

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Merljak, J., 2016. Energetska sanacija večstanovanjskega objekta s poudarkom na fasadnem sistemu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentor Pajek, L.): 81 str.

Datum arhiviranja: 08-09-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Merljak, J., 2016. Energetska sanacija večstanovanjskega objekta s poudarkom na fasadnem sistemu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Pajek, L.): 81 pp.

Archiving Date: 08-09-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GRADBENIŠTVO  
PROMETNOTEHNIČNA  
SMER**

Kandidat:

**JERNEJ MERLJAK**

**ENERGETSKA SANACIJA VEČSTANOVANJSKEGA  
OBJEKTA S Poudarkom NA FASADNEM SISTEMU**

Diplomska naloga št.: 543/PTS

**ENERGY REHABILITATION OF MULTI-FAMILY  
HOUSING WITH AN EMPHASIS ON FACADE SYSTEM**

Graduation thesis No.: 543/PTS

**Mentor:**

doc. dr. Roman Kunič

**Somentor:**

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 05. 09. 2016

Spodaj podpisani/-a študent **Jernej Merljak**, vpisna številka **26106024**, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

**Energetska sanacija večstanovanjskega objekta s poudarkom na fasadnem sistemu**

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: Šempetru pri Gorici

Datum: 10.8.2016

Podpis študenta/-ke:

\_\_\_\_\_



## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>620.9:728(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Jernej Merljak</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. gradb.</b>
<b>Somentor:</b>	<b>asist. Luka Pajek, mag.inž.stavb.</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Energetska sanacija večstanovanjskega objekta s poudarkom na fasadnem sistemu</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>81 str., 37 pregl., 45 sl., 4 graf</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>fasadni sistemi, križanja konstrukcijskih sklopov, fasadni pas, kondenzacija, pritrjevanje fasadnega sistema</b>

### **Izvelek:**

Diplomska naloga prikazuje energetske prenovne procelje večstanovanjskih stavb, katere so v mnogih primerih bile grajene kot energetske potratne in je izvedba energetske obnove nujna. Namen diplomske naloge je prikaz ključnih točk pri načrtovanju energetske sanacije fasadnega ovoja večstanovanjske stavbe. V prvem delu diplomske naloge je predstavljena veljavna zakonodaja, predstavitev posameznih fasadnih sistemov ter delovanje in finančne vzpodbude okoljskega Eko sklada za izvedbo energetskih ukrepov na večstanovanjskih stavbah.

Na primeru večstanovanjske stolpnice na ulici Gradnikove brigade 33 v drugem delu diplomske naloge predstavim postopek izbire ustreznega fasadnega sistema skladno s veljavno zakonodajo in pogoji za pridobitev nepovratnih sredstev okoljskega Ekosklada. ter se osredotočim na ustrezno rešitev križanj konstrukcijskih sklopov, računsko analiziram možnost kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu obodne stene ter prikažem posebnosti glede pritrjevanja fasadnega sistema na stavbi.



## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 620.9:728(043.2)  
**Author:** Jernej Merljak  
**Supervisor:** assist. prof. Roman Kunič, Ph. D  
**Cosupervisor:** assist. Luka Pajek, MSc in Buildings  
**Title:** Energy rehabilitation of multi-family housing with an emphasis on façade system  
**Notes:** 81 p., 37 tab., 45 fig., 4 diag.  
**Key words:** façade system, crossing construction kits, condensation, anchoring façade system  
**Abstract:**

The thesis describes the energy renovation of façade of multi-apartment buildings, which were in many cases built as energy-hungry, so the implementation of energy renovation is necessary. The aim of this thesis is to present the key points in the planning of energy rehabilitation of the façade cladding of an multi-apartment building. In the first of the thesis, the applicable legislation in the field of façade systems, the façade systems themselves and the financial incentives of the environmental Eco Fund for implementation of energy measures are presented.

The second part of the thesis introduces the process of selecting the appropriate façade system on an example of a skyscraper on Gradnikove Brigade 33 street in accordance to the applicable legislation and the conditions for obtaining grants from the environmental Eco Fund. In the thesis are also presented the solutions of cross-sections on the specific parts of the building, the possibility of condensation of water vapor in the peripheral wall and the specifics regarding the fixation of the façade system on the building.





## **ZAHVALA**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Romanu Kuniču univ. dipl. inž. grad. in somentorju Luki Pajku, mag.inž.stavb, ki sta mi med izdelavo diplomske naloge nudila nasvete in strokovno pomoč.

Zahvaljujem se tudi vsem, ki so mi tekom študija nudili podporo, še posebej puncu Urški in domačim.

**KAZALO VSEBINE**

1	UVOD .....	1
	1.1 Namen in cilji diplomske naloge .....	1
2	VELJAVNA ZAKONODAJA NA PODROČJU FASADNIH SISTEMOV .....	2
	2.1 Splošno o fasadah .....	2
	2.2 Evropska smernica za tehnična soglasja fasadnih sistemov .....	3
	2.3 Zahteve glede toplotne prehodnosti zunanjih sten .....	4
	2.4 Določila PURES 2010 .....	5
	2.5 Pravilnik o požarni varnosti v stavbah .....	7
	2.5.1 Izvleček požarne smernice TSG-1-001:2010 .....	8
	2.5.2 Klasifikacijski razredi gorljivosti gradbenih materialov po standardu SIST EN 13501-1 .....	10
	2.6 Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago .....	11
	2.6.1 Fasadni sistem .....	11
	2.6.2 Stavbno pohoštvo .....	12
	2.6.3 Okenske police .....	12
	2.6.4 Odbojna voda v področju fasadnega podzidka .....	13
	2.7 Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb .....	14
3	IZOLACIJSKI MATERIALI V FASADNIH SISTEMIH ETICS .....	15
	3.1 Klasificiranje toplotnoizolacijskih plošč glede na fizikalne lastnosti .....	17
4	SUBVENCIJE IN AKTIVNOSTI EKO SKLADA .....	19
	4.1 Namen in cilji Eko sklada .....	19
	4.2 Toplotna izolacija fasade – pogoji za pridobitev sredstev .....	20
	4.2.1 Izolacija fasade v kolikor na fasadi ni vgrajene obstoječe toplotne izolacije .....	20
	4.2.2 Izolacija fasade v kolikor je že vgrajena toplotna izolacija .....	20
5	ENERGETSKA SANACIJA FASADE – STOLPNICA NA ULICI GRADNIKOVE BRIGADE 33 V NOVI GORICI .....	21
	5.1 Geometrijska zasnova objekta .....	23
	5.2 Obstoječe stanje .....	24
	5.2.1 Konstrukcijski sklop na objektu: Zunanja stena 1 .....	25
	5.2.2 Konstrukcijski sklop na objektu: Zunanja stena 2 .....	26
	5.3 Grafična izpeljava fasadnega pasu .....	27
	5.3.1 Križanje zunanje stene: tla na terenu .....	28

5.3.2	Križanje zunanje stene: stik AB prefabrikat – monolitna stena v predelu lože.....	31
5.3.3	Križanje zunanje stene: stik AB prefabrikat – monolitna stena v predelu garsonjere.....	34
5.3.4	Križanje zunanje stene stik: stena – balkonska konzola.....	36
5.3.5	Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo – vertikalni prerez .....	39
5.3.6	Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo – horizontalni prerez .....	41
5.3.7	Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo – bočna stena stopniščnega jedra.....	43
5.3.8	Križanje zunanje stene: stik s AB nadstreškom .....	45
6	PROJEKTIRANJE DODATNE TOPLOTNE IZOLACIJE .....	48
6.1	Izbira vrste toplotne izolacije glede na požarne zahteve .....	48
6.2	Izbira debeline toplotne izolacije glede na zahteve Eko sklad-a.....	48
6.2.1	Zunanja monolitna stena Z1 (monoliten beton + fasadni sistem) .....	48
6.2.2	Zunanja monolitna stena Z2 (AB prefabrikat) .....	49
6.3	Preverba kondenzacije vodne pare v obodni steni .....	50
6.3.1	Vhodni podatki.....	50
6.3.2	Zunanja stena 1 – ZS 1+ nov fasadni sistem.....	54
6.3.3	Zunanja stena 2 – ZS 2+ nov fasadni sistem.....	55
7	DODATNO PRITRJEVANJE FASADNEGA SISTEMA .....	59
7.1	Splošno o pritrjevanju fasadnih sistemov .....	59
7.2	Osnove pritrjevanja fasadnih izolacijskih sistemov .....	61
7.2.1	Osnovne sheme pritrjevanja fasadnega sistema .....	63
7.3	Določitev potrebnega števila pritrdil s tabelo .....	65
7.4	Vrste pritrdil.....	66
7.4.1	Plastična pritrdila .....	66
7.4.2	Pritrdila s kovinskim trnom.....	67
7.4.3	Vijačna pritrdila .....	67
7.4.4	Vijačna »heliks« pritrdila.....	68
7.4.5	Strelna pritrdila .....	68
7.4.6	Vijačna pritrdila za lesene podlage .....	69
7.5	Pritrjevanje fasadnega sistema na obravnavanem objektu .....	69
7.5.1	Izdelava meritve izvlečnih sil .....	69
7.5.2	Vhodni podatki in izračun potrebnega števila pritrdil.....	73
7.5.3	Poglobljanje fasadnih pritrdil.....	73
8	ZAKLJUČEK .....	75
9	VIRI .....	77

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Največje dovoljena toplotna prehodnost skozi konstrukcijske elemente .....	6
Preglednica 2: Minimalne zahteve glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten. [10].....	8
Preglednica 3: Klasifikacija gorljivosti gradbenih materialov po SIST EN 13501-1. [12].....	10
Preglednica 4: Prikaz tehničnih karakteristik izolacijskih materialov v fasadnih sistemih. [28] .....	18
Preglednica 5: Legenda vzhodnega pročelja stavbe.....	23
Preglednica 6: Sestava in izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa ZS 1 .....	25
Preglednica 7: Sestava in izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa ZS 1 .....	26
Preglednica 8: Največja dovoljena toplotna prehodnost zunanje stene iz leta 1970, Ur.l. SFRJ 35/70 [40] .....	27
Preglednica 9: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov na stiku zunanja stena – tla na terenu, obstoječe stanje..	28
Preglednica 10: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov na stiku zunanja stena – tla na terenu, varianta 1 .....	29
Preglednica 11: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov na stiku zunanja stena – tla na terenu, varianta 2 .....	30
Preglednica 12: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu lože, obstoječe stanje.....	31
Preglednica 13: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu lože, varianta 1 .....	32
Preglednica 14: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu lože, varianta 2 .....	33
Preglednica 15: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu garsonjere, obstoječe stanje.....	34
Preglednica 16: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu garsonjere, varianta 1 .....	35
Preglednica 17: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu balkonske konzole, obstoječe stanje.....	36
Preglednica 18: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu balkonske konzole, varianta 1 .....	37
Preglednica 19: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu balkonske konzole, varianta 2 .....	38
Preglednica 20: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, obstoječe stanje.....	39
Preglednica 21: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, varianta 1 .....	40
Preglednica 22: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, obstoječe stanje.....	41
Preglednica 23: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, varianta 1 .....	42
Preglednica 24: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stopnišnega jedra, obstoječe stanje.....	43
Preglednica 25: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stopnišnega jedra, varianta 1 .....	44
Preglednica 26: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu betonskega nadstreška, obstoječe stanje.....	45
Preglednica 27: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu betonskega nadstreška, varianta 1 .....	46
Preglednica 28: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu betonskega nadstreška, varianta 2 .....	47
Preglednica 29: Vhodni podatki za izračune v programu U-wert.....	50
Preglednica 30: Pregled kondenzacije obodne stene ZS 1 – obstoječe stanje.....	56
Preglednica 31: Pregled kondenzacije obodne stene ZS 1 – nov fasadni sistem .....	57
Preglednica 32: Pregled kondenzacije obodne stene ZS2 – obstoječe stanje.....	57
Preglednica 33: Pregled kondenzacije obodne stene ZS 2 – nov fasadni sistem .....	58
Preglednica 34: Prikaz zahtev po dodatnem pritrjevanju v odvisnosti od vrste izolacijskih plošč. [46] .....	60
Preglednica 35: Kategorija terena in terenski parametri, tabela za razred sistema 2. [55].....	65
Preglednica 36: Prikaz postopka izdelave meritev izvlečnih sil fasadnega pritrčila [62].....	70
Preglednica 37: Prikaz meritev izvlečnih sil. [63] .....	72

