

Konstruktivni elementi, fasadne obloge i toplinsko izolacijski materijali kod izvedbe ventiliranih fasadnih sustava

Šelja, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:632485>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 432/GR/2021

**Konstruktivni elementi, fasadne obloge i toplinsko
izolacijski materijali kod izvedbe ventiliranih fasadnih
sustava**

Josip Šelja, 2857/336

Varaždin, listopad 2021. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 432/GR/2021

Konstruktivni elementi, fasadne obloge i toplinsko izolacijski materijali kod izvedbe ventiliranih fasadnih sustava

Student

Josip Šelja, 2857/336

Mentor

doc.dr.sc. Dražen Arbutina, dipl.ing.arh.

Varaždin, listopad 2021. godine



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

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

Ja, JOSIP ŠELJA (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom KONSTR. ELEMENTI, FAS. OBLOGE I TOPL. IZO. MAT.KOD IZVEDBE VENT. FAS. SUSTAVA (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (*bez pravilnog citiranja*) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

Josip Šelja
(vlastoručni potpis)

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

Ja, JOSIP ŠELJA (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom _____ (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

KONSTR. ELEMENTI, FAS. OBLOGE I TOPL. IZO. MAT.KOD IZVEDBE VENT. FAS. SUSTAVA

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

Josip Šelja
(vlastoručni potpis)

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

| | | | |
|-----------------------------|---|--------------|------------------------------|
| ODJEL | Odjel za graditeljstvo | | |
| STUDIJ | preddiplomski stručni studij Graditeljstvo | | |
| PRISTUPNIK | Josip Šelja | NATIČNI BROJ | 2857/336 |
| DATUM | 22.9.2021 | KOLEGIJ | Završni radovi i instalacije |
| NASLOV RADA | Konstruktivni elementi, fasadne obloge i toplinsko izolacijski materijali kod izvedbe ventiliranih fasadnih sustava | | |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Structure, facade cladding and thermal insulating materials in the ventilated facade systems implementation | | |
| MENTOR | dr.sc. Dražen Arbutina | ZVANJE | Doc.dr.sc. |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin 2. doc.dr.sc. Dražen Arbutina 3. prof.dr.sc. Božo Soldo 4. mr.sc. Vladimír Jakopec, pred. 5. _____ | | |

Zadatak završnog rada

| | |
|----------------|--|
| BROJ | 432/GR/2021 |
| OPIS | <p>U radu je potrebno obraditi fasadne sustave koji uključuju različite fasadne obloge i toplinsko izolacijske materijale, a koji se u izvedbi definiraju kao ventilirani fasadni sustavi. U radu treba izraditi tehničke detalje (prema primjerima različitih proizvođača fasadnih sustava), ali i 3d modele specifičnih fasadnih sustava koji se koriste kod ventiliranih fasadnih sustava, gdje je potrebno definirati različite tipove podkonstrukcije, različite materijale završnih obloga, te pokazati specifičnosti uporabe različitih toplinsko izolacijskog materijala.</p> <p>Sadržaj rada uključuje:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Uvod2. Pregled vrsta fasadnih sustava sa različitim mogućnostima završne obrade3. Specifičnosti ventiliranih fasadnih sustava3.1. Podkonstrukcija ventiliranih fasadnih sustava3.2. Toplinsko izolacijski sloj i materijali ventiliranih fasadnih sustava3.3. Završna obloga, materijali i ugradnja kod ventiliranih fasadnih sustava4. Pregled tehničkih detalja ventiliranih fasadnih sustava5. Zaključak |
| ZADATAK URUČEN | 17.07.2021 |



Predgovor

Zahvala ide mentoru doc.dr.sc. Draženu Arbutini dipl.ing.arh. na cjelokupnom angažmanu oko stvaranja ovog završnog rada. Također se zahvaljujem profesorima odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever na prenesenom znanju. Hvala mojim roditeljima i obitelji koji su mi bili potpora tijekom studiranja.

Sažetak

U radu je opisano samo značenje fasade za okolinu i ljude. Napravljena je podjela fasada na kontaktne i ventilirane. Opisano je nekoliko vrsta fasada te su dane osnovne značajke istih. Poseban naglasak stavljen je na ventilirane fasade. U radu su opisane glavne karakteristike ventiliranih fasada, sam princip i uloga ventiliranog zraka, kako u hladnom, tako i u toplijem godišnjem razdoblju. Opisana je uloga toplinske izolacije. Opisana je podkonstrukcija sustava ventiliranih fasada te je napravljeno nekoliko modela različitih sustava. Nabrojene su mogućnosti odabira materijala i samog dekora fasadnih obloga.

Ključne riječi: fasada, ventilirana fasada, zračni sloj, ventilirani zrak, toplinska izolacija, podkonstrukcija, fasadna obloga

Summary

This thesis describes the significance of the facade itself for the environment and for people. The facades are distributed into contacted and ventilated facades. Few types of facades are described along with their basic features. The main emphasis is on ventilated facades. The thesis describes main characteristics of ventilated facades as well as principles and function of ventilated air, both in the cold and warmer season. The function of thermal insulation is described. The subconstruction of the ventilated facades system is described and several models of different systems are made. The possibilities of material choices and the decor of the facade cladding are listed.

Keywords: facade, ventilated facade, air layer, ventilated air, thermal insulation, subconstruction, facade cladding

Popis korištenih kratica

| | |
|-----------------------|--|
| cm | centimetar |
| EPS | ekspandirani polistiren |
| XPS | ekstrudirani polistiren |
| AB | armirano - betonski |
| CO₂ | ugljičkov dioksid |
| DIN | Deutsches Institut für Normung – njemački institut za normiranje |
| dB | decibel |
| J | džul |
| m² | metar kvadratni |
| K | Kelvin |
| λ | lambda |
| W/mk | watt po metru kelvina |
| μ | oznaka za otpor difuzije vodene pare |
| Ω | omega |
| mm | milimetar |
| A1 | klasa negorivosti, ne doprinosi požaru |
| HPL | High Pressure Laminates – laminat proizveden pod velikim pritiskom |
| UV | ultraljubičasto zračenje |
| 3D | trodimenzionalno |

Sadržaj

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Uvod | 1 |
| 2. | Pregled vrsta fasadnih sustava s različitim mogućnostima završne obrade..... | 3 |
| 2.1. | Kontaktne fasade i fasadni sustavi..... | 3 |
| 2.1.1 | Povijesne kontaktne fasade..... | 3 |
| 2.1.2 | Toplinsko izolacijski fasadni sustavi..... | 5 |
| 2.1.3 | Specijalni fasadni sustavi..... | 6 |
| 2.2. | Ventilirane fasade i fasadni sustavi..... | 10 |
| 3. | Specifičnosti ventiliranih fasadnih sustava | 12 |
| 3.1. | Podkonstrukcija ventiliranih fasadnih sustava..... | 18 |
| 3.2. | Toplinsko izolacijski sloj i izolacijski materijali ventiliranih fasadnih sustava | 22 |
| 3.3. | Završna obloga, materijali i ugradnja kod ventiliranih fasadnih sustava..... | 24 |
| 4. | Pregled tehničkih detalja ventiliranih fasadnih sustava | 35 |
| 5. | Zaključak..... | 46 |
| 6. | Literatura..... | 47 |
| 7. | Popis slika | 51 |
| 7. | Prilozi..... | 53 |

1. Uvod

Fasada kao riječ vuče svoje korijene iz drevnog latinskog jezika od riječi *facies* = izgled. Već time je rečeno da fasada čini izgled građevine koju oblači, daje joj konačan vanjski izgled. Fasada predstavlja vanjski vidljiv dio građevine s obično perforiranim vratima, prozorima ili ventilacijskim otvorima. Gledano kroz povijest, fasade su u prvom planu imale isključivo estetski zadatak. Bogato ukrašeni zabati, svodovi, lukovi ili atike odavale su određeno značenje samoj građevini. Prvenstveno je bio naglasak na pročelju građevine koje je izlazilo na ulicu. Ona je svojim izgledom, bogatim ili ne, predstavljala obitelj, ljude koje žive u njoj, govorila kojem staležu društva pripadaju. Pa na neki način i danas je taj pogled sličan. Fasada, odnosno pročelje zgrade prvo je uočljivo te nam daje odgovor je li fasada stara ili nova, oronula i derutna ili pak elegantna i obnovljena. Govori nam o održavanju samog objekta, a samim time i o vlasnicima te njihovom odnosu prema istoj.

Izgled i izbor materijala za obradu fasade često je bio prilagođen lokaciji na kojoj je građevina, kamen u primorskim krajevima, drvo u gorskim krajevima. Pa tako i danas postoje određeni tipovi fasade ovisno o regiji u kojoj se nalaze. Pojedine regije u svijetu, Europi pa i u pojedinim državama i regijama unutar države imaju određeni stil kojeg se drže te rijetko postoje odstupanja od iste. Kao što je spomenuto, estetski izgled koji je bio u prvom planu u današnje vrijeme definitivno nije jedini i najvažniji parametar kod izvedbe fasade. Uz estetski izgled, danas se naglasak stavlja na toplinsku izolaciju građevine, pokušava se odabrati najoptimalniji tip fasade i toplinska izolacija kako bi se postigao što bolji energetska učinak. Važnost uštede energije ugradnjom toplinske izolacije uvelike utječe na ekonomsku uštedu korisnika, ali zadovoljava smjer društva i želja u postizanju minimalne emisije ugljikovog dioksida koji doprinosi globalnom zatopljenju.

U današnje vrijeme uz tehnološki napredak omogućen je širok spektar odabira fasadnih materijala. Ekonomska pristupačnost istih omogućila je masovnoj ugradnji fasade na objekte. Uz puno veće mogućnosti i uz manju zahtjevnost i novčanu pristupačnost te lako dostupne materijale, fasade su postale obavezni dio svake građevine, čak štoviše, one su propisane i zakonom. Danas se smatra pod normalnim da nam fasada štedi energiju sa svojim fizikalnim svojstvima, no možda će u budućnosti biti normalno da nam i proizvodi energiju sa tehnologijom koja je već dostupna, ali investicijski skupa. Izvedba fasade, odnosno izvedba toplinske izolacije daje značajan doprinos održavanju građevine, utječe na smanjenje temperaturnih oscilacija na konstrukciju objekta što posredno utječe na smanjenje naprezanja pa i pojava samih pukotina na građevini. Važnost toplinske izolacije je i u tome što doprinosi smanjenju kondenzacije unutar objekta, a samim time i pojavu algi i gljivica. Kroz ljetni vremenski period izolacija čini prostor unutar građevine

svježijim, hladnijim od okoline, a zimi dugotrajno toplijim i ugodnijim. Ovi čimbenici govore da s toplinskom izolacijom građevine život i boravak u istoj postaje kvalitetniji i ugodniji.

Osnova podjela fasada je na kontaktne fasade i ventilirane fasade. Kod kontaktnih fasada nema ventiliranog zraka između objekta i fasadne obloge. Na toplinsku izolaciju obično dolazi ljepilo u 2 sloja s armaturnom mrežom između njih te impregnacijski premaz i završna žbuka. Ova vrsta fasade najzastupljenija je kod privatnih objekata i kuća te je ekonomski jeftinija od ventiliranog sustava fasade. Kod ventiliranog sustava fasade javlja se zračni ventilirani sloj između toplinske izolacije i fasadne obloge što doprinosi kvaliteti ovog sustava o kojem će biti riječ u nastavku rada.

2. Pregled vrsta fasadnih sustava s različitim mogućnostima završne obrade

2.1. Kontaktne fasade i fasadni sustavi

2.1.1. Povijesne kontaktne fasade

Pod imenom klasična fasada podrazumijeva se vapneno-cementna fasada izvedena vapneno cementnom žbukom (slika 1.). Ovaj tip fasade nema funkcionalnost toplinske izolacije, već isključivo zaštita zidova od vanjskih čimbenika i atmosferilija [1].



Slika 1. Vapneno - cementna žbuka [2]

Postupak izvođenja vapneno-cementne fasade uključuje:

- Cementni špric
- Postavljanje kutnih vodilica
- Rabciranje na za to potrebnim mjestima
- Temeljnu grubu žbuku debljine 2-3 cm
- Impregniranje
- Završni sloj žbuke

U prošlosti je ovakav tip fasade bio široko rasprostranjen i korišten, međutim zbog nedostatka toplinske izolacije u današnje vrijeme gotovo da se i ne primjenjuje [1, 3].

Kamen je od pamtvijeka standardni materijal u graditeljstvu. U prijašnje vrijeme bio je dostupan samo u cjelovitom obliku te se koristio za zidanje objekta. Kasnijim razvojem tehnologije sam proces vađenja, rezanja, obrade i prijevoza postao je daleko brži i jeftiniji.

Kamen kao jedan od najstarijih građevinskih materijala, a još uvijek aktualan i bezvremenski, u početku je obnašao ulogu nosivog elementa građevine. Kamene špilje, hramovi, suhozidne kuće, katedrale (slika 2.) samo su nekoliko primjera gdje je kamen zbog svojih fizičkih i kemijskih karakteristika nosivi element građevine, a samim time i termoizolator građevine.



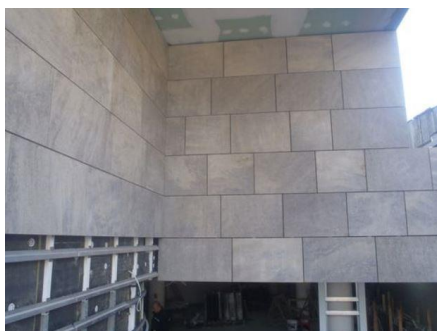
Slika 2. Katedrala sv. Jakova u Šibeniku [4]

Kasnijom pojavom opeke kamen se upotrebljava kao fasadna obloga. Lijepljenjem na zid stvara se dodatna izolacijska vrijednost objekta, ali se dobiva i estetika pročelja. Lijepljenje kamena na opeku započelo je već u doba antike kad su Rimljani mortom lijepili kamene ploče do debljine od 1,5 cm debljine mortom na zidove od opeke.

Kamene fasade izvode se od rezanog ili klesanog kamena, dok se samo postavljanje kamene fasade obavlja na 2 načina. To su mokri i suhi postupak.

Mokri postupak koristi se za manje objekte kod kojih nema ventilirajući prostor između zida i obloge. Klesani ili piljeni kamen minimalne debljine 2 cm se postavlja u cementni mort ili se lijepi ljepilima.

Suhi postupak oblaganja fasade kamenom koristi se kod većih objekata na kojima je projektiran zračni prostor za ventiliranje zraka između zida i obloge (slika 3.). U ovom postupku podrazumijeva se postavljanje konstrukcije od aluminijske ili nehrđajućeg čelika na koju se montiraju rezane kamene ploče minimalne debljine 3 cm. Podloga za ovaj postupak uglavnom je od armiranog betona što omogućuje kvalitetno pričvršćivanje ankeri koji će držati kamenu oblogu [1].



Slika 3. Ventilirana fasada s kamenom fasadnom oblogom [5]

2.1.2. Toplinsko izolacijski fasadni sustav

Toplinsko izolacijski fasadni sustavi danas su izrazito popularni te se ugrađuju naveliko. U usporedbi s klasičnom fasadom, kod toplinsko izolacijskog fasadnog sustava dobivamo osim estetskog efekta i toplinski efekt. Ugradnjom toplinske izolacije uvelike utječemo na uštedu grijanja tijekom zimskog perioda jer toplinska izolacija sprječava gubljenje topline, dok ljeti sprječava topli zrak da uđe u objekt i time održava prostor unutar objekta na jednoj ugodnoj temperaturi za boravak u istom. Treba napomenuti da uz toplinske karakteristike ove fasade postizemo i značajno poboljšanje zvučne izolacije objekta [1, 6].

U svrhu termoizolacije najčešće se koristi ekspanzirani polistiren EPS (stiropor) (slika 4.) i kamena vuna, dok se uz njih također javljaju ekstrudirani polistiren XPS (stirodur) , grafitni stiropor. EPS je zbog jeftinije karakteristike rašireniji u privatnoj upotrebi izolacije obiteljskih kuća, dok je kamena vuna zastupljena također u izolaciji privatnih kuća, ali znatno više u izolaciji stambenih zgrada i drugih javnih objekata.



Slika 4. Lijepljenje EPS ploča [7]

Jedan zanimljiv materijal kod izolacije javlja se u obliku mineralizirane drvene piljevine i sječke. Ovakva vrsta izolacije predstavlja rješenje za održivost jer dolazi od prirodnog materijala koji se dobiva prorjeđivanjem šuma, a taj proces je sam po sebi neophodan u sklopu njege šume. Nadalje, sama sirovina je CO₂ neutralna te time svakako ide u stranu održivosti, dapače, samo drvo razgrađuje CO₂ pa je ovaj materijal svakako održiv i na strani zaštite klime i okoliša. Ove toplinske ploče nastaju suhim postupkom od drvene sječke i piljevine smreke i bora [8].

U trendu “zelene gradnje” danas u svrhu termoizolacije pronalazimo još nekoliko prirodnih materijala: celulozna vuna (slika 5.), termoizolacija od konoplje, ovčja vuna [3]...



Slika 5. Izolacija celuloznom vunom [9]

2.1.3. Specijalni fasadni sustavi

Staklene fasade (slika 6.) u današnje vrijeme izrazito su popularno arhitektonsko rješenje. Moderan i atraktivan dizajn uz sigurnost, toplinsku i zvučnu izolaciju zadovoljava sve kriterije za provedbu iste. Ovo estetski ugodno i moderno rješenje fasade izvodi se ponajprije u poslovnim zgradama, međutim sve više je zastupljena i kao rješenje u stambenim zgradama.

Jedna od prednosti staklene fasade svakako je i njena postojanost kroz vremenski period te zadržavanje svojstva stakla.

Samo izvođenje ovakve fasade bazira se na aluminijskim profilima na koje se montiraju staklene obloge. Za samo održavanje iste važno je da se na krovu objekta stvore dizalice koje će se koristiti kod pranja staklenih površina [1, 10].



Slika 6. Staklena fasada [11]

Tipovi staklene fasade:

- Strukturalne staklene fasade
 - izrada bez vidljivih nosivih alu profila
 - montiranje stakla lijepljenjem
 - dojam cjelovite staklene površine
 - otvori se ne razlikuju od ostalog dijela fasade, otvaranje prema van
- Polustrukturalna staklena fasada
 - vidljivi nosivi alu profili svojom minimalnom širinom po rubovima elemenata od kojih je fasada izrađena
- Kontinuirana staklena fasada
 - vidljivi alu profili koji slijede aluminijski raster
 - ugradnja različitih prozorskih sustava
- Spider staklena fasada (slika 7.)
 - spajanje stakla posebnim držačima u 4 točke u kutovima, bez alu profila
 - izgled staklenog plašta [10].



Slika 7. Spider staklena fasada [12]

Sendvič fasada proizašla je iz slojevitosti ove vrste fasade gdje se izolacijski materijal nalazi između dva zida. Predviđanje ovakve vrste fasade važno je u projektiranju zbog projektiranja samog temelja na koji dolazi izolacija i fasadna obloga u obliku zida (slika 8.). Također je važna konzolna izvedba zbog same težine fasadne obloge. Obično se izvodi proširenjem stropne konstrukcije (AB ploče i fert stropova). Izolacija se također pričvršćuje na zid [1, 13].



Slika 8. Fasadna opeka kao dupli termo zid [13]

Troslojni fasadni element (slika 9.) sastoji se od vanjske AB stijenke, termoizolacijskog sloja te unutarnjeg nosivog sloja. Takvi fasadni elementi mogu se montirati horizontalno i vertikalno, dok se mogu proizvoditi kao puni ili pak s gotovim otvorima za prozore i vrata. Stijenke ovog

elementa povezane su rostfrei sponama. Povezivanje na nosivi element konstrukcije ostvaren je preko rostfrei "Halfen" šina i rostfrei spojnicama ili rostfrei kutnicima i vijcima. Završni izgled fasadne obloge može se obojati betonskom bojom, obložiti se kamenom koji se ugrađuje na vanjski sloj u svježi beton ili pak može ostati natur beton [14].



Slika 9. Fasada od betonskih elemenata [14]

Kada govorimo o panelima, na tržištu se javio novi koncept pod nazivom Eco – Sandwich (slika 10.). Eco-Sandwich je naziv za ventilirani predgotovljeni zidni panel. Sastav panela čini beton s recikliranim agregatom i mineralna vuna proizvedena korištenjem Ecosse tehnologije. Ugradnjom ovog tipa panela predstavlja poboljšanje u odnosu na prijašnje izvedbe gotovih zidnih panela, ali ujedno i doprinosi smanjenju potrošnje energije, smanjenju emisije CO₂ te povećava iskorištavanje otpadnih proizvoda [15].



Slika 10. Eco – Sandwich [15]

2.2. Ventilirane fasade i fasadni sustavi

Primjena ventiliranih fasada (slika 11.) današnje je vrijeme globalna. Ovaj fasadni sustav pruža odgovor na gotovo sva estetska pitanja, ali i zahtjeve za poboljšanje energetske učinkovitosti objekta.

Osnovna razlika između kontaktnog fasadnog sustava i ventiliranog fasadnog sustava krije se u ventilirajućem zračnom prostoru. Ventilirajući zračni prostor u sustavu fasade nalazi se između termoizolacije i fasadne obloge. Smisao ventiliranog prostora temelji se na kretanju zraka, što se često može naći pod nazivom “efekt dimnjaka“. Na zrak utječu termičke i dinamičke sile koje uzrokuju kretanje zraka odozdo prema gore, a uskost ventiliranog prostora uzrokuje usmjereno kretanje, a kreće se u granicama od 2 cm do 10 cm. Ventilirani sloj stvara dinamičku izolaciju te se time optimizira energetska učinkovitost, kako u zimskom, tako i u ljetnom periodu.

Toplinska izolacija u ovom fasadnom sustavu u pravilu je mineralna vuna zaštićena staklenim voalom. Zbog ventiliranog prostora, termoizolacija je izložena mehaničkom djelovanju strujanja zraka pa se zbog toga, ali i u svrhu zaštite od prohlađivanja, dekompozicije vanjskog sloja, štiti sa staklenim voalom, paropropusnom folijom ili pak se postavlja vuna dvojnje gustoće gdje je gušća vuna okrenuta prema vanjskom dijelu u svrhu da odgovori na čimbenike koji utječu na istu.

Sama fasadna konstrukcija sastoji se od nosača na kojima leži podkonstrukcija. U pravilu su konstrukcije od nehrđajućeg čelika ili pak aluminijske, a raster i shema postavljanja ovisi o samom objektu te o završnim fasadnim oblogama [1, 16].



Slika 11. Prikaz izvedene ventilirane fasade [17]

Fasadne obloge kod ventiliranih fasada spremne su odgovoriti na gotovo sve arhitektonske zahtjeve. Spektar materijala, oblika, tekstura i boja je šarolik. Tako se od materijala koriste kamen, opeka, aluminij, vlaknocement, staklo [1, 16]... Prikaz dijelova ventilirane fasade vidljiv je na slici 12.



Slika 12. Prikaz dijelova ventilirane fasade [18]

Ovaj tip fasade dugoročno je isplativa investicija, ali ekološki prihvatljiva te predstavlja vrijednost više u odnosu na kontaktnu fasadu.

