditeljima, cijeloj obitelji, Mihaelu i prijateljicama na velikoj podršci koju su mi pružali tokom studiranja.

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je zelena gradnja, principi projektiranja i materijali za što zeleniju gradnju. O zelenoj gradnji postoje mnoge definicije, neke od kojih su spomenute u ovom radu uz najvažnije karakteristike i sažete uz pomoć tablica. Koristeći se navedenim, u nastavku rada su istražene i opisane najučestalije značajke zelene gradnje gledano s građevinskog stajališta. U daljnjoj razradi ovakav je način projektiranja, koji se razlikuje u odnosu na klasičan, prikazan na jednostavnom primjeru idejnog rješenja društvenog centra. U završnom dijelu rada iznesen je osvrt i diskusija rješenja izrađenih nacрта.

Ključne riječi: zelena gradnja, ekološki materijali, zdravi materijali, principi projektiranja, obnovljivi izvori energije

The topic of this thesis is green construction, design principles and materials for greener construction. There are many definitions of green building, some of which are mentioned in this paper along with the most important characteristics and summarized with the help of tables. Using the aforementioned, in the continuation of the work, the most common features of green construction from a construction point of view are described. In further elaboration this way of designing, which differs compared to the classical one, is shown on a simple example of a conceptual solution for a social center. In the final part of the paper, an overview and discussion of the solution is presented referring to the drawings made as a part of this paper.

Keywords: green construction, ecological materials, healthy materials, principles design, renewable energy sources

| | |
|--|----|
| SAŽETAK | 6 |
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Zašto govorimo o zelenoj građevini? | 1 |
| 1.2. Što je zelena građevina? | 2 |
| 1.3. Ciljevi rada | 10 |
| 2. MATERIJALI | 11 |
| 2.1. Ovčja vuna | 12 |
| 2.2. Slama | 14 |
| 2.3. Bambus | 15 |
| 2.4. Drvo | 17 |
| 2.5. Kamen | 20 |
| 2.6. Konopljin beton | 21 |
| 2.7. Celuloza | 23 |
| 2.8. Pluto | 23 |
| 2.9. Prirodni linoleum | 25 |
| 2.10. Kokosovo vlakno | 27 |
| 2.11. Staklena fasada | 28 |
| 2.12. Osvrt na materijale | 29 |
| 3. PRINCIPI PROJEKTIRANJA ZA ZELENIJU GRADNJU | 29 |
| 3.1. Trombeov zid | 30 |
| 3.1.1. Klasični i modificirani Trombeov zid | 30 |
| 3.1.2. Cik-cak Trombeov zid | 31 |
| 3.1.3. Vodeni zid | 31 |
| 3.1.4. Solarni hibridni zid | 31 |
| 3.1.5. Zid s fazno promjenjivim materijalom | 31 |
| 3.1.6. Kompozitni Trombeov zid | 32 |
| 3.1.7. Fluidizirana Trombeova stijenka | 32 |
| 3.1.8. Fotonaponski (PV) Trombeov zid | 32 |
| 3.1.9. Prednosti i nedostaci Trombeovog zida | 33 |
| 3.2. Dvostruka fasada (double-skin facade) | 35 |
| 3.3. Korištenje vjetra za proizvodnju električne energije - Vjetrenjače | 37 |
| 3.4. Voda | 38 |
| 3.4.1. Suha gradnja | 38 |
| 3.4.2. Skupljanje kišnice | 39 |

| | |
|--|----|
| 3.4.3. <i>Recikliranje i ponovna uporaba sive vode</i> | 39 |
| 3.4.4. <i>Rashaldni tornjevi</i> | 41 |
| 3.5. Brisolej | 41 |
| 3.5.1. <i>Brisoleji i ekološki materijali</i> | 42 |
| 5.6. Solarni paneli | 43 |
| 5.7. Zimski vrt | 44 |
| 5.8. Korištenje masa | 47 |
| 5.9. Zeleni krov | 48 |
| 5.10. Zaštita od vjetra u okolišu | 50 |
| 5.11. Trijem | 51 |
| 5.12. Atrij | 51 |
| 5.13. Osvrt na principe projektiranja | 52 |
| 6. DISKUSIJA | 53 |
| 7. ZAKLJUČAK | 55 |
| LITERATURA | 56 |
| PRILOZI | 60 |

Popis tablica

Tablica 1. Najvažniji elementi zelene gradnje (autor)

Tablica 2. Značajke zelene gradnje (autor)

Tablica 3. Značajke zelene gradnje (autor)

Tablica 4. Značajke zelene gradnje (autor)

Tablica 5. Najvažnije karakteristike zelene izgradnje – sintetizirani prikaz (autor)

Tablica 6. Materijali (autor)

Tablica 7. Ovčja vuna (autor)

Tablica 8. Slama (autor)

Tablica 9. Bambus (autor)

Tablica 10. Drvo (autor)

Tablica 11. Kamen (autor)

Tablica 12. Konopljin beton (autor)

Tablica 13. Celuloza (autor)

Tablica 14. Pluto (autor)

Tablica 15. Prirodni linoleum (autor)

Tablica 16. Kokosovo vlakno (autor)

Tablica 17. Staklena fasada (autor)

Tablica 18. Materijali (autor)

Tablica 19. Parametri (autor)

Tablica 20. Staklena fasada (autor)

Popis slika

Slika 1. Dvostruki prozori i krov u tipičnoj planinskoj kući (Green Building, Shahriar Shams i M. Motiar Rahman, March, 2017.)

Slika 2. Postavljanje ovčje vune <https://www.thermafleece.com/news/the-benefits-of-sheep-s-wool-insulation-for-your-home>

Slika 3. Blokovi od prešane slame <https://www.fkit.unizg.hr/news/31890/Tehnoeko%20-%20Slama.pdf>

Slika 4. Detalj skele od bambusa <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE64201205RUBRIKE4Zanimljive-gradjevine.pdf>

Slika 5. Podna obloga od bambusa

Slika 6. Drvo nakon požara (Užar, 2013.)

Slika 7. X-Lam konstrukcija <https://www.frischeis.hr/tvrtka/novosti/Lijepljene-viseslojne-ploce-X-LAM-n12980992>

Slika 8. Kamen <https://silit-kamen.com/hr/proizvodi/tradicionalni-mediterranski-kamen/>

Slika 9. Celuloza <http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/celuloza.html>

Slika 10. Pluto <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-12-8-PLUTO.pdf>

Slika 11. Pasta od pluta <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-12-8-PLUTO.pdf>

Slika 12. Linoleum (Raquel Bastos, 2016)

Slika 13. Kokosovo vlakno (Ahmad, 2022)

Slika 14. Trombeov zid (Omara, 2020.)

Slika 15. Cik-cak Trombeov zid (Omara, 2020.)

Slika 16. Vodeni zid (Omara, 2020.)

Slika 17. Solarni hibridni zid (Omara, 2020.)

Slika 18. Način rada (Omara, 2020.)

Slika 19. Slojevi kompozitnog zida (Saadatian i dr., 2012.)

Slika 20. Dijelovi stijenke (Omara, 2020.)

Slika 21. Detalj ventilacije (Penić i dr., 2014.)

Slika 22. Dijelovi turbine (Gawad, 2016.)

Slika 23. Suha gradnja (Detommaso, 2018.)

Slika 24. Skupljanje kišnice s krova, (Sharma, 2022.)

Slika 25. Sustav recikliranja sive vode, (Grabić i dr., 2020.)

Slika 26. Brisolej <https://www.marpa.hr/proizvodi/brisoleji/>

Slika 27. Brisoleji od ekološkog materijala <https://www.solinear.co.uk/wp-content/uploads/2018/04/Solinear-Q071-Issue-3DP-2.pdf>

Slika 28. Aluminijski brisolej <https://www.solinear.co.uk/wp-content/uploads/2018/04/Solinear-Q071-Issue-3DP-2.pdf>

Slika 29. Drveni brisolej <https://www.solinear.co.uk/wp-content/uploads/2018/04/Solinear-Q071-Issue-3DP-2.pdf>

Slika 30. Solarni paneli na krovu kuće, <https://www.yourhome.gov.au/energy/renewable-energy>

Slika 31. Zimski vrt <https://agardenthroughtime.wordpress.com/a-garden-through-time/1970s/origins-of-the-winter-garden/#jp-carousel-254>

Slika 32. Viktorijanski stil (Pirli i dr.,2021.)

Slika 33. Moderan zimski vrt (Pirli i dr.,2021.)

Slika 34. Toplinska masa tijekom zime <https://www.yourhome.gov.au/passive-design/thermal-mass>

Slika 35. Toplinska masa tijekom ljeta <https://www.yourhome.gov.au/passive-design/thermal-mass>

Slika 36. Komponente zelenog krova, Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review, s. S. G.Hashemi i Hilmi Mahmud, 2015

Slika 37. Dijelovi modularnog zelenog krova, Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review, s. S. G.Hashemi i Hilmi Mahmud, 2015

Slika 38. Trijem <https://www.thespruce.com/porch-ideas-4139852>

Slika39.Oblici atrija(<http://www.slcdocs.com/historicpreservation/GuideRes/Ch5.pdf>)

1. UVOD

1.1. Zašto govorimo o zelenoj građevini?

Niska razina svjesnosti o negativnom utjecaju čovjeka na okoliš danas rezultira klimatskim promjenama, odnosno globalnom zatopljenju. Sve je veća spoznaja da sadašnji način života nije dugoročno održiv. Klima pojedine regije značajno utječe na zgrade i energetske zahtjeve. U hladnim klimama, najveća je potražnja za energijom grijanja, dok je u toplim krajevima potražnja za hlađenjem. U navedenim situacijama, veća upotreba energije znači veću emisiju ugljičnog dioksida, koji je glavni uzrok klimatskih promjena. Veća potražnja za energijom bitna je značajka kod projektiranja, stoga je važno razmotriti klimatske uvjete. Utjecajni čimbenici prilikom projektiranja su temperatura, vlaga, sunčevo zračenje, količina oborina i vjetar. Na oblik krova posebno utječe količina oborina. Pri gradnji u planinskim krajevima, gdje je zimi dosta snijega, klima itekako utječe na izgradnju. Kuće imaju zidove s debljom toplinskom izolacijom, a prozori imaju višestruko ostakljenje i mogu se nadograditi kako bi izdržali niske vanjske temperature i bili zaštićeni od vjetra. Velika količina snijega zahtjeva strme šiljaste krovove (slika 1.) kako bi se smanjilo opterećenje snijegom za vrijeme velikih količina padalina, ali i zaštitu od nekontroliranog pada snijega.



Slika 1. Dvostruki prozori i krov u tipičnoj planinskoj kući

Osim emisije ugljičnog dioksida, prema istraživanjima (Shahriar Shams i M. Motiar Rahman, 2017.) zgrade su odgovorne za:

- 17 % svjetskih zahvata slatke vode
- 25 % svjetske sječe drva

- 40 % svjetskih tokova materijala i energije
- Gotovo jednu četvrtinu (25%) svih emisija klorofluorouglijika (CFC) koji oštećuju ozon nastaju iz građevinskih klima uređaja i procesa koji se koriste za proizvodnju građevinskog materijala. (Shahriar Shams i M. Motiar Rahman, 2017.)

Neselektivna uporaba građevinskog materijala povećava udio stakleničkih plinova. Izvješće Instituta Worldwatch navodi da se u izgradnji zgrada koristi 55% neogrjevnog drva, 40% globalnih resursa i 40% globalne energije. Štoviše, resursi, kao što su pokrivač tla, voda i obradivo zemljište, iscrpljuju se kako bi se prilagodio prostor potreban za gradnju. (Shahriar Shams i M. Motiar Rahman, 2017.)

Uzlazni trend potrošnje energije ukazuje na razvijanje novih materijala i korištenje obnovljivih, recikliranih materijala kako bi se smanjila emisija stakleničkih plinova.

1.2. Što je zelena građevina?

Današnji način života i dizajn građevina glavni su faktori koji utječu na povećanje potrošnje energije. Osim energije, građevine stvaraju velike količine otpada prilikom izgradnje i tijekom korištenja, i emitiraju velike količine zagađivača i stakleničkih plinova što je dugoročno neodrživo. Kada sagledamo klimatske promjene koje su posljedica ljudske aktivnosti, ljudsko zdravlje i očuvanje okoliša postaje prioritet i počinje rasti broj zelenih građevina. Konstantnim razvojem zelene gradnje razvija se i definicija zelene građevine, EPA (Environmental Protection Agency) definira zelenu građevinu na sljedeći način: “praksa stvaranja struktura i korištenja procesa koji su ekološki odgovorni i učinkoviti u korištenju resursa tijekom životnog ciklusa zgrade, od postavljanja do projektiranja, gradnje, rada, održavanja, renovacije i obnove.” (Howe,2010.)

Tablica 1. Najvažniji elementi zelene gradnje

| NAJVAŽNIJI ELEMENTI ZELENE GRADNJE (HOWE) | ZNAČAJKE |
|---|----------|
|---|----------|

| | |
|--|--|
| <p>UČINKOVITO KORIŠTENJE ENERGIJE – LEED CERTIFIKATI</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Učinkovitost LEED certifikata • HVAC sustav – smanjenje količine energije koja se koristi za grijanje i hlađenje zgrade, održavanje unutarnje temperature konstantnom |
| <p>KORIŠTENJE I POTROŠNJA ZEMLJIŠTA</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Loša lokacija = trošenje velikih količina zemljišta • Strateška pozicija zgrade u blizini javnog prijevoza smanjuje korištenje automobila, poticanje korištenja bicikla i pješaćenje • Sprječavanje oštećenja ekosustava • Svjetlost, sjena, vjetar i voda važni kod projektiranja za potpunu iskoristivost na lokaciji • Elementi krajolika |
| <p>GRAĐEVINSKI MATERIJALI</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Velika količina sirovina u građevinskoj industriji • Zeleni građevinski materijali obnovljivi, ekološki odgovorni, održivi, zdravi za korisnike i dugovječni • Štede energiju • Visoka mogućnost recikliranja • Lokalna proizvodanja |

Klasična izgradnja uzrokuje iscrpljivanje prirodnih resursa, neučinkovito korištenje energije i zagađenje zraka. Velikim opterećenjem termoelektrane dodatno zagađuju zrak uz otpad proizveden u zgradama. Zelena gradnja omogućava rješenje za navedene probleme i održavanje zelenog i čistog okoliša.

Prema IJERT (2012) zelena gradnja se općenito definira kao “zgrada koja koristi manje vanjske energije i sposobna je sama proizvesti dovoljno energije za određenu upotrebu bez nanošenja štete okolišu.” Cilj je svesti potražnju za neobnovljivim resursima na

minimum i povećati učinkovitost i iskorištavanje obnovljivih izvora resursa. (IJERT, 2012)

Tablica 2. Značajke zelene gradnje

| ZNAČAJKE ZELENE GRADNJE (IJERT, 2012) | |
|---|---|
| NAJVAŽNIJI ELEMENTI | ZNAČAJKE |
| | <p>Zelena tehnika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Smanjiti količinu neobnovljivog građevinskog materijala i koristiti obnovljive izvore • Ponovna upotreba materijala koji su zdravi i obnovljivi • Korištenje recikliranog materijala • Obnovljivi građevinski materijali <p>Zelene tehnike mogu se podijeliti na građevinske tehnike, električne tehnike i specijalne sisteme / sustave.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Građevinske tehnike: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Izolacija zidova – kvalitetna ugradnja izolacije omogućuje ugodnije okruženje, povrat investicije i smanjenje emisije stakleničkih plinova (izolacija zračnog raspora, pamuka, mineralne vune i plastičnih vlakana) ➤ Zeleni cement – uključuje vapnenac, leteći pepeo ili mljevenu granuliranu trosku što rezultira povećanjem upotrebe nefosilnih goriva i očuvanjem rezervi fosilnih goriva ➤ Opeka od letećeg pepela |

| | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">ZELENI GRAĐEVINSKI MATERIJALI</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Prozirni krov – besplatni obnovljivi izvor uz zdravstvene prednosti ➤ Zeleni krov – priroda izolacija nasadima različitih vrsta • Specijalne tehnike: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Upravljanje sivim vodama – Siva voda od pranja tuševa, posuđa, umivaonika i praonica čini najveći dio stambenih otpadnih voda. Nakon procesa filtriranja i recikliranja, može se koristiti u toaletima ili za navodnjavanje okoliša. ➤ Pošumljavanje – sadnja drveća oko kuće, ljeti se dobiva prirodni hlad, a zimi sunčeva toplina ulazi u kuću ➤ Skupljanje kišnice – uključuje skupljanje kišnice, pročišćavanje i usmjeravanje na podzemne prostore gdje se može skladištiti ➤ Sprječavanje erozije tla – cilj je smanjiti otjecanje zbog nepropusnih površina, projektiranjem šetnica i prilaza koje omogućuju infiltraciju oborinskih voda u tlo što smanjuje utjecaj na vodne sustave. Vrsta popločenja ovisi o poroznosti tla ispod popločenja. |
| <p style="text-align: center;">SMANJENJE POTROŠNJE ENERGIJE</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Energija – stvaranje energetski učinkovite zgrade • Solarna izolacija – količina sunčevog zračenja koje pada na površinu Zemlje, određuju se količine primljene na različitim površinama kako bi se analizirale opcije za ugradnju fotonaponskih modula. Analiza solarne izolacije pomaže u odabiru fasadnog materijala koji bi podržao bolju kvalitetu unutarnjeg zraka uz poboljšanje energetske učinkovitosti. |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Dnevna svjetlost – propuštanje difuzne svjetlosti s neba • Lokacija – analiza klimatskih uvjeta (vjetar, temperatura, vlažnost, oborine) pomaže u odabiru odgovarajućeg materijala • Svjetlosno onečišćenje – ometa ekosustav i ima štetne učinke na zdravlje • Refleksija i odsjaj – analiza refleksije pomaže u projektiranju fasade • Sjena – analiza pomaže u donošenju odluka vezanih uz postavljanje solarnih panela • Vidljivost – korisna procjena područja u prostoriji • Akustika – glavni cilj je smanjiti refleksiju zvuka unutar prostorije, smanjiti zvuk koji se prenosi izvana i povećati kvalitetu govora unutar prostorije |
|--|--|

Osim smanjenja potrošnje energije i korištenja obnovljivih materijala, izgradnja zelenih građevina je prednost radi boljeg zdravlja korisnika, povećanja produktivnosti i zdravijeg okoliša. Koncept zelene gradnje prema (CAMTEH, 2009) je u biti povećanje učinkovitosti s resursima za građevinske aktivnosti, što uključuje energiju, otpad i materijale. Pokušava se smanjiti utjecaj zgrade na okoliš i zdravlje kroz bolje održive lokacije, održivu arhitekturu, održivi razvoj i integraciju očuvanja energije. To je uvelike povezano s krajnjim ciljem kontrole globalnog zatopljenja i smanjenja emisije ugljika.