## KAZALO SLIK

Slika 1: Vgradnja protipožarnih barrier, levo preklade, desno pas [11].....	9
Slika 2: Vgradnja okenskih tesnilnih elementov [15].....	13
Slika 3: Vgradnja tesnilnega traku na predelu okenske police [16].....	13
Slika 4: Ulica Gradnikove brigade ter obravnavana stolpnica [31].....	21
Slika 5 (levo): VSO Gradnikove brigade 33, vzhodna fasada s stopnišnim jedrom in montažno fasado [32] ....	22
Slika 6 (desno): VSO Gradnikove brigade 33, južna fasada s kontaktnim fasadnim sistemom [33] .....	22
Slika 7 (levo): VSO Gradnikove brigade 33, severna fasada s kontaktnim fasadnim sistemom [34] .....	22
Slika 8 (desno): VSO Gradnikove brigade 33, zahodna fasada s stopnišnim jedrom in montažno fasado [35] .	22
Slika 9: Prikaz vzhodne fasade na stavbi, razdelitev [36] .....	23
Slika 10: Sondiranje obstoječe kontaktne fasade – ZS 1, severna in južna fasada. [37].....	25
Slika 11 (levo): AB prefabrikati – vzhodna in zahodna fasada [38].....	26
Slika 12 (desno): AB prefabrikati – vzhodna in zahodna fasada [39].....	26
Slika 13: Analiza obstoječega konstrukcijskega sklopa ZS1 v programu U-Wert .....	52
Slika 14: Prikaz nasičenega parnega tlaka skozi steno v odvisnosti od temperature .....	52
Slika 15: Analiza obstoječega konstrukcijskega sklopa ZS2 v programu U-Wert .....	53
Slika 16: Analiza obstoječega konstrukcijskega sklopa ZS2 v programu U-Wert .....	53
Slika 17: Prikaz točke rosišča v obstoječem konstrukcijskem sklopu ZS 2 v programu U-Wert.....	54
Slika 18: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS1 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert. ....	54
Slika 19: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS1 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert. ....	55
Slika 20: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS2 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert. ....	56
Slika 21: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS1 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert. ....	56
Slika 22: Vetrne cone na območju Slovenije [47].....	61
Slika 23: Grafični prikaz kategorij terena.....	62
Slika 24: Shema sidranja [48].....	63
Slika 25: Shema sidranja [49].....	63
Slika 26: Shema sidranja [50].....	63
Slika 27: Shema sidranja [51].....	63
Slika 28: Shema sidranja [52].....	64
Slika 29: Shema sidranja [53].....	64
Slika 30: Shema sidranja [54].....	64
Slika 31: Pritrdilo PP proizvajalca F.Leskovec [56].....	66
Slika 32 : Pritrdilo PSK proizvajalca F.Leskovec [57].....	67
Slika 33: Pritrdilo EJOT Ejotharm STR U [58].....	67
Slika 34: Pritrdilo Fischer Thermoz SV II ecotwist [59].....	68
Slika 35: Pritrdilo Hilti XI FV [60] .....	68
Slika 36: Pritrdilo EJOT Ejotharm Str H [61] .....	69
Slika 37: Odstranitev obstoječe toplotne izolacije do nosilne podlage.....	70

Slika 38: Izdelava izvrtine v AB konstrukcijo (izvrtina $\phi$ 8mm z vibracijami).....	70
Slika 39: Namestitev koščkov EPS in XPS .....	70
Slika 40: Odstranitev simuliranega fasadnega sistema iz koščkov EPS in XPS .....	71
Slika 41: Izvedba meritev s pomočjo prenosne naprave za merjenje izvlečnih sil .....	71
Slika 42: Porušitev pritrdila ob glavi vijaka .....	71
Slika 43: Odčitavanje in zabeležba doseženih vrednosti [N] pred poružitvijo pritrdila .....	71
Slika 44: Plastično pritrdilo vgrajeno poglobljeno [65].....	74
Slika 45: Plastično pritrdilo poravnano z zunanjim robom izolacije [66].....	74

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz zahtev glede maksimalne dovoljene prehodnosti skozi zunanjo steno .....	5
Grafikon 2: Primerjava toplotnih prevodnosti izolacijskih materialov v fasadnih sistemih .....	17
Grafikon 3: Povprečna temperatura zunanjega zraka po mesecih .....	50
Grafikon 4: Povprečna zunanja relativna vlažnost po mesecih .....	51





## 1 UVOD

V Sloveniji je približno 80 % starejših in energetsko potratnih stanovanjskih stavb. Energetska sanacija stavb je pri takšnih stavbah nujna, saj imajo veliko toplotnih izgub, ki lahko pri slabo toplotno izoliranih stavbah pomenijo približno tretjino vse potrebne toplotne energije. Energetska prenova stavb je postala v zadnjem času toliko bolj pomembna, saj se cena energije vse bolj zvišuje, kar vpliva na povečanje stroškov. Najbolj učinkovit način za doseg nižjih stroškov za ogrevanje in pripravo sanitarne vode je izboljšanje izolativnosti stavbnega ovoja in racionalizacija energetskih sistemov. [1]

Večstanovanjske stavbe predstavljajo pomemben del slovenskega stanovanjskega fonda, večino teh stavb je bilo grajenih med 60. in 80. leti minulega stoletja, v obdobju, ko so bile zahteve glede toplotnih prehodnosti skozi ovoj stavbe bistveno manjše.

Za občutno zmanjšanje toplotnih izgub in znižanje visokih stroškov ogrevanja, se je potrebno posvetiti predvsem ključnim elementom stavbnega toplotnega ovoja, fasadi, stavbnemu pohištvu ter strehi, po potrebi pa je potrebna še vgradnja prezračevalnega sistema z rekuperacijo in pripravo tople sanitarne vode. Energetska sanacija stanovanjskih objektov prinaša mnogo pozitivnih učinkov, ki so energetske, ekonomske in ekološke narave. Energetski učinki se kažejo v zmanjšani porabi energije tudi do 40 % [2], kar prinaša nižje stroške obratovanja in zmanjšan negativni vpliv na okolje.

### 1.1 Namen in cilji diplomske naloge

V diplomski nalogi predstavljam veljavno zakonodajo na področju tankoslojnih toplotno izolacijskih fasadnih sistemov, osredotočim se na energetsko sanacijo ovoja stolpnice zgrajene konec 70. let minulega stoletja. V letu 2016 je predvidena energetska sanacija večstanovanjske stavbe, katere izvedba mora biti projektirana za zadostitev pogojem za pridobitev nepovratnih vzpodbud okoljskega Eko sklada ter ostalim pogojem skladno z veljavno zakonodajo. V diplomski nalogi predstavim tudi predlagani pristop za izvedbo energetske sanacije ovoja, osredotočim se na ustrezno rešitev križanj konstrukcijskih sklopov, računsko analiziram možnost kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu obodne stene ter prikažem posebnosti glede pritrjevanja fasadnega sistema na stavbi.

## 2 VELJAVNA ZAKONODAJA NA PODROČJU FASADNIH SISTEMOV

### 2.1 Splošno o fasadah

Fasada je zunanja arhitektonska stran stavbe, pročelje, ki daje estetski videz stavbi sami in bližnjemu okolju. Ena pglavitih nalog fasade je varovanje objekta pred vremenskimi vplivi, dežjem, snegom, vetrom, kemičnimi obremenitvami ter drugimi vplivi, kot sta zvočna izolacija objekta pred okolico ter zaščita objekta pred požarom. [3] Fasada dodatno preprečuje propadanje gradbenih elementov zaradi kondenzacije vodne pare ter preprečuje razvoj mikroorganizmov na notranjih stenah stavbe. Fasade glede na izvedbeni način ločimo na:

- kontaktne debeloslojno ometane fasade,
- kontaktne tankoslojne fasade,
- prezračevane fasade.

Klasične debeloslojne fasade so aktualne predvsem na objektih pod spomeniškim varstvom, kjer je potrebno ohranjati zunanji videz pročelja ter dekorativne štukature. Lahko so izvedene s toplotnoizolacijskimi ploščami oziroma imajo v samem debeloslojnim ometu perlitne ali delce iz stiropora, ki delujejo kot izolator. Tankoslojne fasade so zelo razširjene in so razmeroma ekonomične v primerjavi s prezračevalnimi fasadami, ki so običajno grajene iz nosilne podkonstrukcije ter modularnih elementov različnih rastrov in različnih materialov. Prezračevalne fasade so predvsem zaradi vgrajenih materialov – najpogosteje v obliki vlaknocementnih plošč, lesenih plošč oziroma letev, kamna, stekla, aluminija ter drugih materialov, mnogo dražje od prvih dveh vrst. Pri energetske sanaciji ovoja obstoječih stavb se najpogosteje uporablja tankoslojna fasada, predvsem zaradi ekonomskega vidika.

## 2.2 Evropska smernica za tehnična soglasja fasadnih sistemov

Skladno z Direktivo o gradbenih proizvodih št. 89/106/EEC (CPD) in uredbo o gradbenih proizvodih št. 305/2011 je Evropska organizacija za tehnična soglasja (EOTA) pripravila smernico ETAG 004 (European Technical Approval Guideline), na podlagi katere državni certifikacijski organi podeljujejo evropska tehnična soglasja (ETA). [4]

Smernice ETAG 004 opisujejo :

- zahteve za kontaktne toplotnoizolacijske fasadne sisteme za zunanje stene,
- dokazovalni postopek pri raziskovanju lastnosti proizvodov,
- merila za presojo lastnosti in ustreznosti za predviden namen uporabe,
- predpisane pogoje za izdelavo izmer in izvedbo sistemov.

Fasadni sistemi s certifikatom ETAG, mednarodno imenovani ETICS – External thermal insulation composite systems [5], so sestavljeni iz sledečih komponent:

- lepilna malta (lepilo),
- toplotno izolacijska plošča,
- armirna malta (osnovni omet),
- armirna mrežica iz steklenih vlaken,
- osnovni premaz,
- dekorativni zaključni omet,
- pritrdila,
- pokrivni čepi,
- dodatni elementi (vogalniki z mrežico, odkapniki, dilatacijski in okenski profili ipd.).