3. Specifičnosti ventiliranih fasadnih sustava

Toplinska izolacija

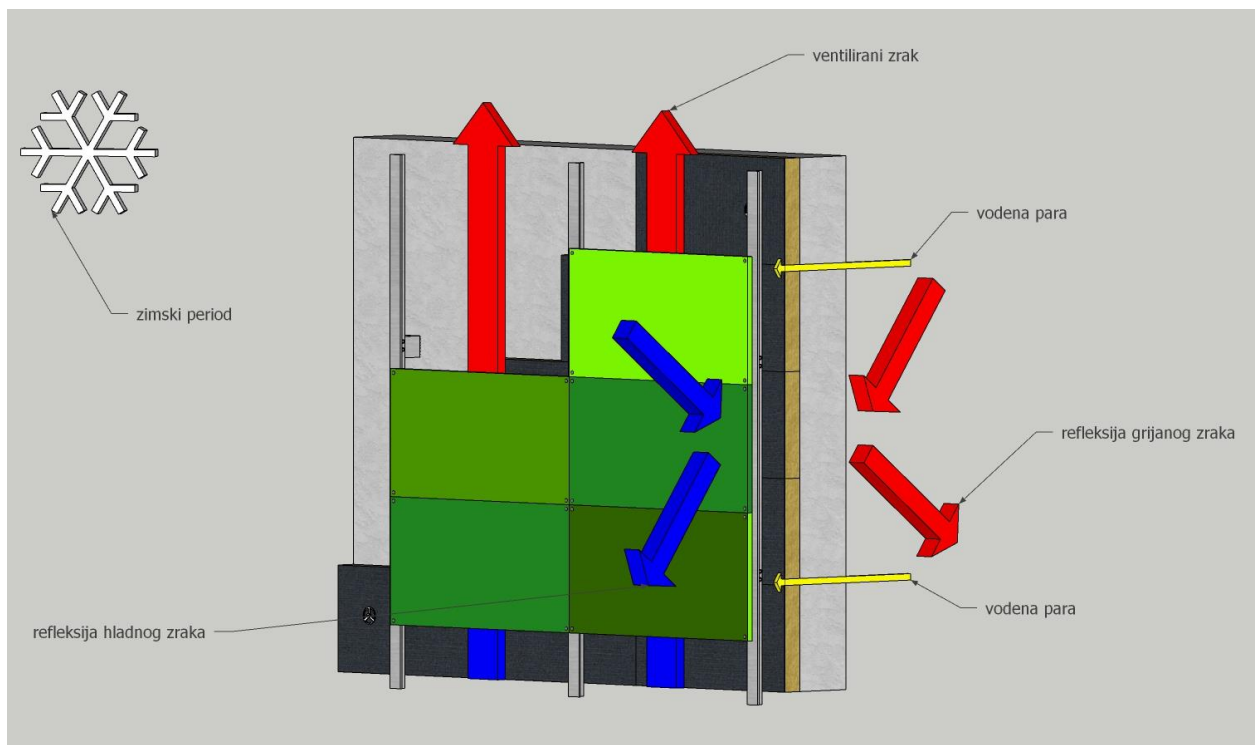
Toplinska izolacija u ventiliranim sustavima u principu je kaširana mineralna vuna. Ovisno o zahtjevima projekta, javljaju se mineralne vune s različitim koeficijentom toplinske provodljivosti, debljine, gustoće. Odabirom debljine lako se mogu postići željeni uvjeti te se time koeficijent prolaska topline ventilirane fasade može približiti istome kod niskoenergetskih ili pasivnih kuća. Mineralna vuna kao izolacijski materijal pogodna je zbog svoje negorivosti, zvučne izolacije, ali i vlaknaste strukture koja omogućava paropropusnost te se time sprječava nakupljanje vlage u objektu. Toplinska izolacija znatno doprinosi anuliranju temperaturne deformacije koja se pojavljuje usred dnevnih ili godišnjih temperaturnih amplituda. Time se sprječava pojava naprezanja objekta, a samim time i pojava pukotina [19, 20, 21]. Na slici 13. nalazi se prikaz kamene vune u sustavu ventilirane fasade.



Slika 13. Kamena vuna u sustavu ventilirane fasade [18]

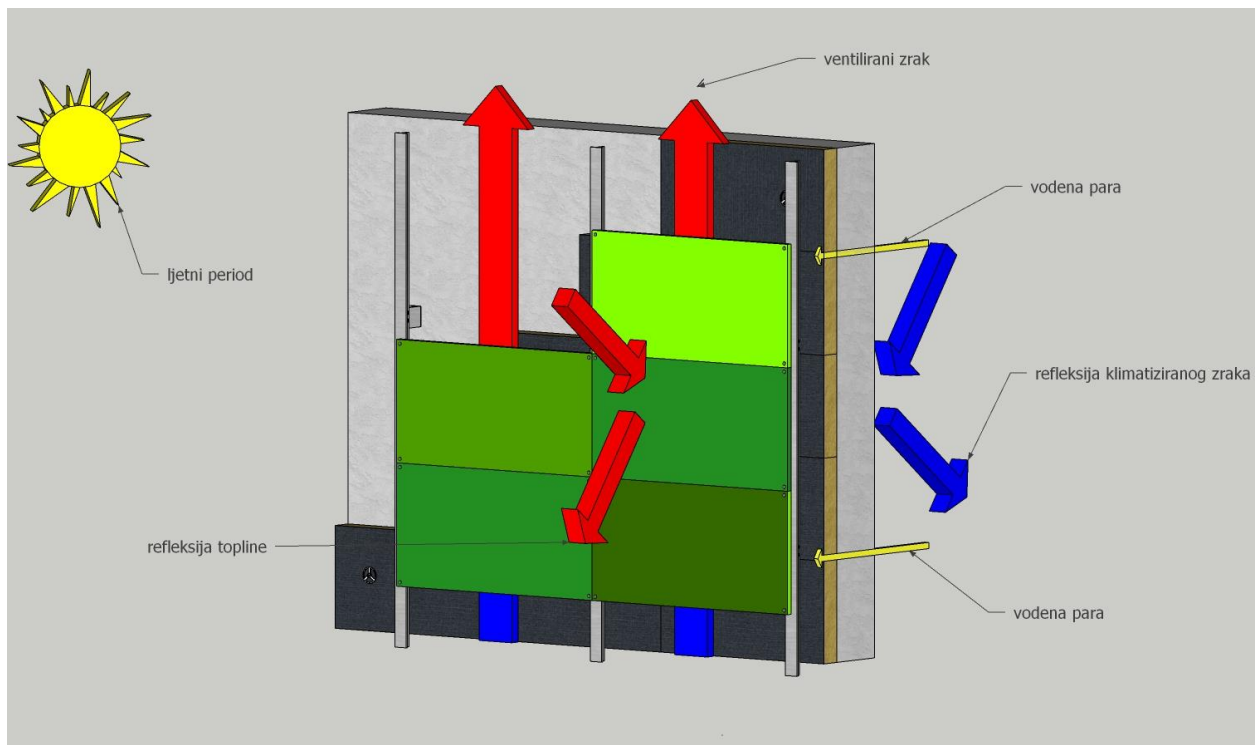
Efekt dimnjaka naziv je za pojavu izdizanja toplog zraka prema gore što omogućava dolazak hladnijeg zraka. Ovaj princip osnova je ventilirane fasade. U zračnom ventilirajućem prostoru fasade topli zrak manje gustoće od hladnijeg topliji je od vanjskog zraka te se izdiže prema gore do vrha fasade i kroz otvor fasade na vrhu izlazi van. Time se javlja vakuum koji omogućava da hladniji zrak veće gustoće ulazi u zračni prostor ventilirane fasade [20, 21].

Tijekom hladnog vremenskog perioda, zrak u zračnom prostoru ventilirane fasade poprima toplinu iz objekta te se na taj način usporava gubitak topline zgrade što pogoduje objektu u hladnom vremenskom periodu. Time se postiže manja potreba za energijom grijanja objekta. Također, u ventiliranom prostoru toplina iz objekta isušuje zrak, kondenziranu vodenu paru te na taj način izolacija i vanjski zidovi objekta ostaju suhi i postiže im se dugotrajnost [20, 21]. Grafički prikaz tijekom hladnog vremenskog perioda nalazi se na slici 14.



Slika 14. Ventilirana fasada – zimski period [18]

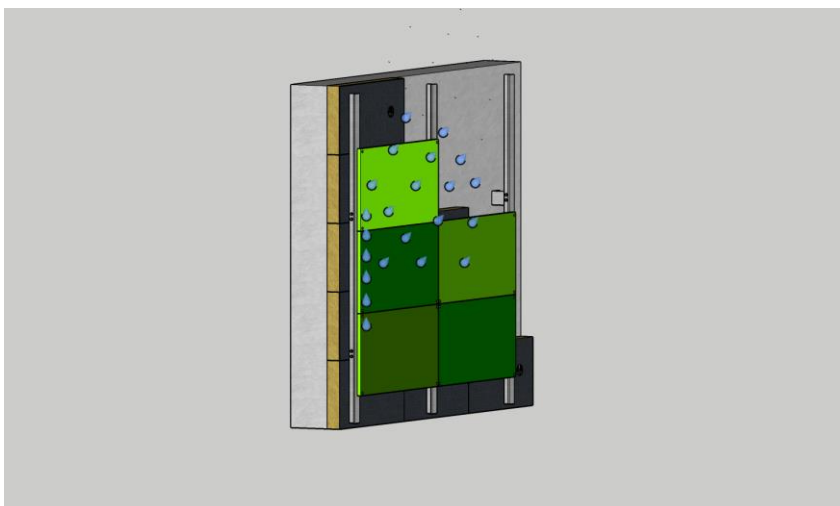
Tijekom toplog vremenskog perioda, strujanjem toplog zraka prema van i dolaskom hladnog zraka u ventilirani prostor postiže se hlađenje samog objekta hladnijim zrakom što se reflektira na smanjenju potrebe za hlađenjem i klimatizacijom objekta. Nadalje, fasadna obloga važna je jer ona upija toplinu sunca dok jedan dio reflektira. Na taj način omogućava da znatno manje topline dođe do zidova i unutrašnjosti samog objekta, što sam objekt i boravak u njemu čini ugodnijim [20, 21]. Grafički prikaz tijekom toplog vremenskog perioda nalazi se na slici 15.



Slika 15. Ventilirana fasada - ljetni period [18]

Zaštita od kiše

Fasada je kroz svoj životni vijek stalno izložena vremenskim utjecajima, tako i kiša nije iznimka (slika 16.). Zbog toga su i ventilirane fasade prema normi DIN 4108-3 smještene u klasu III te moraju zadovoljavati otpornost na direktni udar kiše. U slučaju prodora kiše u područje ventiliranog zraka, u zračnom ventiliranom prostoru događa se izjednačavanje tlaka. To omogućava odvodnju kiše preko stražnje strane obloge čime se štiti toplinska izolacija od vlaženja uzrokovanog kišom [19].



Slika 16. Utjecaj padalina na ventiliranu fasadu [18]

Zaštita od vlage

Ventilirana fasada spremna je odgovoriti na pitanje vlage. Vлага koja može biti akumulirana u zgradi u procesu građenja ili pak nastala kroz neki vremenski period korištenjem objekta, usmjeruje se prema zračnom ventiliranom prostoru. Vлага iz samog objekta putuje kroz zidove i paropropusnu mineralnu vunu u ventilirani prostor gdje se zbog razlike tlakova zraka i temperaturne razlike objekta u odnosu na visinu događa strujanje zraka koje pospješuje sušenju te vlage. Zbog ovog procesa, ali i staklenog voala toplinska izolacija ostaje suha i funkcionalno nepromijenjena kroz dugi životni vijek. Stakleni voal također štiti izolaciju od abrazije koja nastaje kod visokih građevina usred strujanja zraka. Time se dobiva na ugodnijoj, zdravijoj i boljoj klimi u prostorijama i ugodnijem boravku korisnika u istoj [19, 20, 21, 22].

Protupožarna zaštita

Zbog slobodnog odabira komponenti sustava ventilirane fasade, zahtjevi zaštite od požara kategorija „nezapaljive“ ili „teško zapaljive“ mogu biti ispunjeni u skladu s propisima [19].

Zaštita od buke

Zvučna izolacija važan je čimbenik kvalitete objekta. Ventilirane fasade kao takve izrazito su pogodne u tom aspektu zbog svoje složenosti: izolacija, zračni prostor, fasadna obloga. Svakako je važna debljina toplinske izolacije, ali i sama dimenzija i debljina fasadne obloge te otvorenost fuga. Navedeni čimbenici mogu doprinijeti povećanju indeksa smanjenja buke do 14 dB [19].

Zaštita od udara munje

Zaštita od udara munje od najvišeg je značaja objektima u kojima se odvija informatička industrija. Kod takvih zgrada kratkih električnom opremom važno je i istu zaštititi na bilo koji način. Jedan od tih načina svakako je ventilirana fasada. Podkonstrukcija fasade aluminijske materije može biti kvalitetna zamjena gromobranskim vodičima, a tijekom izvedbe građenja može se stvoriti elektromagnetski štit. Uz elektro vodljivu fasadnu oblogu, postiže se izrazito učinkovita zaštita od udara munje čime objekt i oprema unutar objekta postaje vrlo sigurna [19].

Podkonstrukcija

Podkonstrukcija ventiliranih fasada važan je čimbenik sustava ovog tipa fasade. Podkonstrukcija se sastoji od horizontalnih i vertikalnih elemenata u pravilu od aluminijske, ali mogu biti i drvene ili pak nekog drugog metala. Nosiva podkonstrukcija mora biti zaštićena od utjecaja atmosfere te otporna na temperaturne promjene. Podkonstrukcija je nositelj statike ventilirane fasade, ona nosi težinu svih elemenata fasade. Također mora prihvatiti sva dinamička opterećenja na fasadu poput vanjskih udara na fasadu (čovjek) ili pak vremenskog utjecaja poput vjetra. Ravnina podkonstrukcije od neopisive je važnosti za samu fasadu. Podkonstrukcija mora biti lako podesiva u 3 smjera te takvim podešavanjem odgovoriti na zahtjev devijacije postojećeg zida na koji se veže. Ta ravnina i točnost važna je zbog samog montiranja fasadnih obloga gdje svaka mala neravnina uzrokuje estetski i tehnički problem fasade te je kao takva nedopustiva [19, 21].

Suha montaža

Značajna prednost ventiliranih fasada u usporedbi s kontaktnim fasadnim sustavima svakako je smanjen broj radnih koraka koji ne ovise značajno o vremenskim uvjetima. Montaža ventilirane fasade nije uvjetovana sušenjem materijala poput fasadnog ljepila, impregnacije ili slično. Montiranje ventilirane fasade zapravo je suhi postupak i zbog toga se njena izvedba može odraditi neovisno o godišnjem dobu. Jedini značajni vremenski utjecaj su padaline zbog samih radnika. Također treba reći da montaža podkonstrukcije (slika 17.) nije podložna temeljitim pripremama postojećih zidova u vidu izravnjanja zidova masom, uklanjanjem postojeće loše žbuke, premazivanjem zidova impregnacijom i slično. Demontaža pojedinih oštećenih dijelova fasadne obloge ili pak nova ideja estetskog izgleda vrijednost je više ventiliranih fasada jer iste to i omogućuju [21].



Slika 17. Montaža podkonstrukcije [18]

Ekologija

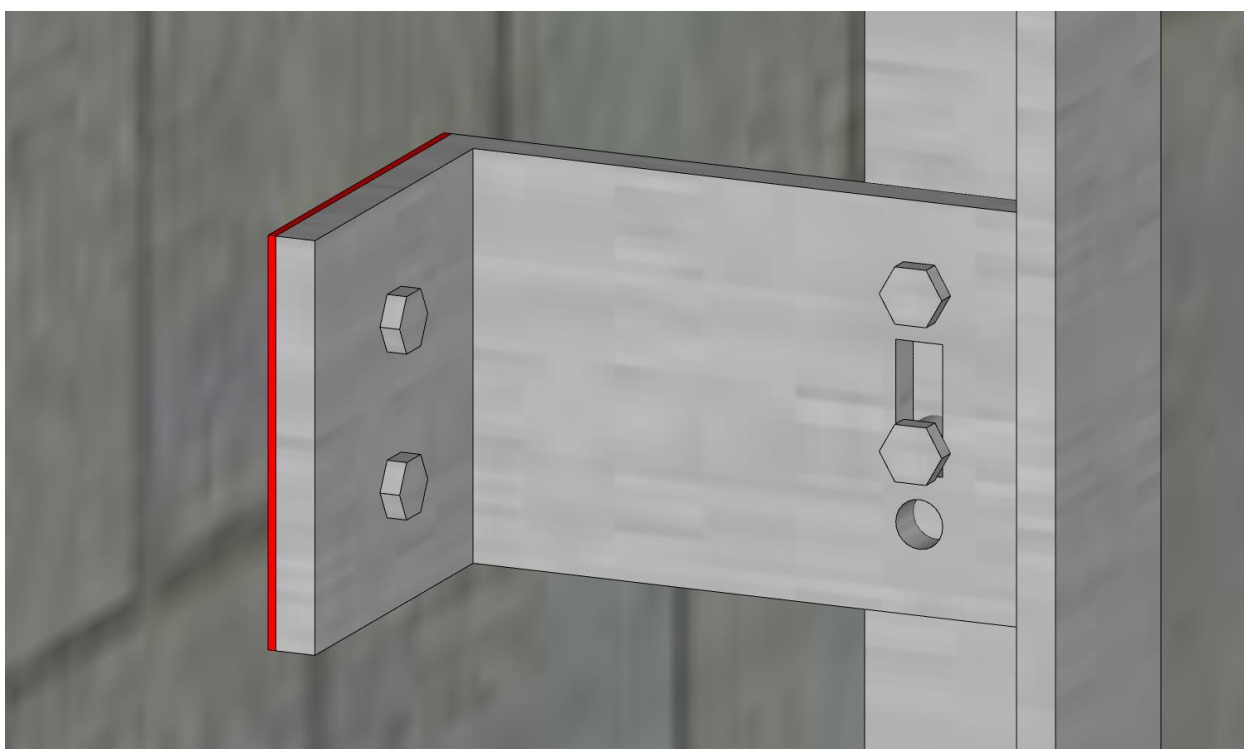
Izvedba toplinske ovojnice objekta, u ovom slučaju ventilirane fasade, postiže izuzetan učinak na smanjenju potrebne energije za grijanje objekta. Posljedično smanjenju grijanja javlja se i manja emisija CO₂ u atmosferu, stoga izvedba ventilirane fasade doprinosi borbi za zaštitu okoliša [20].

Ekonomski aspekti

Iz ekonomskog aspekta gledano, kroz kratki vremenski period ulaganje u ovakav tip fasade znatno se isplati. Ponajviše je to vidljivo u smanjenju troškova grijanja ili pak hlađenja objekta. Ovaj tip fasade svakako je isplativ i sa aspekta održavanja iste, ali i njezine dugoročnosti. Ventilirana fasada modernog je izgleda te je svakako njenom ugradnjom vrijednost objekta značajnija [20, 21].

3.1. Podkonstrukcija ventiliranih fasadnih sustava

Kod podkonstrukcije razlikujemo drvenu i metalnu podkonstrukciju. Danas se sve više koristi metalna podkonstrukcija. Konstrukcija se izrađuje od nehrđajućeg čelika kojemu je mala toplinska provodljivost, ali se u najvišoj mjeri izrađuju od aluminija jer je ekonomski isplativiji. Na vanjski zid objekta postavljaju se metalni nosači, a između zida i nosača dolazi podložak od teflona ili plastičnih masa u svrhu sprječavanja nastanka toplinskog mosta (slika 18.). Shodno podlozi na koju se postavljaju, metalni nosači pričvršćuju se vijcima ili sidrima, a samo pozicioniranje i količina nosača na podlozi određuje se ovisno o proračunatom opterećenju i modularnosti fasadne obloge [23].

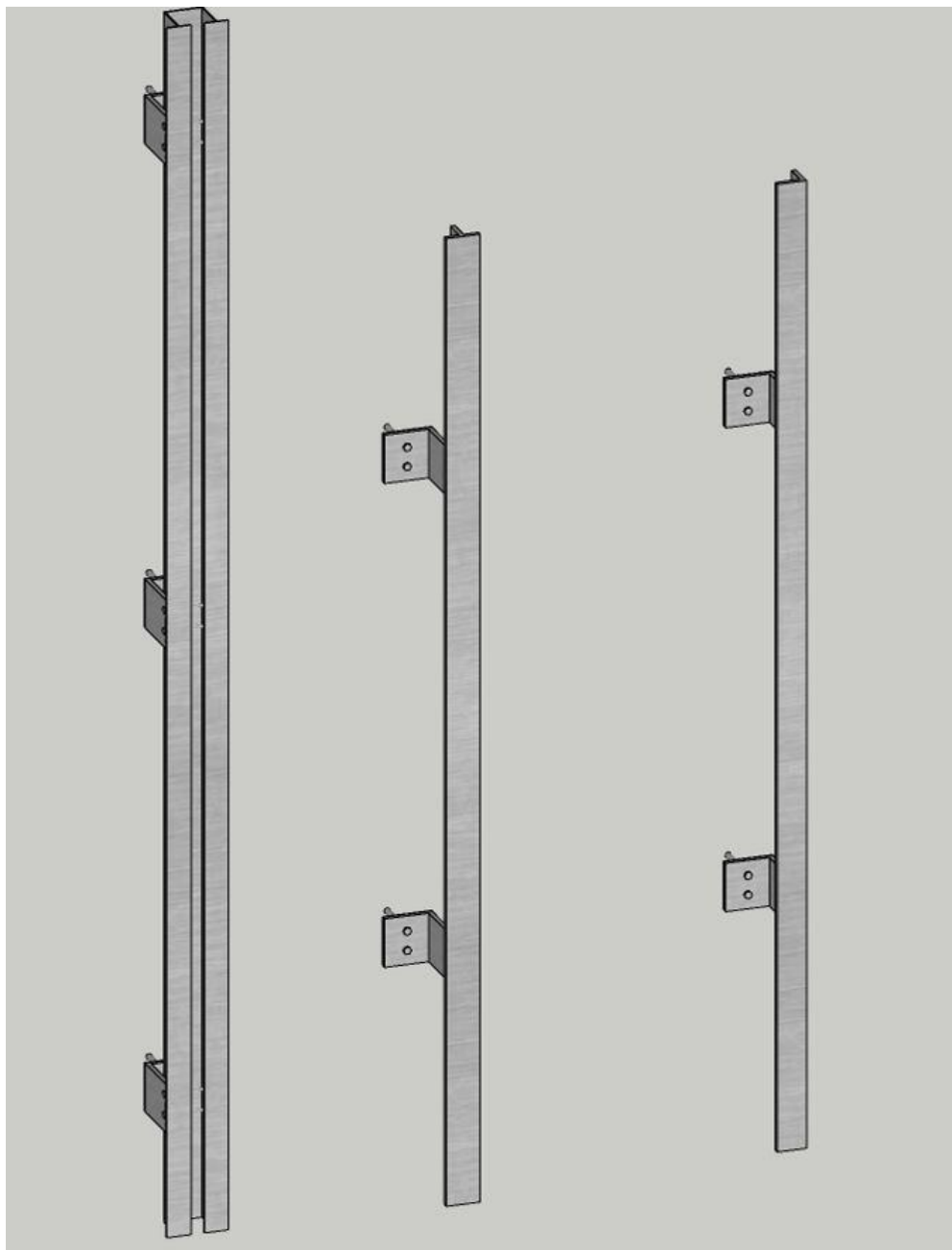


Slika 18. Termostop - sprječavanje toplinskog mosta između zida i konstrukcije [18]

Nosiva konstrukcija ventiliranih fasada sastoji se od uzdužnih i poprečnih profila. Tako se uzdužni profili pričvršćuju na nosače podkonstrukcije i njihova uloga je preuzimanje opterećenja sustava. Obično su L, U i Ů oblika te postoje razne podvrste na te oblike (slika 19.).

Raspored poprečnih profila ovisan je o vrsti završne obloge te samom geometrijom fasade. Nadalje, vjetar kao horizontalno opterećenje određuje također raspored poprečnih profila s obzirom da oni preuzimaju ista. Ovi profili poprimaju oblik U, L ili Ů te postoje različite varijacije na tu temu ovisno o fasadnoj oblozi koja ide na njih.

Izvedba podkonstrukcije, odnosno uzdužnih i poprečnih nosača izvodi se s vanjske strane toplinske izolacije iz razloga da se izbjegne moguća pojava toplinskih mostova [23].