Tablica 3. Značajke zelene gradnje (Camteh)

| |
|---|
| ZNAČAJKE ZELENE GRADNJE (CAMTEH, 2009) |
|---|

| | |
|---|--|
| <p>MINIMALNO OMETANJE KRAJOLIKA I UVJETA LOKACIJE</p> | |
| <p>KORIŠTENJE RECIKLIRANIH I EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH GRAĐEVINSKIH MATERIJALA</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Uvedeni novi materijali (staklo visokih performansi, zidna i krovna izolacija, niske VOC boje, CRI certificirane tepihe, FSC certificirano drvo, CO2 senzori, vjetro tornjevi) |
| <p>KORIŠTENJE NETOKSIČNIH MATERIJALA I MATERIJALA KOJI SE MOGU RECIKLIRATI</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Popularnost raste tijekom godina |
| <p>UČINKOVITO KORIŠTENJE VODE I RECIKLIRANJE VODE</p> | |
| <p>ENERGETSKA UČINKOVITOST I KORIŠTENJE ENERGETSKI PRIHVATLJIVE OPREME</p> | |
| | |

| | |
|--|--|
| OBNOVLJIVA ENERGIJA | |
| KVALITETA UNUTARNJEG ZRAKA | |
| UČINKOVITA KONTROLA I SUSTAVI UPRAVLJANJA ZGRADOM | <ul style="list-style-type: none"> • LEED sustav ocjenjuje ekološku izvedbu iz perspektive cijele zgrade tijekom životnog ciklusa zgrade. Bodovi se dodjeljuju u sljedećim stavkama: Lokacija, Učinkovitost vode, Energetska učinkovitost, Materijal i sredstva, Kvaliteta unutarnjeg zraka, Inovacija i proces dizajna. Na temelju bodova zelena gradnja može se klasificirati kao LEED certifikat, LEED srebrna, LEED zlatna i LEED platinasta. |

Američko Vijeće zelene gradnje definira zelenu građevinu kao praksu projektiranja i izgradnje koja značajno smanjuje ili uklanja negativan utjecaj građevine na okoliš i korisnike u područjima prikazanim u tablici 4. (Elshimy, 2015.)

Tablica 4. Značajke zelene gradnje

| ZNAČAJKE ZELENE GRADNJE (ELSHIMY, 2015) | |
|--|--|
| VODA | <ul style="list-style-type: none"> • Skladištenje, filtriranje i ponovna upotreba • Metoda skupljanja kišnice, sivi vodni sustav i živi bazeni |
| PRIRODNA EKOLOŠKA GRADNJA | <ul style="list-style-type: none"> • Gradnja od bala slame • Lokalni proizvodi • Dostupnost • Nema toksičnih sastojaka • Povećana energetska učinkovitost |

| | |
|------------------------------|---|
| PASIVNI SOLARNI DIZAJN | <ul style="list-style-type: none"> • Jednostavnost • Minimalno održavanje • Korištenje sunčeve energije za grijanje i hlađenje prostora • Održavanje ugodnog prostora tijekom cijele godine |
| ZELENI GRAĐEVINSKI MATERIJAL | <ul style="list-style-type: none"> • Lokalni proizvodi • Dostupnost sastojaka proizvoda |

Projektiranje i izgradnja zgrada imaju dubok utjecaj na okoliš i kvalitetu života. Izgradnja najviše doprinosi povećanju emisije stakleničkih plinova zato je važno uskladiti odnos između zgrade i okoliša. Važno je usmjeravanje građevinske industrije prema zelenoj gradnji, kako bi se koristili ekološki prihvatljivi proizvodi. Potražnja za velikim količinama građevinskog materijala dovela je do krčenja šuma i ugrožavanja ekosustava.

Uvidom u navedene izvore, fokus je sveden na materijale i upravljanje vodama. Potiče se projektiranje zgrada izgradnjom od netkosičnih materijala i optimalnim korištenjem vode kroz razne uređaje za uštedu vode kako bi se umanjila emisija stakleničkih plinova i mudro koristili prirodni resursi.

Tablica 5. Najvažnije karakteristike zelene izgradnje – sintetizirani prikaz

| NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE ZELENE GRADNJE | |
|---|--|
| VODA | <ul style="list-style-type: none"> • Kontinuiran rast gradnje opterećuje zalihe pitke vode što zahtjeva racionalnije korištenje vode. |
| UČINKOVITOST ENERGIJE | <ul style="list-style-type: none"> • Fizika zgrade • LEED sustavi za certificiranje |

| | |
|----------------------------|--|
| ZDRAVI MATERIJALI | <ul style="list-style-type: none"> • Korištenjem obnovljivih i recikliranih materijala reducira se uporaba neobnovljivih građevinskih materijala što bitno utječe na okoliš. • Prednost je nulta ili niska toksičnost materijala, smanjenje ispuštanja štetnih emisija u zrak, razvijanje novih materijala, poboljšanje zdravlja stanara i dostupnost proizvoda. |
| KVALITETA UNUTARNJEG ZRAKA | <ul style="list-style-type: none"> • Važnost kvalitete unutarnjeg zraka usmjerena je na ugodno okruženje korisnika, udobnost, zdravlje i povećanu produktivnost. |
| OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE | <ul style="list-style-type: none"> • Solarni sustavi |

1.3. Ciljevi rada

Rad se sastoji od nekoliko poglavlja, odnosno faza izrade. U prvoj fazi na temelju proučene literature, odabrane su četiri definicije zelene gradnje i u tablicama naglašene najbitnije karakteristike koje se susreću kao važne kod određene definicije. Na temelju objedinjenih karakteristika zelene gradnje, sa građevinskog aspekta najvažnije karakteristike zelene gradnje su materijali i principi projektiranja. U drugoj fazi izrade istraženi su ekološki materijali kako bi se smanjio u budućnosti negativan utjecaj na okoliš i počeli koristiti obnovljivi materijali. Nastavno na ekološke materijale, navedeni su i opisani principi projektiranja za što zeleniju gradnju. Na kraju rada izrađen je bazični tlocrt klasičnim pristupom, odnosno materijalima, i na osnovu njega izrađen tlocrt gdje su prikazana neka od rješenja za zeleniju gradnju.

2. MATERIJALI

Materijali su važne komponente u graditeljstvu. S obzirom na konstantan interes za gradnjom koji s godinama samo raste, zahtjeva stalnu proizvodnju i nabavu raznih sirovina kako bi se zadovoljilo tržište. Kako bi smanjili štetan utjecaj gradnje na okoliš, na tržištu nailazimo brojne ekološke obnovljive materijale. Važnost kod izgradnje zelene zgrade je u obnovljivim materijalima koji smanjuju troškove održavanja, štede energiju i poboljšavaju zdravlje korisnika. Stoga je važno prepoznati i odabrati ekološki prihvatljive materijale koji će minimalno utjecati na okoliš i zdravlje korisnika.

Kako bi materijali bili ekološki, moraju biti izdržljivi, dugovječni, imati mogućnost ponovnog korištenja, recikliranja i po mogućnosti moraju potjecati iz blizine mjesta u kojem se gradi (lokalni materijal, proizvod). Ekološki prihvatljivi materijali doprinose u ekološkom, ekonomskom i društvenom aspektu. Ponovna upotreba materijala u odnosu na recikliranje, pruža odličnu ekološku alternativu jer smanjuje onečišćenje zraka, vode i tla te ograničava potrebu za novim prirodnim resursima. Neki primjeri građevinskih materijala koji se mogu ponovno koristiti i reciklirati: drvo, cigla, beton, izolacija od bale slame, vuneni tepih i podovi od linoleuma.

Tablica 6. Materijali

| MATERIJAL | PRIMJENA |
|-------------------|---|
| OVČJA VUNA | Izolacija Podna obloga |
| SLAMA | Nosivi element Izolacija |
| BAMBUS | Podna obloga Namještaj Izrada skela |
| DRVO | Nosivi element Namještaj |
| KAMEN | Nosivi element |
| KONOPLJIN BETON | Izolacija |
| CELULOZA | Izolacija |
| PLUTO | Izolacija |
| PRIRODNI LINOLEUM | Podne i zidne obloge |
| KOKOSOVO VLAKNO | Kompozit |

2.1. Ovčja vuna

Uporaba građevinskog materijala na bazi životinjskog porijekla prisutna je u primjeni obloga i izolacije. Životinjsko ljepilo najstarija je poznata vrsta ljepila koje se koristilo u starom Egiptu. U današnjoj gradnji, ostali proizvodi iz životinjskog svijeta imaju još uvijek ograničenu uporabu. Ovčja vuna česta je u tepisima, tapetama i proizvodima od građevinskog papira. Ovčja vuna je prirodan materijal kojeg odlikuje jednostavan proces prerade. Vuna se u zapadnim državama skuplja, pere, tretira kemikalijama neškodljivima za ljude kako bi se stvorila otpornost na moljce i druge kukce te povećala otpornost na požar, a naposljetku se preša u ploče ili bale. Rezultat prešanja je gust materijal koji se može rezati, krojiti po mjeri i ugrađivati na isti način kao i kamena vuna (Vrančić, 2018.). Ispire se radi uklanjanja lanolina i miješa s poliesterom koji zadržava oblik vune. Zamotuljak ovčje vune sadrži 85 % vune i 15% poliesteru što troši 14 % energije koja se koristi kod proizvodnje izolacije od staklene vune što rezultira minimalnom potrošnjom energije kod proizvodnje. Pored minimalne potrošnje energije i identičnih toplinskih svojstava kao i kod mineralne vune, u zimskim mjesecima smanjuje gubitak topline iz kuće zbog apsorpiranja topline iz vlage u zraku. Proizvodi se u širini od 400 ili 600 mm i u tri debljine: 50, 75 i 100 mm. Primjenjuje se kod izolacije potkrovlja, drvenih zidova (slika 2.) te drvenih podova (Vrančić,2018.). Važna odrednica je jednostavnost prilikom ugradnje i prilagodba prostoru. Moguće je žbukanje vune uz prethodnu izradu konstrukcije na koju će se žbuka primiti. Dodatna vrijednost primjene ovčje vune u graditeljstvu je dobra akustična izolacija gdje slojevi flica omogućavaju razbijanje zvučnih valova, pritom gube energiju i apsorpiraju se. U ekološkoj gradnji ovčja vuna je sve više zastupljenija i konkurentna staklenoj i kamenoj vuni što kulminira povećanjem proizvodnje i smanjenjem cijene.



Slika 2. Postavljanje ovčje vune

Tablica 7. Ovčja vuna

| OVČJA VUNA | |
|--|--|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Prirodno porijeklo • Biorazgradivost • Jednostavna proizvodnja • Jednostavna ugradnja • Vatrootpornost • Toplinska svojstva svojstva • Smanjuje gubitak topline – Smanjuje protok topline • Vijek trajanja > 50 godina • Poboľjšava kvalitetu unutarnjeg zraka • Akustična izolacija • Mogućnost zamjene mineralne vune | <ul style="list-style-type: none"> • Opasnost od glodavaca I insekata • Cijena |

2.2. Slama

Slama se danas većinom koristi u poljoprivredne svrhe i nastaje od osušenih stabiljka žitarica. Osim u poljoprivredne svrhe, može se koristiti za izradu namještaja i kao građevinski materijal. Korištenjem slame u graditeljstvu doprinosimo smanjenju nepovoljnog utjecaja na okoliš građevinskih materijala koji su neobnovljivi, za razliku od slame koja se može kompostirati. Slamu kao građevinski materijal odlikuju dobra toplinska i akustična izolacija, otpornost na požar, relativno dobra statička čvrstoća, otpornost na potres, otpornost prema nametnicima, dostupnost, niska cijena sirovina i jednostavnost arhitektonskog oblikovanja (Glasnović,2008.). U odnosu na konvencionalnu gradnju, zgrade od slame troše manje energije i doprinose smanjenju emisija stakleničkih plinova. Osim izrade zidova od slame, koji su uvelike jeftiniji u usporedbi s zidovima od opeke i blokova, razvoj slame ide u smjeru izrade elemenata od prešane slame (slika 3.)



Slika 3. Blokovi od prešane slame

Od uzgoja slame, trećina je raspoloživa za upotrebu u graditeljstvu. Kvaliteta bala ovisi o skladištenju, zaštiti od žetve do gradnje, gustoći i vlazi. Uvjeti u vrijeme baliranja, skladištenje i transport utječu na postotak sadržaja vlage. Vrsta žitarica i sadržaj vlage utječu na gustoću. Izgradnja od slame može osigurati kvalitetniji unutarnji zrak jer je prirodna i iz slame ne isparavaju štetni spojevi poput formaldehida, što isparava kod konvencionalne gradnje. Slama je kvalitetan građevinski materijal i uvelike može uštedjeti energiju koja je potrebna za grijanje i hlađenje, a cijena je značajno niža u odnosu na tradicionalnu gradnju.

Tablica 8. Slama

| SLAMA | |
|---|--|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Prirodno porijeklo • Biorazgradivost • Jednostavna proizvodnja • Jednostavna ugradnja • Dobra vatrootpornost • Izvrstan izolacijski materijal • Dobra zaštita od buke • Kvaliteta unutarnjeg zraka • Zdravlje ukućana • Cijena | <p>Dostupnost sirovine</p> <p>Opasnost od glodavaca I insekata</p> <p>Osjetljivost na vodu – vlagu</p> |

2.3. Bambus

Bambus se počeo najprije upotrebljavati u Kini, u svim aspektima života od hrane, do materijala za izradu obuće, oružja i kuća. Bambus se nastavio tijekom povijesti upotrebljavati kao građevni materijal i još je uvijek u širokoj uporabi u mnogim dijelovima Azije, čak i na suvremenim građevinama. Ta brzorastuća i nevjerojatno izdržljiva biljka ima malu težinu, ali je ugodan i prikladan materijal za uređenje vanjskih i unutrašnjih zidova. (Vrančić, 2012.) Bambus starosti pet do devet godina, najidealniji je za preradu. Štapovi bambusa se najčešće upotrebljavaju za skele (slika 4.), ali je upotreba ograničena na visinu zgrade do sedam katova. Nedostatak bambusa je moguća pojava insekata, što može utjecati na smanjenje čvrstoće, stoga je važno štapove zaštititi od insekata kako bi se očuvale ekološke karakteristike.



Slika 4. Detalj skele od bambusa

Bambus se u građevinarstvu najviše upotrebljava za gradnju kuća, izradu skela, podnih obloga i izradu namještaja.



Slika 5. Podna obloga od bambusa

Podnu oblogu od bambusa (slika 5.) karakterizira izdržljivost i kvalitetno podnošenje vlage u zraku. Prednosti korištenja bambusa u graditeljstvu su bolja mehanička svojstva od drva, otpornost na potres, jake vjetrove, kratko vrijeme rasta, mala težina i jednostavna reciklaža.

Tablica 9. Bambus

| BAMBUS | |
|---|---|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Prirodno porijeklo • Biorazgradivost • Pozitivan utjecaj na klimatsku krizu • Smanjenje emisije ugljikovog dioksida • Široka primjena • Kvaliteta unutarnjeg zraka • Zdravlje ukućana • Cijena | <ul style="list-style-type: none"> • Dostupnost sirovine • Opasnost od glodavaca i insekata • Osjetljivost na vodu – vlagu |

2.4. Drvo

Kako bi se smanjio štetan utjecaj na okoliš, odnosno smanjenje emisije štetnih plinova, drvo svojim odlikama može nadomjestiti uporabu betona i opeke. Graditeljstvo je grana koja uvelike doprinosi onečišćenju okoliša, naročito kod prerade sirovina što iziskuje veliku količinu energije i ostavlja najštetniji utjecaj na okoliš. Drvo odlikuje lakoća, čvrstoća i elastičnost, do pojave čelika drvo je bio jedini materijal s kojim se izradio cjeloviti konstrukcijski okvir. U postupku obrade drva, troškovi i količina potrebne energije manji su nego kod obrade čelika ili kamena. Tijekom proizvodnje drvenih proizvoda, sirovina se iskorištava do najsitnijih ostataka za proizvodnju drvene vune te peleta. Između ostalog, drveni otpad može se reciklirati kao sirovina za ivericu. Maksimalnim iskorištavanjem sirovine u potpunosti se otklanjaju troškovi zbrinjavanja otpada što predstavlja dodatnu vrijednost nastalog proizvoda. Predrasude i neznanje uzrokuju strah od gradnje drvom zbog mogućnosti požara. Drvo u požaru stvara zaštitni pougljenjeni sloj koji ima mali koeficijent toplinske vodljivosti i zbog toga štiti unutarnje dublje slojeve drva od visoke temperature (slika 6.).



Slika 6. Drvo nakon požara

Brzina kojom se stvara pougljenjeni sloj ovisi o vanjskoj toplini, gustoći drva, sadržaju vode u drvu te o sadržaju kisika (Užar, 2013). Pravilnom primjenom kemijskih sredstava moguće je smanjenje odnosno onemogućavanje gorenja. Najčešće se koristi kemijska impregnacija kod novih proizvoda, dok se premazi koriste kod trenutnih konstrukcija.

Listopadno i crnogorično drveće namijenjeno za građenje treba sjeći zimi kada je količina sokova najmanja, a stanje bubrenja i kiselosti najpovoljnije. Drvo posječeno tijekom proljeća i ljeta podložnije je plijesni. Još jedna prednost zimske sječe je što se piljena građa sporije suši i stoga je manja vjerojatnost da će se cijepati. Pretpostavlja se da je velika količina oštećenja plijesni u novijim zgradama, (npr. u Švedskoj) posebno na prozorima i vanjskim oblogama, povezana s činjenicom da je drvo posječeno tijekom ljeta (Berge, 2009.).

CLT također poznat kao "Cross-Lam" ili "X-Lam" tehnologija postaje vrlo popularna među projektantima radi ekološke izvedbe u usporedbi s betonom ili čelikom (Nocera i dr.,2018.) X-Lam konstrukcijski sustav (Slika 7.) zasniva se na primjeni velikih višeslojnih ploča izrađenih drvenih ploča koje su međusobno zalijepljene, izmjenjujući smjer svojih vlakana za svaki sloj, što pospješuje krutost, stabilnost i mehanička svojstva. Prednost je široka primjena (zidovi, ploče ili krov), jednostavna i brza izgradnja, odlična zrakonepropusnost i toplinska izolacija koje omogućuju značajnu uštedu energije. X-Lam tehnologija osigurava da konstrukcija izbjegne toplinske mostove čime su smanjeni gubici topline što omogućava uštedu energije u sezoni grijanja.



Slika 7. X-Lam konstrukcija

Vrijednost drva upotpunjuje trajnost koja ovisi o pravilnom postavljanju i održavanju. Unatoč neznanju i predrasudama prema drvu kao materijalu budućnosti, važno je redovito širenje svijesti stanovništva o navedenom prirodnom obnovljivom materijalu.

Tablica 10. Drvo

| DRVO | |
|---|---|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Prirodno porijeklo • Mogućnost recikliranja • Lakoća • Čvrstoća • Elastičnost • Prikladna vlažnost • 50% jači od čelika • Niska toplinska vodljivost • Brzina gradnje • Toplinski izolator • Dobra akustika • Trajnost • Sigurnost od potresa • Protupožarna sigurnost • Prirodan unutarnji prostor – zdravlje za ukućane | <ul style="list-style-type: none"> • Skupljanje • Bubrenje • Truljenje • Utjecaj insekata |

2.5. Kamen

Ako uzmemo u obzir obilježja dugoročnog razvoja koji se odnose na prirodne proizvode, lokalne sirovine, tradicionalnu metodu gradnje i uvažavanje kulturne baštine korištenje prirodnog kamena je idealna opcija. Prednost kamena je što se ne proizvodi u tvornici, ne obrađuje se s drugim kemikalijama, ima dug vijek trajanja i mogućnost reciklaže. Kamen vađenjem iz regije ili obližnjeg lokalnog kamenoloma radi kratkog transporta ima manje negativne aspekte na okoliš. Kamen ima široku primjenu kroz povijest kada se koristio kod impresivnih građevina poput crkve, dvoraca i palača za unutarnje i vanjsko uređenje, a danas se koristi kao građevinski materijal. U odnosu na beton i čelik, kamen ima nultu emisiju ugljika.