Ključne zahteve tankoslojnega fasadnega sistema, ki se vrednotijo po smernici ETAG 004 so:

- ER 1: Mehanska odpornost in stabilnost,
- ER 2: Varnost pred požarom,
- ER 3: Higijenska in zdravstvena zaščita in varovanje okolja,
- ER 4: Varnost pri uporabi,
- ER 5: Zaščita pred hrupom,
- ER 6: Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote,
- ER 7: Vidiki trajnosti in uporabnost,

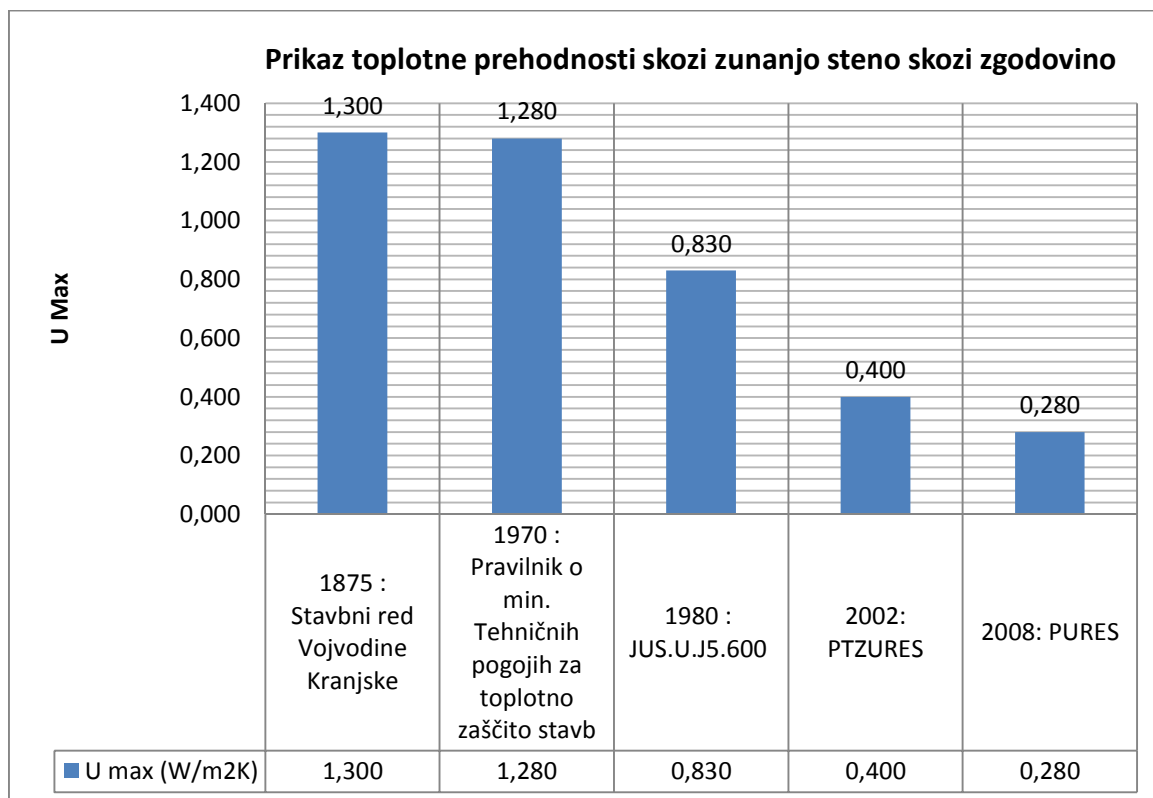
Na podlagi temeljnih zahtev za določen namen uporabe pooblaščen organ poda proizvajalcu fasadnega sistema certifikat ETA, ki velja pet let, po preteku obdobja pa se podaljša. V Republiki Sloveniji je na področju fasadnih sistemov certifikacijski organ Zavod za gradbeništvo, ZAG Ljubljana.

### 2.3 Zahteve glede toplotne prehodnosti zunanjih sten

Zgodovino gradnje visokih stavb na področju Republike Slovenije bi v različnih časovnih obdobjih lahko predstavili z različnimi načini gradnje stavb v odvisnosti od materiala in debelin nosilnih konstrukcij. V obdobju do 1. svetovne vojne je prevladovala klasična eksoskeletna masivna gradnja iz kamna, kjer so debeline sten segale vse do 65 cm. Ovoj stavb je bil klasično ometan z apneno malto. Med obema vojnoma pa vse do leta 1970 je prevladovala gradnja iz opečnih zidakov, zelo pogosta je bila uporaba zidaka t.i. »normalnega formata«, dimenzij 6,5 cm x 12 cm x 25 cm, kjer so debeline sten na podlagi modularne zasnove merile med 25 cm ter 38 cm. Obodne stene stavb so neizolirane, na ovoju stavb se poleg klasičnega ometa pogosto vgrajuje tudi »terranova« omet, ki se finalno obdela s struganjem. V poznih 70-ih letih se prične masovna gradnja večstanovanjskih objektov, kjer so najpogosteje uporabljeni opečni modularni bloki dimenzij 14 cm x 19 cm x 29 cm, pozneje pa 19 cm x 19 cm x 29 cm (t.i. SKOK opeka), plinobetonski zidaki ter monolitne armirane betonske stene. V letu 1975 se s proizvodnjo t.i. demit fasadnega sistema prične množična uporaba toplotnoizolacijskih fasadnih sistemov, ki so sestavljeni iz izolacijske plošče iz stiropora, lepila, armirne mrežice obdelane s armirno malto ter finalnega zaključnega sloja. V 80-ih letih se gradi mnogo stolpnice in večstanovanjskih objektov čez 40 m višine. Stavbe so grajene iz armiranega betona monolitno ali pa v kombinaciji s polnili iz zidovja, pogosto so uporabljeni tudi armiranobetonski prefabrikati. Skladno z novo direktivo po določbah JUS standarda so vsi objekti toplotnoizolirani, pogosta je vgradnja fasadnih sistemov s stiroporom v debelinah 4 cm, 5 cm in 6 cm. Na ovoju stavb je prisotna tudi uporaba plinobetonskih ter silikatnih zidakov. Od 90-ih let naprej se povečuje delež montažnih, endoskeletno grajenih stavb, predvsem pri enodružinskih stanovanjskih hišah. Povečal se je delež toplotnoizoliranih stavb. Po letu 2010 se skladno z novimi uredbami pospešuje energetska sanacija javnih objektov, večstanovanjskih stavb ter stanovanjskih hiš. Vgrajuje se večje, skladno z rastjo cene energentov, ekonomsko upravičene debeline toplotne izolacije, ki so v območju med 12 cm in 25 cm. Predvsem za objekte večjih višin se poveča delež vgrajenih fasadnih sistemov, ki kot izolator vsebujejo negorljive materiale.

V spodnjem grafu je prikazana sprememba maksimalne dovoljene toplotne prehodnosti skozi obodno steno od leta 1875 do danes.

Grafikon 1: Prikaz zahtev glede maksimalne dovoljene prehodnosti skozi zunanjo steno proti neogrevanim prostorom skladno s veljavno zakonodajo po letih [6]



#### 2.4 Določila PURES 2010

Evropski parlament in Evropski svet sta 19. maja 2010 sprejela prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU – EPBD (Energy Performance of Buildings Directive). Ob pripravi prenovljenega pravilnika so bile ključnega pomena usmeritve EU in Slovenije na podnebnem energetske področju.

V sami direktivi so bili zavedeni ključni cilji »20-20-20 do 2020« :

- 20-odstotno zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>,
- 20-odstotno povečanje energetske učinkovitosti (URE) ter
- 20-odstotno povečanje deleža obnovljivih virov (OVE) v primarni energijski bilanci. [7]

V letu 2010 je bil na podlagi Zakona o graditvi objektov sprejet prenovljen pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES 2010.

V pravilniku so navedene bistveno strožje zahteve glede toplotne prehodnosti zunanjih in ločilnih elementov v stavbah. Pri novogradnjah vrednost največjega prehoda toplote »U max« skladno z določili PURES-a ne sme presegati vrednosti iz spodnje tabele.

Preglednica 1: Največje dovoljena toplotna prehodnost skozi konstrukcijske elemente skladno s PURES 2010 [8]

Gradbeni element stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	U max [W/(m <sup>2</sup> K)]
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	<b>0,28</b>
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom - manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10% površine neprozornega dela zunanje stene	<b>0,60</b>
Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	<b>0,50</b>
Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom. Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	<b>0,70</b>
Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	<b>0,90</b>
Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	<b>0,35</b>
Tlan nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	<b>0,35</b>
Tla nad zunanjim zrakom	<b>0,30</b>
Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem-talnem ogrevanju	<b>0,30</b>
Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh	<b>0,20</b>
Terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5 % površine strehe	<b>0,60</b>
Strop proti terenu	<b>0,35</b>
Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas	<b>1,30</b>
Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	<b>1,60</b>
Strešna okna, steklene strehe	<b>1,40</b>
Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5% površine strehe)	<b>2,40</b>
Vhodna vrata	<b>1,60</b>
Garažna vrata	<b>2,00</b>

## 2.5 Pravilnik o požarni varnosti v stavbah

Pravna podlaga za gradnjo stavb v Republiki Sloveniji je Zakon o graditvi objektov, krajše imenovan s kratico ZGO. Požarne zahteve krovno ureja Zakon o varstvu pred požarom (Uradni list RS, št.3/07), za fasade pa veljajo določbe Pravilnika o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št.31/04, 10/05, 83/05 ter 14/07). Ključna člena iz Pravilnika o požarni varnosti v stavbah, kateri se nanašata na ovoj stavbe sta [9]:

- 3. člen (širjenje požara na sosednje objekte), kjer je definirano, da morajo biti zunanje stene in strehe stavb projektirane in grajene tako, da je z upoštevanjem njihovega odmika od meje parcele omejeno širjenje požara na sosednje objekte. Ločilne stene, skupaj z vrati, okni in drugimi preboji, med posameznimi stavbami morajo biti projektirane in grajene tako, da je omejeno širjenje požara na sosednje objekte. Med posamezne stavbe se štejejo tudi dvostanovanjske stavbe in vrstne hiše.
- 4. člen (nosilnost konstrukcije ter širjenje požara po stavbah), kjer je definirano, da morajo biti stavbe projektirane in grajene tako, da njihova nosilna konstrukcija ob požaru določen čas ohrani potrebno nosilnost. Stavbe morajo biti razdeljene v požarne sektorje, če je to nujno za omejitev hitrega širjenja požara v njih. Projektirati in graditi jih je treba tako, da se v največji možni meri omeji hitro širjenje požara po navpičnih oziroma vodoravnih povezavah.

Razdelitev v požarne sektorje in njihova velikost sta odvisni od:

- namembnosti stavbe,
- velikosti in drugih arhitekturnih lastnosti posamezne stavbe, proizvodnega procesa, ki poteka v stavbi, ter od vrste in količine gorljivih snovi, ki se nahajajo v stavbi,
- vgrajenih oziroma postavljenih sistemov za gašenje,
- drugih izvedenih požarnovarnostnih ukrepov.

Za omejitev hitrega širjenja požara po stavbi morajo biti uporabljeni taki gradbeni materiali oziroma gradbeni proizvodi, ki:

- se težko vžgejo,
- v primeru vžiga oddajajo nizke količine toplote in dima in
- omejujejo hitro širjenje požara po površini.

Skladno s 7. členom pravilnika je Ministrstvo za okolje in prostor dne 21. 5. 2010 izdalo tehnično smernico TSG-1-001:2010, v kateri je natančneje obdelano področje požarne varnosti na stavbah v Republiki Sloveniji.

### 2.5.1 Izvleček požarne smernice TSG-1-001:2010

Ključne zahteve iz požarne smernice na področju fasadnih sistemov so minimalne zahteve glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten. Pri načrtovanju novogradenj in pri izvedbi energetskih sanacij objektov je potrebno zadostiti pogojem iz preglednice št. 2.

Preglednica 2: Minimalne zahteve glede razreda gorljivosti oblog zunanjih sten [10]

Višina objekta	Zakonsko dovoljena vgradnja fasadnega sistema
do 10 m *	Zadošča ETICS D-s2, d1
od 10 m do 22 m**	ETICS fasadni sistem razreda najmanj B-d1.  - Če je zahtevana požarna ločitev med etažami, se širjenje požara v predelu nad okni in vrati omeji tako, da se pas gorljive izolacije zamenja z negorljivo izolacijo, višine najmanj 20 cm, pas negorljive izolacije pa sega najmanj 30 cm prek roba okna ali vrat.  - Negorljiva izolacija mora biti pritrjena s sidri.  - Zamenjava gorljive izolacije z negorljivo ni potrebna, če je sloj izolacije tanjši od 10 cm.
nad 22 m***	Zadošča samo ETICS fasadni sistem požarnega razreda A1 in A2.