Slika 19. Podkonstrukcija oblika O,T i L [18]

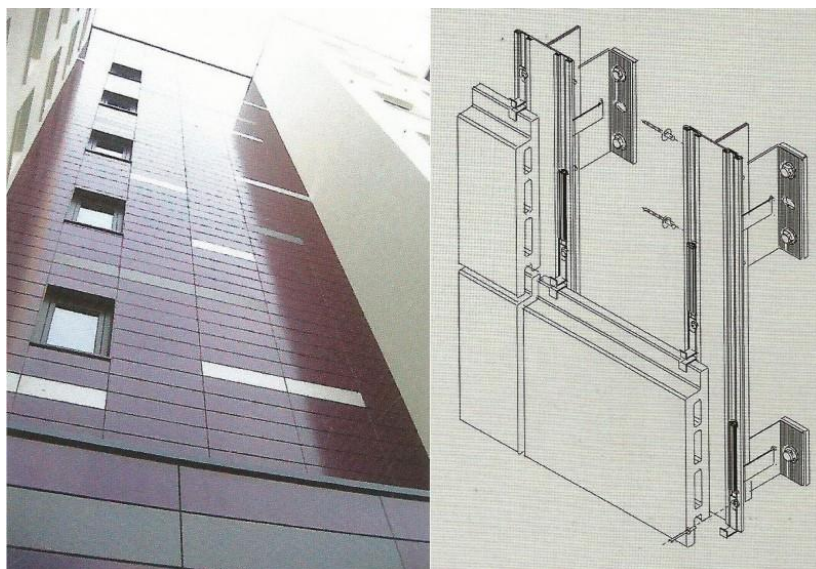
Sistemi s vidljivim držačima

Ovaj sistem (slika 20.) predstavlja najbrži, najjednostavniji i ekonomski najisplativiji način postavljanja podkonstrukcije. Na zid se vežu metalni nosači L oblika na koje se vežu T profili, a na njih dolazi fasadna obloga. Pločica se na profile učvršćuje zakovicama te sadrži 4 držača ploče. Držači su od nehrđajućeg čelika, a emajliraju se u boji ploče. Držači sadrže gumeni umetak radi elastičnog nalijeganja ploče [24].



Slika 20. Sistem s vidljivim držačima [18]

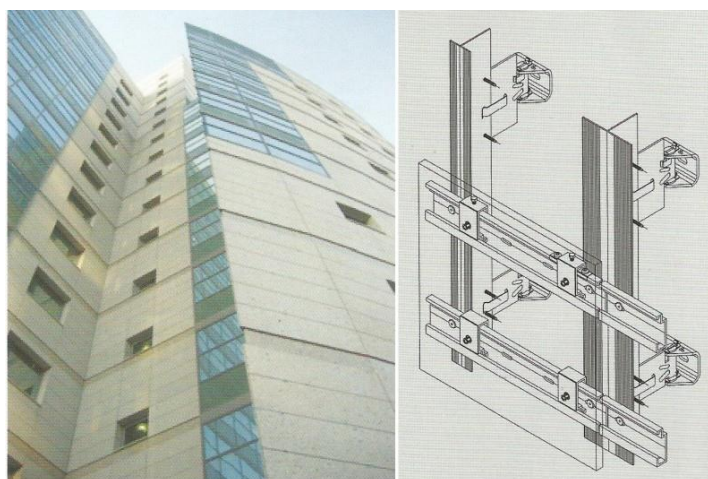
U vertikalnom profilu nalaze se kanali u kojima se postavljaju vidljive kopče. U sam kanal postavlja se neoprenska guma kojoj je funkcija sprječavanja vibracija i klizanja ploča te omogućuje elastično nalijeganje ploče. Manja vidljivost kopči može se postići bojanjem istih u boji fasadne ploče. S njima se postiže fuga između ploča u debljini 4 mm ili 8 mm. Jedna od mogućnosti ovog sistema je da se pretvori u sistem nevidljivih držača tako da se bočno zareže ploča te se kopče ubace u zarezane utore. Ploče za ovaj sustav minimalno moraju biti 12 mm. Na taj način se po relativno niskoj cijeni dobije sustav s nevidljivim kopčama (slika 21.) [24].



Slika 21. Sistem s nevidljivim kopčama [25]

Sistemi s nevidljivim sidrima (slika 22.)

Sistem predstavljaju vertikalni T-profil na koje se postavljaju horizontalni profili udaljenošću uvjetovani zbog završne fasadne obloge. Za vješanje na horizontalne profile postavljaju se 4 specijalna sidra od nehrđajućeg čelika s držačima. Sistem je ekonomski duplo skuplji od sistema s vidljivim držačima, stoga ga se preporuča za korištenje u visini očiju do prve etaže [24].



Slika 22. Sistem s nevidljivim sidrima [25]

3.2. Toplinsko izolacijski sloj i izolacijski materijali ventiliranih fasadnih sustava

Za toplinsku izolaciju ventiliranih fasada u pravilu se koristi mineralna vuna, staklena ili kamena (slika 23.). Mineralna vuna mora odgovoriti na nekoliko važnih parametara. Jedan od parametara je toplinska provodljivost materijala. To je količina topline u J, koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala površine presjeka 1 m^2 i debljine 1 m okomito na njegovu ploštinu pri razlici temperature od 1 K . Označava se grčkim slovom λ (lambda). Kod mineralne vune taj parametar kreće se oko $0,035 \text{ W/mK}$. Mineralna vuna može doći u različitim debljinama ovisno o zahtjevu zgrade, a omjer debljine i koeficijentom provodljivosti daje toplinski otpor važan za energetska učinkovitost [26].

Ugradnja toplinske izolacije s vanjske strane objekta omogućava toplinsku izolaciju bez pojave toplinskih mostova. Izolacija je paropropusna što znači da je koeficijent otpora difuzije vodene pare $\mu=1$. Prolaz vodene pare smanjuje kondenzaciju unutar objekta [23].

Zaštita od požara kod ventiliranih fasada važna je stavka. Samim time što sloj ventiliranog zraka može značajno doprinijeti širenju požara, ovaj sustav zahtijeva pažljiv odabir vatrootpornih materijala. Izolacijski proizvodi koji čine ventiliranu fasadu najvišeg su razreda reakcije na vatru A1 [23].

Zvučna izolacija jedan je od parametara. Vlakanasta struktura mineralne vune doprinosi apsorpciji zvuka te time poboljšava učinak zvučne izolacije vanjskog zida. Mineralnom vunom dobre apsorpcije zvuka anulira se refleksija i rezonancija dijela zvučne energije koja se pojavljuje uslijed refleksije zvučnih valova o vanjsku fasadnu oblogu ili refleksiju unutar ventiliranog zračnog sloja [23, 27].



Slika 23. Ursa kamena vuna za ventilirane fasade [28]

Ploče su jednostrano su kaširane obično crnim staklenim voalom koji služi kao zaštita ploče od moguće abrazije uzrokovane strujanjem zraka u ventiliranom zračnom sloju. S ciljem povećanja vodoodbojnosti, raslojavanja i osipanja uslijed abrazije preporuka je postaviti UV otporne folije. Mehaničko pričvršćivanje vrši se mehaničkim dvodijelnim plastičnim ili čeličnim nosačima izolacije (slika 24.) [23, 27].

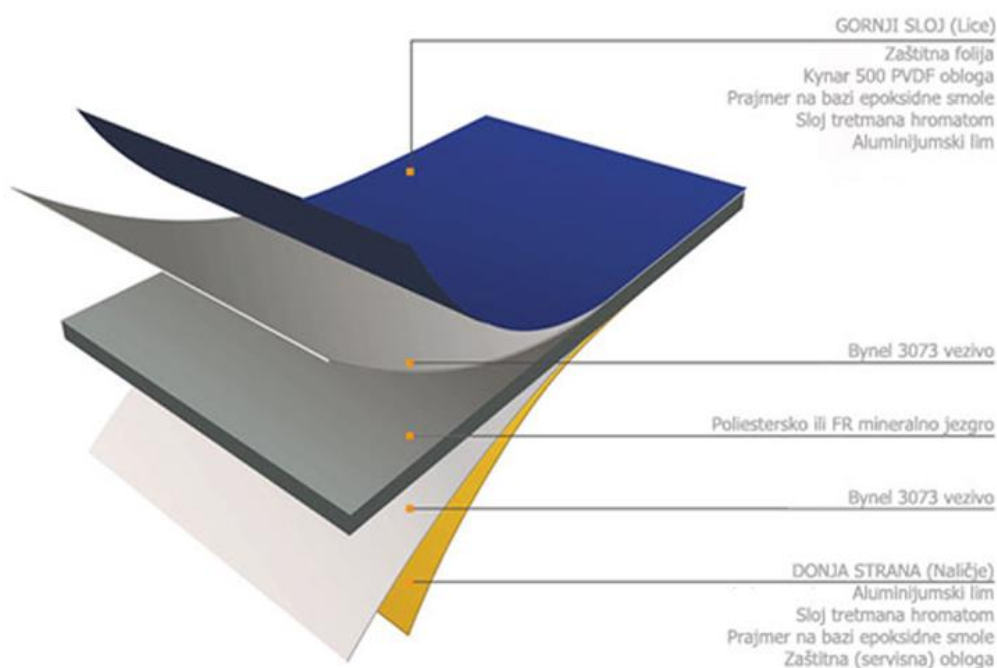


Slika 24. Tiplana izolacija kamene vune [18]

3.3. Završna obloga, materijali i ugradnja kod ventiliranih fasadnih sustava

Metalni kompozitni paneli

Metalni kompozitni paneli mogu biti izrađeni od aluminija, bakra, nehrđajućeg čelika, cinka i sl. Panel se sastoji od 2 sloja lima koji oblažu jezgru s protupožarnim karakteristikama. Spajanje jezgre s limovima se odvija procesom kontinuirane koekstruzije. Moguće je da ploča bude dekorativno dvostrano završena, ali je češće gornji lim ploče dekorativno obrađen, dok je poledina jednobojna i nosi deklaraciju proizvoda. Ploče se nude u debljinama od 2mm do 6mm. Nemaju veliku težinu te su time pogodne za visoke zgrade jer ne zahtijevaju dodatno ojačanje podkonstrukcije [29, 30, 31]. Struktura kompozitnog materijala prikazana je na slici 25.



Slika 25. Struktura kompozitnog panela [32]

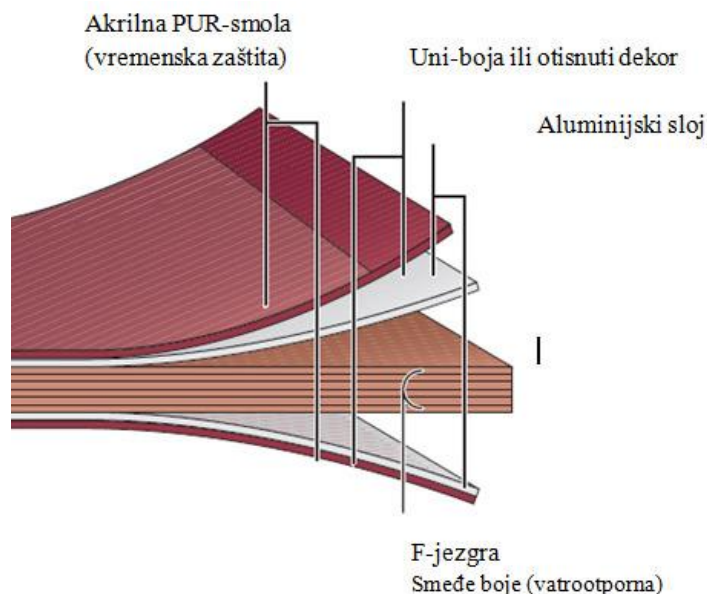
Metalne kompozitne ploče (slika 26.) u pravilu su lagane, čvrste ploče otporne na vremenske utjecaje. Otporne su na jako opterećenje vjetra, otporne su na smrzavanje, biostabilne i otporne na koroziju. Sadržavaju odlične akustične, protupožarne i toplinske karakteristike. Nezapaljive su te spadaju u A1 klasu vatrootpornosti. To je izrazito važno jer sam ventilirani sustav je pogodan za požar, zato je važnost vatrootpornosti materijala veća. Sam izbor završnog dekora je raznolik, od široke palete boja, boja s efektima do imitacije drva, kamena ili metala. Ploče su često završno premazane fluorokarbonskim premazom koji čini zaštitni sloj. Lake su obradivosti i iznimne fleksibilnosti, stoga ovaj panel može biti upotrijebljen u mnogim kompleksnim geometrijskim oblicima. Održavanje ploča u pravilu nema, tome pogoduje premaz za odbijanje prljavštine i čini ploče samoodrživima. Ukoliko se javi problem nakupine prljavštine i prašine, obično je riješena pojavom kišom, ali može se oprati vodom i neagresivnim tekućim deterdžentom. Njihova primjena je u fasadnim oblogama zgrada, kod metalnih stropova pregrada, oblaganja zidova, okruglih stupova i sl.[29, 30, 31].



Slika 26. Kompozitni panel kao fasadna obloga [31]

HPL ploče

Visoko prešani kompaktni laminat pod oznakom HPL (High Pressure Laminates) su duromeri koji sadrže drvena vlakna do 70% i termoreaktivne smole, a proizvodnja se odvija pod visokim tlakom i visokom temperaturom. Takvim načinom proizvodnje ove ploče postaju guste i vrlo stabilne, iznimno su dugotrajne i otporne na vremenske uvjete te predstavljaju dobar odnos jačine i težine [33, 34, 35]. Struktura HPL ploče prikazana je na slici 27.



Slika 27. Struktura HPL ploče [35]

Ove ploče posjeduju konzistentnu i veliku gustoću što je preduvjet da bi se kvalitetno mogle pričvrstiti vijcima ili pak drugim pričvrstnim elementima. Ploče imaju izraženu tlačnu i vlačnu čvrstoću te pružaju izvrstan otpor čupanju i udarcima.

HPL ploče su zbog svoje primjene u vanjskim uvjetima izrazito otporne na učinak sunca i kiše na površinu ploče i dekora ploče. Također su otporne i neosjetljive na kisele kiše, ali i pokazuju otpornost i stabilnost za UV zračenje.

Ove ploče zbog svoje robusnosti i nereaktivnosti, ali i površinski zatvorene strukture, glatke i bez pora doprinose manjem nakupljanju prljavštine i lakom čišćenju te tijekom vremenskog perioda nema potrebe za zaštitnim premazima ili bojanjem [33, 34, 35].

HPL ploče su estetski vrlo elegantno arhitektonsko rješenje (slika 28.). Njihova svestranost i jednostavna kombinacija s drugim građevinskim materijalima daje vrijednost više. Mogu se

ugraditi u unutrašnjosti objekta u vidu pregradnih zidova, ormarića, vrata, pulteva, kuhinja i slično. Tada dolaze u debljini od 2 mm do 40 mm. U vanjskoj primjeni upotrebljavaju se kao potkrovnne ploče, kod balkonskih ograda i dekorativnih fasadnih obloga. Tada dolaze u rasponu debljine od 6 mm do 12 mm. Široka lepeza boja, završnih efekata i tekstura, rezanje na željene formate, ugrađivanje različitim sustavima pričvršćivanja doprinose neograničenoj mogućnosti dizajna [33, 34, 35].



Slika 28. HPL ploča kao fasadna obloga [36]

Vlaknocementne ploče

Vlaknocementna ploča (slika 29.) od kompozitnog materijala pod nazivom vlaknasti cement sastoji se od cementa, celuloze i mineralnih tvari ojačane mikro armaturom. Armatura je u pravilu nevidljiva, ali ima i proizvoda s vidljivom armaturom. Važnija svojstva ovih ploča svakako su negorivost, otpornost na koroziju, otpornost na vremenske uvjete, minimalno održavanje, dug životni vijek. Paleta izbora ploča je šarolika te se javljaju ploče sirovog, neobrađenog izgleda s vidljivom teksturom vlakana i cementa, svjetlucave površine, površine oplemenjene kvarcnim pijeskom, mat teksture. Izbor boja također je velik i bogat [37, 38].



Slika 29. Vlaknocementna ploča kao fasadna obloga [39]

Vlaknocementne ploče dolaze u različitim velikim formatima koji se mogu obrezati u bilo koju veličinu ili oblik, mogu se perforirati ili pak otisnuti dizajn.

Sama montaža može se odraditi vidljivim ili pak sakrivenim pričvršćivanjem na konstrukciju pomoću vijaka, zakovica ili ljepila.

Vlaknocementne veliko formatne ploče najčešće se primjenjuju na krovovima, fasadnim oblogama, balkonskim i vrtnim ogradama, proizvodnju vrtnog namještaja ili za unutarnje oblaganje zidova [37, 38].

Betonske fasadne ploče

Betonske fasadne ploče kojima je glavni sastav beton obogaćen staklenim vlaknima. Negorivost betona pridonosi pločama da spadaju u klasu zapaljivosti A1. Ploče dolaze u većim formatima, a montaža ploča može biti skrivena ili vidljiva. Ukoliko je odabir nevidljiva montaža, tada je rješenje lijepljenje za podkonstrukciju ili na mehanički način koristeći kuke i vodilice koje su pričvršćene na stražnjoj strani ploče. Kod vidljivog načina montaže rješenje su zakovice i vijci. Monotoni izgled ploča može se riješiti s različitim strukturama finalne površine (slika 30.). Različite boje, strukture ili 3D oblici nude arhitektima kreativnost u radu [40].

FE | Ferro

Pjeskareno pod jakim pritiskom da se postigne gruba tekstura.

**FL | Ferro Light**

Pjeskareno pod slabijim pritiskom, da se postigne finija tekstura nego kod FE.

**MA | Matt**

Četkano: glatka površina, nejednolike boje, prirodnog sjaja.



Slika 30. Strukture betonskih ploča [40]

Predgotovljeni betonski elementi koji mogu doći u različitim oblicima poput U, V ili L presjeka (slika 31.) mogu ubrzati montažu i rješenje na dijelovima poput stupova, atika, pilastra, špaleta i sl. Hidrofobizacija ovih ploča obavlja se ručno te se time javlja i odstupanje izgleda premaza od strojno obrađenih standardnih ploča. Isti je slučaj i s pjeskarenjem [40].



Slika 31. Oblici predgotovljenih elemenata [40]

Trodimenzionalni lijevani element od staklenim vlaknima ojačanog betona (slika 32.). Ovi elementi mogu se proizvesti u završnoj kvaliteti betona obostrano čime se omogućava više mogućnosti u izvedbi. Elementi omogućuju izvedbu svakojakih geometrijskih oblika čime izgled fasade postaje fascinantniji [40].



Slika 32. 3D betonski element fasade [40]

Fasadna opeka i keramika

Fasadna opeka (slika 33.) od prirodnog materijala mogući je odabir za fasadnu oblogu ventiliranih fasada. Fasadna opeka pruža toplinsku izolaciju, smanjenu potrošnju energije i zvučnu izolaciju. Velike je otpornost i izdržljivosti na agresivne atmosferske utjecaje. Opeka ponajprije služi kao zaštitni sloj od atmosferskih utjecaja poput kiše, vjetra ili pak daje doprinos zaštiti od ljetnih vrućina. Fasadnu opeku karakterizira sposobnost akumulacije topline, mali otpor difuziji vodene pare čime se postiže bolji životni standard unutar prostora objekta. Važno je da opeka ima minimalnu sposobnost upijanja vode što se direktno veže na otpornost na smrzavanje. Jednostavna je za održavanje, a također omogućuje i jednostavne popravke zbog oštećenja ili vandalizma. Dugotrajna zaštita od grafita može biti ugrađena u strukturu materijala. Time je jeftinija od konvencionalnih zaštita koje se nanose na opeku te je zahvalnije i bolje rješenje [41].



Slika 33. Fasadna opeka [41]

Klinker pločice (slika 34.) izrađene od pečene gline posjeduju svojstvo malog upijanja vode, postojanosti boja i izvrsne otpornosti na mraz. Pločice su otporne na vremenske uvjete, dugog su vijeka trajanja. Zbog homogene strukture, pločice su otporne na prljavštinu koja ne može prodrijeti kroz površinu te ih kiša samo ispere i samim time nema potrebe za održavanjem istih. Ponuda boja, veličina i površinskih obrada je raznolika, a pločice su također dobro rješenje za zgrade sa strogim zahtjevima za toplinsku izolaciju ovojnice zgrade [42, 43].



Slika 34. Fasadna klinker pločica [42]

Debljina fasadne keramike je 10 mm – 12 mm sa otvorenim fugama 4mm – 8mm. Kod fasadnih keramičkih pločica razlikujemo glazirane i neglazirane pločice. Prednost glazirane keramike je u tome što su lakše za održavanje, samoperivost je veća nego kod neglaziranih, dok se neglazirana keramika može brusiti i polirati [44].

Terracotta (slika 35.) je naziv za šuplje keramičke ploče glazirane ili neglazirane glatke ili reljefne površinske strukture. Ploče se izvode ekstrudiranjem u dužini do 2 m, širine od 15 cm do 60 cm. Terracotta u sebi sadrži šupljine u debljini od 3 cm do 4 cm. Duple ploče sa šupljinama karakterizira veća otpornost na udarce u usporedbi s ravnim pločama. Još jedna značajna prednost u usporedbi s klasičnim keramičkim pločama je ta da se horizontalno otvorena fuga prekriva perom gornje ploče. Time se dobiva zaštita ulaska vode iza ploče. U slučaju oštećenja ploče, zamjena se lako obavlja pojedinačno [45].



Slika 35. Terracota [45]

Prirodni kamen

Prirodne kamene ploče jedna su od opcija fasadne obloge ventilirane fasade. Uobičajeno dolaze u debljini od 3 cm, a pričvršćivanje se izvodi izravno na zid ili preko podkonstrukcije (slika 36.). Između samih ploča nalazi se dilatacija koja omogućuje diferencijalno kretanje ploče uslijed toplinsko – higroskopskih rastezanja nosive konstrukcije ili podkonstrukcije. Kod odabira stijena za fasadnu oblogu važan je sadržaj nestabilnih minerala koji tijekom interakcije s atmosferom mogu oksidirati i time izazvati neželjene mrlje na licu fasade. Također je važna homogenost teksture stijene te je poželjno da je struktura unutar stijene što homogenija. Zbog atmosferskih utjecaja poput udara vjetra, udara kiše ili radi rastezanja ploče, ali i zbog mehaničkih udaraca, otpornost na savijanje važan je čimbenik kod odabira prirodnog kamena za fasadnu oblogu. Stoga je i u ovome slučaju važna homogenost prirodnog kamena. Nadalje, raspored učvršćujućih točaka mora biti što ravnomjerniji jer ukoliko nije tako dolazi do savijanja, pucanja ili rušenja ploča. Poroznost kamena i sposobnost upijanja vode i u ovome slučaju mora biti svedena na minimum jer u hladnijem vremenskom periodu tijekom smrzavanja može doći do pucanja ploče. Prirodni kamen daje jedno izrazito elegantno, moderno, a opet klasično rješenje. Uz pravilan odabir kamena za fasadnu oblogu, ovaj sustav daje izvrstan estetski rezultat [46].



Slika 36. Kamena obloga na direktnim nosačima [46]

Staklena obloga

Ovaj sustav fasadne obloge predstavlja visokokvalitetnu staklenu površinu na kojoj nije vidljivo pričvršćenje. Jednostruko sigurnosno staklo dolazi u debljini od 6 mm ili 8 mm te je emajlirano u boji sa stražnje strane. Staklo se obično lijepi na konstrukciju, a može se povezati i vijčanim spojem za konstrukciju na stražnjoj nevidljivoj strani. Zbog toplinskog postupka prednaprezanja moguća je pojava općih i lokalnih rasjeda. Dolazi u širokom spektru boja bez posebnih ograničenja koeficijenta refleksije svjetlosti [47]. Na slici 37. nalazi se prikaz ventilirane fasade sa staklom kao fasadna obloga.



Slika 37. Staklena obloga ventilirane fasade [17]

Inox mreže

Haver & Boecker inox pletene mreže izrađene od nehrđajućeg čelika daju proizvodu postojanost i otpornost na koroziju. Ovaj materijal predstavlja savršenu simbiozu funkcionalnosti i estetike. Različiti uzorci mreže daju jedinstvene karaktere te različite karakteristike u čvrstoći, otpornosti, transparentnosti, težini, obradi i samom vizualnom efektu.