Slika 8. Kamen

Tablica 11. Kamen

| KAMEN | |
|---|--|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none">• Najzeleniji materijal• Trajnost• Reciklaža• Ne uzrokuje emisije štetnih plinova• Dostupnost• Široka primjena | <ul style="list-style-type: none">• Visoka cijena• Zakonom limitirana primjena za nosivu konstrukciju |

2.6. Konopljin beton

Beton je najpopularniji građevinski materijal koji se koristi u graditeljstvu. Cement, voda, sitni i krupni agregat čine beton. Za proizvodnju jedne tone cementa u okoliš se emitira približno 0,98 tona ugljičnog dioksida (Sudarshan D. Kore, 2021). Navedena količina emisije ugljičnog dioksida jedan je od glavnih čimbenika globalnog zatopljenja, stoga je važno koristiti alternativni materijal koji nema utjecaj na emisiju stakleničkih plinova. Razvojem tehnologije razvili su se inovativni ekološki materijali poput konoplje. Konoplja je biljka koja se uzgaja u tropskim regijama te se njezina vlakna koriste zajedno sa vapnom i cementom kao građevinski materijal. Korištenje vlakana konoplje prvi put je isprobano u Francuskoj 1990. Vlakna konoplje korištena su za proizvodnju betona manje težine, izradu zaštitnih ploča, masovno prskanje betona od konoplje, odnosno za proizvodnju lakih kompozita. Konopljin beton se dobiva dodavanjem strukova ili vlakana konoplje uz cement ili vapno u prisutnosti vode (Sudarshan D. Kore, 2021).

Prednosti uporabe konopljinog betona su niska gustoća, akustična svojstva i reguliranje vlažnosti u prostoru. Sposobnost upijanja i otpuštanja vlage pomaže u kontroli vlage u zgradi, što omogućava veću udobnost pri nižim temperaturama i manje račune za energiju. Kako se konoplja bude širila i budu mijenjali zakoni u vezi uzgoja konoplje koji trenutno otežavaju uzgoj i daljnju primjenu i korištenje, sirovina za konopljin beton postati će dostupnija. Konopljin beton primjenjuje se kod žbukanja, na mjestima koja su sklona pucanju i za popunjavanje i popravak rupa. Konopljin beton ima prednost da izdrži plijesan, bakterije i vlagu.

Nedostatak u industriji konopljinog betona koji otežava razvoj ulaganja u proizvodnju i povjerenje naručitelja je stručnost i iskustvo. Važno je raditi na poticanju istraživanja u vezi primjene konoplje u graditeljstvu kako bi se unaprijedila tehnologija, povećala proizvodnja, i privukli ulagači zainteresirani u razvoj primjene konoplje u gradnji.

Tablica 12. Konopljin beton

| KONOPLJIN BETON | |
|--|---|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zeleni materijal • Značajno smanjenje globalnog zatopljenja • Minimalan utjecaj na okoliš • Nema emisije štetnih plinova • Akustična svojstva • Izuzetna toplinska svojstva • Prozračan • Kvaliteta unutarnjeg zraka • Visoko izoliran • Netoksična • Održiv • Otpornost na vatru • Ušteda novca | <ul style="list-style-type: none"> • Nedostatak znanja I iskustva • Dostupnost • Trenutno se ne može upotrijebiti za nosivu konstrukciju |

2.7. Celuloza

Celuloza je ekološki prihvatljiv toplinski izolacijski materijal koji je izrađen od recikliranih papirnatih vlakana. Zbog povoljnih akustičnih i toplinskih svojstava celuloza postaje sve popularnija.



Slika 9. Celuloza

Tablica 13. Celuloza

| CELULOZA | |
|---|---|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none">• Zeleni reciklirani materijal• Toplinska i akustična karakteristika• Otpornost na vlagu• Cijena | <ul style="list-style-type: none">• Moguća prašina za vrijeme izvedbe izolacije• Nedostatak stručnosti u primjeni• Visoka higroskopnost• Potencijalna zapaljivost• Mogućnost rasta gljivica |

2.8. Pluto

Pluto je održiv, obnovljiv i prirodni materijal koji ima raznoliku primjenu, od čepa za vinske boce do izolacije u kućama. Proces proizvodnje je održiv, pluto se uzima iz kore, pa nema potrebe za rušenjem drveća. Ima svojstva dobrog izolatora što znači ušteda velike količine električne energije u zimskim mjesecima (slika 10.).



Slika 10. Pluto

Svojstva poput elastičnosti, lakoće, trajnosti, otpornosti na vatru i hipoalergenska svojstva razlikuju ga u odnosu na kamen ili drvo. Primjenjuje se u podovima, zidnim oblogama i izolaciji. U graditeljstvu možemo koristiti različite materijale na bazi pluta, od kojih se glavni mogu grupirati kao: neprerađene daske od pluta dobivene skidanjem sa stabla drveta, granulirano pluto, aglomerati pluta kao kompoziti granula pluta i smole, odnosno kompoziti gume i pluta i aglomerati ekspaniranog pluta bez smole (Knapic, 2016). Kompoziti od aglomeriranog pluta koriste se za površinske obloge kao što su zidne ploče i podne obloge. Osim za podne obloge, plutene ploče raznih vrsta mogu se koristiti za oblaganje zidova. Ekspanirani aglomerati pluta uglavnom se koriste za toplinsku i zvučnu izolaciju te za apsorpciju vibracija. Koriste se za izolaciju krovova, zidova, podova i stropova u privatnim i javnim zgradama. Granulat ili regranulirano ekspanirano pluto (granulometrije od 0,25 do 22,4 mm) može se koristiti kao završni proizvod za toplinsku izolaciju, popunjavanje praznih prostora između dvostrukih zidova, podova ili kao stropna aplikacija do zadnje etaže zgrade (Knapic, 2016).

Osim ploča od pluta, proizvodi se tekuće pluto, odnosno pasta (slika 11.). Kod proizvodnje tekućeg pluta granule pluta miješaju se u rotacijskim strojevima u koje se dodaju prirodne masnoće, akrilne smole i drugi prirodni sastojci (Bogdan, 2020.). Pozitivne karakteristike su otpornost na gljivice i kvaliteta unutarnjeg zraka. Upotrebljava se na fasadama, ravnim krovovima, terasama, čeličnim konstrukcijama i bazenima (Bogdan, 2020.).



Slika 11. Pasta od pluta

Pluto odlikuje trajnost izolacije do 30 i više godina, lagano nanošenje i široka primjena. U odnosu na druge materijale, ima visoku ekološku vrijednost jer pridonosi uklanjanju ozona u zgradi. Korištenje pluta u graditeljstvu vrijedan je doprinos zelenoj gradnji.

Tablica 14. Pluto

| PLUTO | |
|---|--|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Prirodan • Obnovljiv • Održiv • Izolacija • Kvaliteta unutarnjeg zraka • Otpornost na habanje • Trajnost • Nepropusnost • Otpornost na vatru • Hipoalergenska svojstva | <ul style="list-style-type: none"> • Nije otporan na habanje • Nije za nosivu konstrukciju |

2.9. Prirodni linoleum

Godine 1863. Britanac Frederick Walton patentirao je linoleum (slika 12.) , prvi elastični podni premaz koji se i danas koristi. Prva tvornica otvorena je 1864. godine u Stainesu, u blizini Londona, uz rijeku Temzu, a u svijetu je postala poznata pod nazivom 'Staines Lino' (Bastos, 2016.).



Slika 12. Linoleum

Linoleum se u povijesnim zgradama širom svijeta kao što su njemački parlament, Buckinghamška palača u Londonu i kuća Anne Frank u Amsterdamu.

Linoleum današnjim podizanjem svijesti o održivom okolišu i promociji prirodnih materijala, zbog prirodnog sastava i ekoloških svojstava, postaje sve učestalija opcija za podnu oblogu.

Linoleum formiraju sljedeći sastojci:

- Laneno ulje – glavni sastojak linoleuma
- Smola bora – pridonosi mehanička svojstva linoleumu
- Drvno brašno – potiče recikliranje, omogućava trajnost i otpornost na tlačna i vlačna naprezanja
- Plutovo brašno – omogućava svojstvo fleksibilnosti zbog svoje elastičnosti i kompresivnosti
- Kalcijev karbonat – osigurava stabilnost
- Ekološki pigmenti – ne sadrže teške metale
- Juta – čvrstoća i kompaktnost proizvoda (Bastos, 2016.)

Može se prilagoditi različitim ustanovama od bolnica do hotela i ureda te se proizvodi u rolama ili pločama. Odlika linoleuma je brza i jednostavna ugradnja i trajnost. Osim podne obloge, može se koristiti kao zidna obloga te doprinosi zvučnoj izolaciji.

Tablica 15. Prirodni linoleum

| PRIRODNI LINOLEUM | |
|--|--|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none">• Prirodan• Obnovljiv• Antibakterijski• Hipoalergen• Visoka izdržljivost materijala• Minimalan utjecaj na okoliš• Akustična svojstva | <ul style="list-style-type: none">• Ne podnosi izloženost alkalijima |

2.10. Kokosovo vlakno

Kokosovo vlakno (slika 13.) dio je ploda kokosove palme, odnosno vlaknaste ljuske koja okružuje kokosov orah (Ahmad, 2022.). Sadrži veliku količinu lignina koji omogućava visoku čvrstoću i elastičnost. Prednost kokosovog vlakna u odnosu na umjetna vlakna su biljno podrijetlo, niska cijena betona temeljenog na kokosovom vlaknu, visoke fizičke i mehaničke karakteristike i dobra kompatibilnost s drugim komponentama betona, cijena, smanjenje potrošnje energije, manji znanstveni rizik, obnovljivost, recikliranje i biorazgradivost.



Slika 13. Kokosovo vlakno

Tablica 16. Kokosovo vlakno

| KOKOSOVO VLAKNO | |
|--|---|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Čvrstoća • Elastičnost • Povećana propusnost betona • Ekološka prihvatljivost • Široka dostupnost • Biorazgradljivost • Mala težina • Cijena • Jednostavnost proizvodnje | <ul style="list-style-type: none"> • Pogoršanje obradivosti betona • Smanjenje gustoće • Povećanje upijanja vode |

2.11. Staklena fasada

Staklena fasada predstavlja inovativan i profinjen model gradnje. Staklo ima široku primjenu u zelenoj gradnji i važna je pravilna primjena stakla radi osiguranja udobnosti korisnika unutar zgrade. Primarni sastojak stakla je pijesak, koji je materijal koji ne zagađuje okoliš, procesi proizvodnje stakla smatraju se energetske učinkovitima jer zahtijevaju malu količinu vode, a stvaranje otpada je manje i može se reciklirati na kraju životnog ciklusa (Chow, 2020.). Prozirnost, smanjenje potrošnje energije radi ulaska dnevne svjetlosti u zgradu prednosti su staklene fasade.

Tablica 17. Staklena fasada

| STAKLENA FASADA | |
|---|-----------|
| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Dnevna svjetlost • Smanjenje potrošnje energije • Toplinska izolacija • Akustika | |

2.12. Osvrt na materijale

S obzirom na analizirane materijale, većinom se radi o materijalima koji se koriste za završne radove (Tablica 18.), dok se za konstrukciju može koristiti slama, bambus, drvo i kamen.

Tablica 18. Materijali

| MATERIJAL | KONSTRUKCIJA | ZAVRŠNI RADOVI |
|-------------------|--------------|----------------|
| OVČJA VUNA | | ✓ |
| SLAMA | ✓ | ✓ |
| BAMBUS | ✓ | ✓ |
| DRVO | ✓ | ✓ |
| KAMEN | ✓ | ✓ |
| KONOPLJIN BETON | | ✓ |
| CELULOZA | | ✓ |
| PLUTO | | ✓ |
| PRIRODNI LINOLEUM | | ✓ |
| KOKOSOVO VLAKNO | | ✓ |

3. PRINCIPI PROJEKTIRANJA ZA ZELENIJU GRADNJU

Za zelenu gradnju, osim materijala u graditeljstvu, važni su principi koji omogućavaju što zeleniju gradnju. U nastavku će se analizirati sljedeći elementi koji su prikazani u Tablici 19.

Tablica 19. Parametri

| PARAMETRI | ZAŠTITA | KORIŠTENJE |
|--------------|-------------------------|---|
| KIŠA, SNIJEG | TRIJEM | KIŠNICA |
| VJETAR | VJETROBRAN TRIJEM | VJETROTORANJ |
| VRUĆINA | BRISOLEJ ZELENI KROV | SOLARNI PANELI ZIMSKI VRT TERMALNA MASA TROMBEOV ZID |

| | | |
|----------|---------------------|------------------------|
| HLADNOĆA | VJETROBRAN ATRIJ | ATRIJ |
| OTPAD | ZELENI KROV | RECIKLIRANI MATERIJALI |

3.1. Trombeov zid

Velika količina potrošnje energije uništava okoliš i narušava zdravlje ljudi. Alternativa tradicionalnoj energiji poboljšava udobnost u zatvorenom, smanjuje troškove grijanja, smanjuje potrošnju energije i štiti okoliš. U rješavanju energetske i ekološke krize, u zelenoj gradnji je Trombeov zid najčešći pasivni solarni sustav grijanja zaokupio pažnju. Felix Tromb je 1965. godine u Francuskoj sagradio kuću s tamnim zidom na južnoj strani, koji je po njemu dobio naziv Trombeov zid. Pomoću ovog zida Trombeov je demonstrirao mogućnost djelotvorne pasivne toplinske pretvorbe Sunčevog zračenja. Trombeov zid je okrenut prema Suncu i zamišljen kao pasivni solarni kolektor. Zid je istovremeno služio za apsorpiranje topline, za akumulaciju topline i kao tijelo za zagrijavanje unutrašnjih prostorija. (Koški, 2010.)

Jednostavna konfiguracija, visoka učinkovitost i smanjenje potrošnje energije nekoliko je prednosti Trombeovog zida, međutim ima i nekoliko nedostataka poput niske toplinske otpornosti, nesigurnosti kod prijenosa topline i niske estetske vrijednosti. Ovisno o različitim klimatskim uvjetima, namjenama i godišnjem dobu koriste se različite konfiguracije Trombeovog zida: Klasični i modificirani, cik-cak Trombeov zid, Solarni vodeni zid, Zid s venecijanerom, Solarni zid, Trombeov zid s fazno promjenjivim materijalom (PCM), Kompozitni Trombeov zid, Fluidizirana Trombeova stijenka i Fotonaponski Trombeov zid. (Wang, 2021.)

3.1.1. Klasični i modificirani Trombeov zid

Klasični Trombeov zid temelji se na korištenju betona, cigle i kamena, odnosno materijala s visokim kapacitetom skladištenja topline. Vanjska površina zida je crna i ostakljena kako bi se poboljšala apsorpcija, a između zida i stakla je ostavljen međuprostor (slika 14.). Zid apsorbira sunčevo zračenje tijekom dana, a noću prenosi toplinu u unutrašnjost stijenke. Modificiran Trombeov zid obložen je gips-pločom,

odnosno ima zidani vanjski sloj i unutarnji sloj od gipsane ploče i sadrži između slojeva međuprostor. Prednost modificiranog zida je u poticanju prirodne ventilacije.

3.1.2. Cik-cak Trombeov zid

Sastoji se od tri dijela, od kojih je jedan dio okrenut prema jugu, a druga dva dijela u obliku slova V čine zid (slika 15.). Cika-cak Trombeov zid idealan je za smanjenje prekomjernog dobivanja topline. Jugoistočna strana pruža toplinu i svjetlost u jutarnjoj hladnoći kada je potrebno trenutno grijanje. Nasuprot slova V klasični Trombeov zid sprema toplinu za raspodjelu tijekom noći.

3.1.3. Vodeni zid

Funkcionira na isti način kao i klasični zid, ali razlika je što se za čuvanje topline koristi spremnik s vodom umjesto zida (slika 16.)

Ispred spremnika za vodu je ostakljenje koje omogućava prodor sunčevih zraka. U oštrim klimatskim uvjetima, potrebna je izolacija stakla zbog značajnog gubitka topline koji bi nastao. Prednost vodenog zida je korištenje za grijanje i hlađenje.

3.1.4. Solarni hibridni zid

Funkcionira tijekom zime kao klasični solarni zid, a tijekom ljeta omogućuje hlađenje. Zid koristi vanjsku toplinsku izolaciju tijekom ljeta kako bi se izbjegla izravna solarna energija (slika 17.). U unutarnjem zidu se koristi porozna keramika koja upija vodu.

3.1.5. Zid s fazno promjenjivim materijalom

Korištenje materijala s faznom promjenom (PCM) omogućava skladištenje veće količine topline u odnosu na klasične građevinske materijale. Slika 18. prikazuje načine rada Trombeovog zida s fazno promjenjivim materijalom. Zid se tijekom dana zagrijava dolaznim sunčevim zračenjem, a noću se toplina oslobađa kako bi zagrijala zgradu. Zid s fazno promjenjivim materijalom zahtijeva manje prostora od masivnih Trombeovih zidova za određenu količinu pohrane topline i puno su lakše po težini. (Omara,2020.)

Za grijanje kućanstva Trombeov zid s fazno promjenjivim materijalom ima tehničku i ekološku prednost. Moguća je ušteda energije do 60% godišnjeg opterećenja grijanja i utjecaj na okoliš tijekom cijelog životnog vijeka je manji od utjecaja grijanja pomoću prirodnog plina ili električne energije. (Omara, 2020.)

3.1.6. Kompozitni Trombeov zid

Sastoji se od nekoliko slojeva, i poboljšava dva nedostatka Trombeovog zida: gubitak topline tijekom oblačnih dana i neželjeni unos topline tijekom vrućeg vremena. Slojevi kompozitnog zida uključuju poluprozirni pokrov, stijenku za grijanje mase, zatvorenu šupljinu, ventiliranu zračnu šupljinu i izolacijsku ploču (Slika 19.).

Kompozitni Trombeov zid funkcionira na sljedeći način. Prvi sloj, koji je proziran, šalje većinu dobivenih sunčevih zraka. Nastavno, zid spremnika apsorbira dio dobivene sunčeve energije i zagrijava se. Dio apsorbirane energije prenosi se u unutrašnjost zgrade konvekcijom kroz ventilirani kanal. (Saadatian i dr.,2012.) Dodatni zračni sloj kod kompozitnog zida, u odnosu na klasični, povećava toplinsku otpornost sustava.

3.1.7. Fluidizirana Trombeova stijenka

Fluidizirani Trombeov zid temelji se na klasičnom Trombeovom zidu, ali u kojem je praznina između Trombeovog zida i stakla ispunjena visoko upijajućom tekućinom niske gustoće. (Saadatian i dr., 2012.) Princip rada je da se hladan unutarnji zrak zagrijava kroz tekućinu i šalje natrag u prostoriju.

Ventilator prenosi sunčevu energiju koja je dobivena upijajućom tekućinom pomicanjem zagrijanog zraka u prostoriju. Filteri (slika 20.) koji se nalaze na vrhu i dnu zračnog kanala, sprječavaju da fluidizirane čestice uđu u prostoriju. Istraživanja su pokazala da su Fluidizirane Trombeove stijenske učinkovitije u odnosu na klasične, jer je tekućina za prijenos topline u izravnom kontaktu s česticama.