Skladno s tabelo je potrebno dodatno upoštevati specifiko, da morajo biti ne glede na prvo alinejo [\*] tudi pri stavbah visokih do 10 m, ki so po višini ločene na več požarnih sektorjev, obloge zunanjih sten najmanj razreda B-d1. V tem primeru se lahko obloge s slabšimi požarnimi lastnostmi uporabljajo le v oddaljenosti najmanj 1 m od požarno nezaščitenih površin (npr. okrog oken, balkonskih vrat ipd.). Obloge v pasu 1 m okrog požarno nezaščitenih površin morajo biti najmanj razreda B-d1.



Ne glede na drugo [\*\*] in tretjo [\*\*\*] alinejo sme biti toplotna izolacija talnega zidca do višine 0,50 m iz gorljivega materiala, toplotna izolacija cokla na objektu za katerega je zahtevana obloga iz negorljivega materiala je lahko do višine 50 cm iz materiala druge klasifikacije.

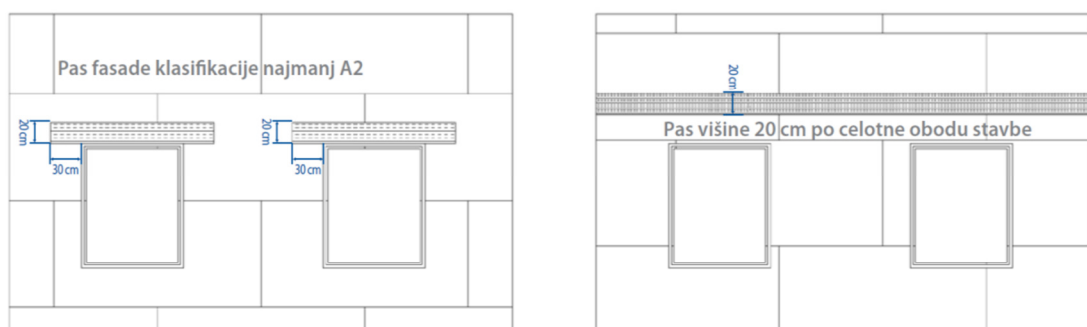
Ne glede na druge zahteve druge [\*\*] alineje tehnične smernice se za visoke stavbe v celoti uporabljajo smernice MHHR (Muster-Hochhausrichtlinie – Nemške vzorčne smernice za visoke objekte). Kot visok objekt se smatra stavba, ki ima višino poda zadnje etaže, v kateri se lahko zadržujejo uporabniki, več kot 22 m nad nivojem terena.

V točki 3.4 Požarne smernice vezane na zunanje stene je dodatna definicija, da morajo biti nenosilne zunanje stene in nenosilni deli zunanjih sten v vseh svojih delih iz negorljivih gradbenih materialov (velja tudi za obloge zunanjih sten, balkonske obloge in varovala).

Izjeme pri fasadnih sistemih veljajo za:

- okenske profile in tesnila pri teh profilih,
- izolacijske materiale v zaprtih okenskih profilih,
- drobne dele brez nosilne funkcije, ki ne prispevajo k širjenju požara.

Slika 1 prikazuje prikaz izvedbe fasade z gorljivo izolacijo B-d1 s horizontalnimi požarnimi sektorji. Tovrstna vgradnja zadošča zadostitvi požarnim zahtevam za objekte višine do 22 m.



Slika 1: Vgradnja protipožarnih barier, levo preklade, desno pas [11]

### 2.5.2 Klasifikacijski razredi gorljivosti gradbenih materialov po standardu SIST EN 13501-1

Klasifikacija fasadnega sistema je navedena v evropskem tehničnem soglasju sistema, ki se navezuje na točno določeno in opredeljeno sestavo, katera je bila preizkušena v skladu z evropsko tehnično smernico ETAG 004.

Preglednica 3: Klasifikacija gorljivosti gradbenih materialov po SIST EN 13501-1 [12]

Stopnja gorljivosti gradbenega materiala		Klasifikacija gradbenih materialov po standardu SIST EN 13501-1			
		Vsi materiali, razen talnih oblog, cevni izolacij in kablov			
<b>gorljiv</b>	<b>negorljiv</b>	A1	A1		
		A2	A2-s1,d0	A2-s1,d1	A2-s1,d2
			A2-s2,d0	A2-s2,d1	A2-s2,d2
	A2-s3,d0		A2-s3,d1	A2-s3,d2	
	<b>teško gorljiv</b>	B	B-s1,d0	B-s1,d1	B-s1,d2
			B-s2,d0	B-s2,d1	B-s2,d2
			B-s3,d0	B-s3,d1	B-s3,d2
		C	C-s1,d0	C-s1,d1	C-s1,d2
			C-s2,d0	C-s2,d1	C-s2,d2
C-s3,d0			C-s3,d1	C-s3,d2	
<b>normalno gorljiv</b>	D	D-s1,d0	D-s1,d1	D-s1,d2	
		D-s2,d0	D-s2,d1	D-s2,d2	
		D-s3,d0	D-s3,d1	D-s3,d2	
	E	E		E-d2	
<b>lahko gorljiv</b>	F				

Kot negorljiv material je definiran material razreda A po klasifikaciji definiran v standardu SIST EN 13501-1. V tabeli oznake s1, s2 in s3 ponazarjajo odziv in sproščanje dima v primeru požara, oznake d0, d1 in d2 ponazarjajo stopnjo kapljanja gorečih delcev v primeru požara.

## 2.6 Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago

Skladno s Pravilnikom o zaščiti stavb pred vlago (Uradni List Republike Slovenije št. 110/02 in 97/03) je potrebno posamezno stavbo ščititi pred talno vodo, vlago, atmosferskimi vplivi ter preprečiti zamakanja vode iz instalacij na obodu in v notranjost stavbe. [13]

Ovoj stavbe mora biti projektiran skladno s 3. členom omenjenega pravilnika na način, da stavbo ščiti pred:

- prodorom vlage v notranjost,
- navlaževanjem materialov in gradbenih konstrukcij na ta način, da bi se poslabšale njihove nosilne, izolativne in ostale fizikalne lastnosti do te mere, da bi bila ogrožene zanesljivost stavbe.

### 2.6.1 Fasadni sistem

Fasadni sistem mora biti skupaj z vsemi sloji odporen proti lokalnim vremenskim vplivom kot npr. dežju, snegu, vetru ter ostalim atmosferskim vplivom.

Zaključni sloj fasadnega sistema skupaj z osnovnim ometom kontaktne fasade mora skladno s SIST EN ISO 7783-2 oziroma skladno s smernico ETAG 004 izpolnjevati sledeče zahteve glede relativne difuzijske upornosti vodni pari  $s_d$ :

- za kontaktne fasadne sisteme s toplotno izolacijo iz penjenih materialov mora zaključni sloj zadostiti vrednosti

$$\mu * d = s_d < 2 m$$

- za kontaktne fasadne sisteme s toplotno izolacijo iz mineralne volne mora zaključni sloj zadostiti vrednosti

$$\mu * d = s_d < 1 m$$

Kapilarna vpojnost vode zaključnega sloja skupaj z osnovnim ometom kontaktne fasade mora biti manjša od:

- 0,5 kg / m<sup>2</sup> (v 24 urah) skladno z ETAG 004
- 0,1 kg / (m<sup>2</sup> h<sup>0,5</sup>) skladno s SIST EN 1062-3

Vodotesnost stavbnega povišstva mora zadostiti standardu SIST EN 1027, hidroizolacija pred talno vlago zunanjih sten in v področju tal v stikom s terenom mora biti izvedena po standardih SIST DIN 18195-1 do 18195-10.

Posebno pozornost pri izvedbi fasadnega sistema je potrebno nameniti obdelavi detajlov in stikov gradbenih elementov, in sicer na način, da se zagotovi ustrezna vodotesnost le-teh.

Ključna elementa ovoja, katera poleg fasadnega sistema zagotavljata vodotesnost pročelja stavbe, sta stavbno povišstvo ter okenske police, dodatno pozornost pa moramo nameniti izbiri materialov v področju podzidka.

### 2.6.2 Stavbno povišstvo

Tesnenje stika fasadnega sistema s stavbnim povištvom je na področju okenske špalete posebej izpostavljeno iz vidika prevzema raztezkov in skrčkov ob delovanju dveh različnih materialov. Stik se izvede z namenskimi okenskimi tesnilnimi profili v odvisnosti od velikosti vgrajenega elementa stavbnega povišstva in pozicije le-tega v nosilni steni.

### 2.6.3 Okenske police

Okenske police ščitijo fasadni sistem v področju okenske odprtine pred meteorno vodo in zunanjimi vplivi. Glede na material iz katerega so narejene ločimo: police iz naravnega kamna oziroma police iz različnih pločevinastih materialov (aluminij, pocinkana pločevina ipd.). Dodatno je potrebna izvedba vodotesnega korita v področju pod okensko polico – za ta namen uporabimo posebne vodotesne systemske materiale.

Okenske police morajo biti vgrajene skladno z veljavnimi smernicami [14]:

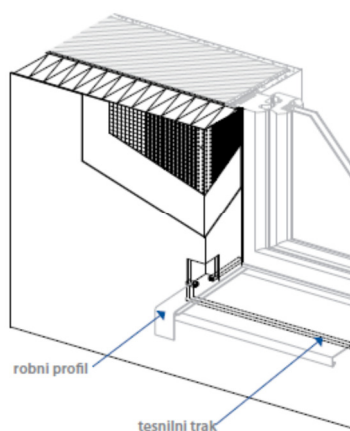
- vgradnja polic se izvede v naklonu  $3^{\circ}$ – $5^{\circ}$  od objekta v odvisnosti od načina vgradnje,
- prosti rob police mora segati min 4 cm čez fasadno ploskev,
- v primeru, da so iz naravnega kamna, morajo imeti ustrezne odkapne in bočne zareze ali nalimke,

- izvedba tesnenja stika police s fasadnim sistemom se izvede na dva načina:
  - z vgradnjo posebnega sistema okenskih tesnilnih elementov (t.i. Sol Pad elementi), ki preprečujejo nastanek toplotnih mostov pod okensko polico in hkrati omogočajo lažjo izvedbo tesnilnega bazena,



Slika 2: Vgradnja okenskih tesnilnih elementov [15]

- z vgradnjo tesnilnega komprimirnega traku na stik police s fasadnim sistemom, ki zmanjša delovanje na stiku.



Slika 3: Vgradnja tesnilnega traku na predelu okenske police [16]

#### 2.6.4 Odbojna voda v področju fasadnega podzidka

V področju podzidka je potrebna vgradnja izolacijske plošč odporne na navzemanje vode. V ravnini armirnega sloja se izvede vgradnja dodatnega tesnilnega sloja, ki zmanjšuje možnost nastanka kapilarnega dviga v armirnem sloju. Fasadni sistem na področju podzidka se pred odbojno vodo trajno zaščiti z nanosom dekorativnega mozaičnega ometa.

## 2.7 Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb Ur.l.RS. št 42/2002 [17] določa tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter tehnične zahteve za mehanske prezračevalne sisteme, v kolikor so le-ti vgrajeni v stavbo. V okviru tehničnih zahtev pravilnik določa najnižjo še dopustno kakovost zraka in toplotnega okolja, katera velja za novogradnje ter rekonstrukcije stavb. V pravilniku so definirani parametri toplotnega ugodja za sedeče osebe v bivalni coni: temperatura zraka, navpična temperaturna razlika med glavo in gležnji sedeče osebe, površinska temperatura poda ter drugi.