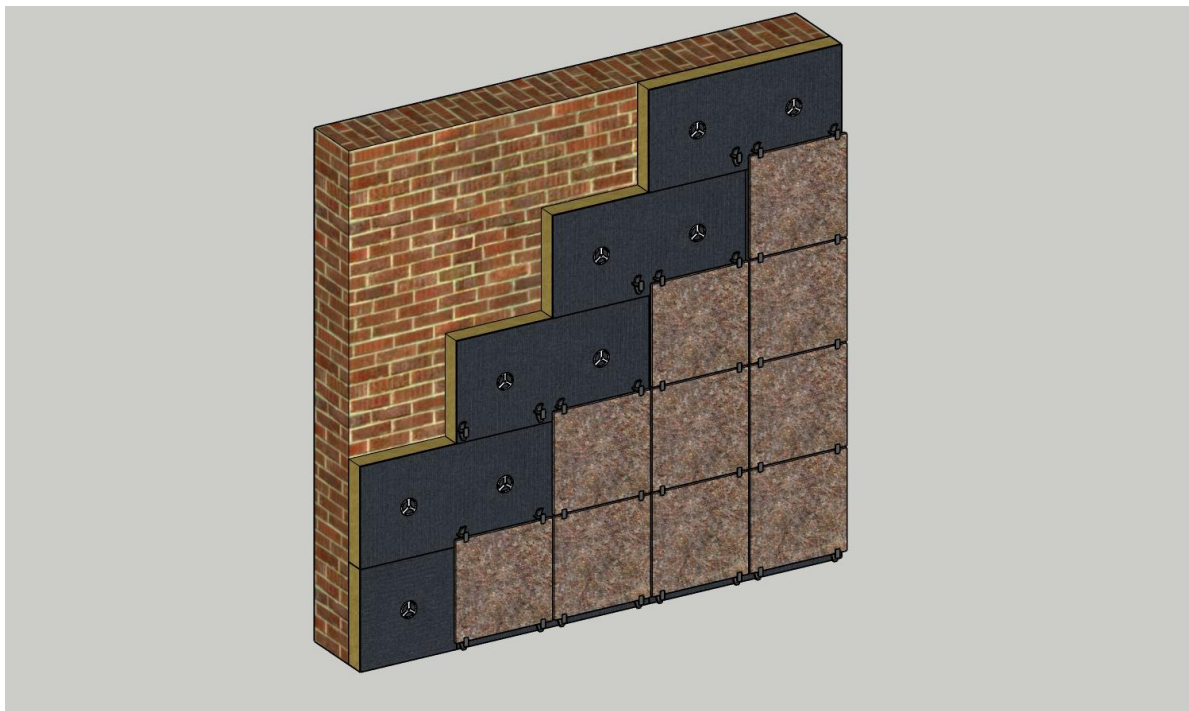
Ovaj proizvod u širokoj je primjeni. Fasade, pročelja garaža, zaštita od sunčevog svjetla, zaštita od provala, elementi za sakrivanje tehničkih postrojenja, konstrukcija uz ceste samo su neki od brojnih načina primjene ovog plemenitog proizvoda [48]. Na slici 38. vidljiv je prikaz inox materijala kao fasadna obloga kod ventilirane fasade.



Slika 38. Inox kao fasadna obloga [48]

4. Pregled tehničkih detalja ventiliranih fasadnih sustava

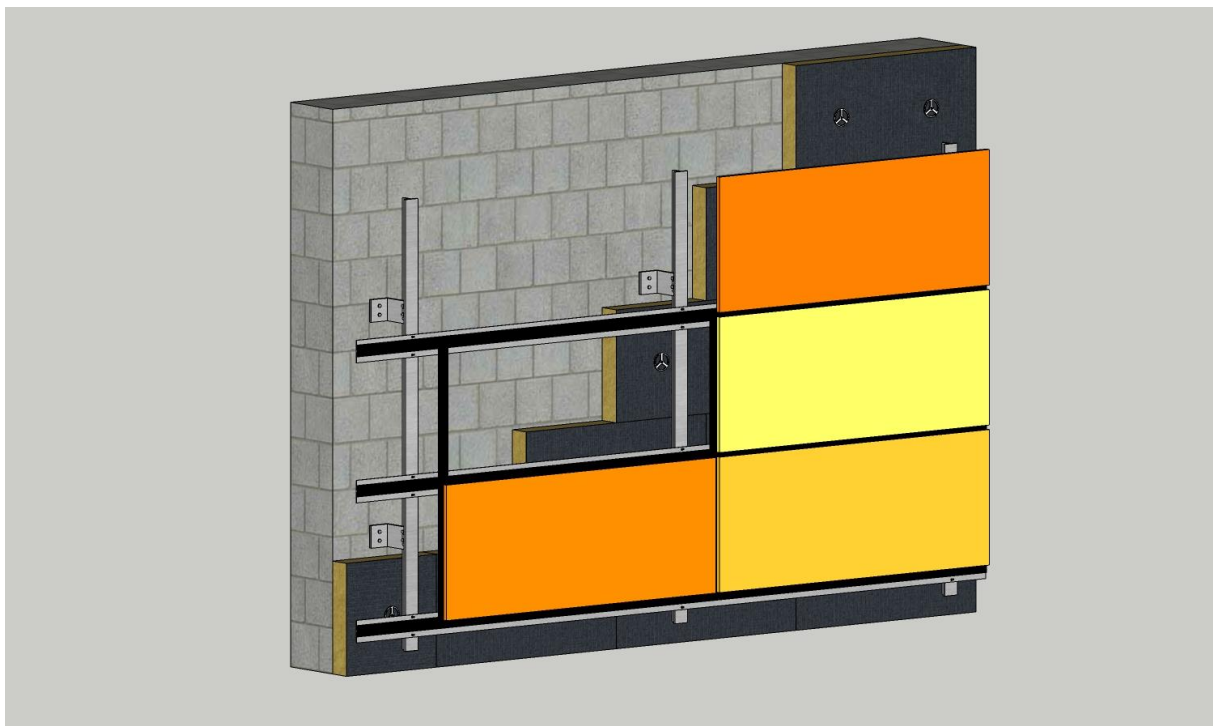
Model 1. Mramorna obloga (slika 39.)



Slika 39. Model 1. Mramorna obloga [18]

Kod ovog modela ideja je bila prikazati jednu od mogućnosti postavljanja mramorne obloge u svrhu fasadne obloge ventilirane fasade. Sistem se bazira na direktnim nosačima koji su rosterno uvjetovani formatom ploča. Ploče nasjedaju na donje nosače, dok ih gornji pridržavaju. Držači također dirigiraju veličinu fuge. Također je vidljiva termoizolacija u obliku mineralne vune s crnim staklenim voalom te tiplima kojima je pričvršćena za nosivu konstrukciju. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.1.

Model 2. Metalne kompozitne ploče – narančaste (slika 40.)



Slika 40. Model 2. Metalne kompozitne ploče – narančaste [18]

Ovaj model postavljen je na L metalne nosače koji su odijeljeni od nosive konstrukcije pomoću termostopa koji sprječava pojavu toplinskog mosta, a pričvršćene za istu s udarnim tiplama. Vertikalna T podkonstrukcija postavljena je na L metalne nosače pomoću vijaka. Pomoću njih može se regulirati vertikalnost i horizontalnost same konstrukcije što je važno za ravninu i postavljanje fasadne obloge. Poprečna konstrukcija pričvršćena je za vertikalnu pomoću vijaka te se na nju lijepu fasadne ploče. Fasadna ploča predstavlja metalni kompozitni panel koji je predstavljen u različitim bojama. Vidljiva je termoizolacija u obliku mineralne vune sa staklenim voalom pričvršćena tiplima za nosivu konstrukciju. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.2.

Model 3. Metalne kompozitne ploče – imitacija drvo (slika 41.)



Slika 41. Model 3. Metalne kompozitne ploče – imitacija drvo [18]

Na slici je vidljiva termoizolacija u obliku mineralne vune sa staklenim voalom pričvršćena tiplima za nosivu konstrukciju. U ovom slučaju također su metalni nosači od nosive konstrukcije odvojeni termostopom te spojeni na nosivu konstrukciju udarnim tiplama. Vertikalni T elementi spojeni su vijcima za nosače te su podesivi. Fasadna obloga modelirana je na principu SZ sustava gdje jedna ploča ulazi u drugu. Ploče se vijcima pričvršćuju za podkonstrukciju. Na modelu je želja bila prikazati metal kompozitne ploče dizajnirane kao imitacija drveta. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.3.

Model 4. Betonske fasadne ploče (slika 42.)



Slika 42. Model 4. Betonske fasadne ploče [18]

Metalni L nosači odvojeni termostopom od nosive konstrukcije spojeni s istom preko udarne tiple. Na njih je spojena T podkonstrukcija koja ne sebi ima vijkom spojene metalne nosače za ploče. Držači su razmakom postavljeni shodno završnoj fasadnoj oblozi. Fasadna obloga predstavlja jednu od mnogih vrsta betonskih fasadnih ploča. Termoizolacija je mineralna vuna sa staklenim voalom pričvršćena tiplima za nosivu konstrukciju. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.4.

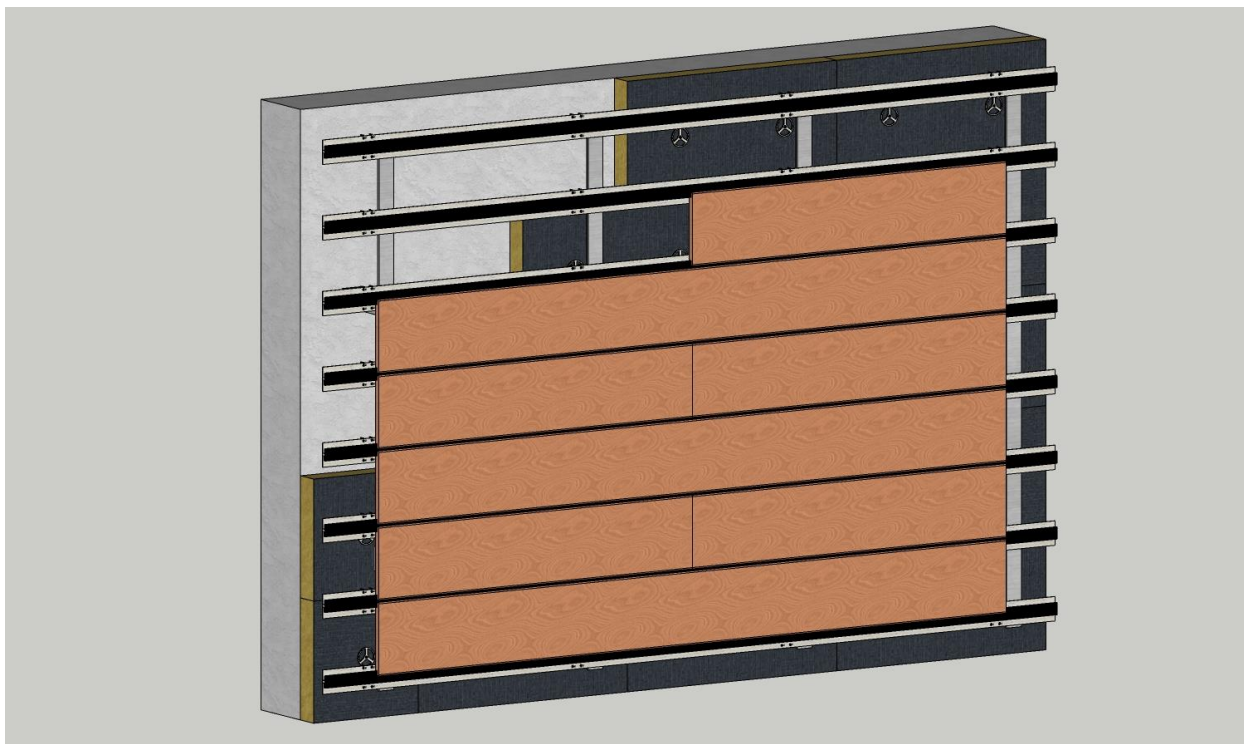
Model 5. HPL ploče – imitacija drvo (slika 43.)



Slika 43. Model 5.HPL ploče – imitacija drvo [18]

Ovaj model predstavlja metalne U nosače koji su s udarnim tiplima spojeni na nosivu konstrukciju od koje su odvojeni termostopom. Na U nosače vijcima su pričvršćeni vertikalni Ů profili koji se poslože u vertikalnu i horizontalnu ravninu te se vijcima spoje na metalne U nosače. Termoizolaciju čini mineralna vuna sa staklenim voalom pričvršćena tiplima na nosivu konstrukciju. Fasadna obloga također je na principu SZ sistema gdje jedan kraj ploče ulazi u drugi. U ovom prikazu kao fasadna obloga prikazana je HPL ploča imitacije drveta. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.5.

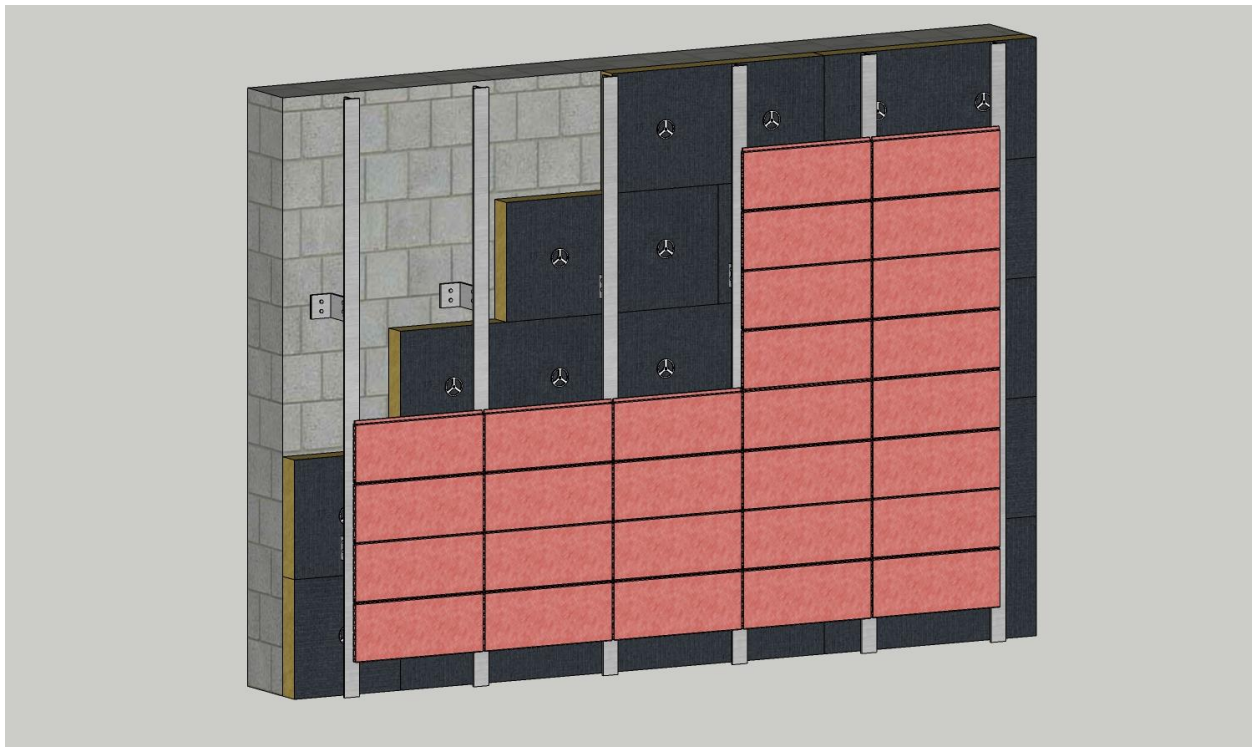
Model 6. HPL ploče - imitacija drvenih dasaka (slika 44.)



Slika 44. Model 6. HPL ploče – imitacija drvenih dasaka [18]

L metalni nosači spojeni na nosivu konstrukciju udarnim tiplima, odvojeni od iste termostopom. Na metalne nosače vijcima se pričvršćuje vertikalna T podkonstrukcija. Na vertikalnu T podkonstrukciju vijcima se spaja horizontalna podkonstrukcija čiji je osni razmak uvjetovan fasadnom oblogom. Konstrukcija je osmišljena da djeluje na sistem utor pero te fasadne ploče izduženog oblika kliznu unutar dviju horizontalnih konstrukcija. Fasadna obloga predstavlja HPL ploče koje imitiraju drvene daske. Termoizolacija je mineralna vuna sa staklenim voalom koja je pričvršćena na nosivu konstrukciju tiplima. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.6.

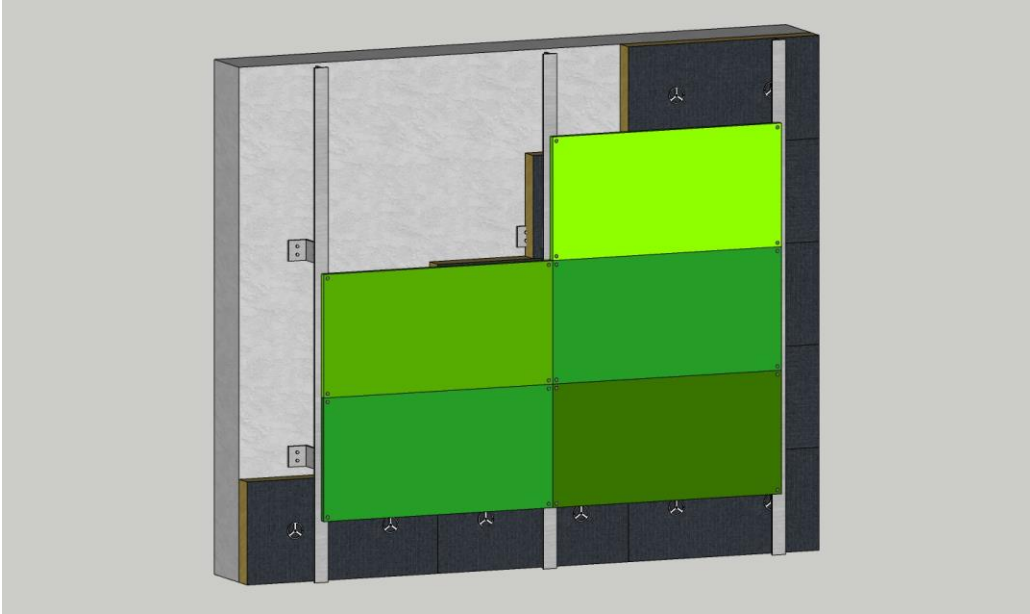
Model 7. Terracotta (slika 45.)



Slika 45. Model 7. Terracotta [18]

L metalni nosači spojeni na nosivu konstrukciju udarnim tiplima, odvojeni termostopom. Vertikalna T podkonstrukcija pozicijski uvjetovana fasadnom oblog pričvršćuje se vijcima za metalne L nosače. Termoizolacija je mineralna vuna sa staklenim voalom tiplima pričvršćena za nosivu konstrukciju. Kao fasadna obloga u ovome je slučaju prikazana terracotta koja po principu utor pero ulazi jedna u drugu, dok je za konstrukciju vezana lijepilom. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.7.

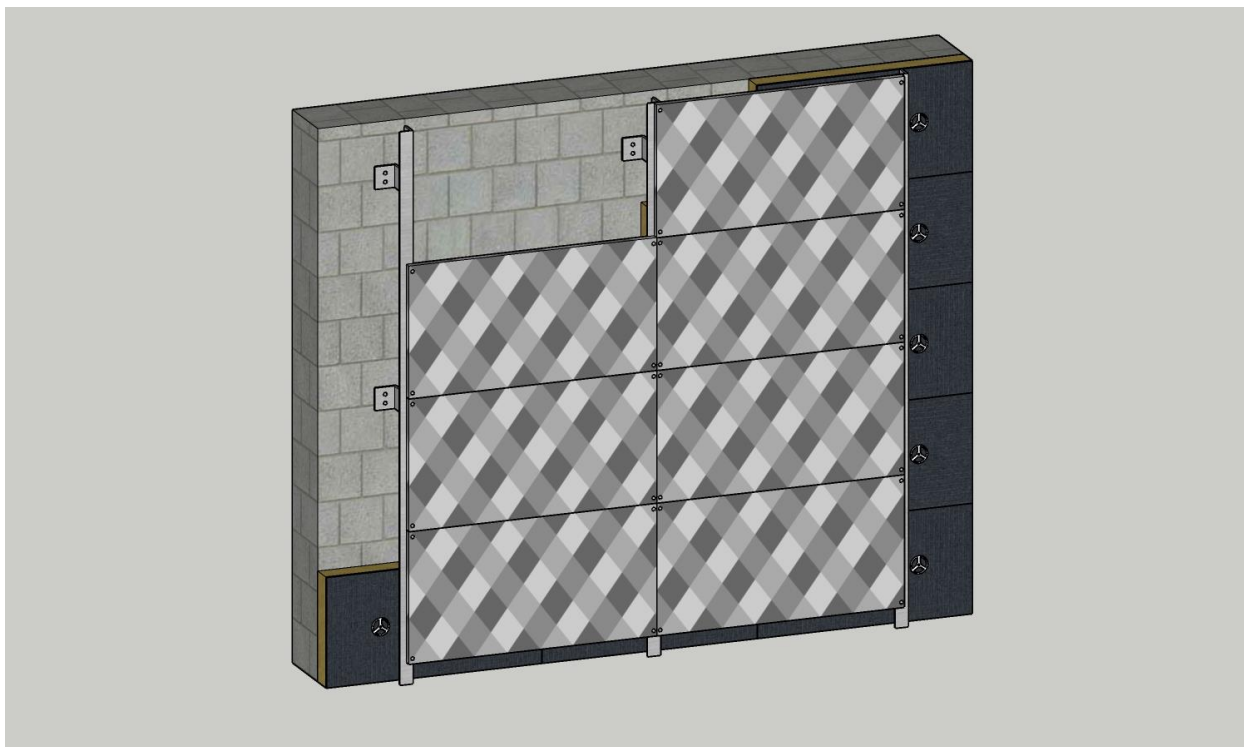
Model 8. Metalne kompozitne ploče – zelene (slika 46.)



Slika 46. Model 8. Metalne kompozitne ploče – zelene [18]

Model sastavljen od L metalnih nosača spojeni na nosivu konstrukciju udarnim tiplama, odvojeni od nosive konstrukcije termostopom. Vertikalna podkonstrukcija spojena na metalne nosače pomoću vijaka. Fasadna obloga u ovom je slučaju pričvršćena na podkonstrukciju pomoću zakovica. Termoizolacija je mineralna vuna sa staklenim voalom tiplima pričvršćena na nosivu konstrukciju. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.8.

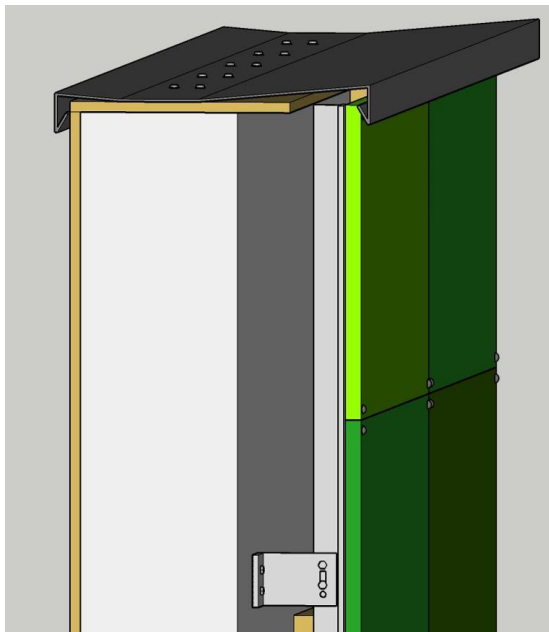
Model 9. Metalne kompozitne ploče – print (slika 47.)