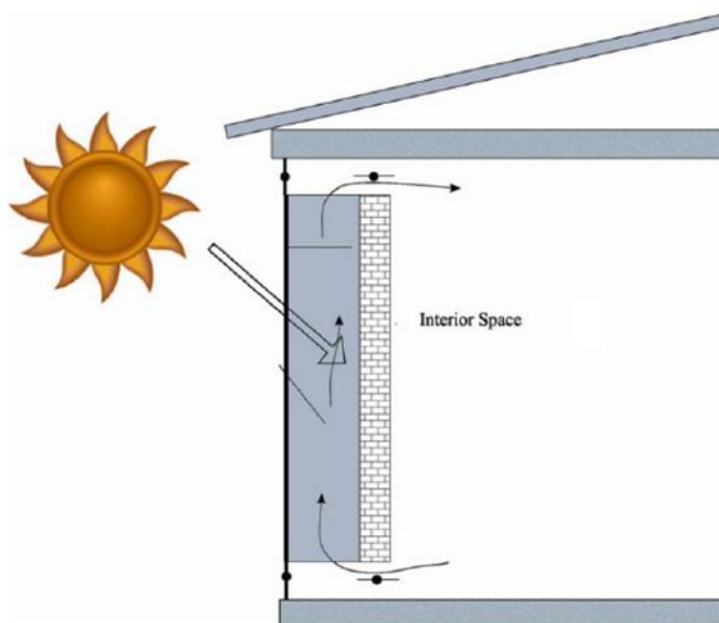
3.1.8. Fotonaponski (PV) Trombeov zid

Prednja strana ostakljenja sastavljena je od fotonaponskih panela koji istovremeno pretvaraju sučevo zračenje u toplinu (Saadatian I dr., 2012.). Koristi se fotonaponska ploča koja sprječava prodor sunčevih zraka u zračni prostor između zidova i

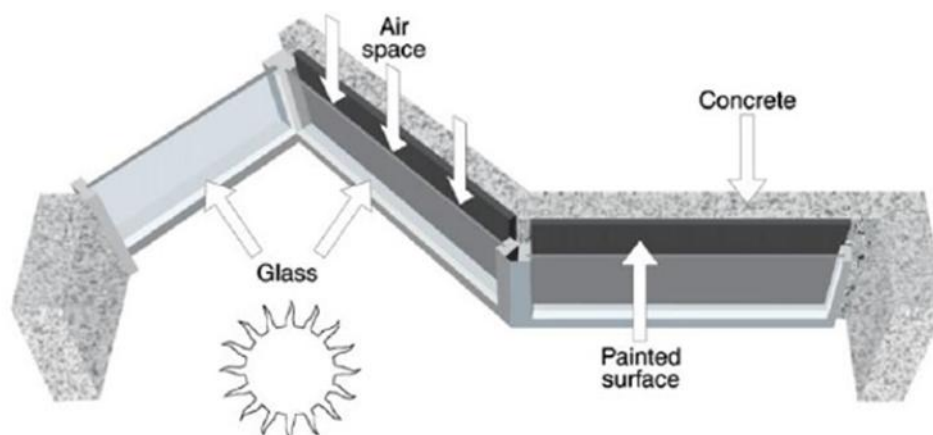
ostakljenja. Zbog toga je učinkovitost smanjena u smislu povećanja topline, ali prednost je proizvodnja električne energije.

3.1.9. Prednosti i nedostaci Trombeovog zida

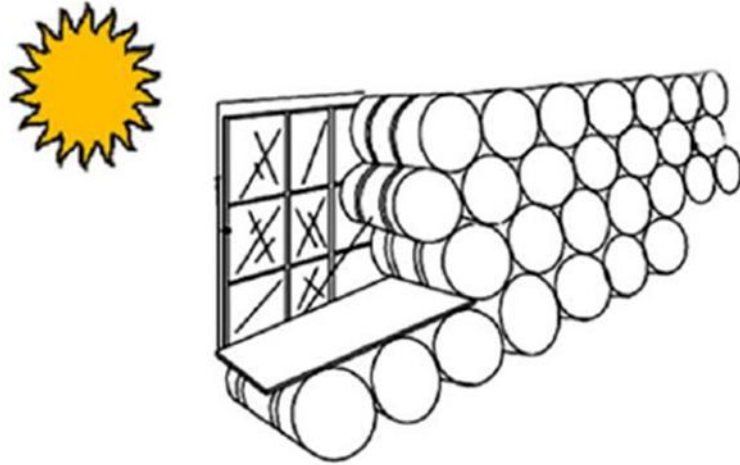
Trombeov zid može smanjiti potrošnju energije zgrade, smanjiti vlagu i vlažnost unutarnjih prostorija. Osim toplinske udobnosti, ekološki su prihvatljivi. Nedostatak je što se prenosi topline iznutra prema van za vrijeme oblačnog razdoblja.



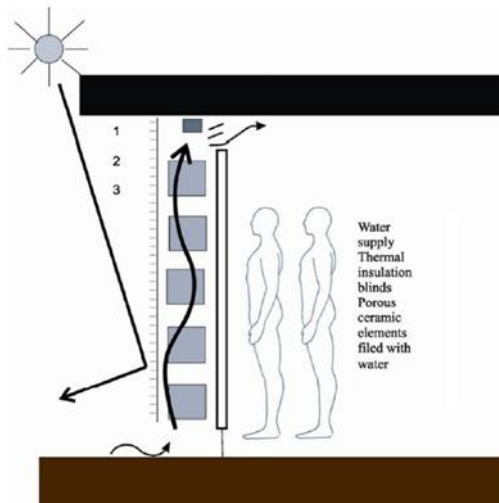
Slika 14. Trombeov zid



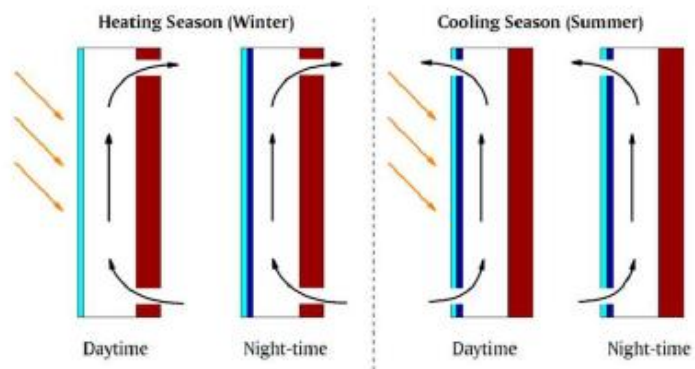
Slika 15. Cik-cak Trombeov zid



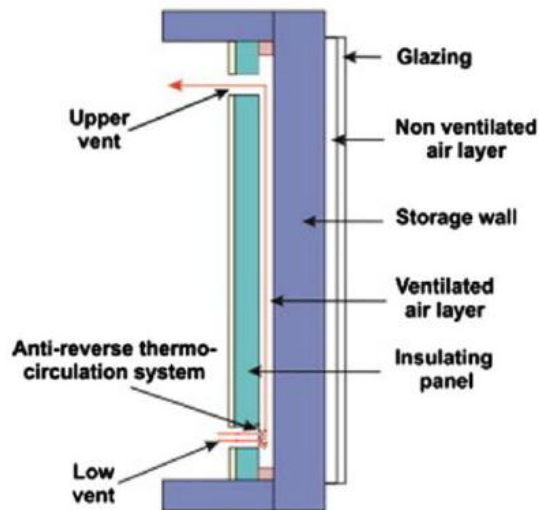
Slika 16. Vodeni zid



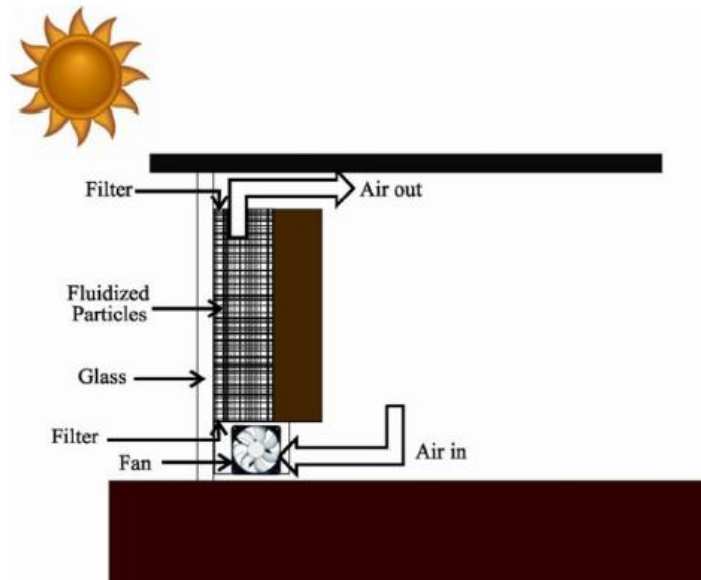
Slika 17. Solarni hibridni zid



Slika 18. Način rada



Slika 19. Slojevi kompozitnog zida



Slika 20. Dijelovi stijenske

3.2. Dvostruka fasada (double-skin facade)

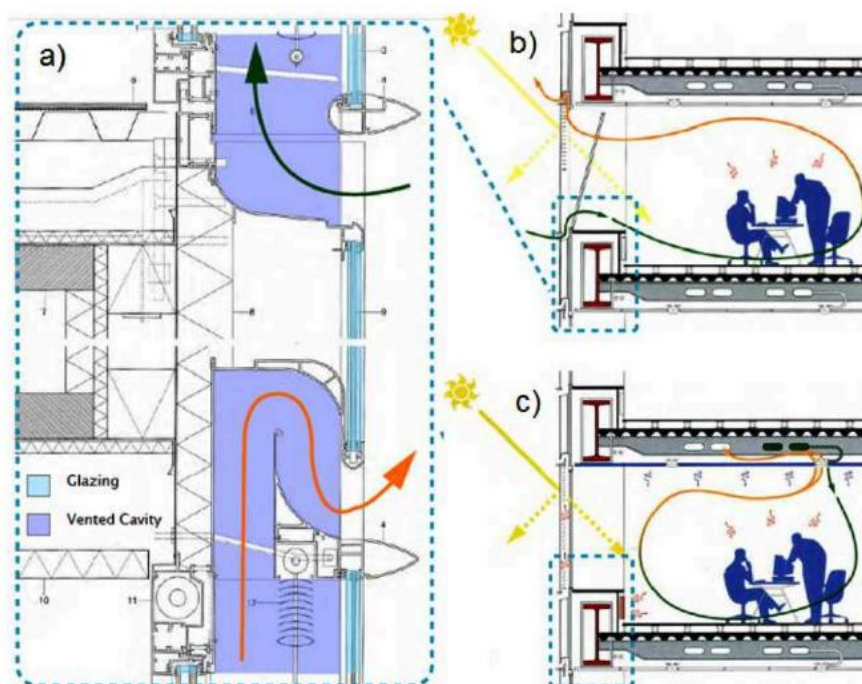
Dvostruka fasada jedan je od principa bioklimatskog dizajna koji omogućuje prirodno grijanje i ventilaciju unutrašnjeg prostora. Također, fokus je na akustici, klimi i održivom okolišu, odnosno smanjenju potrošnje energije. Lokacija objekta i primjena utječu na konstrukciju dvostruke fasade i njezinu primjenu.

Dvostruka fasada se sastoji od dvostrukog sloja fasade odvojenih zračnim hodnikom (koji se također naziva šupljina ili međuprostor) širine do 20 cm do nekoliko metara. Staklene opne mogu se protezati preko cijele konstrukcije ili njenog dijela. Glavni sloj stakla, obično izolacijski, služi kao dio konvencionalnog zida ili zidne zavjese, dok

dodatni sloj, obično jednostruko staklo, postavlja se ili ispred ili iza glavnog stakla. Slojevi čine da zračni prostor između njih radi u korist zgrade prvenstveno kao izolacija od ekstremnih temperatura i zvuka. (Penić i dr., 2014.)

Tablica 21. Staklena fasada

| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Akustika • Toplinska zaštita • Ventilacija tijekom noći • Ušteda energije • Očuvanje okoliša • Smanjen utjecaj vjetra • Prirodna ventilacija • Toplinski komfor | <ul style="list-style-type: none"> • Visoki troškovi gradnje • Troškovi održavanja • Problem pregrijavanja • Visokorizične za požar |



Slika 21. Detalj ventilacije

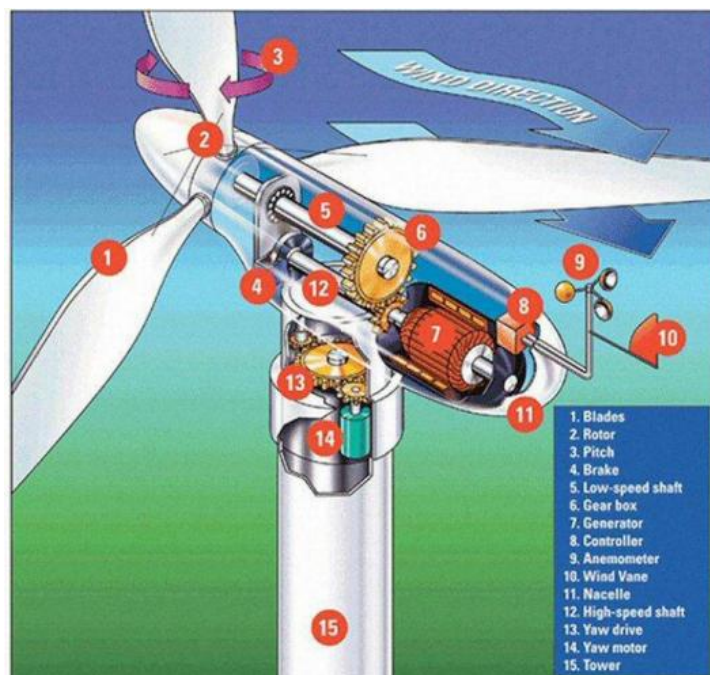
Prvi sloj ostakljenja, odnosno vanjska ovojnica ima otvore kroz koje vanjski zrak ulazi u šupljine između slojeva, a zatim kroz otvoreni prozor, unutarnje ostakljenje ulazi u prostoriju (slika 21). (Penić i dr., 2014.)

Vanjska ovojnica omogućuje prirodni protok ventilacije i smanjuje jak pritisak vjetra. U zimskim danima, vanjski otvori su zatvoreni kako bi se nakupila toplina, a u toplijim danima za potrebe hlađenja otvori omogućuju prirodnu ventilaciju s hladnim zrakom koji ulazi nisko.

3.3. Korištenje vjetra za proizvodnju električne energije - Vjetrenjače

Energija vjetra smanjuje utjecaj na okoliš i korištenje velike količine energije, vode i materijala. Strujanje vjetra može se koristiti za proizvodnju električne energije. Energija vjetra jedna je od najboljih vrsta obnovljive energije jer je jeftina i čista. Sustavi energije vjetra vrlo su važni i korisni. Vjetroturbina je mehanički uređaj koji kinetičku energiju vjetra u kretanju pretvara u električnu energiju. Postoje dvije vrste vjetroturbina; vjetroturbine s vertikalnom osi (VAWT) i vjetroturbine s horizontalnom osi (HAWT). Svaka vrsta ima svoje prednosti i nedostatke. Međutim, važan koncept ili prednost za odabir (VAWT) bio je odnos između vjetroturbine i smjera vjetra. VAWT tip je višesmjernan i ne treba pratiti vjetar. To ih čini pouzdanijima jer ne zahtijevaju složen mehanizam i motore za zakretanje rotora i usmjeravanje lopatica. Osim čega, VAWT-a koristi turbulentne i olujne vjetrove. Takve vjetrove ne hvataju HAWT-i i uzrokuju ubrzani zamor HAWT-ova. Za razliku od velikih komercijalnih vjetroturbina, dostupne su male turbine za stambene potrebe. (Gawad,2016.)

Dijelovi koji su prisutni u većini uobičajenih turbine prikazani su : (1) Lopatice, (2) Rotor, (3) Uspornica, (4) Kočnica, (5) Osovina male brzine, (6) Mjenjačka kutija, (7) Generator, (8) Kontrolor, (9) Anemometar, (10) Vjetrokaz, (11) Gondola, (12) Osovina velike brzine, (13) Pogon skretanja, (14) Motor skretanja , (15) Kula (slika 22.).



Slika 22. Dijelovi turbine

3.4. Voda

Očuvanje vode u izgrađenom okruženju može se postići učinkovitim tehnologijama kao što su tehnike suhe gradnje, skupljanje kišnice, recikliranje/ ponovno korištenje sive vode, rashladni tornjevi i indeks očuvanja vode za zelene zgrade. Potrebno je ukazati na važnost očuvanja vode kako bi se uklonila potencijalna opasnost od nestašice vode u budućnosti. Važno je ukazati na očuvanje vode prilikom projektiranja jer zbog naglog porasta broja stanovništva, prema istraživanjima 50% ukupne vode kućanstva koristi se za ispiranje kupaonica i wc-a (Anolue, 2022.). Zbog mogućih nestašica vode, važno je osigurati dodatne izvore vode za navodnjavanje travnjaka, a pritom očuvati okoliš. Postoje razne tehnologije za smanjenje korištenja vode i zaštitu kvalitete.

3.4.1. Suha gradnja

Suha gradnja znači građenje konstrukcije koja se radi od suhih materijala (slika 23.). Kod gradnje se koristi malo vode zbog korištenja materijala koji nisu betonski mort i žbuka. Koriste se materijali poput gispanih ploča, drva, čelika koji se spajaju kroz otvor za pričvršćivanje vijcima.



Slika 23. Suha gradnja – platformframe konstrukcija

3.4.2. Skupljanje kišnice

Kišnica je prirodni izvor vode koji se može skupljati, koristiti i tretirati kao pitka voda. Kišnicu odlikuje jeftina i jednostavna tehnologija koja se može lako instalirati u normalnim kućanstvima kako bi se ograničilo rasipanje vode. Kišnica se općenito skuplja s krovova, a zatim se taloži u rezervoar s procjeđivanjem. Upotrebljava se za vrt, uzgoj i kućnu upotrebu. Također može se koristiti za punjenje podzemne vode. Skupljanje kišnice odvija se u tri faze: skupljanje, distribucija i skladištenje.



Slika 24. Skupljanje kišnice s krova

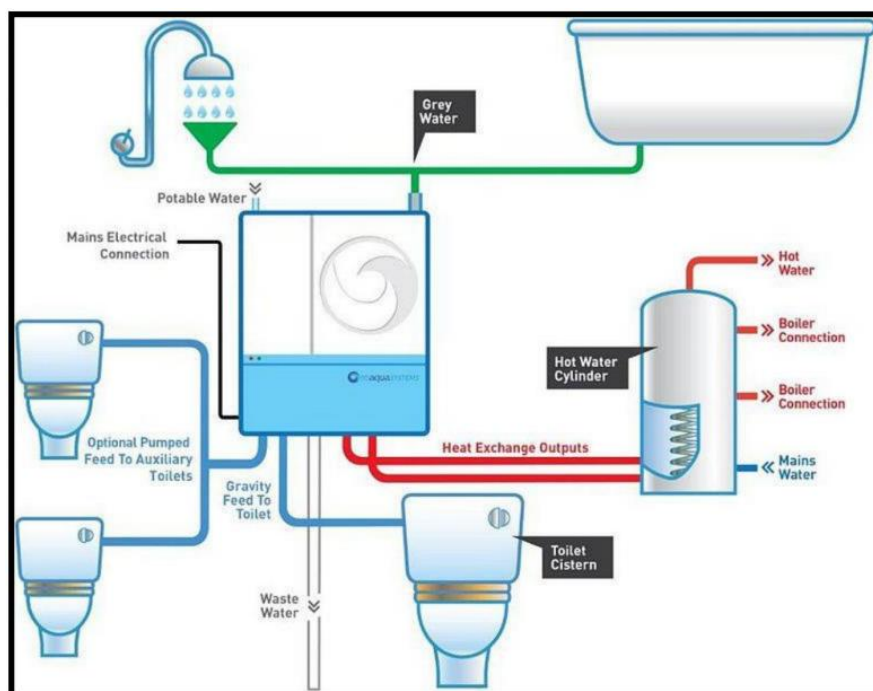
Skupljanje kišnica koja pada na krovove (slika 24.) ili površinu tla, kanalizira se s ruba nategnute površine u spremnike. Skladištenje je najvažnija faza.