V pravilniku so dodatno podane zahteve glede zagotavljanja vlažnosti zraka:

- V prostorih mora biti zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oziroma posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah.
- Pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti med 30 % in 70 %.
- V stanovanjskih prostorih je priporočljiva relativna vlažnost pod 60 % , kar zmanjšuje rast alergenih in patogenih organizmov. Pri klimatizaciji prostorov mora biti zagotovljena relativna vlažnost pod 60 %.
- Optimalna občutena temperatura v odvisnosti od aktivnosti in obleke uporabnika se določi skladno s SIST CR 1752.

V pravilniku je poudarjena točka, ki se detajlno nanaša na fasadni sistem – površinska kondenzacija na stenah.

Delni tlak vodne pare v notranjosti stavbe se običajno razlikuje od delnega tlaka vodne pare zunaj stavbe. Toplota prehaja iz mesta z višjo temperaturo na mesto z nižjo temperaturo, podobno prehaja tudi vodna para. Iz notranjosti stavbe, kjer je običajno večja koncentracija vodne pare, le-ta prehaja na zunanost stavbe, kjer je običajno manjša koncentracija vodne pare. Proces ob prehodu vodne pare se imenuje difuzija. Ob prehodu vodne pare skozi steno se delni parni tlak vode spreminja. V kolikor se zgodi, da znotraj stene delni parni tlak preseže parni tlak nasičenja vodne pare, pride do kondenzacije znotraj stene in do navlaževanja konstrukcije oziroma konstrukcijskih slojev. Pri projektiranju stavb je potrebno s pravilnim vrstnim redom slojev v steni preprečiti ta pojav. [18]

### 3 IZOLACIJSKI MATERIALI V FASADNIH SISTEMIH ETICS

V kontaktno toplotno izolacijskih fasadnih sistemih so certificirane različne vrste toplotno izolacijskih plošč. V prvi vrsti se ločujejo glede na način proizvodnje.

- Fasadne plošče iz stiropora, krajše imenovanega EPS (ekspandirani polistiren ali s tujko Expandable poly-styrene) se v Sloveniji proizvajajo od leta 1955, kar je komaj 3 leta po tem, ko so v laboratoriju podjetja BASF odkrili ta material. Prvi slovenski proizvajalec stiropora je bilo podjetje Izolirka Ljubljane. Surovino iz pentana se predeksandira na vodni pari in stabilizira v vrečastih silosih. Surovina z dovajanjem energije ekspandira v omejenem prostoru (v t.i. »blokformah«). Bloki iz stiropora večjih dimenzij (npr. 1,00 x 1,25 x 4,00 m) v skladišču odležijo in se kasneje v proizvodnji z žarilno nitko razrežejo na želeno debelino. Izolacijske plošče se lahko proizvedejo s preklopom, lahko so razrezane oziroma delno ter v celoti perforirane. Izolacijske plošče iz stiropora se v fasadnih sistemih uporabljajo že skoraj pet desetletij in so preverjen izolator. [19]
- Izolacijske plošče iz ekstrudiranega polistirena, krajše imenovane kot XPS (Extruded PolyStyrene) se proizvajajo na povsem drugačen način kot plošče iz EPS. Osnovno surovino in dodatke zmešajo ter dozirajo v ekstrudor – posebno prešo, kjer se zmes pri visoki temperaturi in tlaku raztali. Doda se penilo ter tako pridobljen material glede na zahtevano debelino iztisne skozi dozirno šobo na tekoči trak. Material se na traku ohladi in na proizvodnji liniji razreže na zelene dimenzije. Vse obrezke, ki nastanejo pri oblikovanju plošč v končni proizvod, se lahko ponovno uporabi v proizvodnji in odpadkov pri surovini praktično ni. Izolacijske plošče iz XPS-a so primerne predvsem za obdelavo vkopanih delov fasad, obdelavo balkonov ter napuščev. [20]
- Izolacijske plošče iz kamene volne se proizvajajo iz kamnine balzalta in diabaza, katerima se med taljenjem pri temperaturi 1600 stopinj Celzija dodaja koks. Talino oblikujejo v vlakna, ki jim dodajo vezivo za trdnost in druge dodatke, kot na primer protiprašno in vodoodbojno emulzijo ter dodatke za biotopnost vlaken. Vlakna se zbirajo na neskončnem traku in oblikujejo primarno plast kamene volne. Sledi dodatno utrjevanje, rezanje in oblikovanje v plošče ali lamele različnih dimenzij. [21]

- Izolacijske plošče iz steklene volne se proizvajajo iz kremenčevega peska in recikliranega stekla, zmes se tali pri temperaturi 1000 stopinj Celzija v plinskih ali električnih pečeh. Dobljena talina se vliva v rotorje, oblikujejo se vlakna, katera se z utrjevanjem veziva združujejo. V zadnjih letih so veziva na osnovi fenol-formaldehidne smole zamenjala okolju prijaznejša veziva na vodni osnovi. [22]
- Izolacijske plošče iz porobetona se izdelujejo iz kremenčevega peska, apna, aluminijevega prahu, cementa in vode. Iz sestavin se pripravi sveža mešanica betona, ki se nato vliva v kalupe do navedene višine. V kalupu masa vzhaja, nato se kalup transportira v toplotno komoro, kjer se prične proces strjevanja. Naslednji postopek je rezanje porobetonske mase na željeno debelino – prečno ter vzdolžno, ter transport kalupov v avtoklave, kjer potekajo procesi vakuumiranja, segrevanja ter ohlajevanja mase. Po zaključku procesa avtoklaviranja se kalupe loči in tako pridobimo toplotnoizolacijske plošče, katere lahko uporabimo v fasadnem sistemu v zeleni debelini. [23]
- Toplotno izolativne plošče iz trde plute se proizvajajo v celoti iz naravnega materiala, osnovna surovina je skorja hrasta plutovca, ki v večini primerov izvira z območja Portugalske. V procesu proizvodnje surovino zmeljejo na primerno granulacijo in pridobljen granulater pod vročo paro ekspandirajo v kalupih, ki so običajnih dimenzij 110 x 60 x 40 cm. Granulater se med seboj poveže z naravnim vezivom, katerega med postopkom izloči pluta sama. Ogret blok se v posebnih komorah hitro ohladi ter dimenzijsko stabilizira in je tako pripravljen na razrez na željeno debelino. Izolacijske plošče iz ekspandirane plute odlikuje 100 % naravni proces in možnost reciklaže ter ponovne uporabe v gradbeništvu, v primeru, da se plošče ustrezno reciklirajo in niso onesnažene z ometi, gradbenimi lepili ali drugimi primesmi. [24]
- Izolacijske plošče iz fenolne pene oziroma poliuretanske trde pene nastanejo s kemično reakcijo pri mešanju dveh komponent – polyol ter isocyanurat, katerima se doda pentan kot pogonsko sredstvo. Iz tako pripravljene mešanice nastane zmes fenolne pene, ki se nato brizga na tkanino iz steklenih vlaken, katere po tekočem traku potujejo skozi laminator, kjer se material dimenzijsko stabilizira na željeno debelino. Plošče se na tekočem traku bočno obreže ter prikroji na ustrezno dolžino. [25]
- Izolacijske plošče iz lesnih vlaken so sestavljene iz surovine mletega lesa iglavcev, ki so slabše kakovosti in zato neprimerni za kakovostnejšo obdelavo. Ko les zmeljejo v prah, ga termično obdelajo. Pri tem se s pomočjo pare izločijo tudi nekateri naravni strupi, ki so prisotni v lesu. Proizvodnja je razmeroma enostavna, saj se drobno zmleti les, ki je v tej fazi še

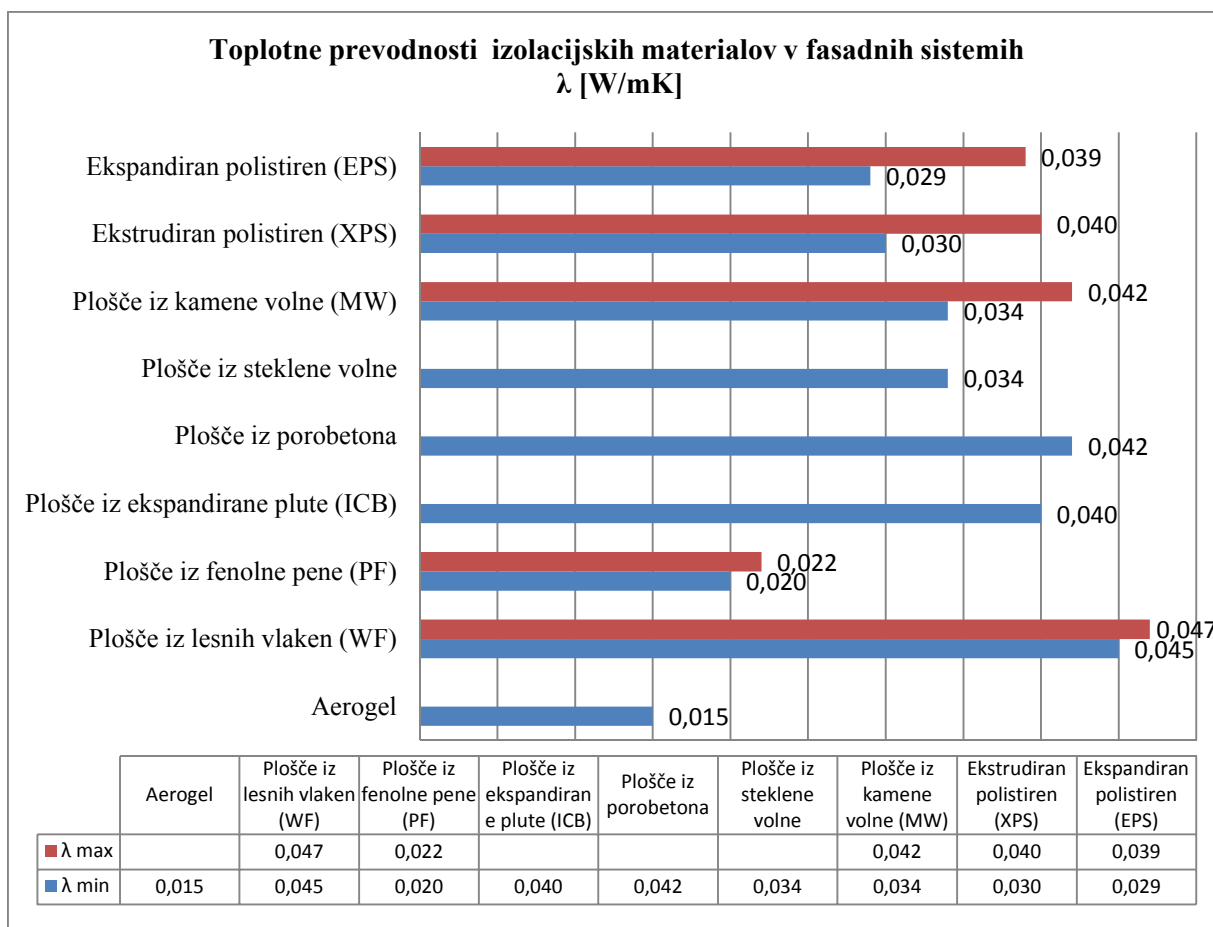


moker, stiska v plošče. Za vezivo služi lignin, ki se nahaja v lesu, zato ne vsebujejo fenol formaldehidov in so tako ekološki proizvod. Plošče so po celotni debelini prepojene s parafinom, zato ne prepuščajo vode. S tem, ko les zmeljejo in stisnejo nazaj v ploščo se med vlakna ujame zrak, s čimer se izboljša tudi toplotna prevodnost, ki je celo do 3-krat nižja kot pri masivnem lesu. [26]

### 3.1 Klasificiranje toplotnoizolacijskih plošč glede na fizikalne lastnosti

Toplotno izolacijske plošče, ki so certificirane v fasadnih sistemih, se med seboj razlikujejo predvsem na podlagi različnih parametrov toplotne prevodnosti, specifični gostoti, difuzijskimi lastnostmi, požarnem razredu in razplasti trdnosti materiala. V spodnjem grafikonu št. 2. so prikazane toplotne prevodnosti materialov uporabljenih v fasadnih sistemih.