Slika 47. Model 9. Metalne kompozitne ploče – print [18]

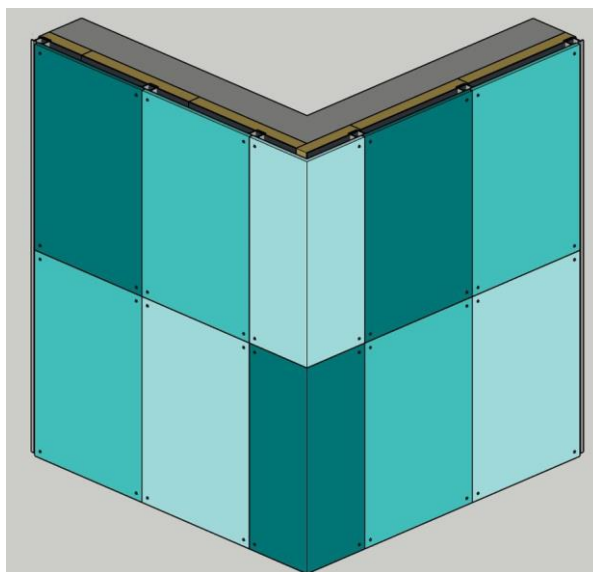
U modelu je prikazan sustav na L metalnim nosačima koji su odvojeni termostopom od nosive konstrukcije, a za istu su pričvršćeni udarnim tiplama. Na L metalne nosače vijcima je pričvršćena vertikalna L podkonstrukcija koja je razmakom određena shodno završnoj oblozi. Fasadna obloga u ovom je slučaju metalna kompozitna ploča sa printom uzorka kao završni estetski izgled. Obloga je za podkonstrukciju spojena vijcima. Termoizolacija je mineralna vuna sa staklenim voalom pričvršćena tiplima za nosivu konstrukciju. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.9.

Sljedeći prikaz predstavlja limeni opšav (slika 48.) kod završetka ventilirane fasade. Važnost limenog opšava leži u tome da on treba zaštititi ponajprije izolaciju, ali i ostale elemente od prodora padalina. Također je važna obrada gornjeg završetka u smislu ostavljanja otvora za cirkuliranje zraka. Tehnički prikaz se nalazi u prilogu br.10.



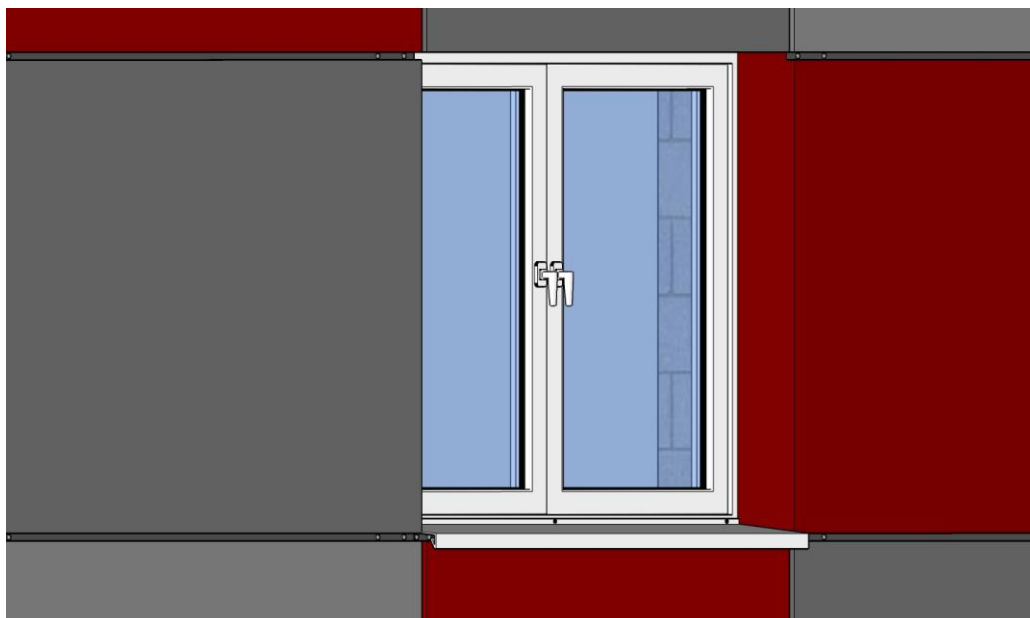
Slika 48. Limeni opšav [18]

U ovome modelu cilj je bio prikazati izvedbu uglova kod ventilirane fasade (slika 49.). Na U metalne nosače postavljena je U podkonstrukcija te je pomoću vijaka postavljena fasadna obloga. U ovom slučaju kutna obloga fasade izvedena je u L obliku te se kao jedna komponenta postavlja na profile. Tehnički prikaz se nalazi u prilogu br.11.



Slika 49. Kut ventilirane fasade [18]

U ovome prikazu ideja je bila prikazati izvedbu prozorske klupčice (slika 50.) koja dolazi na dodatno postavljenu podkonstrukciju te je važno da je napuštena prema van određenom duljinom u svrhu sprječavanja povrata vode uzrokovane padalinama ili bilo kakvim drugim djelovanjem. Tehnički prikaz nalazi se u prilogu br.12.



Slika 50. Prozorska klupčica [18]

5. Zaključak

Ovim seminarskim radom obuhvaćene su najčešće vrste fasada. Svaka je opisana te su dati glavni značajni elementi i karakteristike. Shodno tome lako je odabrati željeni tip fasade koja će biti najbolja i najefikasnija za određenu građevinu.

Ventilirana fasada kao moderan i inovativan fasadni sustav svakako je efikasan sustav toplinske izolacije. Vrijednost ovog sistema krije se u ventiliranom zračnom prostoru. Zračni prostor uz kvalitetnu izolaciju pruža „disanje“ fasade. Kod izolacije je potrebno voditi računa da koeficijent toplinske provodljivosti bude što je moguće niži jer će time željeni efekt biti veći. Također je važno obratiti pozornost na negorivost materijala, ali i na stakleni voal koji štiti izolaciju od nastalog strujanja zraka. To strujanje u ljetnom periodu omogućava da se topao zrak iz objekta i okoline ne zadržava u zračnom ventiliranom sloju, već da odlazi prema gore te kroz otvor izađe iz sistema, a novi hladniji zrak uđe u sistem. Time se hladi objekt. Kod zimskog perioda ventilirani zračni prostor omogućava da se toplina proizašla iz objekta zaustavlja u tome području te predstavlja barijeru i smanjuje daljnje gubljenje topline objekta. Također je važno da taj suhi i topao zrak isušuje možebitno kondenziranu vlagu te omogućuje da izolacija ostane suha i dugotrajno djelotvorna. Dakle, ovi mehanizmi svakako utječu na bolji i ugodniji boravak unutar objekta, kako zimi, tako i ljeti. Treba reći da se samim time smanjuju troškovi hlađenja, odnosno grijanja, a samim time smanjuje se i globalni problem emisije CO₂. S obzirom da je podkonstrukcija nositelj statike ventilirane fasade, važno je da bude ovisno o proračunu statičkih i dinamičkih opterećenja kvalitetno i pravilno postavljena. Obrada spoja konstrukcije objekta i podkonstrukcije fasade mora biti odrađena bez toplinskih mostova. Također je važno odabrati pravilan tip podkonstrukcije ovisno o fasadnoj oblozi koja dolazi na istu. Fasadne obloge dolaze u širokom spektru izbora i moguće je postići gotovo svaki željeni oblik. Geometrijski zahtjevne i moderne fasade, izlomljeni oblici, savijeni, udubljeni, sve je moguće odraditi pravilnim odabirom fasadne obloge poput metalnih kompozitnih ploča ili pak HPL ploča. Ukoliko se želi postići klasičan, a s druge strane moderan i elegantan izgled materijali poput keramike, opeke ili stakla svakako su uzak izbor.

Sve u svemu, ventilirana fasada svakako je kvalitetno i pametno rješenje, kako s aspekta energetske učinkovitosti i izolacije, tako i s aspekta atraktivnog, estetski modernog ili klasičnog, ali svakako oku ugodnog izgleda.

U Varaždinu, 10.10.2021.

6. Literatura

- [1] M. Kulundžić: Fasadni sustavi i planiranje njihove izvedbe, Završni rad, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2016.
- [2] Indeco; Vapneno – cementna žbuka; Raspoloživo na:
<https://indecu.ru/hr/plaster-for-external-walls-decorative-polymer-plasters.html>
Dostupno: 16.08.2021.
- [3] Kontours d.o.o.; Izrada fasade; Raspoloživo na:
<https://kontours.hr/izrada-fasade/>
Dostupno: 16.08.2021.
- [4] ArcGIS; Katedrala sv. Jakova u Šibeniku; Raspoloživo na:
<https://www.arcgis.com/sharing/rest/content/items/7cc338258bfd4f89a499d8d1f478442b/resources/KKbrgj9qfEcwbaxIhWIT0.jpeg?w=1600>
Dostupno: 16.08.2021.
- [5] S.B.S. d.o.o.; Ventilirana fasada s kamenom fasadnom oblogom; Raspoloživo na:
<https://www.sbs.com.hr/proizvod/pregled/naziv/ventilirana-kamena-fasada/>
Dostupno: 16.08.2021.
- [6] Qwadu; Termo fasada; Raspoloživo na:
<http://qwadu.com/blog/koju-termo-fasadu-postaviti-28/>
Dostupno: 16.08.2021.
- [7] Grenef – građevinarstvo i energetska efikasnost; Lijepljenje EPS ploča; Raspoloživo na:
<https://www.grenef.com/fasada-u-borbi-za-energetsku-efikasnost/>
Dostupno: 16.08.2021.
- [8] Sto Ges.m.b.H.; Održiva toplinska izolacija drvetom; Raspoloživo na:
https://www.sto.hr/hr/topnav/tisak/pressemeldunge_detailansicht_75136.html
Dostupno: 18.08.2021.
- [9] Optolov; Izolacija celuloznom vunom; Raspoloživo na:
<https://optolov.ru/hr/elektrichestvo/uteplenie-cellyuloznoi-vatoi-cellyuloznyi-uteplitel-i-ego.html>
Dostupno: 18.08.2021.
- [10] Okno d.o.o.; Staklene fasade; Raspoloživo na:
<https://okno.hr/staklene-fasade/>
Dostupno: 23.08.2021.
- [11] Sistem Lux d.o.o.; Staklena fasada; Raspoloživo na:
<https://www.sistemlux.rs/sr/staklene-fasade/>
Dostupno: 23.08.2021.
- [12] Kristal d.o.o.; Spider staklena fasada; Raspoloživo na:
<https://kristal.eu/staklene-fasade/ventilirajuće-fasade/>
Dostupno: 23.08.2021.
- [13] Knauf Insulation d.o.o.; Izolacija sendvič fasadnih zidova; Raspoloživo na:
<https://www.knaufinsulation.rs/izolacija-sendvic-fasadnih-zidova>
Dostupno: 23.08.2021.
- [14] Beton-Lučko d.o.o.; Fasadni elementi; Raspoloživo na:
<https://www.betonlucko.hr/montazni-sistemi-gradjenja-fasadni-elementi.html>
Dostupno: 23.08.2021.

- [15] Eurco d.d.; Projekt "Eco-Sandwich"; Raspoloživo na:
<https://www.eurco.hr/projekt-eco-sandwich>
Dostupno: 23.08.2021.
- [16] L. Budinšćak: Materijali i toplinsko izolacijski sustavi u zgradarstvu, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2020.
- [17] Punto Marinerio; Prikaz izvedene ventilirane fasade; Raspoloživo na:
<https://hr.puntomarinerio.com/ventilated-facade-mounting-technology-and/>
Dostupno: 23.08.2021.
- [18] Privatna zbirka; Josip Šelja
- [19] Econ d.o.o.; Svojstva ventiliranih fasada; Raspoloživo na:
<http://www.econ.hr/rainscreen2.php>
Dostupno: 31.08.2021.
- [20] Siže_Kupres d.o.o.; Ventilirane fasade; Raspoloživo na:
<http://www.size-projekti.hr/ventilirane-fasade-p10>
Dostupno: 31.08.2021.
- [21] Izovat DT d.o.o.; Ventilirana fasada; Raspoloživo na:
<http://www.izovat.info/djelatnost-html/vjetro/vjetro.html>
Dostupno: 31.08.2021.
- [22] Alu-Kon d.o.o.; O ventiliranim fasadama; Raspoloživo na:
<https://www.alu-kon.hr/ventilirane-fasade/>
Dostupno: 31.08.2021.
- [23] Rockwool Adriatic d.o.o.; Izolacija ventiliranih fasada; Raspoloživo na:
https://p-cdn.rockwool.com/siteassets/rw-hr/broure-i-katalozi/ventilirane-fasade/1909-ventilated-facades-brochure_cro.pdf?f=20201025023116
Dostupno: 03.09.2021.
- [24] Webgradnja.hr; Ventilirane fasade; Raspoloživo na:
<https://webgradnja.hr/specifikacije/742/ventilirane-fasade>
Dostupno: 03.09.2021.
- [25] Keratek d.o.o.; Sistemi potkonstrukcije; Raspoloživo na:
<https://keratek.hr/sistemi-potkonstrukcije.html>
Dostupno: 03.09.2021.
- [26] Građevinski fakultet; Toplinska svojstva materijala; Raspoloživo na:
https://www.grad.unizg.hr/download/repository/3_VJEZBE.pdf
Dostupno: 03.09.2021.
- [27] Rockwool Adriatic d.o.o.; Fixrock 33 VF – svojstva ploče; Raspoloživo na:
https://p-cdn.rockwool.com/siteassets/rw-hr/tehnika-dokumentacija/tds/fixrock_33_vf_hr.pdf?f=20210426115159
Dostupno: 03.09.2021.
- [28] Ursa Zagreb d.o.o.; Ursa Glasswool; Raspoloživo na:
<https://www.ursa.hr/ursa-glasswool>
Dostupno: 08.09.2021.
- [29] Site Project d.o.o.; Albond kompozitni paneli; Raspoloživo na:
<https://www.siteproject.hr/albond-kompozitni-paneli/>
Dostupno: 08.09.2021.

- [30] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Alubond metalni kompozitni paneli; Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/alubond/>
Dostupno: 08.09.2021.
- [31] DecorexPro; Kompozitni paneli za fasadu: značajke i primjena; Raspoloživo na: <https://hr.decorexpro.com/dom/fasad/kompozitnye-paneli/>
Dostupno: 09.09.2021.
- [32] Tester AL d.o.o.; Struktura kompozitnog panela; Raspoloživo na: <https://www.testeral.com/alubond.html>
Dostupno: 09.09.2021.
- [33] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Trespa visoko prešani kompaktni laminat
Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/trespa/>
Dostupno: 10.09.2021.
- [34] Tuplex Hrvatska d.o.o.; HPL ploče; Raspoloživo na: <https://tuplex.hr/proizvodi-hr/gradevina/hpl-ploce>
Dostupno: 10.09.2021.
- [35] Siže Kupres d.o.o.; Max Compact eksterijer ploče; Raspoloživo na: <http://www.drveni-centar.hr/compact-ploce-za-eksterijer-p90>
Dostupno: 10.09.2021.
- [36] Exal tech d.o.o.; Hpl ploča kao fasadna obloga; Raspoloživo na: <https://exaltech.rs/hpl-kompakt-ploce/>
Dostupno: 10.09.2021.
- [37] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Equitone vlaknocementne fasadne ploče; Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/eternit-equitone/>
Dostupno: 11.09.2021.
- [38] Vlaknocementne ploče – karakteristike, vrste i cijene; Raspoloživo na: <https://hr.zhonyingli.com/faserzementplatten-eigenschaften>
Dostupno: 11.09.2021.
- [39] Equitone; Vlaknocementna ploča kao fasadna obloga; Raspoloživo na: https://www.equitone.com/siteassets/images/materials-page/equitone_linea.jpg?v=490411&width=800
Dostupno: 11.09.2021.
- [40] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Fibre C Concrete Skin – Rider; Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/fibre-c-concrete-skin-rieder/>
Dostupno: 12.09.2021.
- [41] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Tonality fasadna opeka; Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/tonality/>
Dostupno: 12.09.2021.
- [42] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Feldhaus klinker pločice od opeke; Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/feldhaus-klinker/>
Dostupno: 13.09.2021.

- [43] Wienerberger d.o.o.; Terca fasadna opeka; Raspoloživo na:
https://www.wienerberger.hr/informacije/sistemska-rjesenja/terca-fasadni-sistemi/terca-fasadna-opeka.html?gclid=Cj0KCCQjws4aKBhDPARIsAIWH0JUGvBCCZkaMTAzm0_mavXnOzWYHXK20K3hdGQdIc_ta8zYsCI70qoaAq9aEALw_wcB
Dostupno: 13.09.2021.
- [44] Keratek d.o.o.; Keramičke fasade; Raspoloživo na:
<https://keratek.hr/keramicke-fasade.html>
Dostupno: 13.09.2021.
- [45] Z. Veršić; Tehnička regulativa gradnje; Energetska učinkovitost u zgradarstvu; Toplinska zaštita pročelja; Tehničko veleučilište u Zagrebu; Zagreb; 2012.
Raspoloživo na: <https://docplayer.gr/46038902-Tehnicka-regulativa-gradnje-energetska-ucinkovitost-u-zgradarstvu-toplinska-zastita-procelja.html>
Dostupno: 16.09.2021.
- [46] A. Mauko, A. Mladenović; Fasadne obloge od prirodnog kamena; Raspoloživo na:
<https://korak.com.hr/korak-017-ozujak-2007-fasadne-obloge-od-prirodnog-kamena-1-dio/>
Dostupno: 16.09.2021.
- [47] Sto Ges.m.b.H.; Toplinsko izolacijski fasadni sustavi - staklo; Raspoloživo na:
https://www.sto.hr/hr/proizvodi/toplinsko-izolacijski-fasadni-sustavi/stoventec_fassade_glass.html
Dostupno: 20.09.2021.
- [48] Ravago Building Solutions Croatia d.o.o.; Inox mreže za arhitekturu i dizajn;
Raspoloživo na: <https://ravagobuildingsolutions.com/hr/hr/proizvod/haver-boecker/>
Dostupno: 20.09.2021.

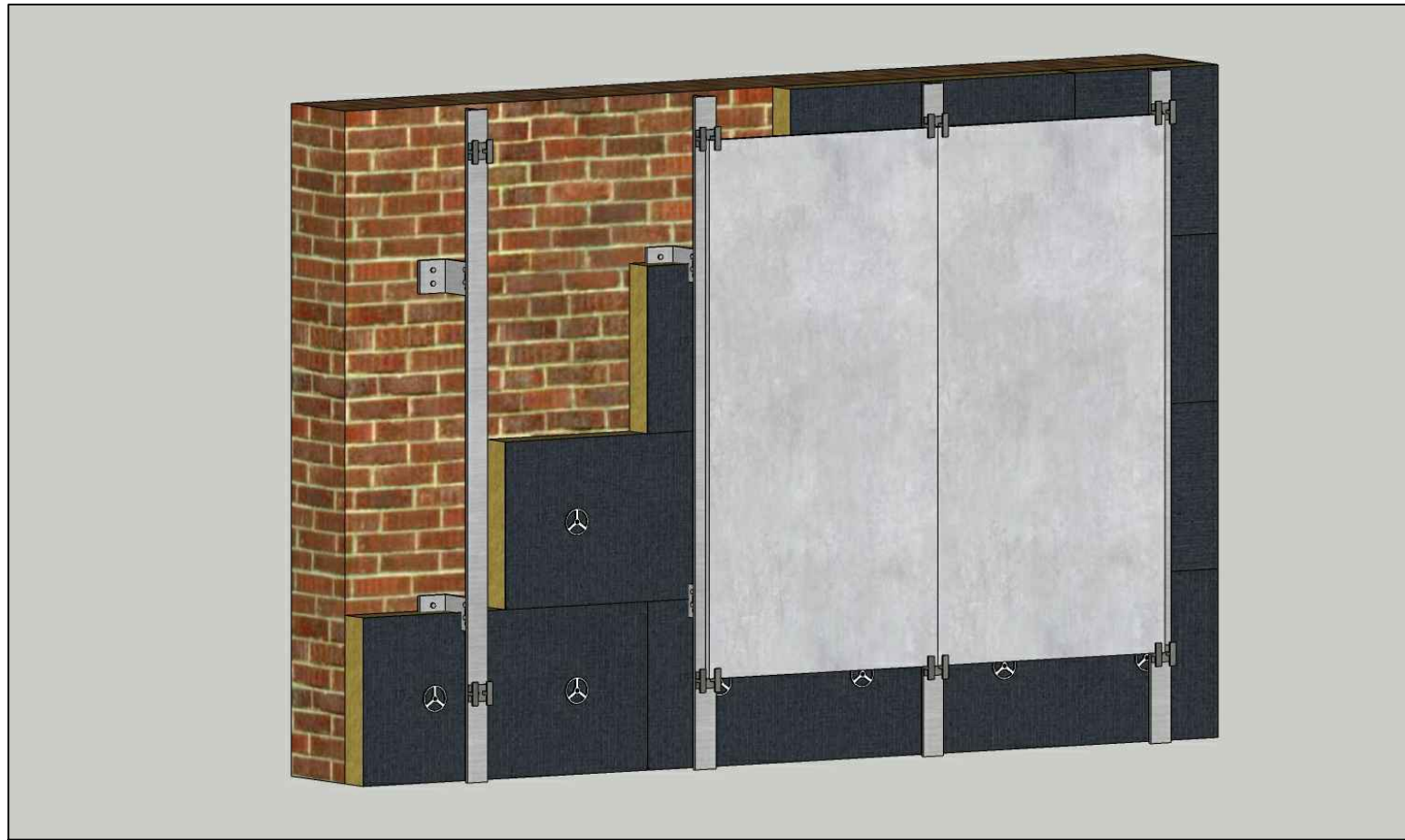
Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1. Vapneno - cementna žbuka [2]..... | 3 |
| Slika 2. Katedrala sv.Jakova u Šibeniku [4] | 4 |
| Slika 3. Ventilirana fasada s kamenom fasadnom oblogom [5]..... | 5 |
| Slika 4. Lijepljenje EPS ploča [7] | 5 |
| Slika 5. Izolacija celuloznom vunom [9] | 6 |
| Slika 6. Staklena fasada [11]..... | 7 |
| Slika 7. Spider staklena fasada [12]..... | 8 |
| Slika 8. Fasadna opeka kao dupli termo zid [13] | 8 |
| Slika 9. Fasada od betonskih elemenata [14]..... | 9 |
| Slika 10. Eco – Sandwich [15]..... | 9 |
| Slika 11. Prikaz izvedene ventilirane fasade [17] | 10 |
| Slika 12. Prikaz dijelova ventilirane fasade [18]..... | 11 |
| Slika 13. Kamena vuna u sustavu ventilirane fasade [18] | 12 |
| Slika 14. Ventilirana fasada – zimski period [18]..... | 13 |
| Slika 15. Ventilirana fasada - ljetni period [18] | 14 |
| Slika 16. Utjecaj padalina na ventiliranu fasadu [18]..... | 15 |
| Slika 17. Montaža podkonstrukcije [18]..... | 17 |
| Slika 18. Termostop - sprječavanje toplinskog mosta između zida i konstrukcije [18]..... | 18 |
| Slika 19. Podkonstrukcija oblika U,T i L [18]..... | 19 |
| Slika 20. Sistem s vidljivim držačima [18]..... | 20 |
| Slika 21. Sistem s nevidljivim kopčama [25]..... | 21 |
| Slika 22. Sistem s nevidljivim sidrima [25]..... | 21 |
| Slika 23. Ursa kamena vuna za ventilirane fasade [28]..... | 22 |
| Slika 24. Tiplana izolacija kamene vune [18]..... | 23 |
| Slika 25. Struktura kompozitnog panela [32]..... | 24 |
| Slika 26. Kompozitni panel kao fasadna obloga [31]..... | 25 |
| Slika 27. Struktura HPL ploče [35] | 26 |
| Slika 28. HPL ploča kao fasadna obloga [36]..... | 27 |
| Slika 29. Vlaknocementna ploča kao fasadna obloga [39]..... | 28 |
| Slika 30. Strukture betonskih ploča [40]..... | 29 |
| Slika 31. Oblici predgotovljenih elemenata [40]..... | 29 |
| Slika 32. 3D betonski element fasade [40] | 30 |
| Slika 33. Fasadna opeka [41] | 30 |