3.4.3. Recikliranje i ponovna uporaba sive vode

Svjetska znanstvena organizacija naglašava korištenje sive vode, kao alternativnog vodnog resursa. (Grabić i dr., 2020.)

Recikliranje i ponovna uporaba sive vode vezuje se na kućne otpadne vode, izuzev otpadnih voda iz sudopera i wc-a. Sukladno vrsti i mjestu nastanka otpadnu vodu

možemo podijeliti na: sivu vodu – voda iz tuša, kade i perilice rublja, i crnu vodu – toaletna voda. Prednost korištenja reciklirane sive vode je u tome što je to veliki izvor s niskom koncentracijom organske tvari. Ima vrlo nisku koncentraciju organske tvari. (Anolue, 2022.) Siva voda nalazi se i kod pranja automobila. Prema istraživanjima, prosječno kućanstvo dnevno proizvede 140 litara sive vode (Anolue, 2022.). Kako bi se ponovno iskoristila siva voda, važne su njezine fizikalne i kemijske karakteristike kao i utjecaj bakterija. S obzirom za korištenje vode za navodnjavanje, paraziti ne predstavljaju opasnost za kontaminaciju podzemnih voda zbog njihovih velikih dimenzija, što rezultira njihovim uklanjanjem putem filtracije dok se voda procjeđuje pod utjecajem gravitacije (Grabić i dr., 2020.). Može se tretirati propuštanjem sive vode kroz pješčane filtere, korištenjem prirodnih koagulacijskih sredstava ili tehnikama elektrokoagulacije, kao i drugim biološkim i kemijskim tretmanima.



Slika 25. Sustav recikliranja sive vode

Ponovna upotreba sive vode može se odvijati na dva načina: preusmjeravanjem i pročišćavanjem. Preusmjeravanjem se siva voda direktno ispušta na ciljanu površinu, bez pročišćavanja. Drugi način, odnosno pročišćavanje, podrazumijeva primarno, sekundarno ili UV pročišćavanje (Grabić i dr., 2020.). Pročišćavanje pospješuje kvalitetu vode, osigurava duže skladištenje, i korištenje za navodnjavanje vrta, i poljoprivrednih površina.

Ponovna upotreba vode pruža ekološke pogodnosti poput smanjenja rizika za nesašicom pitke vode, smanjenje uvoza vode, rast poljoprivrednih djelatnosti i održiv vodni sustav. Osim zaštite okoliša, navodnjavanje sivom vodom uključuje i smanjenje troškova. Prisutan je i pozitivan utjecaj na biljke, omekšivači koji se nalaze u sivoj vodi uglavnom su biorazgradivi i ne predstavljaju negativan utjecaj na razvoj biljaka. Prema istraživanjima, siva voda može priskrbiti zalihe pitke vode za 30 do 50% (Grabić i dr., 2020.) i pritom očuvati okoliš.

3.4.4. Rashaldni tornjevi

Koriste vodu za hlađenje i voda koja se koristi kod rashaldnih tornjeva nije pitka. Cirkulirana voda se ne odvodi, već se reciklira u rashladnim tornjevima. Preporuča se korištenje rashladnih tornjeva koji recikliraju gotovo 95% ukupno korištene vode. (Anolue, 2022.)

3.5. Brisolej

Kako bi se smanjila potrošnja energije za hlađenje, postavljanje brisoleja je idealna opcija. Brisolej (slika 26.) propušta sunčeve zrake u unutrašnjost prostorije uz pomoć regulacije i omogućava ravnomjernu raspodjelu sunčeve svjetlosti. Le Corbusier je dizajnirao brisolej, a tijekom 20. stoljeća je postao važan element u arhitekturi za zaštitu od sunca. Prednosti brisoleja su zaštita od sunčeve svjetlosti, zaštita od UV zraka, otpornost na jak vjetar i ušteda energije.



Slika 26. Brisolej

Većinom je prisutan vodoravno postavljen sustav, fiksiran neposredno iznad prozora ili vrata koje treba zasjeniti. To znači da se može osigurati učinkovita sjena bez

ograničenja otvaranja prozora ili vrata. Okomito montirani sustavi obično se više koriste za zaklone za privatnost, ventilacijske zidove i u estetske svrhe. Horizontalno i okomito postavljeni sustavi mogu se isporučiti kao samostalne jedinice ili spojeni u kontinuirani niz.

Često se koriste za zasjenjenje zidova umjesto zavjesa, posebno u poslovnim zgradama koje imaju velike ostakljene površine kao što su saloni automobila, uredi ili škole.

3.5.1. Brisoleji i ekološki materijali

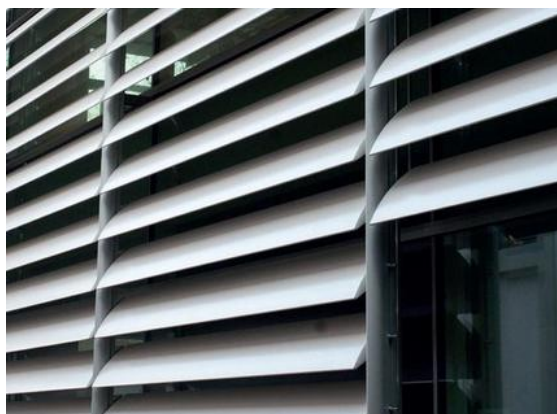
Kompozitni materijali svojom visokom izdržljivošću i održivosti omogućuju zaštitu od sunca. Primjer je ekološkog obnovljivo materijala (slika 27.) koji je izrađen od približno 60% rižinih ljuski, 22% kuhinjske soli i 18% minerala ulja.



Slika 27. Brisoleji od ekološkog materijala

Aluminijski brisolej

Aluminij (slika 28.) ima dobru omjer čvrstoće i težine i koristi se za velike raspone. Prednost je mogućnost izrade u različitim oblicima, a nedostatak je ne prirodan izgled i smanjena ekološka prihvatljivost.



Slika 28. Aluminijski brisolej

Drveni brisolej

Prednost je održivost, a nedostaci su visoki troškovi, vrijeme isporuke te otežana izrada.



Slika 29. Drveni brisolej

Većinom se za vanjske obloge koristi tvrdo drvo. Kako bi se zadržala prirodna boja drva važna je zaštita od atmosferskih utjecaja provedbom tretmana koji omogućuju održavanje prirodne boje.

5.6. Solarni paneli

Najčešći sustavi obnovljive energije koji se koriste su solarni fotonaponski sustavi za proizvodnju električne energije, toplinske pumpe na zrak i solarni sustavi tople vode

(Australian Government, Your Home). Prednosti solarnih panela su niski udio emisije stakleničkih plinova, ekonomska, zdravstvena i ekološka dobrobit. Solarne ćelije su većinom monokristalne, polikristalne ili tankoslojne. Prednost solarnih panela je zauzimanje malo prostora, trajanje do 25 godina i više, lagani su i ne proizvode buku. Paneli se postavljaju uglavnom na stalak ili okvir koji je namješten da dobiva najveću moguću količinu sunčevog zračenja. Većinom se postavljaju na krov zgrada (slika 30.).



Slika 30. Solarni paneli na krovu kuće

Osim što se postavljaju na kuće ili zgrade, paneli se mogu upotrijebiti za poljoprivredne svrhe.

5.7. Zimski vrt

Jedna od najosnovnijih značajki zimskih vrtova je da se svjetlost dovodi izravno u prostor. Zimski vrtovi su vrsta vrtova koji omogućavaju približavanje prirodi u svim godišnjim dobima, gdje se može uživati

na otvorenom tijekom ljetnih i proljetnih mjeseci te komunicirati s okolinom tijekom zimskih mjeseci. (Pirli i dr.,2021.) Utječu na nižu razinu stresa s obzirom na užurban način života. Za izgradnju zimskog vrta koristi staklo što omogućuje otvorenu komunikaciju sa prirodom u ljetnim mjesecima, a u zimskim osigurava zbližavanje s prirodom, odnosno kontakt. U početku se zimski vrt koristio kao staklenik i kako bi se biljke sačuvalo od hladnoće i očuvalo tijekom cijele godine (slika 31.), a danas se koristi za različite namjene.



Slika 31. Zimski vrt

Zimski vrt u viktorijanskom stilu ima staklene krovove i prozore, za razliku od sustava zidanja od opeke (Pirli i dr.,2021.).



Slika 32. Viktorijanski stil

Danas se u većini slučajeva zimski vrt proteže kao nastavak kuće, ako je terasa natkrivena, otvori prema fasadi zatvore se u staklenu stijenu što daje veći korisni prostor i ugodnu atmosferu (slika 33.).



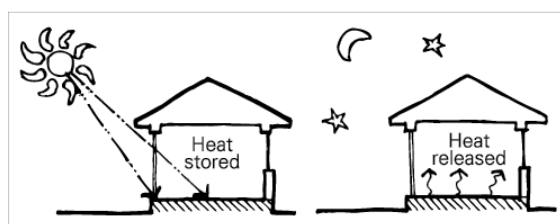
Slika 33. Moderan zimski vrt

U današnje vrijeme staklena veranda je prije svega neka vrsta "solarnog kolektora" koji izvlači i pohranjuje toplinu pomoću efekta staklenika. Osim toga, smanjuje gubitak topline u susjednim prostorijama. (Stolarska i dr., 2019.) Nadalje, najvažniji ciljevi zimskog vrta su ušteda energije, povećanje korisnog prostora i stvaranje ugodne klime uz pomoć biljaka. Najidealniji položaj za zimski vrt zbog topline je južna strana koja je najbolje osvijetljena, također moguće je postaviti i na jugoistočnoj ili jugozapadnoj strani. Istočna strana je većinom u hladu, što zimi znači viši troškovi grijanja, i prima sunčevu svjetlost ujutro. Vrt na zapadnoj strani kuće ljeti ima osunčan krov tijekom dana, a kasno poslijepodne i navečer zid, odnosno staklo što smanjuje troškove grijanja u kasnu jesen, no zimi ga ipak treba grijati (Bedenik, 2020.). Ukoliko se zimski vrt nalazi na sjevernoj strani, veliki nedostatak je što se zimi mora grijati kako bi se održali uvjeti s obzirom da prima najmanje sunca. Zadaća okvira zimskog vrta je izdržati težinu stakla i omogućiti otpornost na razne uvjete (vjetar i snijeg). Konstrukcija je moguća od aluminijske, drvene, PVC-a ili kombinacija materijala. Uvjeti u zimskom vrtu ovise prvenstveno o karakteristikama ostakljenja (Stolarska i dr., 2019.) Staklo ima izvanrednu otpornost na kemijske utjecaje i dobru zvučnu izolaciju. Ostakljenje mora ispunjavati mnoge kriterije među kojima je najvažnije osiguranje toplinske izolacije. Najčešći tipovi ostakljenja su izo-stakla koja se sastoje od tri staklene ploče ispunjene argonom (Stolarska i dr., 2019.). Staklo ispunjeno argonom dobiva na dodatnoj toplinskoj izolaciji jer je argon odličan izolator, teži je od zraka, bezbojan je, nema miris i nije toksičan (<https://amileo.hr/staklo>). U odnosu na zidno ostakljenje, krovno ostakljenje zbog opterećenja poput snijega mora biti jače, stoga se koristi sigurnosno laminirano staklo, 6 do 10 mm debljine s kaljenim gornjim dijelom (Bedenik, 2020.).

Dovođenjem toplog zraka iz zimskog vrta u zgradu tijekom hladnih dana može se zagrijati kuća ili izvlačenjem zraka izvana moguće je hladiti zimski vrt kada je prevruće (Stolarska i dr., 2019.). Podne obloge u zimskom vrtu zahtijevaju otpornost na vlagu i promjene u temperaturi, te po mogućnosti tamni pod zbog upijanja i kasnije oslobađanja topline. Zimski vrt ljeti otvaranjem staklene stijene ili vrata postaje dio vrta i osigurava hlađenje, dok u proljeće i jesen pruža ugodnu temperaturu i uglavnom je zatvoreno. Ventilacija se može odvijati kroz prozore i vrata uz prethodno zagrijani zrak iz staklenika.

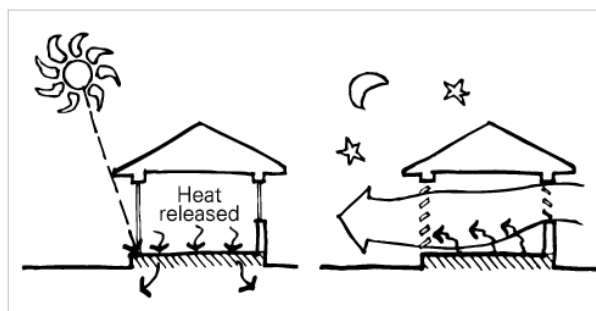
5.8. Korištenje masa

Materijal koji ima toplinsku masu je onaj koji ima sposobnost apsorbaranja, pohranjivanja i otpuštanja sunčeve toplinske energije. Njegova gustoća i razine vodljivosti pomažu u održavanju unutarnje temperature zgrade stabilnom. Objekti koji imaju toplinsku masu imaju svojstvene kvalitete i za grijanje i za hlađenje (Green Passive Solar Magazine). Materijali s velikom toplinskom masom su beton, cigla i kamen. Također, lagani građevinski materijali kao što je poput drva imaju nisku toplinsku masu. Pravilno korištenje toplinske mase omogućuje niže troškove režija. Za veći postotak učinkovitosti važno je toplinsku masu koristiti u kombinaciji s odgovarajućim ostakljenjem, izolacijom i orijentacijom.



Slika 34. Toplinska masa tijekom zime

Tijekom zime (slika 34.) toplinska masa apsorbira toplinu od izravne sunčeve svjetlosti i tijekom noći toplinu ponovno vraća u dom. Za vrijeme ljeta, toplinska masa apsorbira toplinu iz unutrašnjosti i služi za rashlađivanje prostorije (slika 35.). Neodgovarajuća toplinska masa može apsorbirati svu toplinu koju proizvedete zimske noći ili vam zračiti toplinom cijelu noć dok pokušavate spavati tijekom ljetnog toplinskog vala (Green Passive Solar Magazine).



Slika 35. Toplinska masa tijekom ljeta

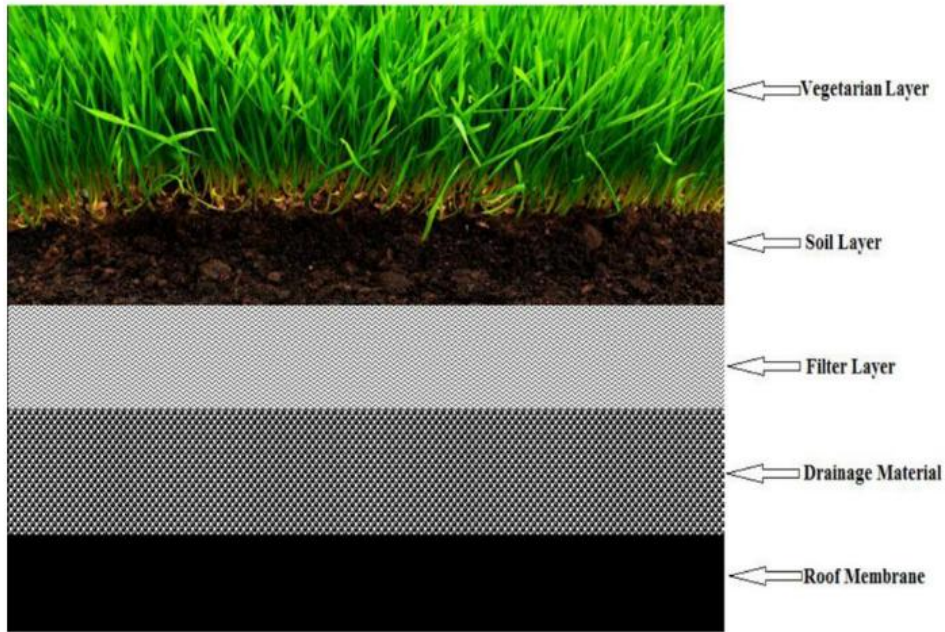
Betonske ploče nude veliku toplinsku masu. Toplinska masa korisna je u većini podneblja, osobito u hladnim klimama i onima s velikom temperaturnom razlikom dan-noć. Pod od betonske ploče pruža jednostavan način dodavanja toplinske mase dizajnu (Australian Government, Your Home).

5.9. Zeleni krov

Zeleni krov odlikuje utjecaj na smanjenje potrošnje energije, očuvanje kišnice i doprinos održivom okolišu. Zelene krovove možemo definirati kao drenažni sloj (za odvođenje viška vode) i vegetacijski sloj supstrata u kojem je voda sačuvana i biljke se ne mogu lako iščupati (Hashemi I dr., 2015.) Također, odlika je smanjenje udjela ugljičnog dioksida, proizvodnja kisika i smanjenje buke od prometa. Dobar izolacijski efekt omogućuje uštedu energije prilikom grijanja i hlađenja.

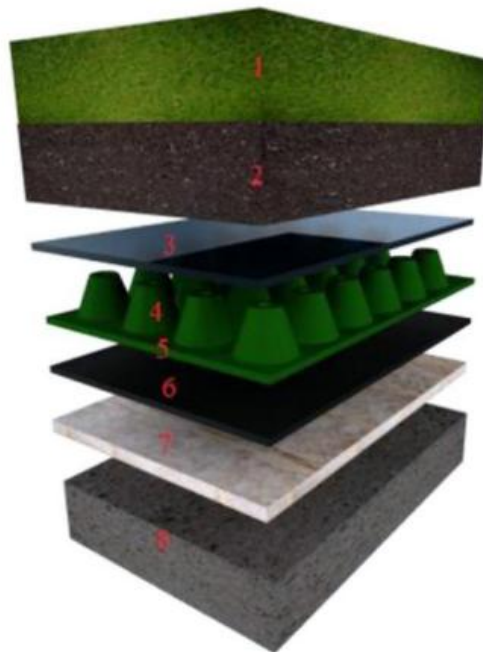
Zeleni krov sastoji se od pet glavnih komponenti od dna do vrha (slika 36.):

- Korijenske membrane i vodonepropusne membrane
- Drenažni sloj
- Filterski sloj prekriven geotekstilnim materijalom
- Držać medija za rast (tlo)
- Krajobrazni materijal na vrhu, tj. biljke (Hashemi I dr., 2015.)



Slika 36. Komponente zelenog krova

Modularni zeleni krovovi (slika 37.) uključuju metalni krov izrađen od valovitog čelika i temeljni izolacijski sloj s krovnom membranom (Hashemi I dr., 2015.).



Slika 37. Dijelovi modularnog zelenog krova

S obzirom na namjenu, građevinski materijal, vrstu vegetacije i dubinu sloja supstrata zeleni krov može biti ekstenzivni i intenzivni. Ekstenzivni je pogodan za velike krovove gdje dubina nije veća od 15 cm i može se koristiti kod kosih krovova. Pogodnost je jednostavan proces izvedbe i financijska mogućnost jer su većinom jeftiniji. U odnosu

na ekstenzivne krovove, intenzivni zeleni krov ima veću bioraznolikost i supstrati su na dubini većoj od 15 cm te smanjuju otjecanje vode u većem postotku u odnosu na konvencionalni krov.