Grafikon 2: Primerjava toplotnih prevodnosti izolacijskih materialov v fasadnih sistemih [27]



V preglednici št. 4 so prikazane fizikalne lastnosti izolacijskih plošč uporabljenih v fasadnih sistemih.

Preglednica 4: Prikaz tehničnih karakteristik izolacijskih materialov v fasadnih sistemih [28]

<b>IZOLACIJSKI MATERIAL</b>	<b>GOSTOTA</b>	<b>DIFUZIJA</b>	<b>POŽARNI RAZRED</b>	<b>RAZPLASTNA TRDNOST</b>
	<b><math>\rho</math> [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b><math>\mu</math> [l]</b>	<b>[/]</b>	<b>TR [kPa]</b>
<b>EPS ekspandiran polistiren</b>	15-20	15-40	E	100-150
<b>XPS ekstrudiran polistiren</b>	28-45	100-200	E	200-300
<b>MW kamena volna</b>	90-115	1-3,5	A	5; 7,5; 10
<b>Plošče iz steklene volne</b>	55	1	A	7,5
<b>Plošče iz porobetona</b>	115	3	A	80
<b>ICB plošče iz ekspandirane plute</b>	120	15,00	E	50-100
<b>PF plošče iz fenolne pene</b>	35	35,00	C	80
<b>WF plošče iz lesnih vlakn</b>	230	3	E	7,5-10
<b>AEROGEL</b>	150	5	C	-

V preglednici so prikazani parametri toplotne prehodnosti, difuzije, razplastne trdnosti ter klasifikacija materialov glede na požarni razred. Iz preglednice so razvidne velike razlike med izolacijskimi materiali, ki so uporabljeni v fasadnem sistemu. Najpogosteje uporabljene izolacijske plošče v fasadnem sistemu so plošče iz stiropora, ki imajo majhno gostoto, zelo dobro paropropustnost ter zelo dobro razplastno trdnost. Izolacijske plošče iz ekstrudiranega polistirena imajo zelo dobro razplastno trdnost, njihova glavna slabost pa je slaba paropropustnost zato niso najbolj primeren material za vgradnjo na večje fasadne površine. Najpogosteje jih uporabljamo na predelu fasadnega cokla. Plošče iz kamene volne odlikuje zelo dobra požarna odpornost ter paropropustnost, imajo pa najslabšo razplastno trdnost v primerjavi z drugimi izolatorji. Največ se vgrajujejo na višjih objektih ter na objektih, kjer je zahtevan izolacijski material, ki zadošča razredu požarne odpornosti A. Plošče iz steklene volne so na slovenskem tržišču zelo slabo poznane, odlikuje jih predvsem zelo dobra paropropustnost, zato se pogosto uporabljajo na drugih delih stavbnega ovoja. Plošče iz porobetona prav tako spadajo v razred požarne odpornosti A, imajo dobro razplastno trdnost, hkrati pa tudi visoko gostoto. Pogosto se uporabljajo pri izdelavi fasad na objektih, kjer se kot nosilna konstrukcija uporablja porobeton. Plošče iz ekspandirane plute imajo visoko gostoto ter zelo dobro razplastno

trdnost. Poleg izvrstne toplotne prevodnosti (grafikon št. 2) je glavna prednost plošč iz fenolne pene tudi nizka gostota materiala. Plošče iz lesenih vlaken imajo med sistemskimi materiali daleč najvišjo gostoto, pogosto se uporabljajo pri izvedbi montažnih lesenih stavb. Eden novejših materialov uporabljenih v fasadnem sistemu je Aerogel, ki ima najboljše lastnosti glede toplotne prevodnosti (grafikon št. 2), odlikuje ga tudi zelo dobra paropropustnosti.

#### 4 SUBVENCije IN AKTIVNOSTI EKO SKLADA

Slovenski okoljski javni sklad (Eko sklad) je bil ustanovljen leta 1993 kot oseba javnega prava po Zakonu o varstvu okolja. Prvotno se je imenoval Ekološko razvojni sklad Republike Slovenije in je deloval kot neprofitna delniška družba.

- Leta 2001 se je Eko sklad preoblikoval v javni sklad.
- Leta 2005 se je skladno z novim Zakonom o varstvu okolja iz leta 2004 preimenoval v Ekološki sklad Republike Slovenije.
- Leta 2008 so delo sklada zaznamovale številne spremembe v sami zakonodaji. Ime sklada je bilo spremenjeno v Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad.

S spremembami in dopolnitvami Energetskega zakona in Nacionalnega akcijskega načrta za energetske učinkovitost 2008–2016 je Eko sklad prevzel nove naloge pri spodbujanju naložb v energetske učinkovitost pri končnih odjemalcih energije.

##### 4.1 Namen in cilji Eko sklada

Glavni namen Eko sklada je spodbujati razvoj na področju varstva okolja, zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> ter povečanje energetske učinkovitosti in povečanja uporabe obnovljivih virov energije ter kreditiranje navedenih ukrepov. Eko sklad je edina specializirana ustanova v Sloveniji, ki zagotavlja finančne podpore za okoljske projekte. Eko sklad nudi finančno pomoč predvsem preko kreditiranja iz namenskega premoženja in od leta 2008 preko nepovratnih finančnih spodbud. [29]

Pri financiranju aktivnosti Eko sklada so sodelovale tudi nekatere mednarodne organizacije, kot so:

- Mednarodna banka za obnovo in razvoj (IBRD),
- EC Phare,
- Evropska investicijska banka (EIB).

## 4.2 Toplotna izolacija fasade – pogoji za pridobitev sredstev

Za pridobitev nepovratnih sredstev Eko sklada mora biti vgrajeni fasadni sistem certificiran skladno z zahtevami, imeti mora tehnično soglasje ETAG 004, hkrati pa mora biti zaveden med ustreznimi fasadnimi sistemi skladno z aktualnim razpisom. Poleg tega mora z ustrezno izolacijsko ploščo zadoščati zahtevam glede toplotne prehodnosti skozi fasadni ovoj. [30]

### 4.2.1 Izolacija fasade v primeru nevgrajene obstoječe toplotne izolacije

Nepovratna finančna spodbuda se dodeli za nakup in vgradnjo fasadnega sistema z najmanj 18 cm toplotne izolacije, pri čemer lahko toplotna prevodnost toplotne izolacije znaša

$$\lambda \leq 0,045 \text{ W/mK}$$

Debelina toplotne izolacije fasadnega sistema je lahko tudi manjša, če je izkazano razmerje

$$\lambda / d \leq 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### 4.2.2 Izolacija fasade v primeru že vgrajene toplotne izolacije

Pri izračunu potrebne dodatne nove toplotne izolacije se upošteva vrednost toplotne prevodnosti obstoječe toplotne izolacije  $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$  in debelino obstoječe toplotne izolacije  $d_{\text{obst}}$ .

Z dodano novo izolacijo je potrebno izpolniti zahteve po naslednji enačbi, s katero se zagotovi zahtevano razmerje  $\lambda / d \leq 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$ :

$$\frac{d_{\text{obst}}}{0,045 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}}\right)} + \frac{d_{\text{novo}}}{\lambda_{\text{novo}}} \geq 4,0 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

$d_{\text{obst}}$  = debelina obstoječe izolacije [m]

$d_{\text{novo}}$  = debelina nove (dodatne) izolacije [m]

$\lambda_{\text{novo}}$  = toplotna prevodnost nove (dodatne) izolacije [W/(m K)]

$\lambda_{\text{obst}} = 0,045 \text{ (W/mK)}$  = upoštevana toplotna prevodnost obstoječe izolacije – ekspanziran polistiren

## 5 ENERGETSKA SANACIJA FASADE – STOLPNICA NA ULICI GRADNIKOVE BRIGADE 33 V NOVI GORICI

Stanovanjska soseska imenovana Kare 6, ob Ulici Gradnikove brigade, je bila zasnovana v letih 1972–1976, sama gradnja soseske pa je potekala med leti 1978–1983. Soseska je sestavljena iz 15 stolpnic, ki so grajene vzdolž ulice, katera poteka v smeri sever–jug, kot je prikazano na sliki 5. V soseski skupno prebiva okrog 2200 prebivalcev.

Obravnavana stolpnica je bila zgrajena leta 1979, večstanovanjski objekt je načrtovalo in gradilo podjetje SGP Gorica po podobnem principu kot sosednje objekte v nizu ulice. Tlorisne dimenzije objekta so 16,60 x 18,20 m, objekt v najvišji točki meri 50,30 m nad nivojem terena in je delno vkopan ter podkleten. V nadzemnem delu ima objekt 16 etaž na višjem delu stavbe, 15 etaž na nižjem delu stavbe, stopniščno jedro sega v 17. etažo. Objekt sestavlja 72 stanovanj in 5 poslovnih prostorov. Kot vertikalna komunikacija je v uporabi dvigalo ter osrednje stopnišče, jedro katerega je zamaknjeno za 1,20 m izven obodnega gabarita. Streha je izvedena kot dvokapnica, smer slemena poteka v liniji sever–jug. Na vzhodni in zahodni strani so odprte lože, ki imajo na prostem robu cvetlična korita iz armiranega betona in hkrati služijo tudi kot balkonska ograja. Stavbno pohištvo, prvotno vgrajeno na objektu, je bilo v večji meri zamenjano z novim stavbnim pohištvom, grajenim večinoma iz PVC elementov z roletnimi senčili vgrajenimi podometno.

Ovoj objekta je sestavljen iz kombinacije vertikalnih monolitnih armiranobetonskih sten ter predfabriciranih fasadnih AB elementov iz proizvodnje podjetja ABK Nova Gorica. Objekt se na jugozahodnem delu delno naslanja na sosednji objekt, stolpnico na Ulici Gradnikove brigade 31. Severna in južna fasada objekta sta izolirani s fasadnim sistemom »Demit Original« v debelini 5 cm ki je sidran na monolitno armiranobetonsko steno. Vzhodna in zahodna fasada je sestavljena iz montažnih fasadnih elementov, kjer je že vgrajena toplotna izolacija iz EPS v jedru.