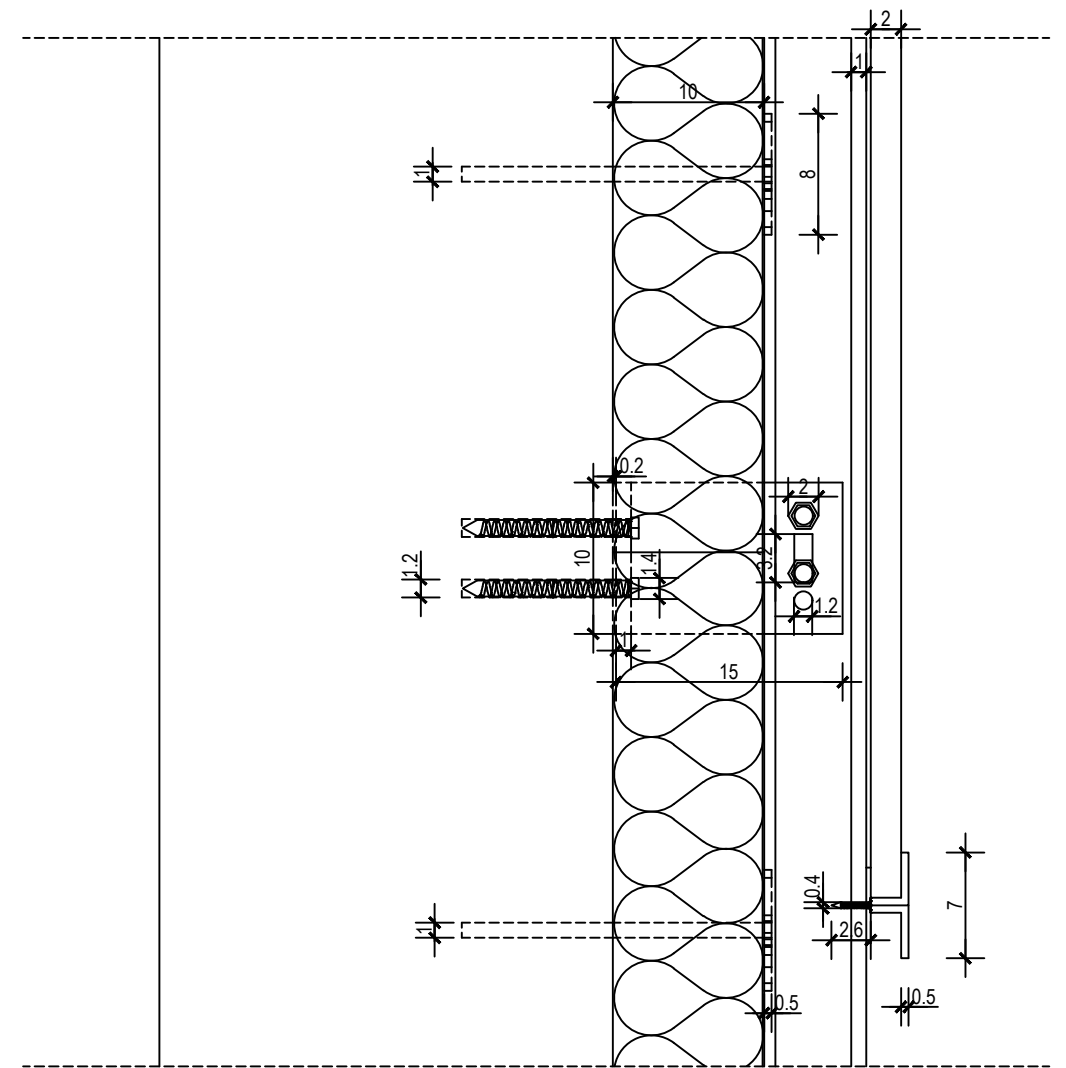
| | |
|--|----|
| Slika 34. Fasadna klinker pločica [42]..... | 31 |
| Slika 35. Terracota [45] | 32 |
| Slika 36. Kamena obloga na direktnim nosačima [46]..... | 33 |
| Slika 37. Staklena obloga ventilirane fasade [17] | 33 |
| Slika 38. Inox kao fasadna obloga [48] | 34 |
| Slika 39. Model 1. Mramorna obloga [18]..... | 35 |
| Slika 40. Model 2. Metalne kompozitne ploče – narančaste [18] | 36 |
| Slika 41. Model 3. Metalne kompozitne ploče – imitacija drvo [18]..... | 37 |
| Slika 42. Model 4. Betonske fasadne ploče [18]..... | 38 |
| Slika 43. Model 5. HPL ploče – imitacija drvo [18] | 39 |
| Slika 44. Model 6. HPL ploče – imitacija drvenih dasaka [18] | 40 |
| Slika 45. Model 7. Terracotta [18] | 41 |
| Slika 46. Model 8. Metalne kompozitne ploče – zelene [18]..... | 42 |
| Slika 47. Model 9. Metalne kompozitne ploče – print [18]..... | 43 |
| Slika 48. Limeni opšav [18] | 44 |
| Slika 49. Kut ventilirane fasade [18] | 44 |
| Slika 50. Prozorska klupčica [18]..... | 45 |

Prilozi

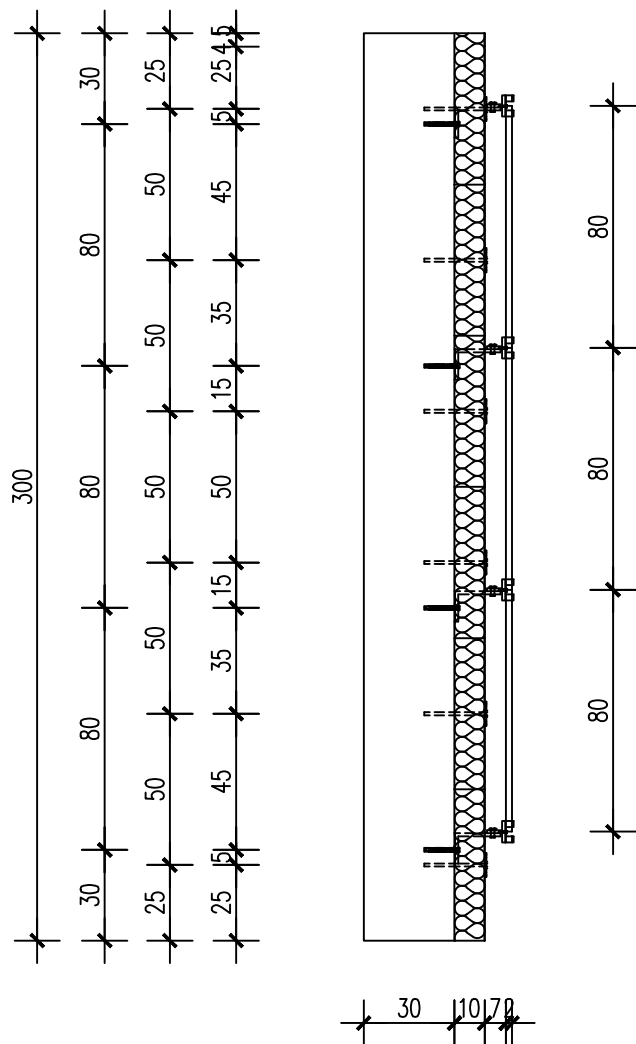
1. Model 1. Mramorna obloga
2. Model 2. Metalne kompozitne ploče - narančaste
3. Model 3. Metalne kompozitne ploče – imitacija drvo
4. Model 4. Betonske fasadne ploče
5. Model 5. HPL ploče – imitacija drvo
6. Model 6. HPL ploče – imitacija drvenih dasaka
7. Model 7. Terracotta
8. Model 8. Metalne kompozitne ploče - zelene
9. Model 9. Metalne kompozitne ploče - print
10. Limeni opšav - presjek
11. Kut ventilirane fasade - tlocrt
12. Prozorska klupčica - presjek



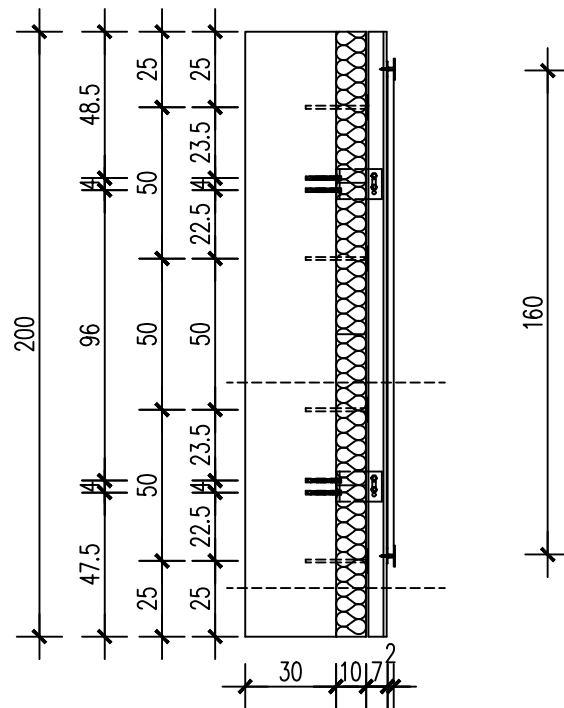
PRESJEK DETALJ 1:5



TLOCRT



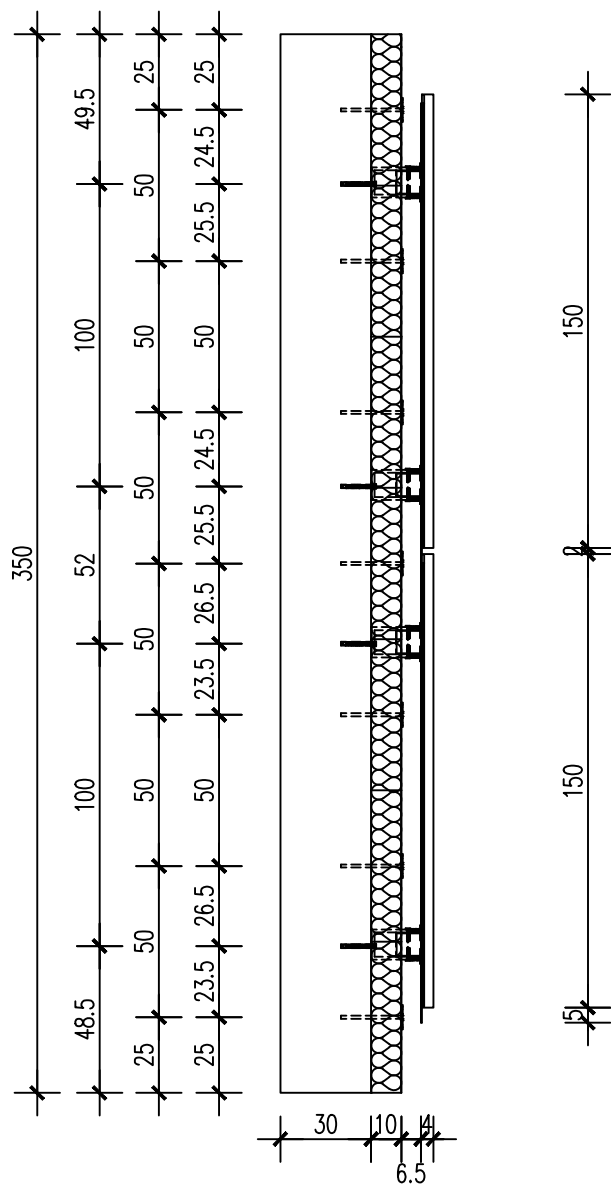
PRESJEK



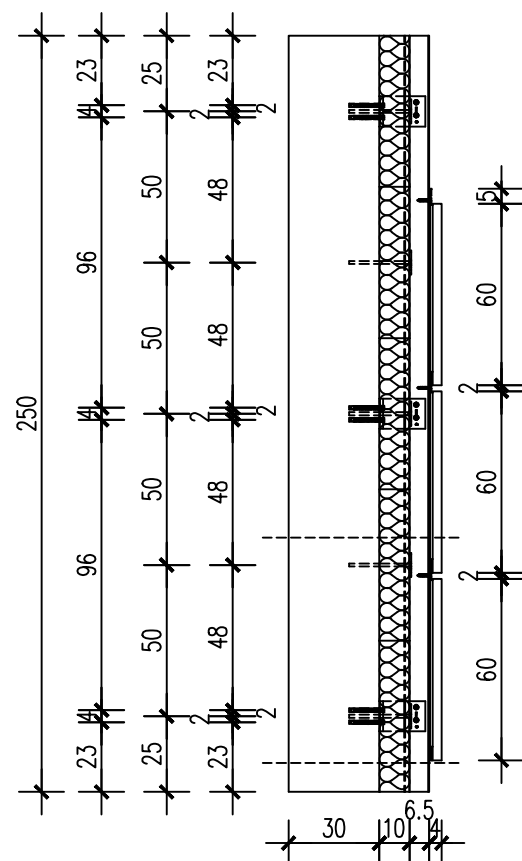
| | | | | |
|---|---|---|--|---------------------------------|
|  <p>Sveučilište Sjever</p> | <p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p> | | <p>Naslov završnog rada: KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI KOD IZVEDBE VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA</p> | |
| | <p>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</p> | <p>Projektant: JOSIP ŠELJA</p> | <p>Datum: 10.2021.</p> | <p>Mjerilo: 1:25</p> |
| <p>Naslov lista: MODEL 4. BETONSKE FASADNE PLOČE</p> | | | <p>List: 57</p> | |



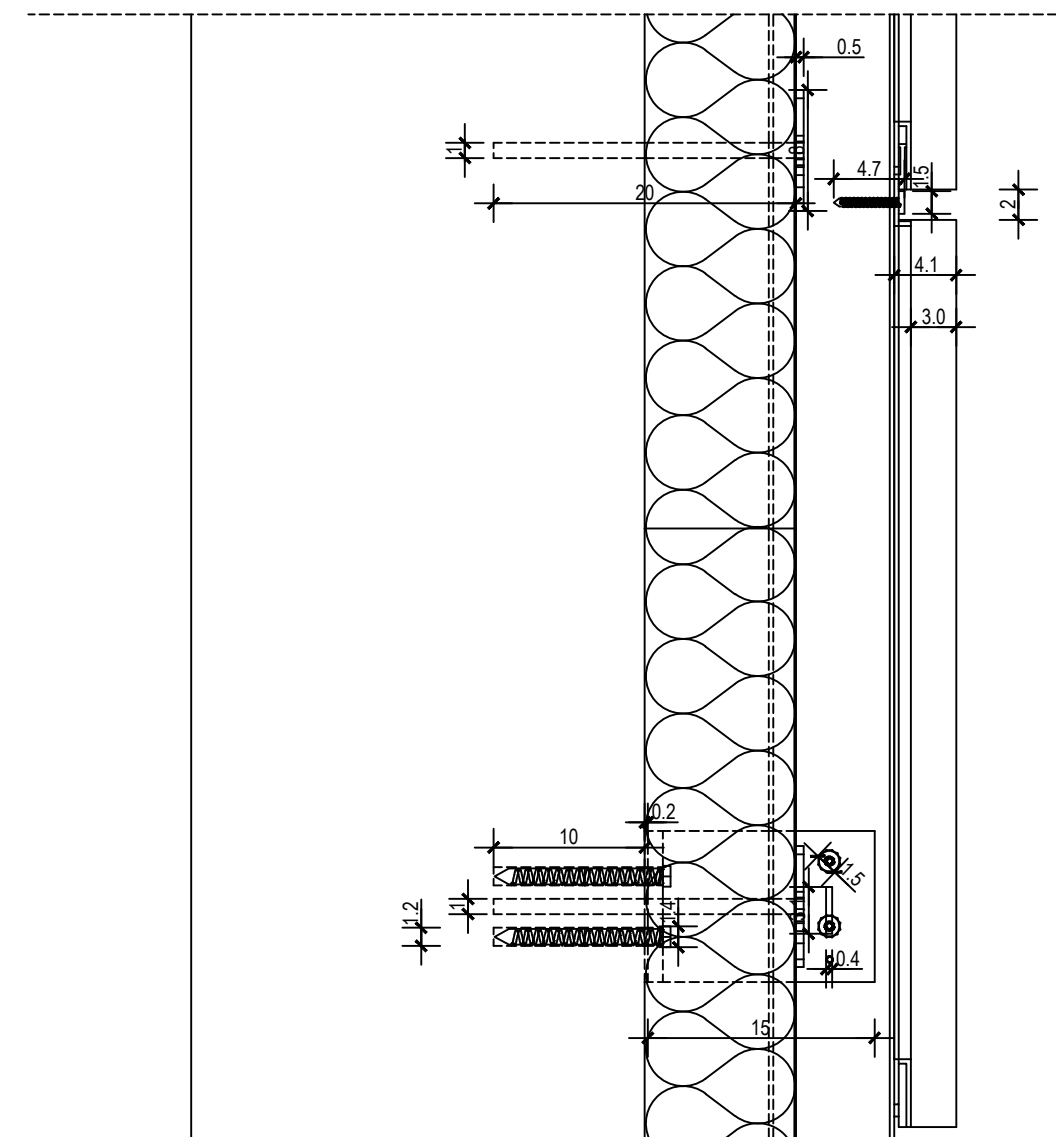
TLOCRT




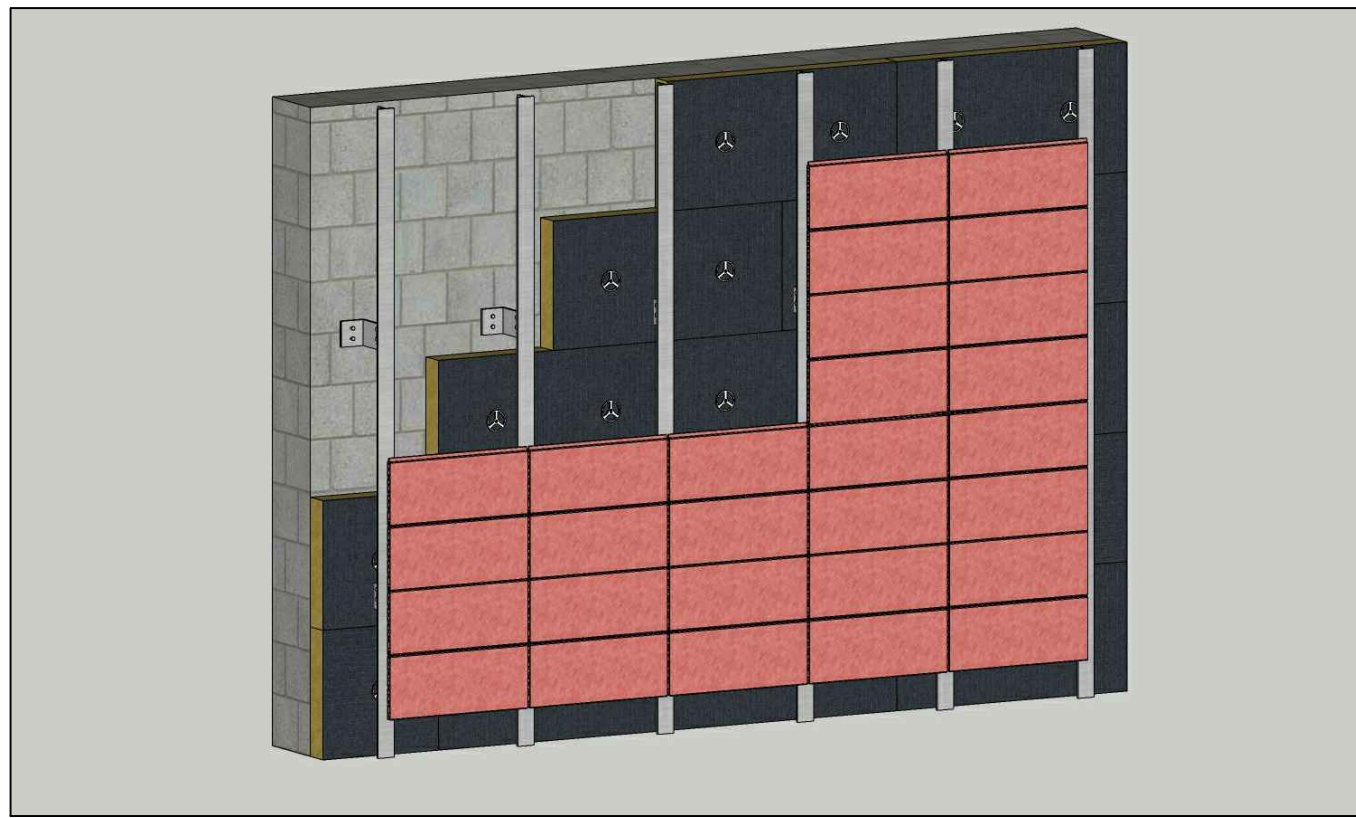
PRESJEK



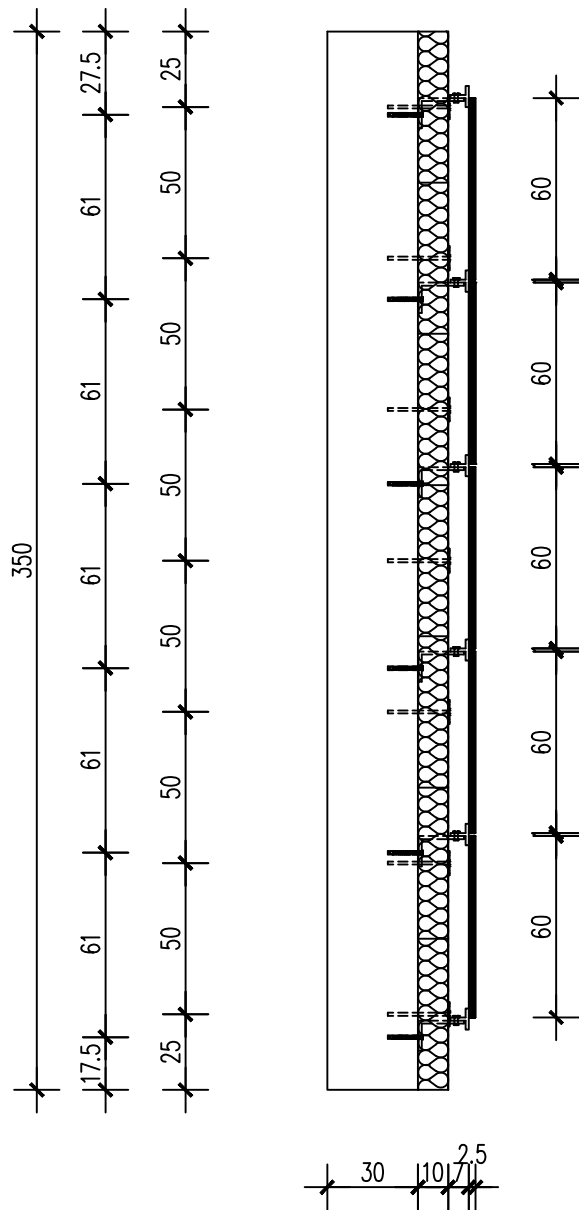
PRESJEK DETALJ 1:5



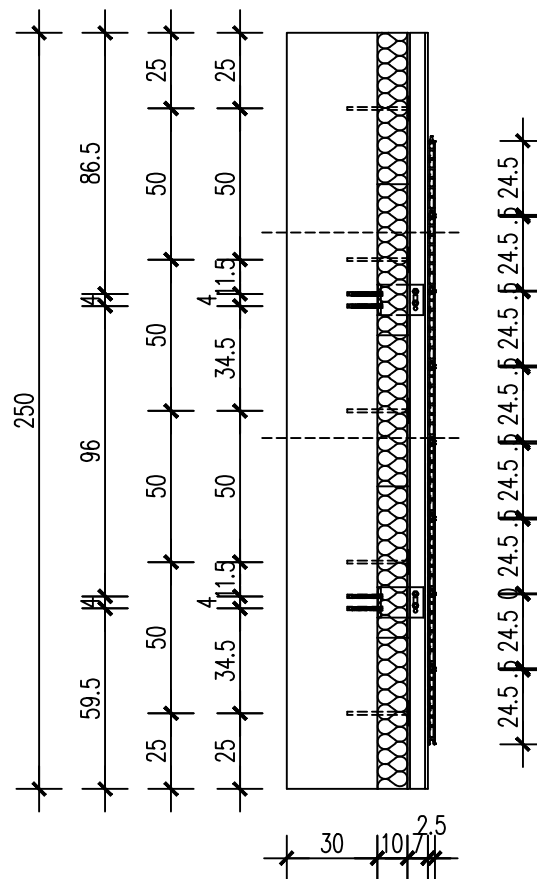
| | | | | |
|---|---|---|--|---------------------------------|
|  <p>Sveučilište Sjever</p> | <p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p> | | <p>Naslov završnog rada: KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI KOD IZVEDBE VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA</p> | |
| | <p>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</p> | <p>Projektant: JOSIP ŠELJA</p> | <p>Datum: 10.2021.</p> | <p>Mjerilo: 1:25</p> |
| <p>Naslov lista: MODEL 5. HPL PLOČE - IMITACIJA DRVO</p> | | | <p>List: 58</p> | |