Korištenje zelenog krova počelo je u Njemačkoj za vrijeme energetske krize, stoga je promocija korištenja zelenog krova većinom zbog utjecaja na energiju.

5.10. Zaštita od vjetra u okolišu

Promišljeno odabrano uređenje okoliša može omogućiti zaštitu od vjetra što značajno smanjuje troškove režija. Zaštita od vjetra smanjuje troškove grijanja smanjujući hladnoću vjetra u blizini objekata (Landscaping for Windbreaks). Najbolji vjetrobrani blokiraju vjetar blizu tla korištenjem drveća i grmlja s niskim krošnjama. Gusto zimzeleno drveće i grmlje posađeno sjeverno i sjeverozapadno od kuće najčešći je tip zaštite od vjetra. Drveće, grmlje i grmlje često se sade zajedno kako bi blokirali ili spriječili vjetar od razine tla do krošnji drveća. Zimzeleno drveće u kombinaciji sa zidom, ogradom ili zemljanom gredom (prirodnim ili umjetnim zidovima ili uzdignutim površinama tla) može odvratiti ili podići vjetar iznad kuće. Sadnja blizu južne fasade jer bi drveće odnosno grmlje, onemogućilo skupljanje sunčeve topline od zimskog sunca.

Kvalitetno uređen okoliš na parceli omogućuje sljedeće:

- smanjenje ljetnih i zimskih troškova energije
- zaštitu kuće/zgrade od zimskog vjetra i ljetnog sunca
- zaštitu od buke i zagađenja zraka (ASLA, 1995.)

Promišljeno orijentiran objekt dopušta nizak kut zimskog sunca i odbija ljetno sunce iznad glave te minimalizira rashladni učinak zimskih vjetrova (ASLA, 1995.). Kod izgradnje zgrade, potrebno je obratiti pažnju na njegovu orijentaciju. Pročelje s najviše prozora trebalo bi okrenuti prema jugu ili jugoistoku. Pročelja prema sjeveru i zapadu trebaju imati manje prozore jer su ti zidovi većinom okrenuti prema učestalim vjetrovima tijekom zime. Otvori prema sjeveru imaju minimalno izravnog sunca. Kako bi se zgrada tijekom ljeta zaštitila od topline, a tijekom zime primala sunčeve zrake, idealno je listopadno drveće. Za zgrade gdje se koriste solarni paneli za grijanje, nije poželjno saditi drveće na južnoj strani zbog činjenice da će grane stabala zaustaviti zimsko sunce.

5.11. Trijem

Trijem čuva ulaz zgrade od kiše i snijega, točnije nepovoljnih vremenskih uvjeta, a za vrijeme ljetnih mjeseci omogućuje hlad (slika 38.). Također, trijem je poveznica između kuće i ulice, odnosno orijentira zgradu prema ulici.

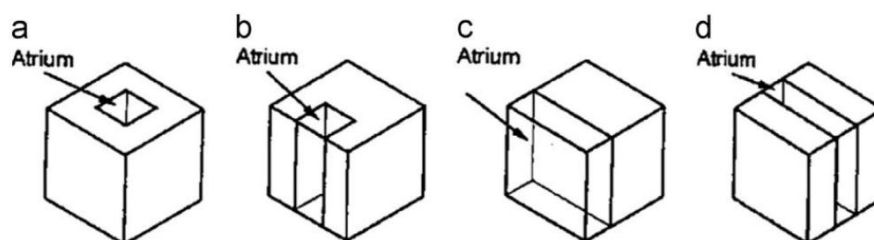


Slika 38. Trijem

5.12. Atrij

Atrij predstavlja važno rješenje za grijanje i hlađenje u zgradi, odnosno pospješuje mikroklimu zgrade. Povezanost između atrija i klime vidljiva je još u Rimsko doba. Rimski atrijska kuća ukazuje na mnoge ekološke segmente, poput malo prozora, prikupljanje kišnice te raspored prostorija oko atrija. Smještaj atrija je glavni segment koji određuje ekološke prednosti atrija. Na temelju položaja, četiri glavna oblika atrija su:

- Centralizirano
- Poluzatvoreno
- Pričvršćeno
- Linearno



Slika 39. Oblici atrija

Atrij omogućava prirodno svjetlo, toplinsku udobnost, te pomaže kod prirodne ventilacije i cirkulacije zraka. Uz navedene prednosti, osigurava i dodatnu vrijednost nekretnine. Atrij pričvršćen za zgradu kao staklena fasada (slika 39.c) pogodan je za umjerene klimatske uvjete kako bi se zimi dobilo više sunčeve energije (Moosavi i dr.,2014.). Centraliziran i linearni atrij najčešći su za vruće i vlažne klime, zbog smanjenja temperaturnih fluktuacija za vrijeme vrućih i umjerenih godišnjih doba. Atrij se danas najčešće koristi kao zimski vrtu u staklu u sredini objekta. Toplinska udobnost moguća je zbog postupnog prijelaza sa vanjske klime na unutrašnju temperaturu. Dizajn atrija u objektu treba biti u balansu sa potrebom za grijanjem, odnosno hlađenjem te na udobnosti. Atrij kao prijelazna zona između objekta i dvorišta, omogućuje uštedu energije.

5.13. Osvrt na principe projektiranja

U zelenoj gradnji koriste se brojni principi projektiranja. Primjena analiziranih principa ovisi o klimatskim promjenama. Principi omogućavaju minimalno stvaranje otpada i smanjenje potrošnje energije što pozitivno utječe na zdravlje korisnika i udobnost unutar zgrade.

6. DISKUSIJA

Za potrebe ovog rada, osmišljen je objekt za druženje mjesne zajednice jednostavnog tlocrta. Sastoji se od dva dijela, u prvom dijelu centra nalazi se kafić, a u drugom dijelu je konferencijska dvorana, ured za potrebe mjesne zajednice i također objekt je u drugom dijelu obogaćen knjižnicom koja može poslužiti za doniranje i posuđivanje raznolike literature u mjesnoj zajednici. Na bazi gore opisanog tlocrta, točnije spomenutih korisnih površina objekta u nastavku je prikazana primjena rješenja odnosno principa projektiranja za što zeleniju gradnju. U odnosu na gore opisan osnovni tlocrt, ulaskom u objekt u novom rješenju tlocrta vidljiv je atrij koji svojim položajem u objektu omogućava prirodno svjetlo i ventilaciju. Osim navedene prednosti, svojim položajem dijeli objekt na dva dijela, te se ulaskom u zgradu na jednoj strani nalazi kafić, a na drugoj strani ured, konferencijska dvorana i knjižnica, te wc i tehnička soba. Kako bi se maksimalno iskoristila sjeveroistočna strana objekta, korisna površina kafića je povećana dodavanjem zatvorene terase, a jugoistočna strana kafića obogaćena je zimskim vrtom. Zimski vrt je zatvoren energetske efikasnom staklenom stijenom i može se otvoriti. Zatvorena terasa i zimski vrt povezani su pomičnom staklenom stijenom koja omogućava njihovo spajanje. Zatvorena terasa na sjeveru ima zid koji štiti od vjetrova, a na istoku staklenu stijenu. Za pasivni sustav ventilacije, postavljena su dva vjetrotopnja, odnosno solarni dimnjaci uz koje se mogu smjestiti potrebne instalacije. Podne obloge se u jednom dijelu objekta od bambusa, a drugi dio ima pod od prirodnog linoleuma. Unutarnji zid konferencijske dvorane sadrži zvučnu izolaciju od ovčje vune. Objekt ima zeleni krov koji se sastoji od nosive konstrukcije, betona u padu od ekspanzirane gline, parne brane, toplinske izolacije od pluta, hidroizolacije, korijenske membrane, drenažnog sloja, filterskog sloja prekrivenog geotekstilom, tla i zelenila. Na zelenom krovu postavljeni su solarni paneli i vjetrenjače. Osim na krovu, vjetrenjače su postavljene i na rubu parcele, uz već posađena stabla za zaštitu od vjetrova. Također, za zaštitu od sunca na fasade je postavljen brisolej, za prostorije ureda, konferencijske dvorane i knjižnice kako bi se ravnomjerno raspodijelile sunčeve zrake. U zelenoj gradnji, idealno bi bilo koristiti drvenu konstrukciju, ali kako se zbog primjene Trombeovog zida koristi armirani beton, a nije moguće koristiti različite vrste konstrukcija, u ovom objektu se koristi armirani beton. Trombeov zid okrenut je prema suncu, i može biti na južnoj i zapadnoj strani. Funkcija zida je zagrijavanje ili hlađenje prostora i obično se izrađuje od opeke, betona ili

kamena. Između nosive konstrukcije i stakla nalazi se međuprostoru u razmaku od 20 cm. Također Trombeov zid štedi grijanje čak za 30% prema istraživanjima. Nastavno na gore opisano, s obzirom na primjenu Trombeovog zida koji se izrađuje od gore navedenih materijala, a primjerice ekološka zelena opeka još je u istraživanju i nije dovoljno poznata da bi se upotrijebila. Također pravila građevinske struke nalažu kako nije moguće kombinirati različite vrste konstrukcija. Stoga se u cijelom objektu koristi u cijelom objektu. Površina osnovnog tlocrta iznosi 457, 68 m², izradom novog prijedloga gdje su primjenjeni neki principi za zeleniju gradnju iznosi 717, 36 m², odnosno povećanje iznosi 56,7%.

7. ZAKLJUČAK

Zelena gradnja omogućava zaštitu okoliša te potiče korištenje obnovljivih izvora energije i materijala. Obnovljivi izvori energije smanjuju koncentraciju onečišćenog zraka i značajno utječu pozitivno na zdravlje korisnika. Također važnost je na korištenju obnovljivih, ekoloških i lokalnih materijala, odnosno izbjegavanje materijala koji stvaraju emisije štetnih plinova.

Nastavno na proučene definicije zelene gradnje te navedene karakteristike pojedinih definicija, najvažnije karakteristike zelene gradnje su racionalnije korištenje vode, smanjenje ispuštanja štetnih plinova u zrak, razvoj novih materijala čime se pospješuje zdravlje korisnika i dostupnost proizvoda odnosno prednost se daje proizvodima iz okolice. Također, među najvažnijim karakteristikama je i kvaliteta unutarnjeg zraka odnosno važnost je na udobnosti i ugodnoj okolini.

Gledano s građevinskog aspekta, materijali i principi gradnje su najvažnije karakteristike koje su istražene. Opisani su ekološki i obnovljivi materijali, koji imaju svoju primjenu od izolacije do nosive konstrukcije, te podnih obloga. Za nosive konstrukcije posebno se ističe drvo, slama i kamen, za obloge i završne radove ovčja vuna, slama, bambus, konopljin beton, celuloza, pluto i prirodni linoleum.

Među principima projektiranja opisani su principi koji omogućavaju što zeleniju gradnju, u odnosu na klasičnu gradnju. U objektu društvene namjene, koji je razrađen shematski primijenjeni su principi koji omogućavaju zeleniju gradnju i manje onečišćavanje okoliša. Primijenjen je u društvenom centru za mjesnu zajednicu između ostalog atrij, zimski vrt, brisolej, vjetrotornjevi i Trombeov zid. Također, na krovnoj plohi primijenjen je zeleni krov te korištenje solarnih panela i vjetrenjača.

Osim upoznavanja javnosti sa zelenom gradnjom i njezinim prednostima, te poticanje zelene gradnje kroz poticaje, kako bi se očuvao okoliš i usporile klimatske promjene, potrebno je istraživati nove ekološke materijale koji bi se mogli koristiti kao posebno nosivi elementi u zelenoj zgradi.

LITERATURA

- [1] Overview of Green Buildings, J. Cullen Howe,
- [2] Green Building Construction Techniques, P.G. Student – M.E. (Construction & Management), International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2012
- [4] Green Building, Government of India, Ministry of Railways, CAMTECH/2009/C/GREEN BUILDING/1.0, February – 2009
- [5] Green Building as Concept of Sustainability Sustainable Strategy to Design Office Building, Hisham Galal Elshimy, Pharos University, 2015
- [3] Vrančić T., Najveća gospodarska građevina od bambusa, <http://casopisgradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE64201205RUBRIKE4Zanimljive-gradjevine.pdf> pristup 27.11.2022.
- [4] <https://theconstructor.org/building/green-building-materials/7028/> pristup 27.11.2022.
- [5] <https://corksolut.com/latest-news/is-cork-sustainable-eco-friendly/> pristup 28.11.2022.
- [6] Green Building, Shahriar Shams i M. Motiar Rahman, March, 2017
- [7] Denes O., Florea I., Manea D. L.: Utilization of sheep wool as a building material, 2019., Procedia Manufacturing 3, https://www.researchgate.net/publication/332595258_Utilization_of_Sheep_Wool_as_a_Building_Material,
- [8] Tanja Vrančić, Građevinar 12/2018, <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-70-2018-12-9-VUNA.pdf> pristup 30.11.2022.
- [9] Anđela Bogdan, Građevinar 1/2020, <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-72-2020-8-Zelena.pdf> pristup 30.11.2022.
- [10] The ecology of building materials, Second edition, Bjørn Berge, Elsevier, 2009
- [11] Josip Užar, Drvo – materijal u suglasnosti s prirodom, 2013
- [12] Using natural stone for buildings – an analysis of educational programs in Romania, D. Rusu and R Muntean, Transilvania University of Brasov, Faculty of Civil Engineering, Romania, 2022
- [13] Primjena kamena u graditeljstvu, Lado Pletikosi,

- [14] Hemp Concrete: A Sustainable Green Material for Conventional Concrete, Sudarshan D. Kore, 2021
- [15] Cork as a building material: a review, Sofia Knapic, Vanda Oliveira¹, Jose´ Saporiti Machado², Helena Pereira¹, 2016
- [16] Linoleum as floor covering; characteristics, application and maintenance, Raquel Bastos, 2016
- [17] Mechanical and Durability Performance of Coconut fiber, Jawad Ahmad, 2022
- [18] Akumulacija sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama, Željko Koški, 2010, <https://hrcak.srce.hr/file/94763>
- [19] A review of current work in research of Trombe walls, Xin Wang, Qiao Xi¹, I Qingsong Ma, 2021
- [19] Trombe walls with phase change materials: A review, Adil Omara, 2020
- [20] Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development, Omidreza Saadatian, K.Sopian, C.H.Lim, NilofarAsim, M.Y.Sulaiman, 2012.
- [21] Utilization of Wind Energy in Green Buildings, Ahmed Abdel Gawad, 2016.
- [22] WATER USE EFFICIENCY AND CONSERVATION IN GREEN BUILDINGS, Martha Amaka Anolue i Agu Augustine Obinna, 2022.
- [23] Potencijali sive vode za navodnjavanje urbanog zelenila: osvrt na stanje u Republici Srbiji, Jasna Grabić, Bojana Bubalo i Emina Mladenović, 2020.
- [24] The Applications of Materials, Framework, and Designs in Green Buildings, Peiran Dong, 2022.
- [25] Experimental study of cross-laminated timber wall panels, Johan Vessby, Bertil Enquist, Hans Petersson i Tomas Alsmarker, 2009
- [26] Energy performance of cross-laminated timber panel (X-Lam) buildings: A case study, Francesco Nocera, Antonio Gagliano i Maurizio Detommaso, 2018
- [27] Rain Water Harvesting, Ananya Sharma, 2022.
- [28] Revitalisation strategies for modern glass facades of the 20 th century, Uta Pottgiesser, 2009.
- [29] Review on Energy and Fire Performance of Water Wall Systems as a Green Building Façade, Uthpala Rathnayake , Denvid Lau i Cheuk Lun Chow, 2020.
- [30] Double skin facades in energy efficient design, Milja Penić, Nikolay Vatin i Vera Murgul, 2014

- [31] Double Skin Facades in Use, A Study of Configuration and Performance of Double Skin Façade, Case Studies some Office Buildings, 2016
- [32] Upotreba brisoleja u cilju smanjenja potrošnje energije u zgradarstvu, Z. Đorđević, 2012
- [33] <https://www.solinear.co.uk/wp-content/uploads/2018/04/Solinear-Q071-Issue-3DP-2.pdf> pristup 20.12.2022.
- [34] <https://www.maplesunscreening.co.uk/brise-soleil-explained> pristup 20.12.2022.
- [35] <http://www.briseroleil.it/en/brise-soleil-legno/> pristup 20.12.2022.
- [36] The Effect of a Winter Garden on Energy Consumption of a Detached Passive House, Agata Stolarska, Karolina Kurtz-Orecka i Sylwia Mielnikiewicz, 2019.
- [37] Winter Gardens, Atakan Pirli I Bahriye Gulgan, 2021
- [38] Green Passive Solar Magazine
<https://greenpassivesolar.com/passivesolar/buildingcharacteristics/thermal-mass/> pristup 21.12.2022.
- [39] Gaseous and thermal analysis of winter garden used for air regeneration throughout office buildings, Kestutis Valancius, Sabina Paulauskaitė I Violeta Miseviciute, 2018
- [40] <https://agardenthroughtime.wordpress.com/a-garden-through-time/1970s/origins-of-the-winter-garden/#jp-carousel-254> pristup 10.01.2023.
- [41] <https://amileo.hr/staklo> pristup 10.01.2023.
- [42] Problematika urejanja zimskih vrtov v individualnih vrtovih v Ljubljani: diplomsko delo, Petra Bedenik, 2020.
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=116299>
- [43] Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review, s. S. G.Hashemi i Hilmi Mahmud, 2015
- [44] Green Roof Design: State of the Art on Technology and Materials, Stefano Cascone, 2019
- [45] Australian Government, Your Home, <https://www.yourhome.gov.au/passive-design/thermal-mass> pristup 11.01.2023.
- [46] Australian Government, Your Home
<https://www.yourhome.gov.au/materials/concrete-slab-floors> pristup 11.01.2023.