Slika 4: Ulica Gradnikove brigade ter obravnavana stolpnica [31]



Slika 5 (levo): VSO Gradnikove brigade 33, vzodna fasada s stopniščnim jedrom in montažno fasado [32]

Slika 6 (desno): VSO Gradnikove brigade 33, južna fasada s kontaktnim fasadnim sistemom [33]

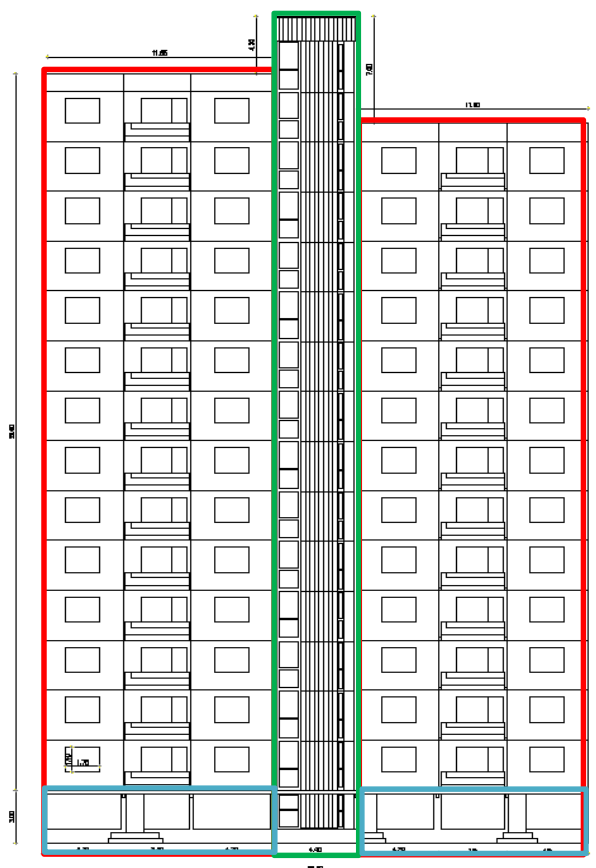


Slika 7 (levo): VSO Gradnikove brigade 33, severna fasada s kontaktnim fasadnim sistemom [34]

Slika 8 (desno): VSO Gradnikove brigade 33, zahodna fasada s stopniščnim jedrom in montažno fasado [35]

## 5.1 Geometrijska zasnova objekta

Pročelje objekta je modularno razdeljeno glede na namembnosti, obodna stena je sestavljena iz različnih konstrukcijskih sklopov. V grafični podlogi je prikazano območje, v legendi pa zasnova konstrukcijskega sklopa ovoja stavbe. Objekt je glede na uporabo razdeljen na stanovanjski del, v pritličju pa so tudi posamezne enote namenjene poslovnim dejavnostim. Glede na namembnost predela stavbe so konstrukcijski sklopi ustrezno zasnovani, fasadni ovoj na predelu poslovnih prostorov je grajen iz stavbnega povišstva. Večinski del fasadnega ovoja na stanovanjskem predelu je grajen iz armiranobetonskih prefabrikatov, severna in južna stena objekta pa iz monolitnih sten, ki so dodatno obdelane s tankoslojnim fasadnim sistemom.



Slika 9: Prikaz vzhodne fasade na stavbi, razdelitev [36]

Preglednica 5: Legenda vzhodnega pročelja stavbe

Legenda zasnove vzhodnega pročelja stavbe	
	Stanovanjski elementi, lože AB prefabrikat, stavbno povišstvo
	Osrednje stopnišče stavbno povišstvo, kontaktna fasada
	Lokali, trgovine, pisarne stavbno povišstvo

## 5.2 Obstoječe stanje

Na podlagi prejetih načrtov iz Pokrajinskega muzeja Nova Gorica, projektne dokumentacije podjetja SGP GORICA za izgradnjo stanovanjskega naselja Kare 6 na Ulici Gradnikove ter izvedbe sondiranja fasadnega sistema na objektu samem pridobimo sestavo obodnih sten.

Terenski pregled objekta je bil izveden dne 18. 11. 2015. Sondiranje obstoječega fasadnega sistema se je izvajalo na severni fasadi, sočasno se je na isti poziciji izvajalo preverbo nosilnosti fasadnih pritrdil. Obstoječi fasadni sistem se je zarezalo v obliki pravokotnika dimenzij 30 x 30 cm, vse sloje tankoslojne fasade se je odstranilo do nosilne konstrukcije. Obstoječi fasadni sistem je v dobrem stanju, do izbočenja toplotnoizolacijskih plošč na objektu ne prihaja, zaključni in armirni sloj ne kaže večjih znakov propadanja, navkljub veliki izpostavljenosti objekta zunanji vplivom. Pregled ovoja stavbe, grajenega iz armiranobetonskih prefabrikatov, je bil izveden na vzhodnem delu fasade v 1. nadstropju nad montažnim betonskim nadstreškom. Sestava obodne stene se je preverila s pomočjo terenskega odvzema dimenzij prefabrikata ter s pomočjo izdelave izvrtin skozi prefabrikat.

Objekt je zasnovan kot eksoskelet, z masivnimi obodnimi stenami in predfabriciranimi AB fasadnimi elementi. Stopniščno jedro je monolitno lito na mestu samem po segmentih. Balkonske plošče so monolitno grajene, balkonske ograje so predfabricirane in sukcesivno montirane na objektu.

Na stavbi sta prisotna dva karakteristična konstrukcijska sklopa obodne stene. Prečne stene v nosilnem skeletu objekta so grajene monolitno iz armiranega betona v debelini 18 cm ter finalno toplotno izolirane s fasadnim sistemom demit, s stiroporom v debelini 4 cm. Izolacijske plošče so sidrane s klasičnimi kovinskimi sidri. Zaključni sloj je na akrilatni osnovi, izveden v vlečeni strukturi. Obravnavani večplastni konstrukcijski sklop poimenujemo ZS 1. Konstrukcijski sklop je prisoten na severni in južni fasadi, na bočnih stenah stopniščnega jedra ter na bočnih stenah balkonskih lož. Vzдолžne stene so izdelane iz predfabriciranih armiranobetonskih plošč debeline 8–12 cm, sestavljene so iz notranje in zunanje armiranobetonske stene, med predfabriciranima elementoma je vgrajen 5 cm sloj toplotne izolacije iz stiropora. Prefabrikati so modularnih dimenzij 4,20 x 2,80 m, na predelu garsonjer pa 2,20 x 2,80 m. Prefabrikati so preko specialnih sider pritrjeni v nosilno armiranobetonsko konstrukcijo, notranji del prefabrikata je gladek, zunanji pa reliefno obdelan. Konstrukcijski sklop s toplotno izolacijo vgrajeno v jedru imenujemo ZS 2.

Za konstrukcijska sklopa na objektu preverimo skladnost toplotne prehodnosti sklopa za posamezen konstrukcijski sklop, v nadaljevanju naloge upoštevamo tudi izvedbo novega fasadnega sistema, preverimo ustrezno debelino nove toplotne izolacije ter preverimo možnosti kondenzacije vodne pare v obodni steni.



### 5.2.1 Konstrukcijski sklop na objektu: Zunanja stena 1

Na podlagi izvedenih terenskih preiskav pridobimo sestavo obodne stene, za zunanjo steno s kontaktno fasado. Konstrukcijski sklop imenujemo ZS 1, zunanja stena 1. Na sliki št. 10 je prikazana sestava kontaktne fasade na mestu izvedbe sondiranja, v preglednici št. 6 detajlno prikažem sestavo in toplotno prehodnost skozi konstrukcijski sklop.



Slika 10: Sondiranje obstoječe kontaktne fasade – ZS 1, severna in južna fasada [37]

Preglednica 6: Sestava in izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa ZS 1

Zaporedna številka sloja	Material	Debelina sloja [cm]	Toplotna prevodnost materiala $\lambda$ [W/ mK]	Toplotna upornost sloja sloja R [m <sup>2</sup> K/ W]
1	Notranji omet	2,00	0,70	0,029
2	Armirani beton	18,00	2,10	0,086
3	Lepilo za EPS	0,70	1,00	0,007
4	EPS izolacijske plošče	4,00	0,035	1,143
5	Armirana malta za EPS	0,70	1,00	0,007
6	Akrilni zaključni omet	0,20	0,80	0,003

Upor mejne zračne plasti za konstrukcijski sklop ZUNANJI ZID:	$R_{si}$	0,130
	$R_{se}$	0,040

Skupna toplotna upornost konstrukcijskega sklopa	$\Sigma R$	1,444	[m <sup>2</sup> K/ W]
--	------------	-------	-----------------------

Skupna toplotna prehodnost skozi konstrukcijski sklop	U	0,693	[W/m <sup>2</sup> K]
---	---	-------	----------------------

### 5.2.2 Konstrukcijski sklop na objektu: Zunanja stena 2

Konstrukcijski sklop, ki predstavlja večino fasadnega ovoja stavbe imenujemo ZS 2. Na slikah št. 22 in 23 je razvidna strukturiranost in debelina zunanjega dela prefabrikata, v preglednici št. 7 detajlno prikažem sestavo in toplotno prehodnost skozi konstrukcijski sklop.



Slika 11 (levo): AB prefabrikati – vzhodna in zahodna fasada [38]

Slika 12 (desno): AB prefabrikati – vzhodna in zahodna fasada [39]

Preglednica 7: Sestava in izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa ZS 1

Zaporedna številka sloja	Material	Debelina sloja [cm]	Toplotna prevodnost materiala $\lambda$ [W/mK]	Toplotna upornost sloja sloja R [m <sup>2</sup> K/ W]
1	Notranji omet	2,00	0,70	0,029
2	Armirani beton	8,00	2,10	0,038
3	EPS izolacijske plošče	5,00	0,035	1,429
4	Armirani beton	12,00	2,10	0,057
Upor mejne zračne plasti za konstrukcijski sklop ZUNANJI ZID:			$R_{si}$	0,130
			$R_{se}$	0,040
Skupna toplotna upornost konstrukcijskega sklopa			$\Sigma R$	1,722 [m <sup>2</sup> K/ W]
Skupna toplotna prehodnost skozi konstrukcijski sklop			U	0,581 [W/m <sup>2</sup> K]

Za konstrukcijska sklopa pridobimo sestave in podatke o toplotnih prehodnostih. Stolpnica je bila zgrajena v letu 1979, projektirana pa je bila po letu 1972. V letu 1970 je bil sprejet Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno zaščito stavb (Ur.l. SFRJ 35/70), v katerem so bile glede na klimatsko cono podane tudi zahteve glede prehodnosti skozi obodne stene. V preglednici št. 8 so podane zahteve za največje dovoljene toplotne prehodnosti v času projektiranja stavbe.

Preglednica 8: Največja dovoljena toplotna prehodnost zunanje stene iz leta 1970, Ur.l. SFRJ 35/70 [40]

Klimatska cona	Zunanja stena $U_{m\max}$ [W/m <sup>2</sup> K]
I	1,68
II	1,45
III	1,28

Stolpnica z mikrolokacijo v Novi Gorici spada v I. klimatsko cono, na podlagi preračuna toplotne prehodnosti in pregleda zakonodaje iz leta 1970 je razvidno, da je bila stolpnica za takratne čase grajena v skladu s predpisi in za tedanje razmere energetsko varčno. Danes veljajo bistveno strožji predpisi, zahtevana največja toplotna prehodnost za omenjena konstrukcijska sklopa znaša 0,28 W/m<sup>2</sup>K, za zadostitev pogojem za pridobitev nepovratnih sredstev Eko sklada pa so kriteriji prehoda skozi zunanjo izolacijo še strožji.

### 5.3 Grafična izpeljava fasadnega pasu

V naslednjem poglavju preverim križanja konstrukcijskih sklopov na predelu obodne stene stolpnice, prikažem obstoječe stanje in preverim sklenjenost ključnih konstrukcijskih sklopov: nosilne konstrukcije, toplotne izolacije in hidroizolacije.

Koncept rešitve križanja je prikaz obstoječega stanja ter nadgradnja osnovnega stanja v dveh variantah. Preverbo in izpeljavo križanja ovoja stavbe izvedem na ključnih stičiščih stavbnega ovoja z drugimi elementi na objektu:

- Križanje zunanje stene: tla na terenu,
- Križanje zunanje stene: stik AB prefabrikat – monolitna stena v predelu lože,
- Križanje zunanje stene: stik AB prefabrikat – monolitna stena v predelu garsonjere,
- Križanje zunanje stene: stik z balkonsko konzolo,
- Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo: vertikalni prerez,
- Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo: horizontalni prerez,
- Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo: bočna stena stopniščnega jedra,
- Križanje zunanje stene: stik z AB nadstreškom.