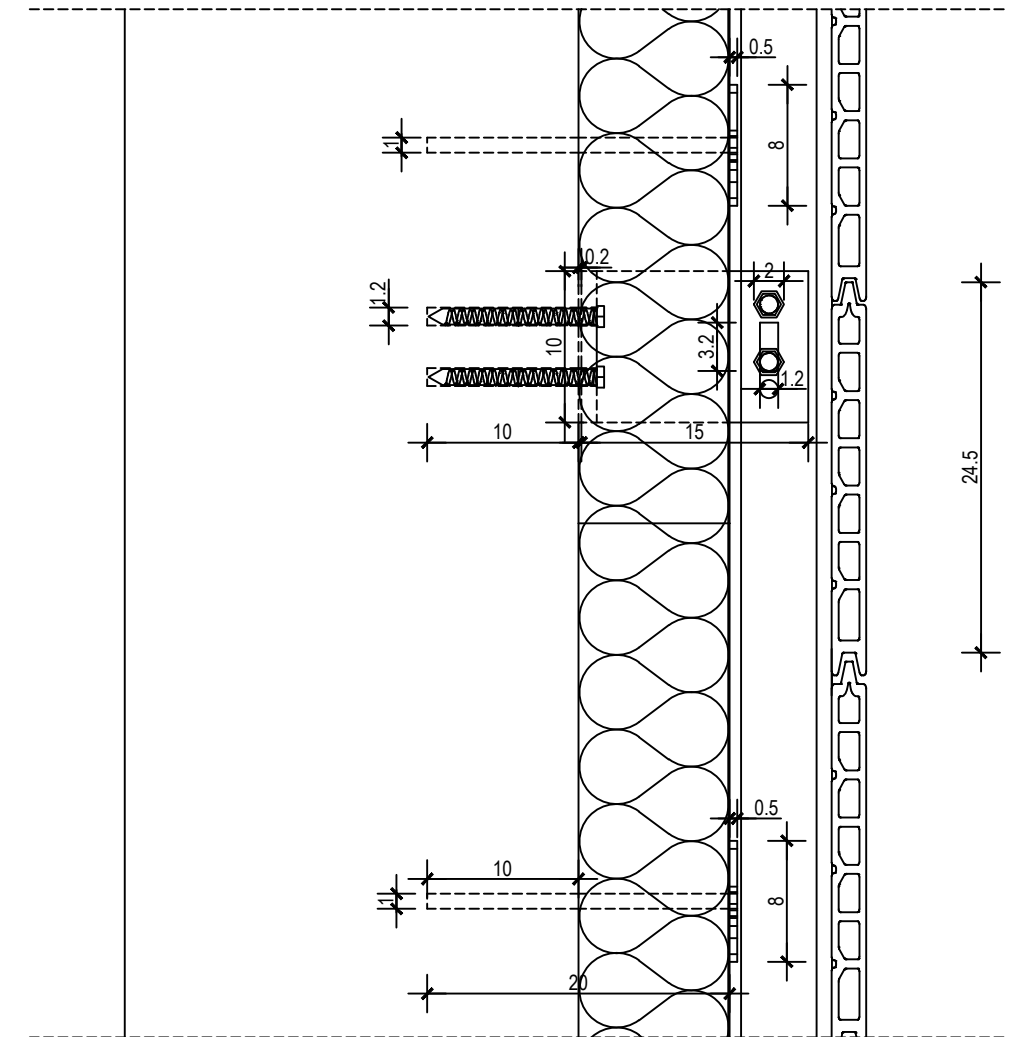
TLOCRT




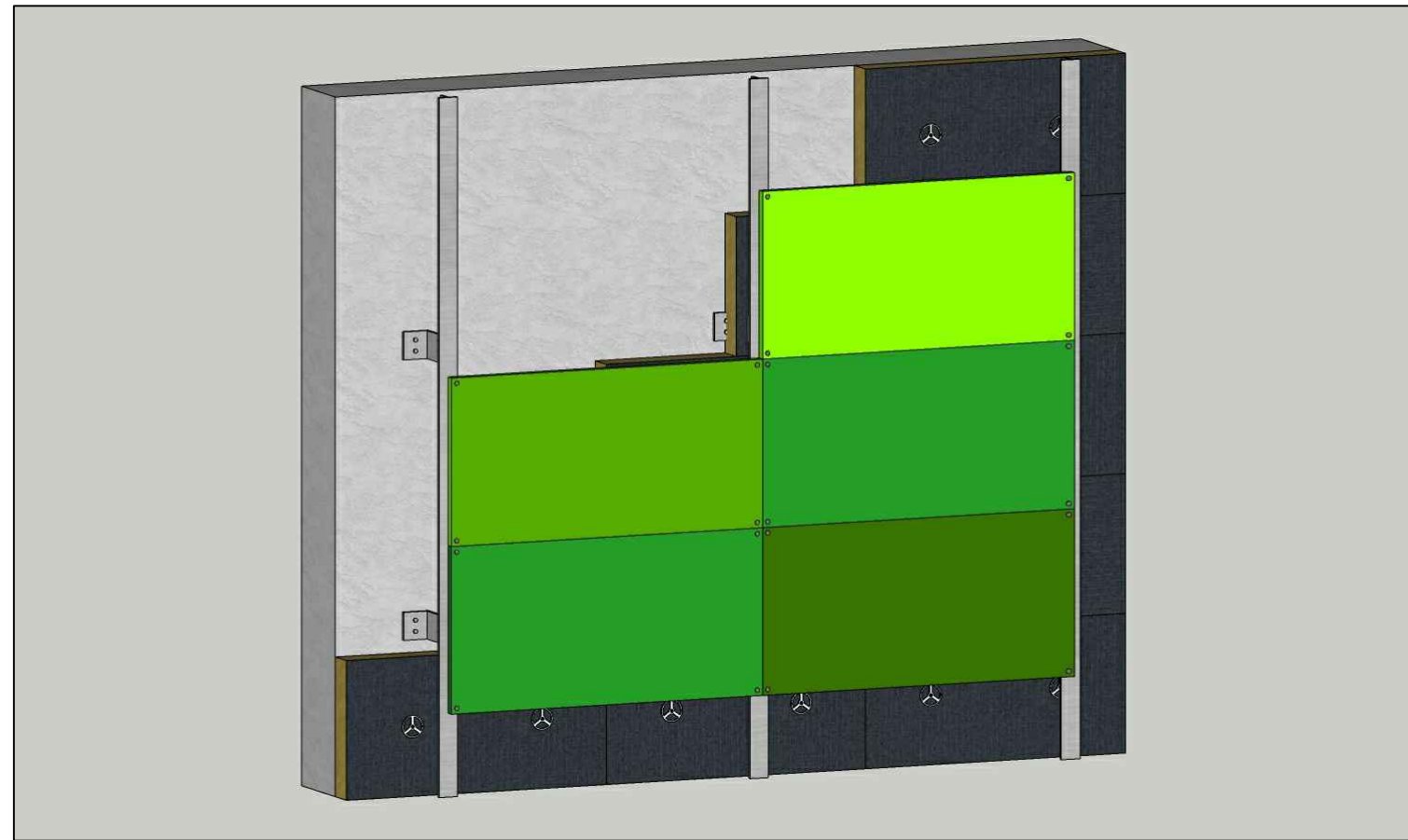
PRESJEK



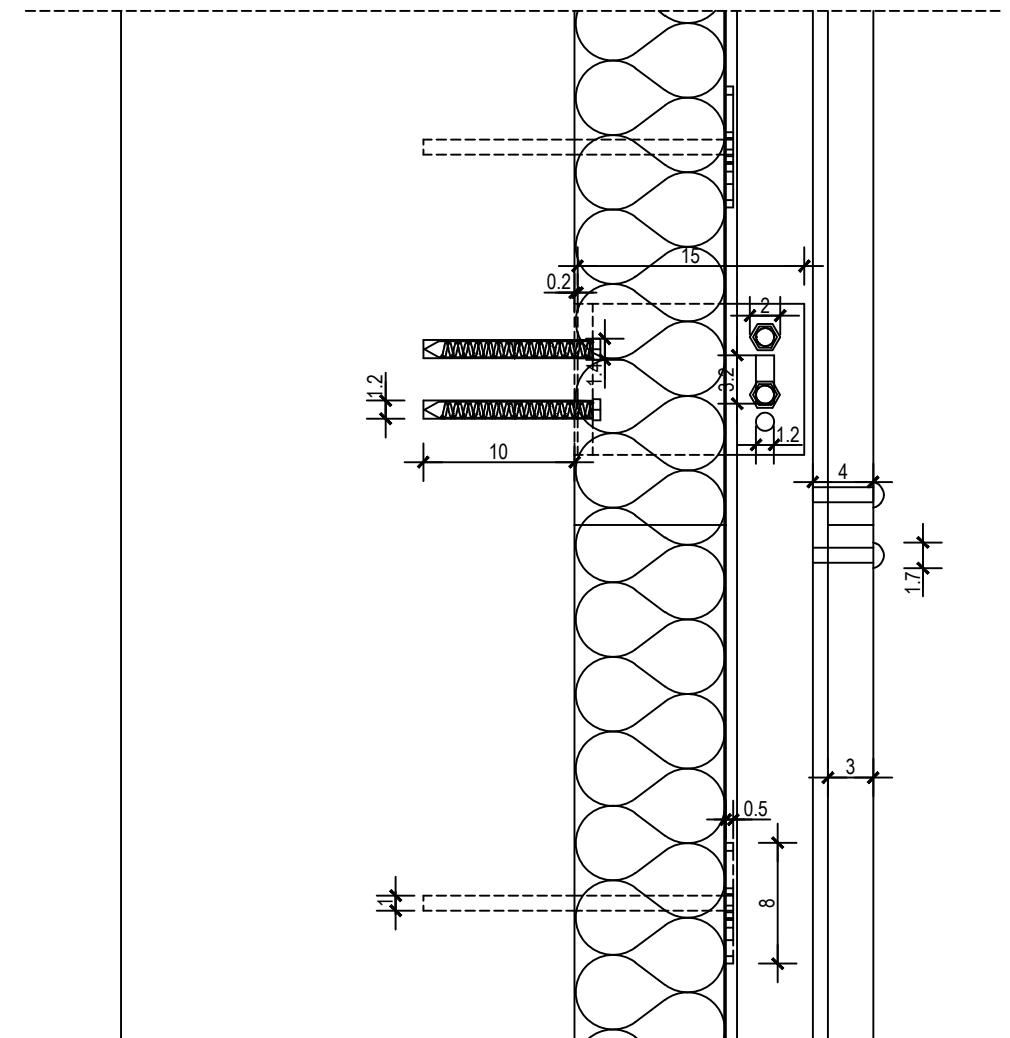
PRESJEK DETALJ 1:5



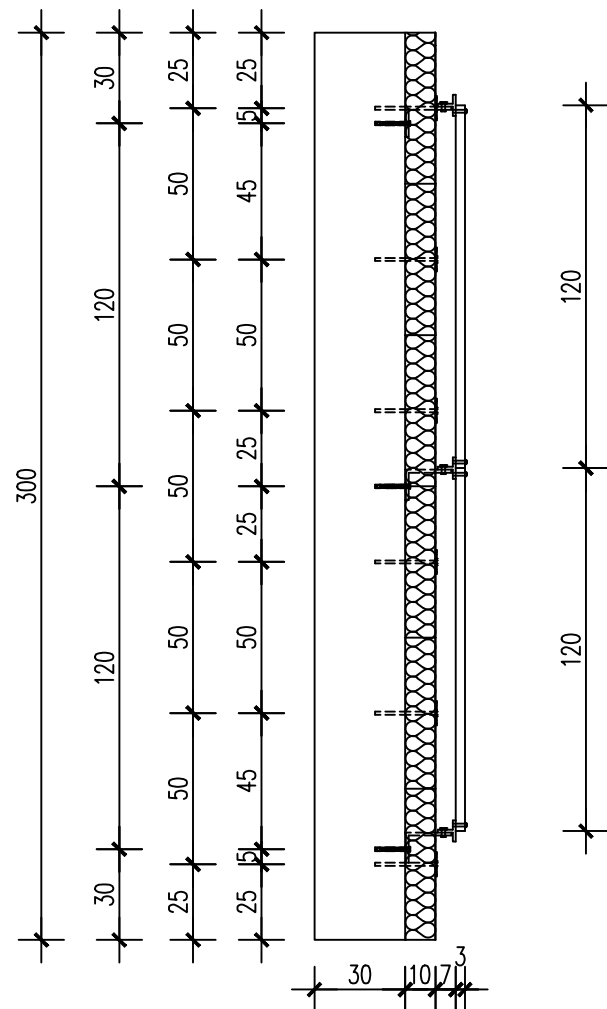
| | | | | |
|---|---|--|--|----------------------------------|
|  <p>Sveučilište Sjever</p> | <p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p> | | <p>Naslov završnog rada: KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI KOD IZVEDBE VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA</p> | |
| | <p>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</p> | <p>Projektant: JOSIP ŠELJA</p> | <p>Datum: 10.2021.</p> | <p>Mjerilo: 1:25</p> |
| <p>Naslov lista: MODEL 7. TERRACOTTA</p> | | | <p>List: 60</p> | |



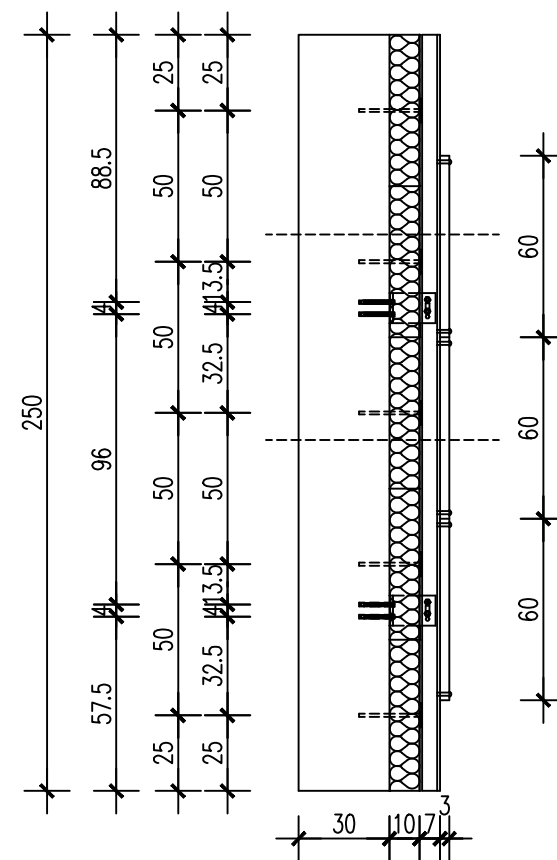
PRESJEK DETALJ 1:5




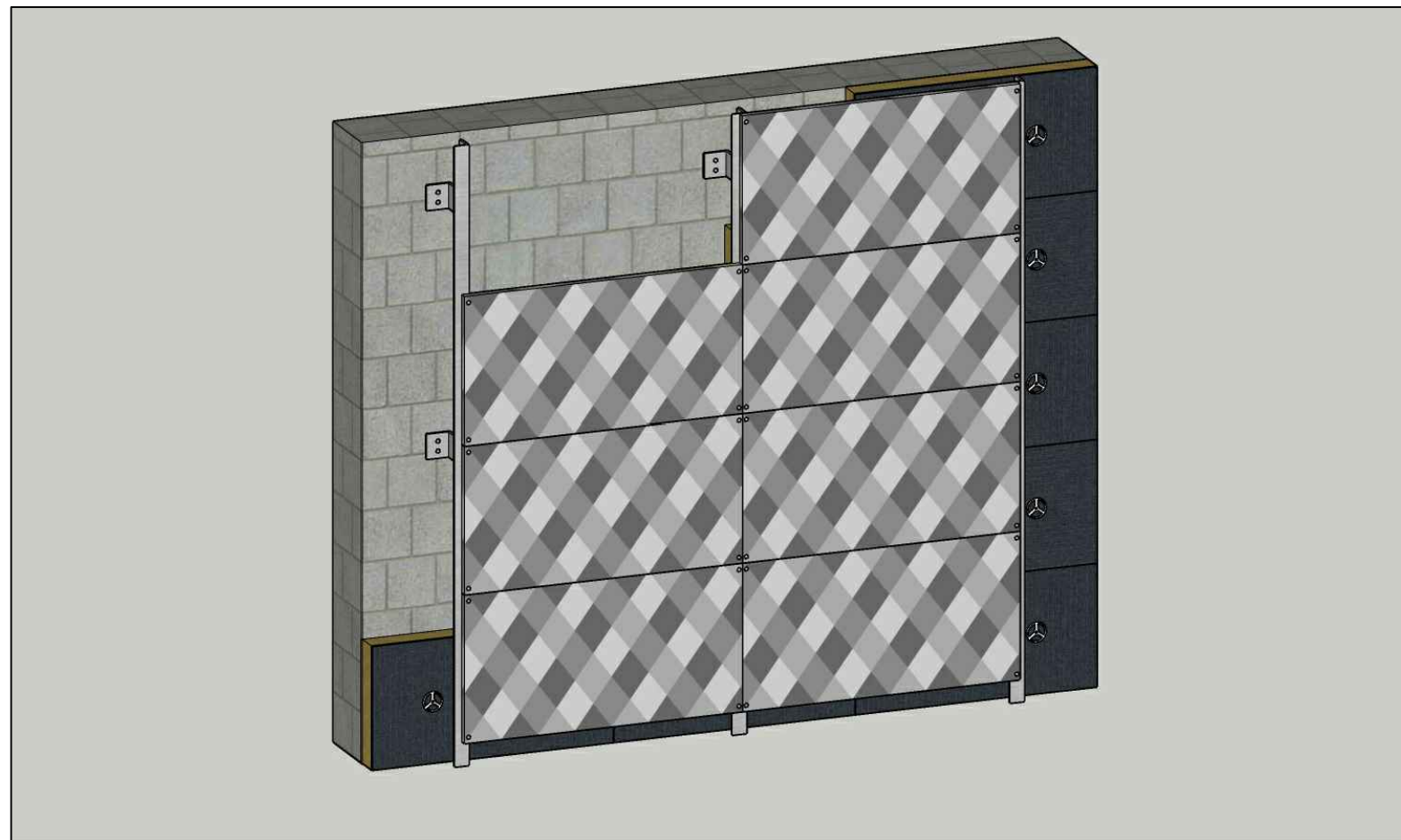
TLOCRT



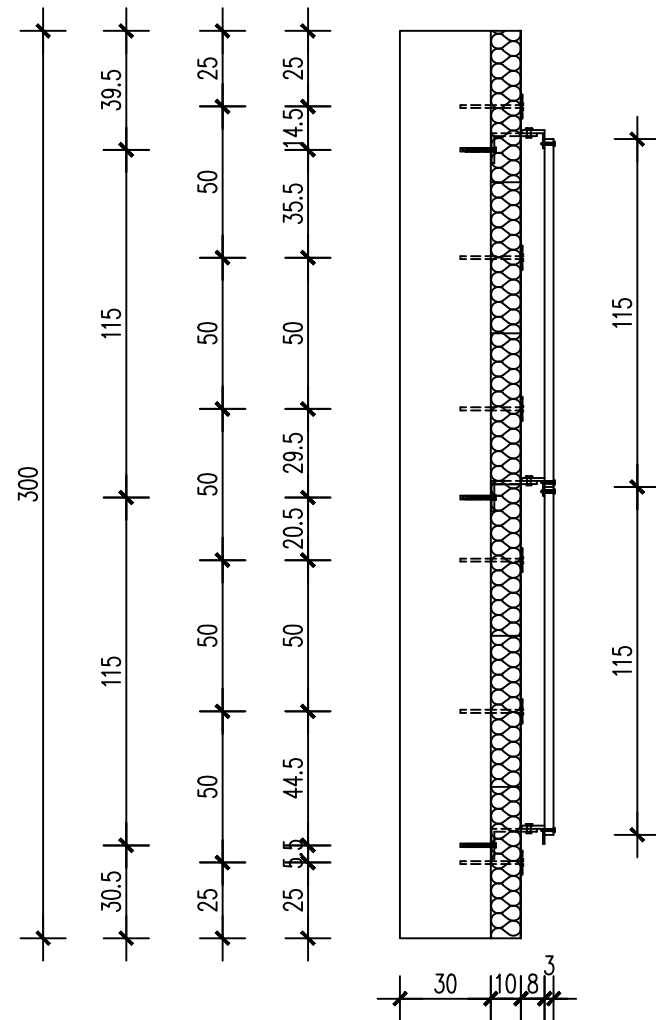
PRESJEK



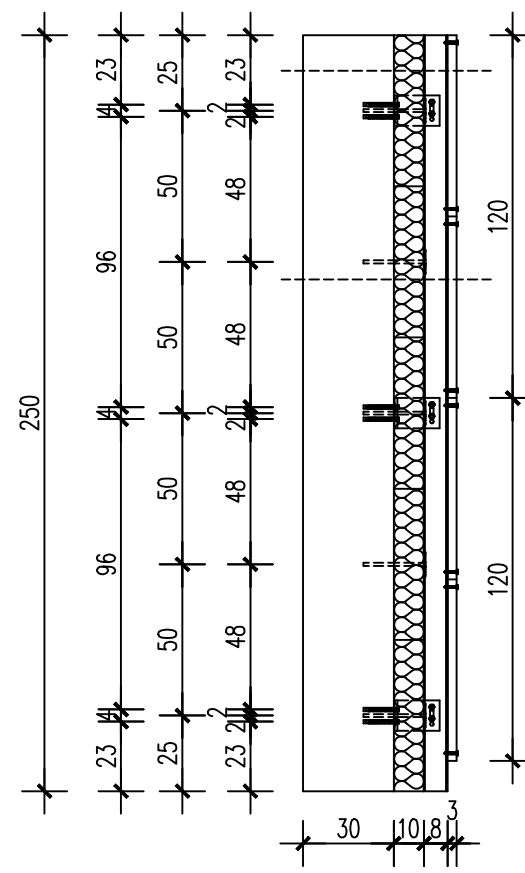
| | | | | |
|---|---|--|--|----------------------------------|
|  <p>Sveučilište Sjever</p> | <p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p> | | <p>Naslov završnog rada: KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI KOD IZVEDBE VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA</p> | |
| | <p>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</p> | <p>Projektant: JOSIP ŠELJA</p> | <p>Datum: 10.2021.</p> | <p>Mjerilo: 1:25</p> |
| <p>Naslov lista: MODEL 8. METALNE KOMPOZITNE PLOČE - ZELENE</p> | | | | <p>List: 61</p> |