- [47] Australian Government, Your Home
<https://www.yourhome.gov.au/energy/renewable-energy> pristup 11.01.2023.
- [48]<http://www.slcdocs.com/historicpreservation/GuideRes/Ch5.pdf> pristup
11.01.2023.
- [49] Landscaping for Windbreaks,
<https://www.energy.gov/energysaver/landscaping-windbreaks> pristup 11.01.2023.
- [50] Landscaping for Energy Efficiency, U.S. Department of Energy (DOE) by the National Renewable Energy Laboratory (NREL), a DOE national laboratory, ASLA, 1995
- [51]<https://www.montgomerycountymd.gov/DEP/Resources/Files/PostersPamphlets/landscapingwinter.pdf> pristup 19.02.2023.
- [52] The sustainable design of atrium at the times of adaptation to the impacts of climate change; the case of Mediterranean cities, Marina Panagiota Nastou i Stelios Zerefos, 2022.
- [53] ENERGY EFFICIENT ATRIUM DESIGN FOR DIFFERENT CLIMATE ZONES, Ayşe şeyma Arslantaş i Idil ayçam, 2021.
- [54] Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation Effective designs, Leila Moosavi, Norhayati Mahyuddin, Norafida AbGhafar i Muhammad AzzamIsmail, 2014.
- [55]Glasnović Z., Slama kao superiorni građevinski materijal, 2008.,
<https://www.fkit.unizg.hr/news/31890/Tehnoeko%20-%20Slama.pdf>

PRILOZI

Osnovni tlocrt društvenog centra

Tlocrt novoplaniranog stanja društvenog centra

Situacija

Tlocrt odvodnje oborinskih voda sa krovnih ploha

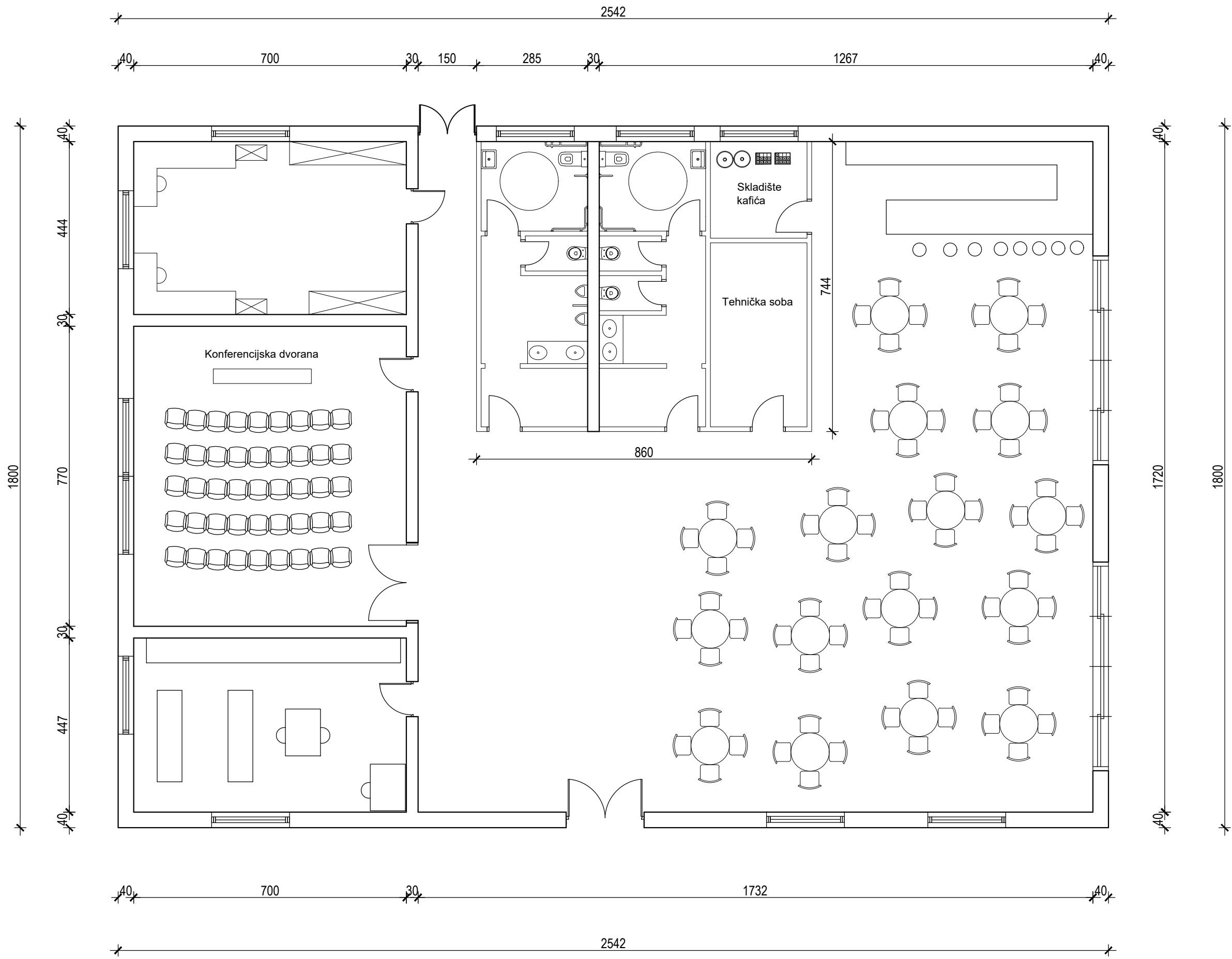
Presjek A-A'

Južno pročelje

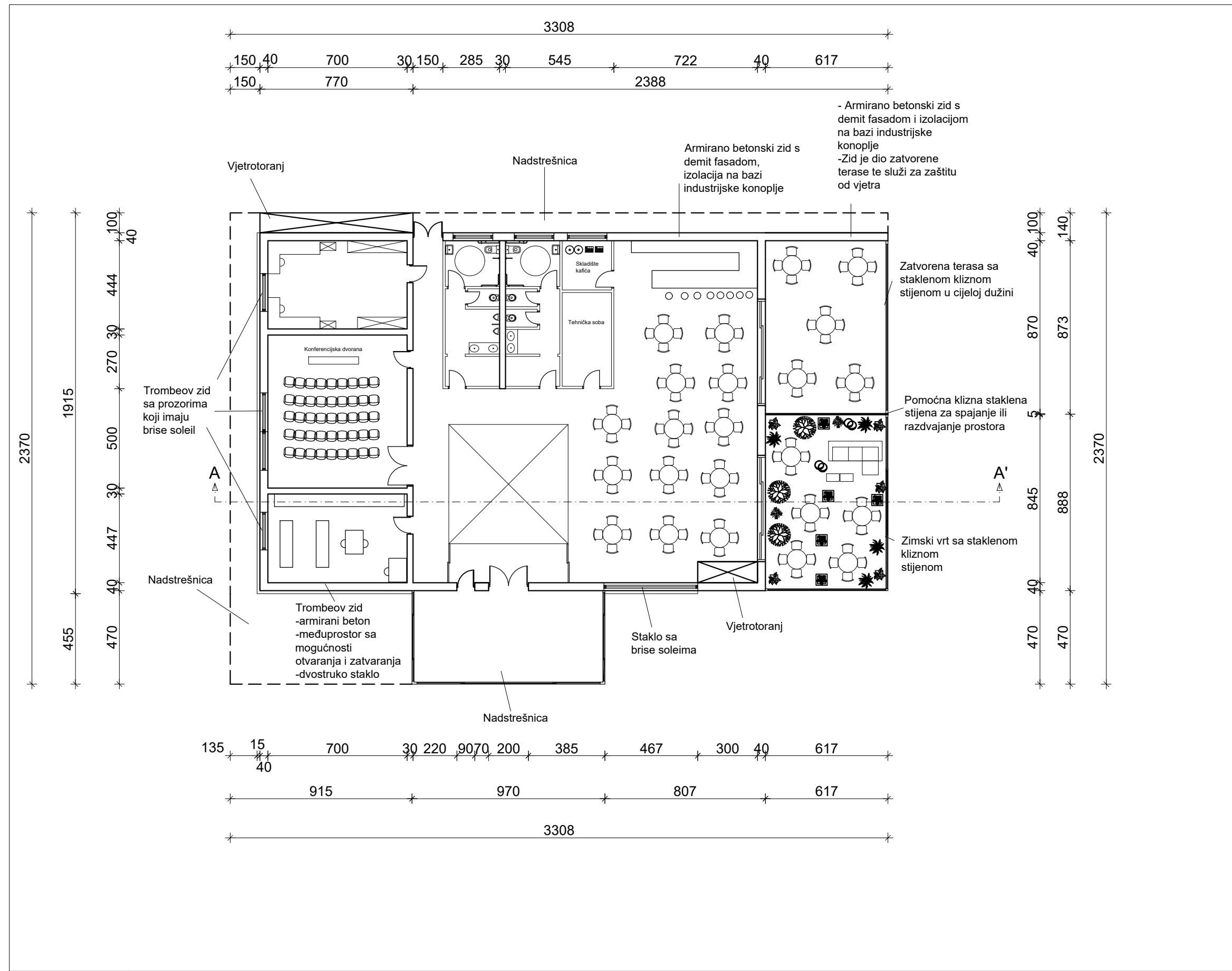
Zapadno pročelje

Sjeverno pročelje

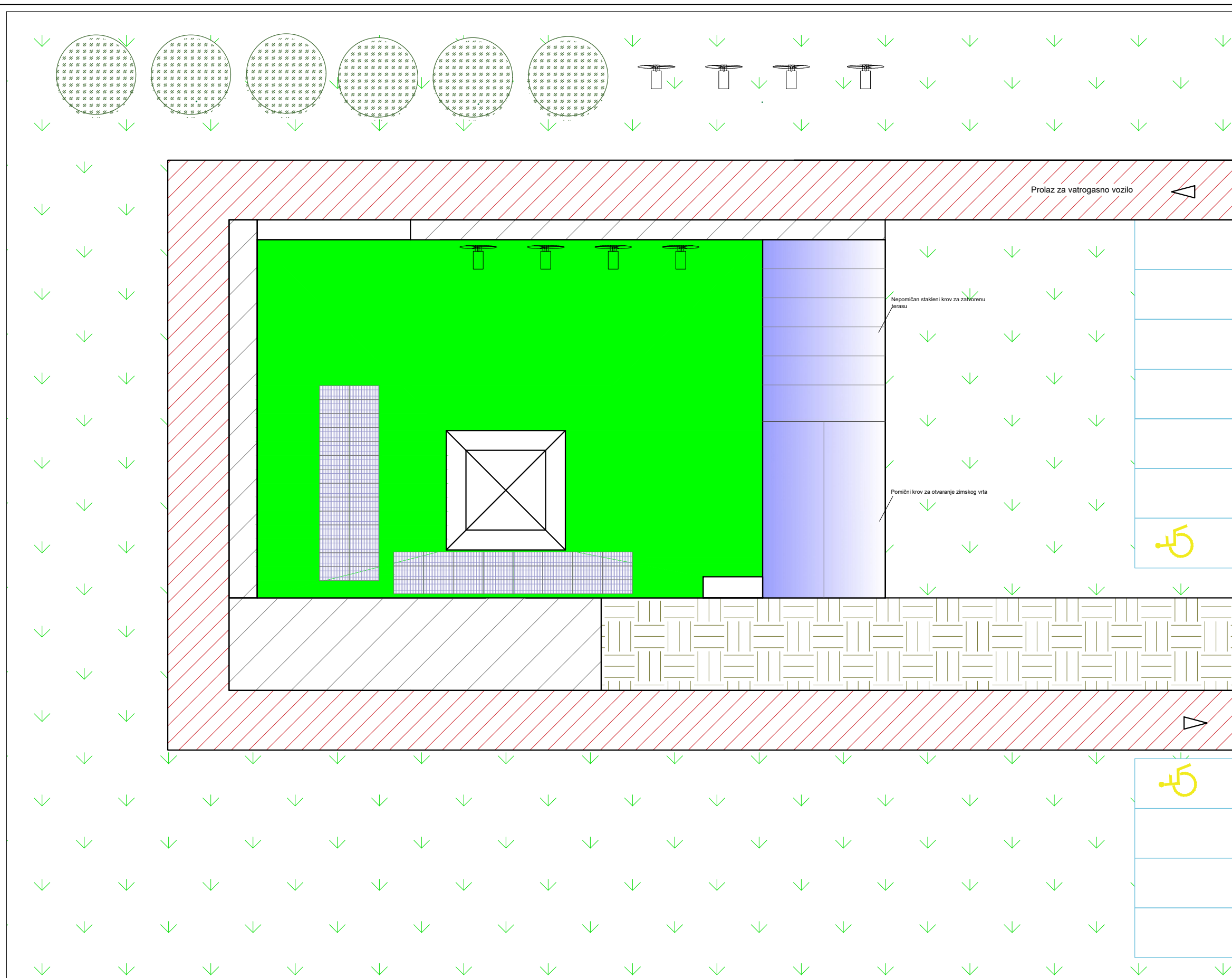
Istočno pročelje



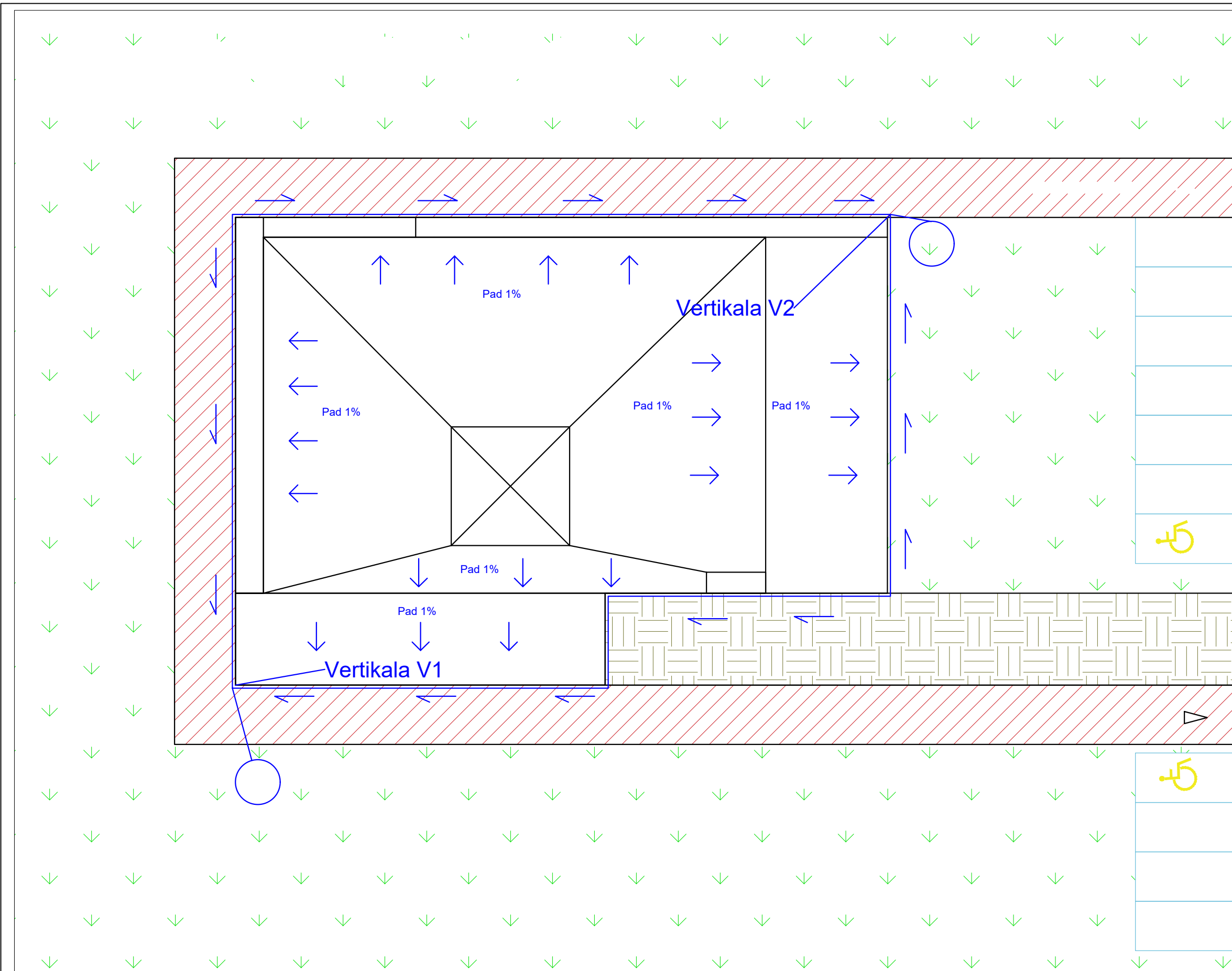
| | |
|--|--|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | Sadržaj nacrt: OSNOVNI TLOCRT DRUŠTVENOG CENTRA |
| Student: Stefani Jelenić | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. |
| | Mjerilo: 1:100 |
| | List: 1 |



| | | | |
|--|-----------------------|--|------------|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | | | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | | Sadržaj nacrt: TLOCRT NOVOPLANIRANOG STANJA DRUŠTVENOG CENTRA | |
| Student: Stefani Jelenić | | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI | |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. | Mjerilo: 1:200 | List: 2 |

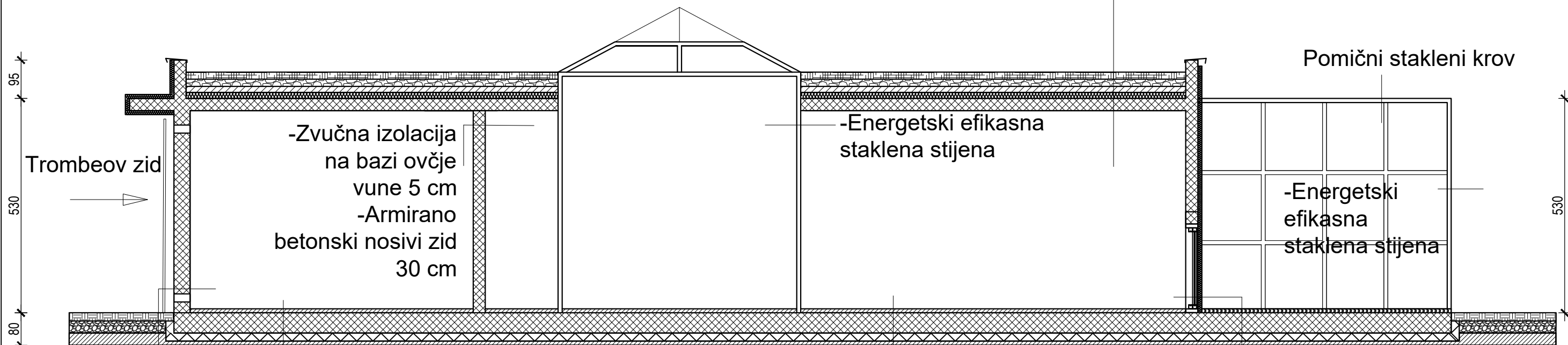


| | | | |
|--|--|-------------------|------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | Sadržaj nacrta: SITUACIJA | | |
| Student: Stefani Jelenić | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI | | |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. | Mjerilo: 1:200 | List: 3 |



| | |
|--|---|
| GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | Sadržaj nacrt: TLOCRT ODVODNJE OBORINSKIH VODA SA KROVNIH PLOHA |
| Student: Stefani Jelenić | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. |
| | Mjerilo: 1:200 |
| | List: 4 |

Zeleni krov (Tlo, Filterski sloj prekriven geotekstilom, Drenažni sloj, Korijenske membrane)-
 Hidroizolacija 1 cm-
 Toplinska izolacija od pluta 15-20 cm -
 Parna brana-
 Lagani beton u padu 1% od ekspanzirane gline 15 cm-
 Nosiva konstrukcija 25 cm-



-Zvučna izolacija
 na bazi ovčje
 vune 5 cm
 -Armirano
 betonski nosivi zid
 30 cm