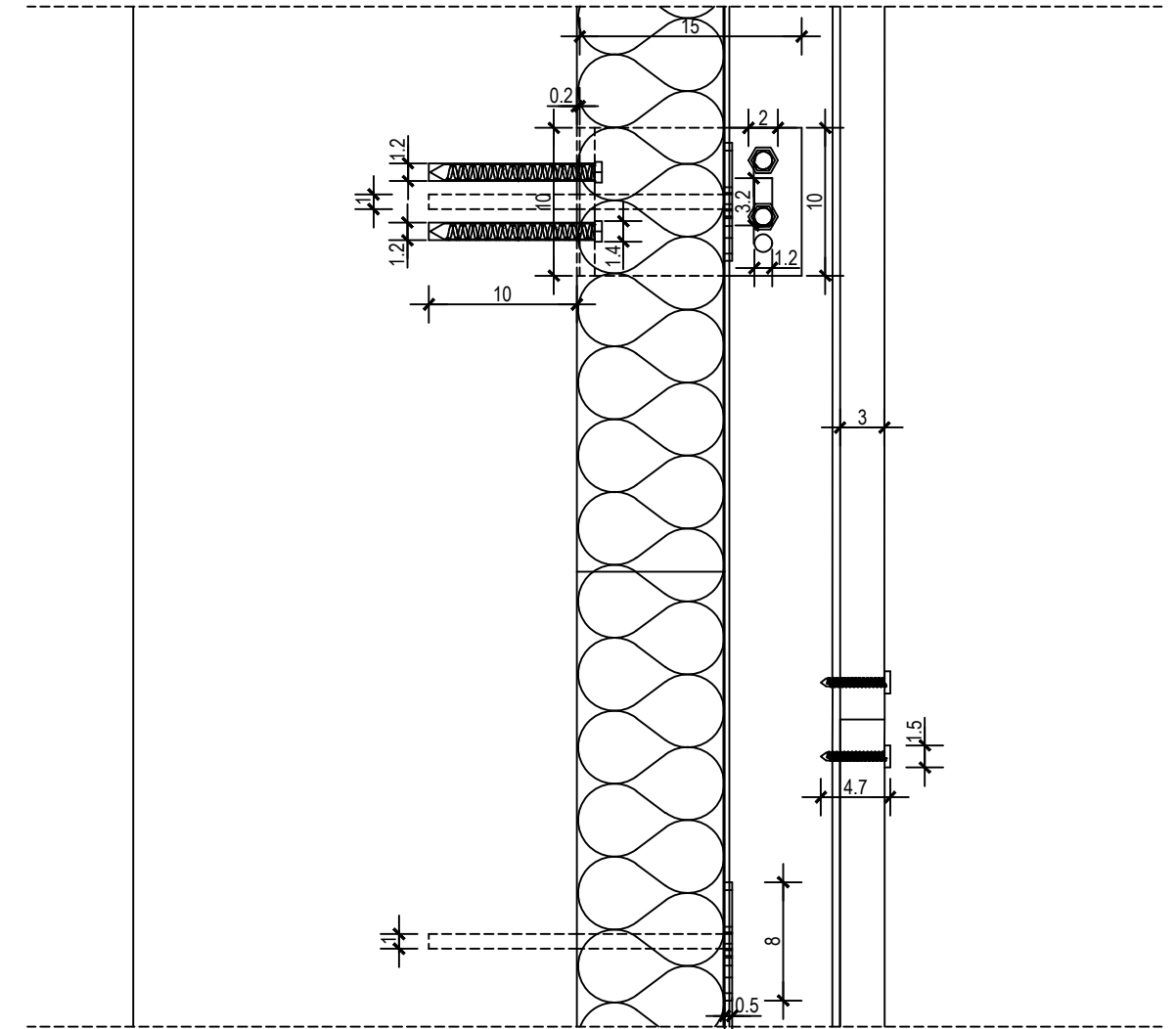
TLOCRT




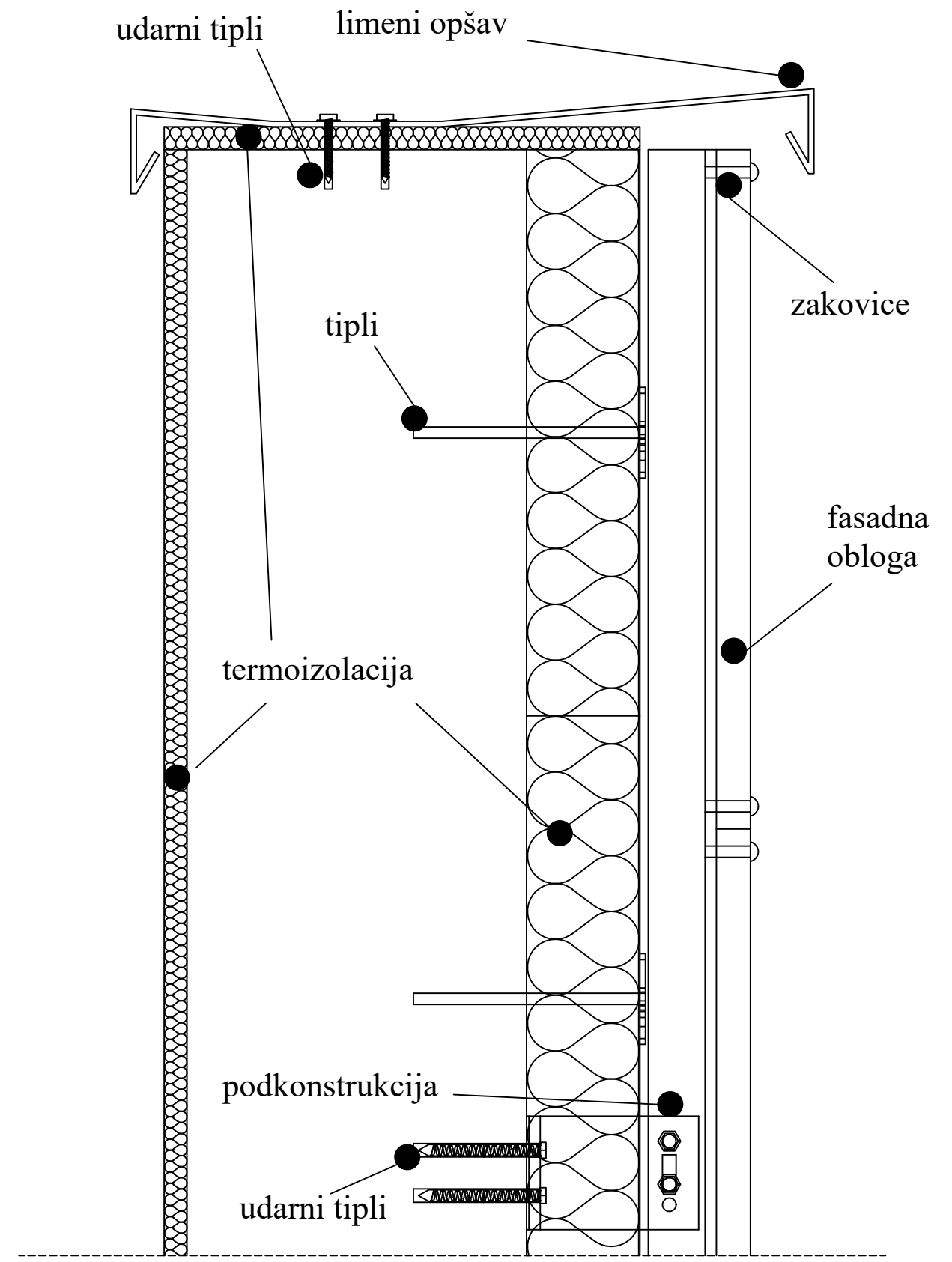
PRESJEK




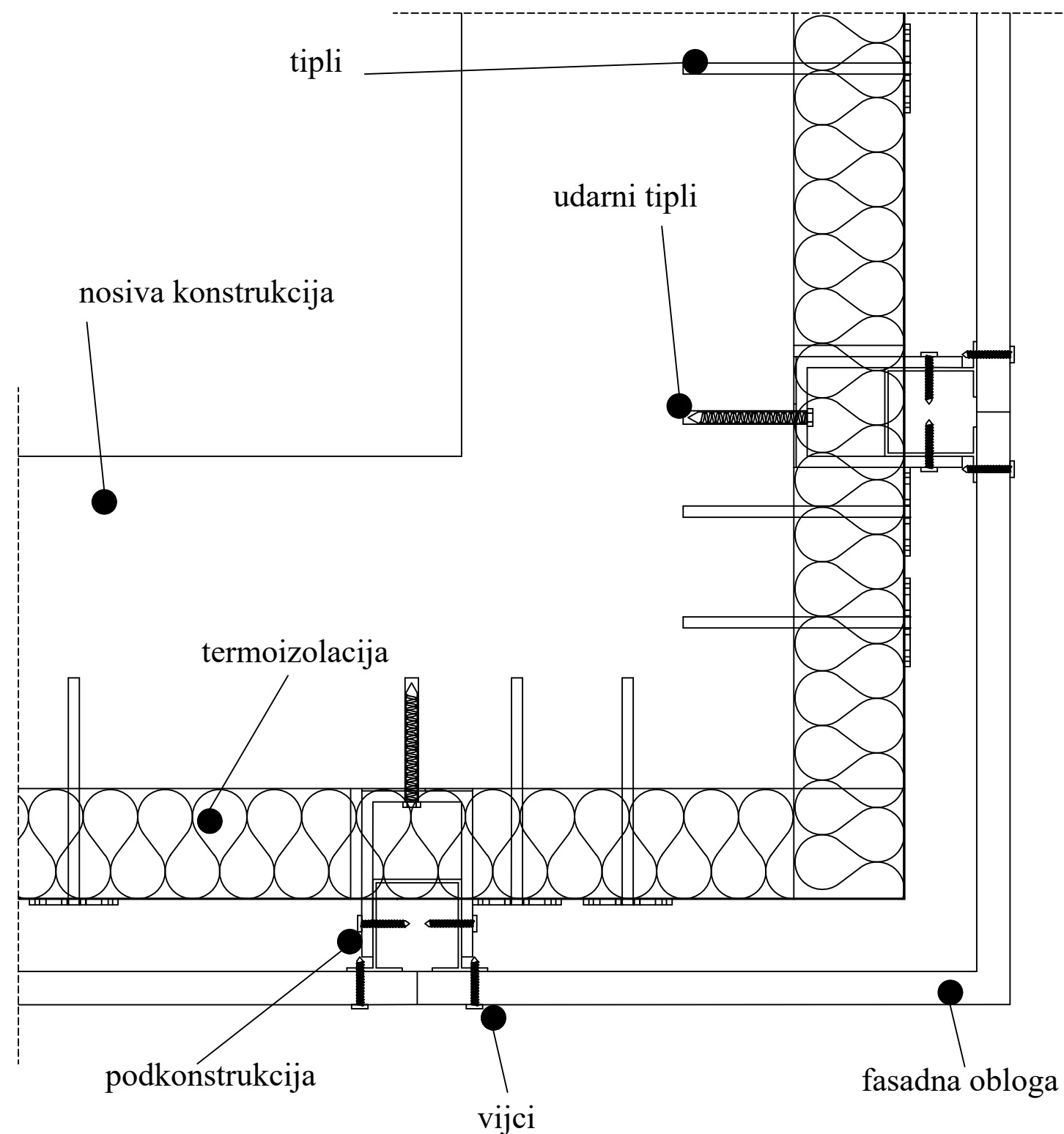
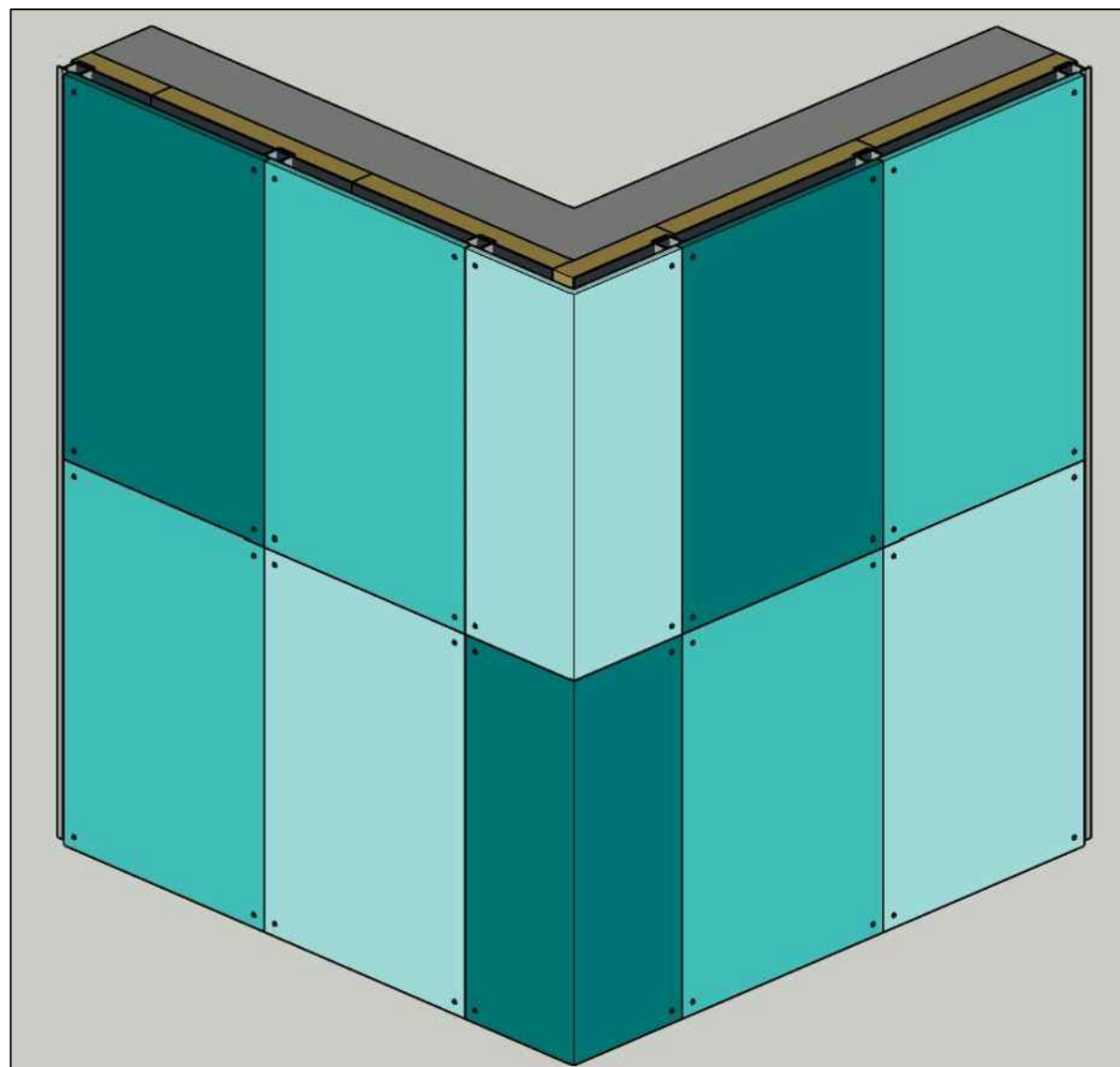
PRESJEK DETALJ 1:5



| | | | | |
|---|---|---|--|--------------------------|
|  <p>Sveučilište Sjever</p> | <p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p> | | <p>Naslov završnog rada: KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI KOD IZVEDBE VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA</p> | |
| | <p>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</p> | <p>Projektant: JOSIP ŠELJA</p> | <p>Datum: 10.2021.</p> | <p>Mjerilo: 1:25</p> |
| <p>Naslov lista: MODEL 9. METALNE KOMPOZITNE PLOČE - PRINT</p> | | | | <p>List: 62</p> |



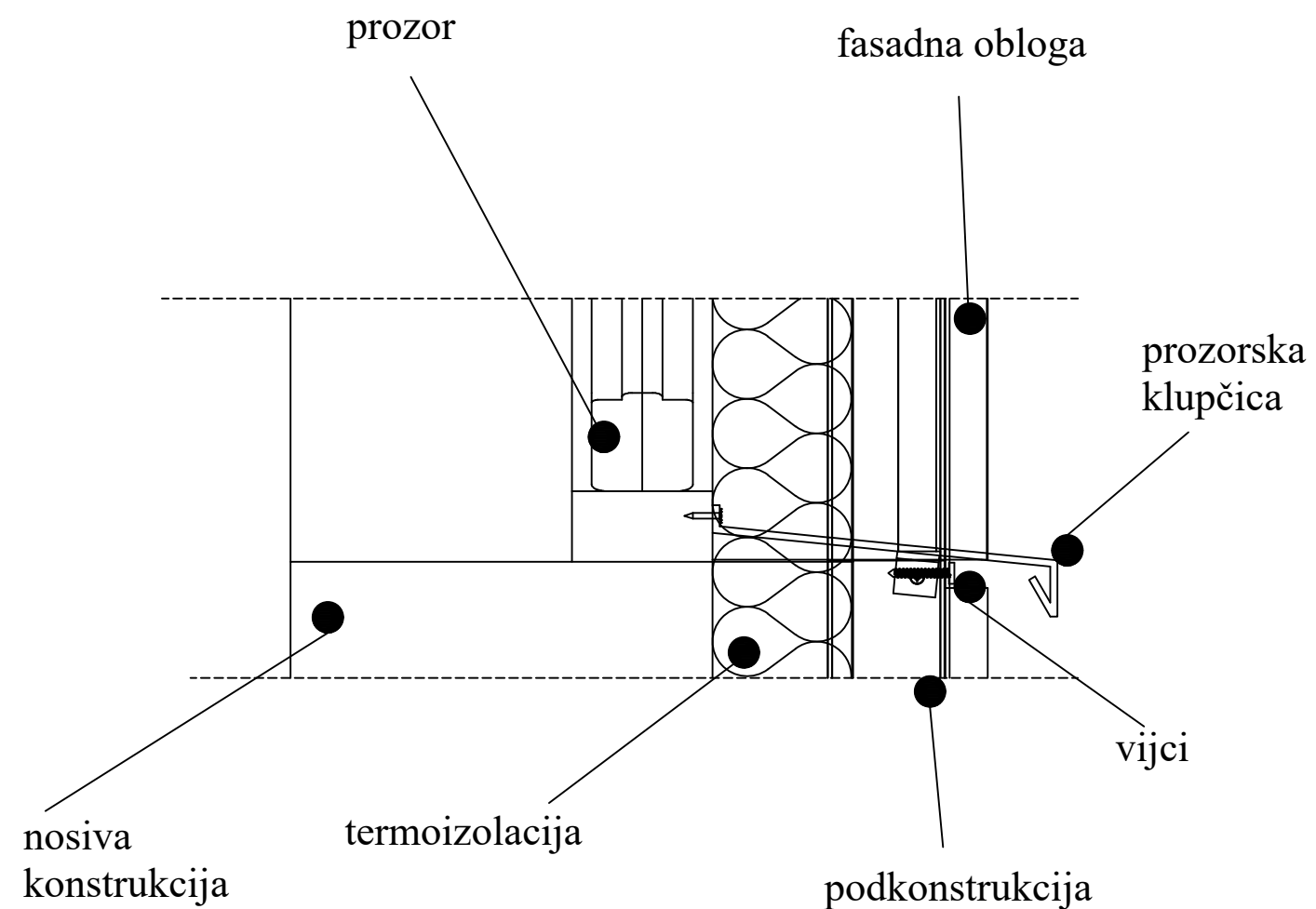
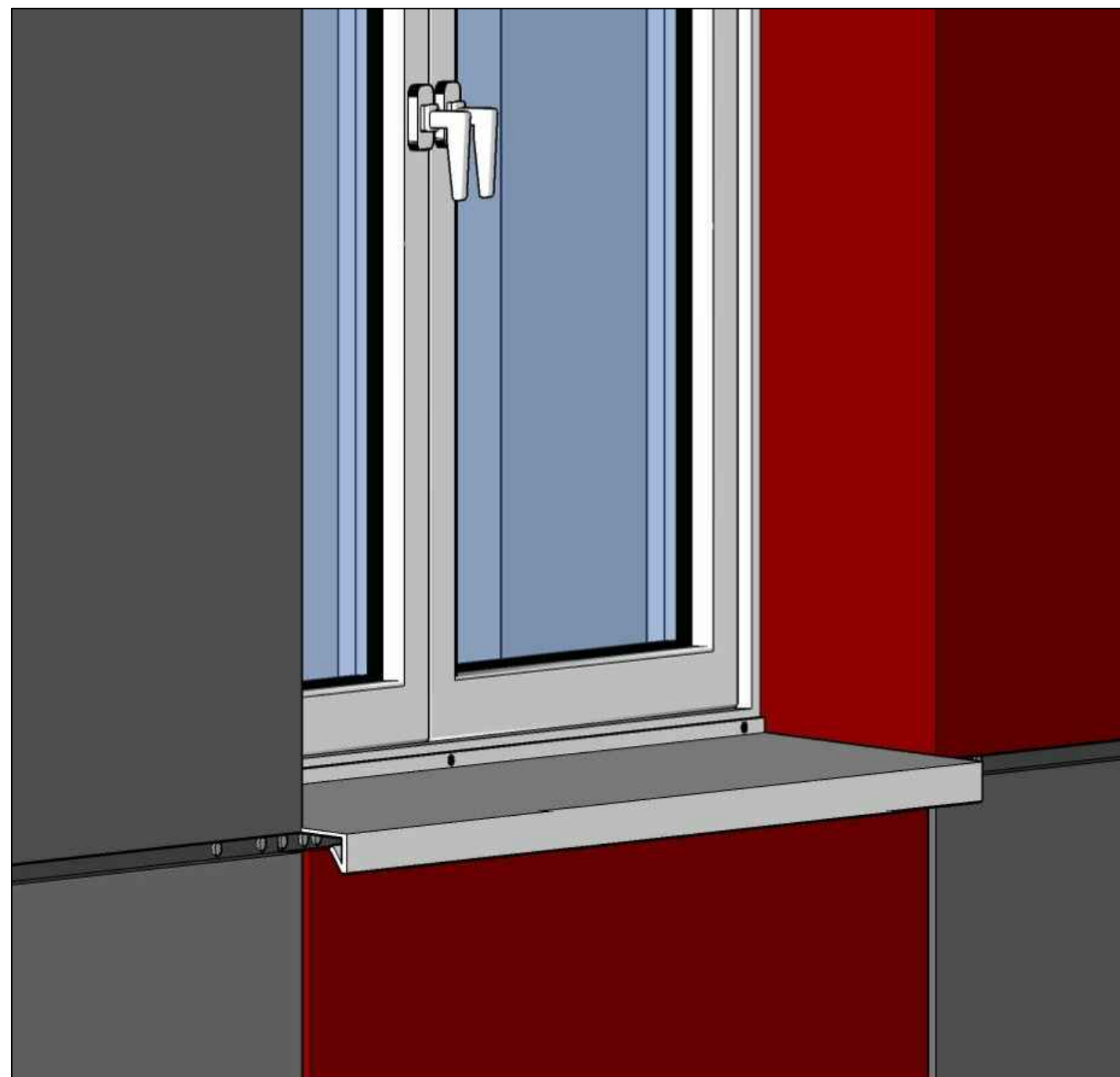
| | | | | |
|--|---|--|--|---------------------------------|
|  <p>Sveučilište Sjever</p> | <p>SVEUČILIŠTE SJEVER ODJEL GRADITELJSTVO PREDDIPLOMSKI STUDIJ</p> | | <p>Naslov završnog rada: KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI KOD IZVEDBE VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA</p> | |
| | <p>Kolegij: ZAVRŠNI RAD</p> | <p>Projektant: JOSIP ŠELJA</p> | <p>Datum: 10.2021.</p> | <p>Mjerilo: 1:5</p> |
| | <p>Naslov lista: LIMENI OPŠAV - PRESJEK</p> | | | <p>List: 63</p> |



SVEUČILIŠTE SJEVER
ODJEL GRADITELJSTVO
PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Naslov završnog rada:
KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE
OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI
MATERIJALI KOD IZVEDBE
VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA

| | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------|-------------|-------------|--------|----------|----------|-----|
| Kolegij: | ZAVRŠNI RAD | Projektant: | JOSIP ŠELJA | Datum: | 10.2021. | Mjerilo: | 1:5 |
| Naslov lista: | KUT VENTILIRANE FASADE - TLOCRT | | | | | List: | 64 |



SVEUČILIŠTE SJEVER
ODJEL GRADITELJSTVO
PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Naslov završnog rada:
KONSTRUKTIVNI ELEMENTI, FASADNE
OBLOGE I TOPLINSKO IZOLACIJSKI
MATERIJALI KOD IZVEDBE
VENTILIRANIH FASADNIH SUSTAVA

Kolegij:

ZAVRŠNI RAD

Projektant:

JOSIP ŠELJA

Datum:

10.2021.

Mjerilo:

1:5

Naslov lista:

PROZORSKA KLUPČICA - PRESJEK

List:

65