-Energetski efikasna
 staklena stijena

-Energetski
 efikasna
 staklena stijena

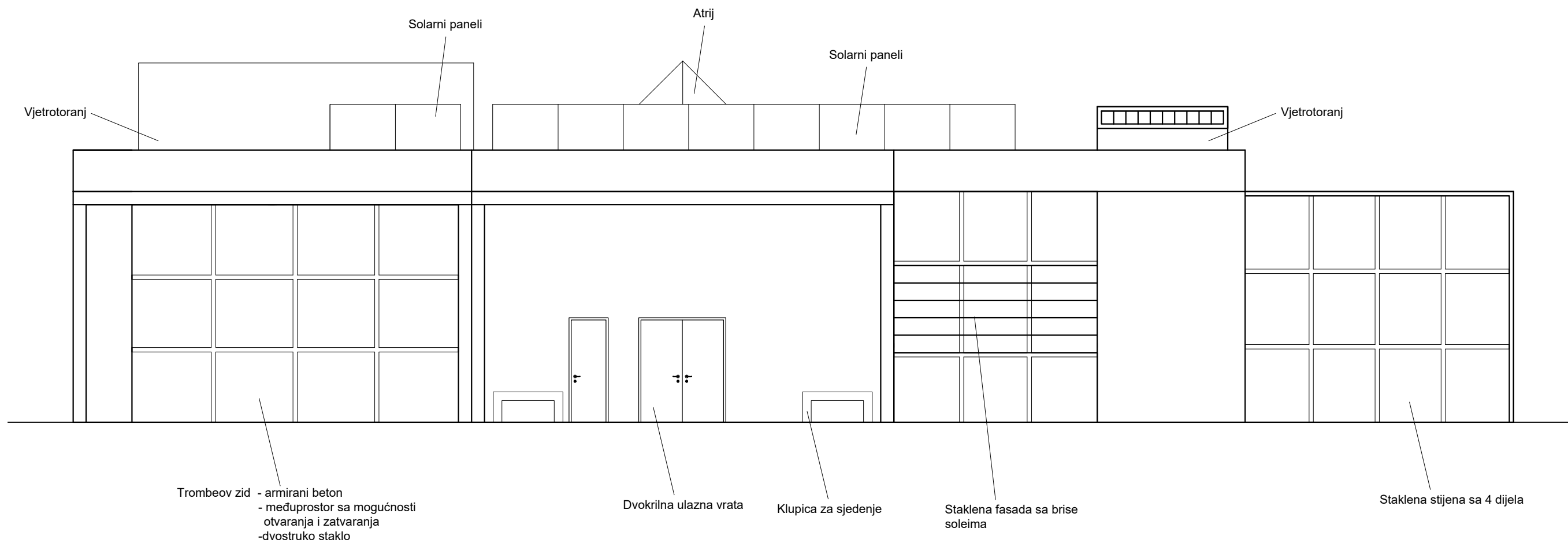
-Pod od prirodnog linoleuma
 -Plivajući pod 5 cm
 -Hidroizolacija 1 cm
 -Temeljna ploča 50 cm
 -Toplinska izolacija 20 cm
 -Podložni beton 10 cm

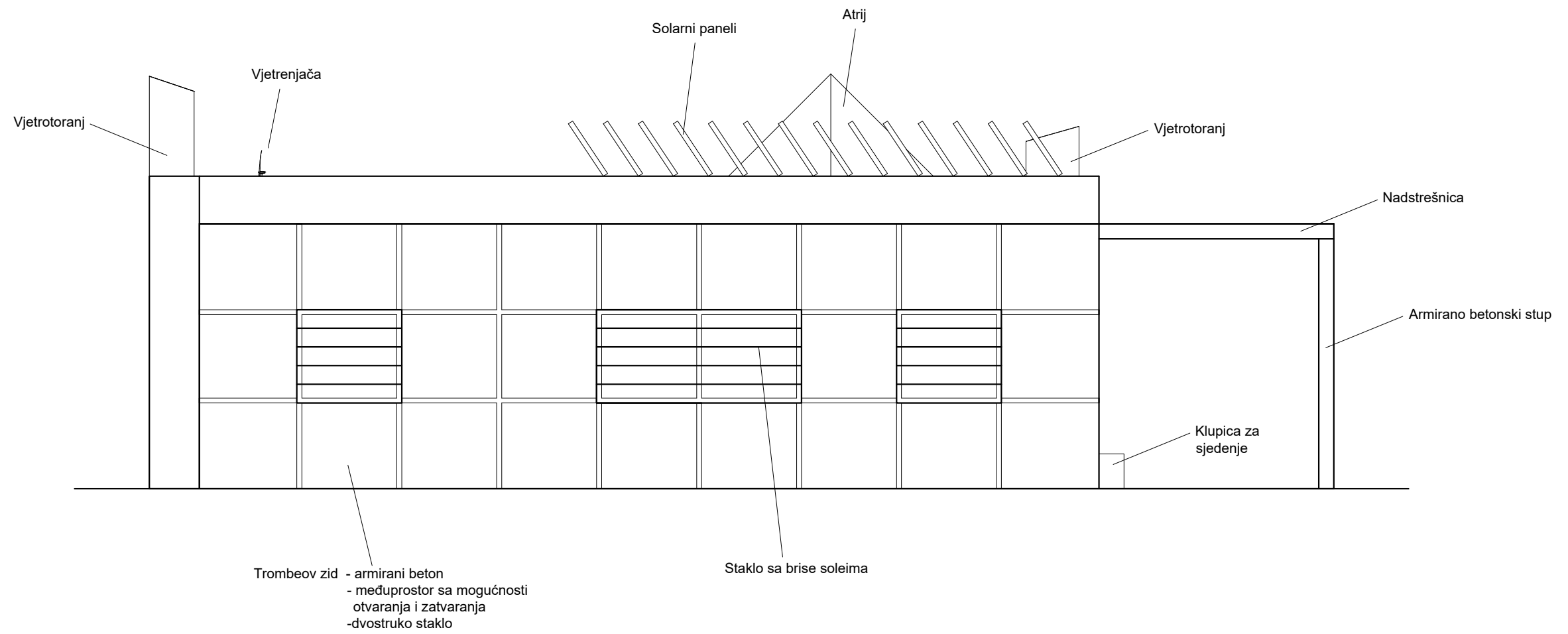
-Pod od bambusa
 -Plivajući pod 5 cm
 -Hidroizolacija 1 cm
 -Temeljna ploča 50 cm
 -Toplinska izolacija 20 cm
 -Podložni beton 10 cm

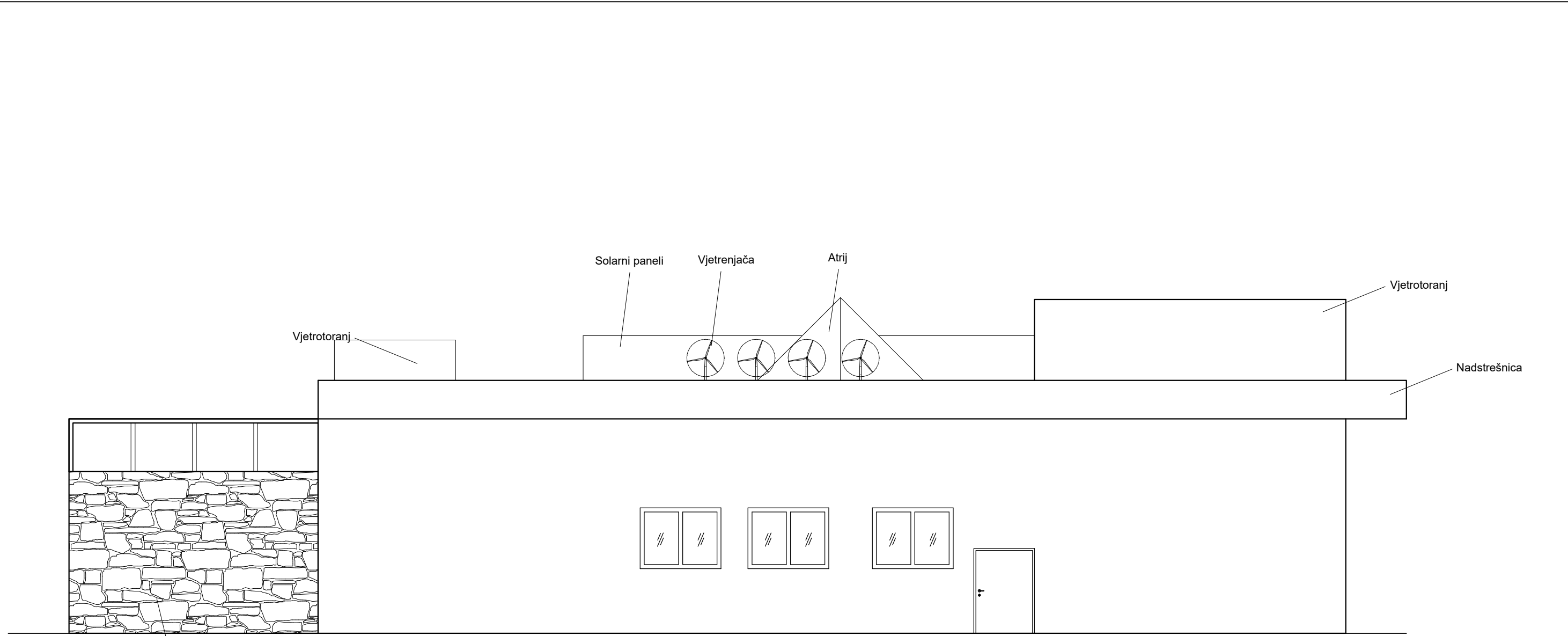
-Toplinska
 izolacija sa
 fasadom 10 cm
 -Armirano
 betonski nosivi zid
 30 cm

-Armirani beton 30 cm
 -Međuprostor 20 cm sa mogućnosti zatvaranja i otvaranja
 -Dvostruko staklo 32-64 mm

| | | | |
|--|---|-------------------|------------|
| GF | GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | Sadržaj nacrti: PRESJEK A-A' | | |
| Student: Stefani Jelenić | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI | | |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. | Mjerilo: 1:100 | List: 5 |

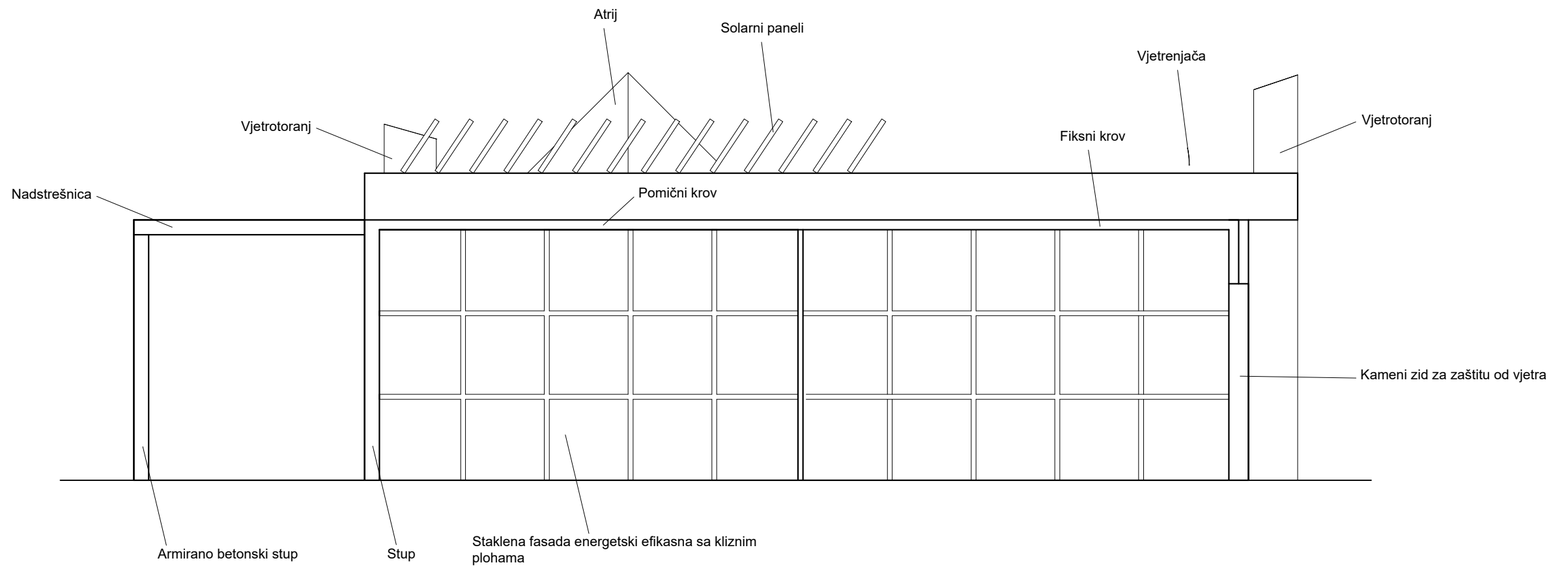






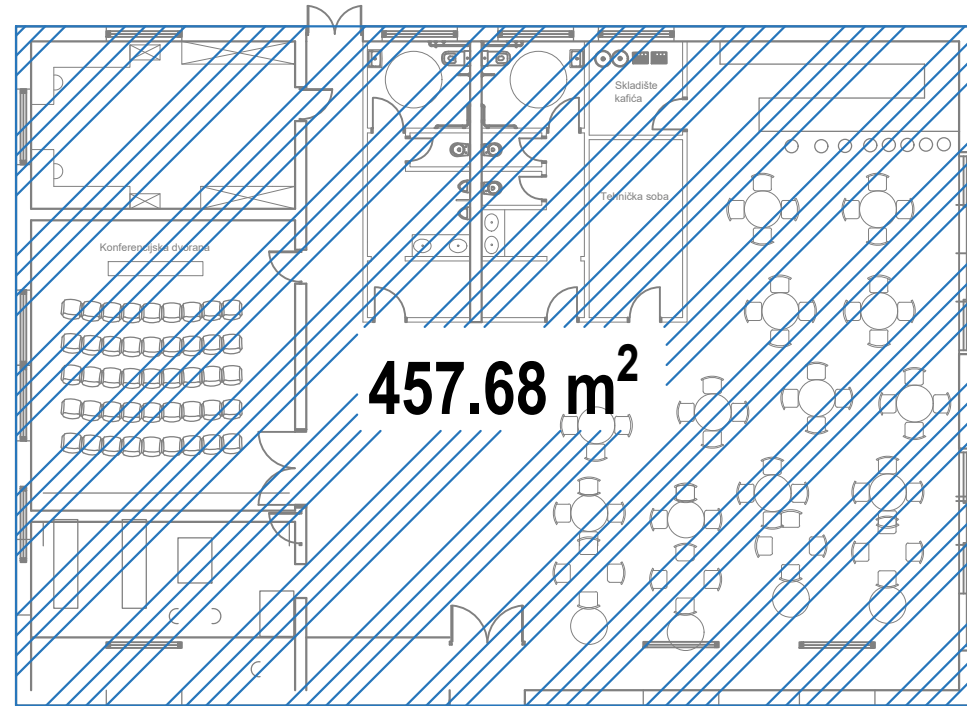
Kameni zid za zaštitu od vjetra

| | | | |
|--|-----------------------|---|------------|
| GF | | GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | | Sadržaj nacrti: SJEVERNA FASADA | |
| Student: Stefani Jelenić | | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI | |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. | Mjerilo: 1:100 | List: 8 |



| | | | |
|--|-----------------------|---|------------|
| GF | | GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI | |
| Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI | | Sadržaj nacrti: ISTOČNA FASADA | |
| Student: Stefani Jelenić | | Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI | |
| Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh. | Datum: 24.02.2023. | Mjerilo: 1:100 | List: 9 |

OSNOVNI TLOCRT





OSNOVNI TLOCRT

 457.68m²


NOVOPLANIRANI TLOCRT

 31.58m²

 28.51m²

 421.68m²

 36.00m²

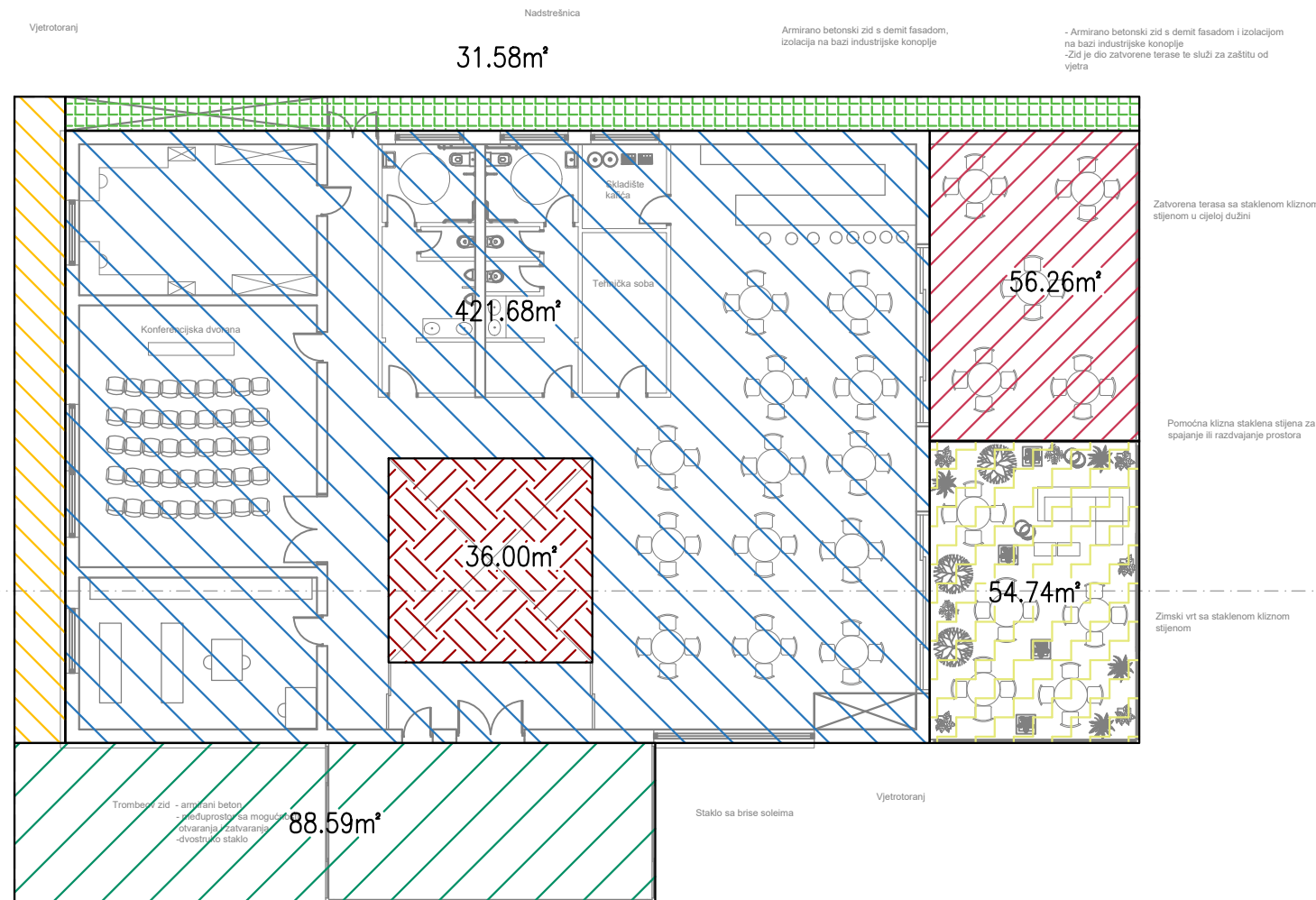
 88.59m²

 54.74m²

 56.26m²

UKUPNO: 717.36m²

NOVOPLANIRANI TLOCRT



RAZLIKA U POVRŠINAMA OSNOVNOG I NOVOPLANIRANOG TLOCRTA IZNOSI 259.68 m², ODNOSNO POVRŠINA NOVOPLANIRANOG TLOCRTA JE ZA 56,74% VEĆA OD OSNOVNE TLOCRTNE POVRŠINE.

| | | | |
|--|--|--|---------------------------|
| <p>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</p> | | | |
| <p>Diplomski rad: ZELENA GRADNJA - PRINCIPI PROJEKTIRANJA I MATERIJALI</p> | | <p>Sadržaj nacrt: RAZLIKA POVRŠINA OSNOVNOG I NOVOPLANIRANOG TLOCRTA</p> | |
| <p>Student: Stefani Jelenić</p> | | <p>Kolegij: PROJEKTIRANJE U VISOKOGRASNJI</p> | |
| <p>Mentori: izv.prof.dr.sc. Iva Mrak, mag. arh. dr.sc. Denis Ambruš, dipl. ing. arh.</p> | | <p>Datum: 24.02.2023.</p> | <p>Mjerilo: 1:200</p> |
| | | | <p>List: 10</p> |