### 5.3.1 Križanje zunanje stene: tla na terenu

#### 5.3.1.1 Obstoječe stanje

Preglednica 9: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov na stiku zunanja stena – tla na terenu, obstoječe stanje

PRIKLJUČEK NA OBSTOJEČ TEREN - OBSTOJEČE STANJE																												
	<p><b>LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>1</b></td> <td>ARMIRANI BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>LEPILNA MALTA</td> <td>NK TI</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>PLOŠČE IZ EPS</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>ARMIRNA MALTA + MREŽICA</td> <td>ZK TI</td> </tr> <tr> <td><b>5</b></td> <td>ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>6</b></td> <td>ASFALTACIJA / TLAKOVANJE</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>7</b></td> <td>VERT. HIDROIZOLACIJA + ZAŠČ.</td> <td>HI OF</td> </tr> </table> <p><b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b></p> <table border="1"> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> </table>	<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF	<b>2</b>	LEPILNA MALTA	NK TI	<b>3</b>	PLOŠČE IZ EPS	TI OF	<b>4</b>	ARMIRNA MALTA + MREŽICA	ZK TI	<b>5</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF	<b>6</b>	ASFALTACIJA / TLAKOVANJE	HI OF	<b>7</b>	VERT. HIDROIZOLACIJA + ZAŠČ.	HI OF	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	HIDROIZOLACIJA	DA
<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF																										
<b>2</b>	LEPILNA MALTA	NK TI																										
<b>3</b>	PLOŠČE IZ EPS	TI OF																										
<b>4</b>	ARMIRNA MALTA + MREŽICA	ZK TI																										
<b>5</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF																										
<b>6</b>	ASFALTACIJA / TLAKOVANJE	HI OF																										
<b>7</b>	VERT. HIDROIZOLACIJA + ZAŠČ.	HI OF																										
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																											
TOPLOTNA IZOLACIJA	NE																											
HIDROIZOLACIJA	DA																											
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalne monolitne stene in horizontalne armiranobetonske plošče izveden ustrezno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno.																											
<b>Toplotna izolacija</b>	Toplotno izolacijski sloj je izveden samo v nadzemnem delu obodne stene. Na stiku s tlemi je le-ta prekinjen in prihaja do konstrukcijskega toplotnega mostu, potreben je dodaten ukrep za preprečitev toplotnega mostu.																											
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je v nadzemnem in podzemnem delu izvedena z membrano in poteka neprekinjeno. V nadzemnem delu je izvedena z zaključnim slojem, v podzemnem delu z bitumensko membrano.																											

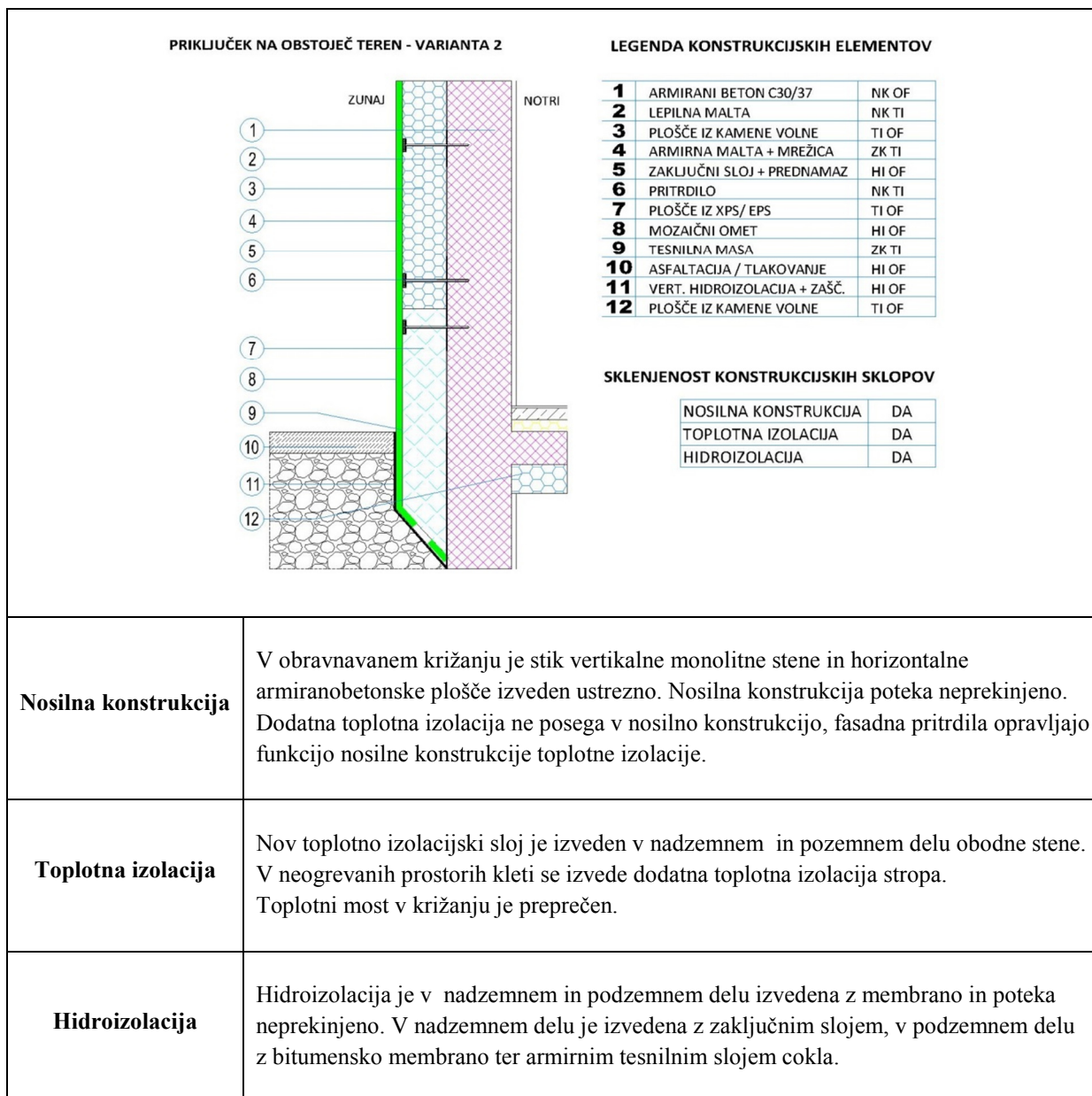
### 5.3.1.2 Varianta 1

Preglednica 10: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov na stiku zunanja stena – tla na terenu, dodatna toplotna izolacija, varianta 1

PRIKLJUČEK NA OBSTOJEČ TEREN - VARIANTA 1																																								
	<p><b>LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</b></p> <table border="1"> <tr><td><b>1</b></td><td>ARMIRANI BETON C30/37</td><td>NK OF</td></tr> <tr><td><b>2</b></td><td>LEPILNA MALTA</td><td>NK TI</td></tr> <tr><td><b>3</b></td><td>PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE</td><td>TI OF</td></tr> <tr><td><b>4</b></td><td>ARMIRNA MALTA + MREŽICA</td><td>ZK TI</td></tr> <tr><td><b>5</b></td><td>ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ</td><td>HI OF</td></tr> <tr><td><b>6</b></td><td>PRTIRDILO</td><td>NK TI</td></tr> <tr><td><b>7</b></td><td>PLOŠČE IZ XPS/ EPS</td><td>TI OF</td></tr> <tr><td><b>8</b></td><td>MOZAIČNI OMET</td><td>HI OF</td></tr> <tr><td><b>9</b></td><td>KOMPRESIRNI TRAK</td><td>HI OF</td></tr> <tr><td><b>10</b></td><td>ASFALTACIJA / TLAKOVANJE</td><td>HI OF</td></tr> <tr><td><b>11</b></td><td>VERT. HIDROIZOLACIJA + ZAŠČ.</td><td>HI OF</td></tr> </table> <p><b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b></p> <table border="1"> <tr><td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td><td>DA</td></tr> <tr><td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td><td>NE</td></tr> <tr><td>HIDROIZOLACIJA</td><td>DA</td></tr> </table>	<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF	<b>2</b>	LEPILNA MALTA	NK TI	<b>3</b>	PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE	TI OF	<b>4</b>	ARMIRNA MALTA + MREŽICA	ZK TI	<b>5</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF	<b>6</b>	PRTIRDILO	NK TI	<b>7</b>	PLOŠČE IZ XPS/ EPS	TI OF	<b>8</b>	MOZAIČNI OMET	HI OF	<b>9</b>	KOMPRESIRNI TRAK	HI OF	<b>10</b>	ASFALTACIJA / TLAKOVANJE	HI OF	<b>11</b>	VERT. HIDROIZOLACIJA + ZAŠČ.	HI OF	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	HIDROIZOLACIJA	DA
<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF																																						
<b>2</b>	LEPILNA MALTA	NK TI																																						
<b>3</b>	PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE	TI OF																																						
<b>4</b>	ARMIRNA MALTA + MREŽICA	ZK TI																																						
<b>5</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF																																						
<b>6</b>	PRTIRDILO	NK TI																																						
<b>7</b>	PLOŠČE IZ XPS/ EPS	TI OF																																						
<b>8</b>	MOZAIČNI OMET	HI OF																																						
<b>9</b>	KOMPRESIRNI TRAK	HI OF																																						
<b>10</b>	ASFALTACIJA / TLAKOVANJE	HI OF																																						
<b>11</b>	VERT. HIDROIZOLACIJA + ZAŠČ.	HI OF																																						
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																																							
TOPLOTNA IZOLACIJA	NE																																							
HIDROIZOLACIJA	DA																																							
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalne monolitne stene in horizontalne armiranobetonske plošče izveden ustrezno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.																																							
<b>Toplotna izolacija</b>	Nov toplotno izolacijski sloj je izveden samo v nadzemnem delu obodne stene. Na stiku s tlemi je le-ta prekinjen in prihaja do konstrukcijskega toplotnega mostu, potreben je dodaten ukrep za preprečitev toplotnega mostu.																																							
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je v nadzemnem in podzemnem delu izvedena z membrano in poteka neprekinjeno. V nadzemnem delu je izvedena z zaključnim slojem, v podzemnem delu z bitumensko membrano. Na stiku nove kontaktne fasade s terenom se za zagotavljanje vodotesnosti stika vgradi komprimirni trak.																																							

### 5.3.1.3 Varianta 2

Preglednica 11: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov na stiku zunanja stena – tla na terenu, dodatna toplotna izolacija, varianta 2



<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalne monolitne stene in horizontalne armiranobetonske plošče izveden ustrezno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrčila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.
<b>Toplotna izolacija</b>	Nov toplotno izolacijski sloj je izveden v nadzemnem in pozemnem delu obodne stene. V neogrevanih prostorih kleti se izvede dodatna toplotna izolacija stropa. Toplotni most v križanju je preprečen.
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je v nadzemnem in podzemnem delu izvedena z membrano in poteka neprekinjeno. V nadzemnem delu je izvedena z zaključnim slojem, v podzemnem delu z bitumensko membrano ter armirnim tesnilnim slojem cokla.

Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanjem delu obodne stene ter tako zmanjšamo toplotne izgube. V 2. varianti odpravimo konstrukcijski toplotni most z izvedbo toplotne izolacije tudi v podzemnem delu in na stropu neogreване kleti. Konstrukcijski sloji nosilne konstrukcije, toplotne izolacije in hidroizolacije so sklenjeni.

### 5.3.2 Križanje zunanje stene: stik AB prefabrikat – monolitna stena v predelu lože

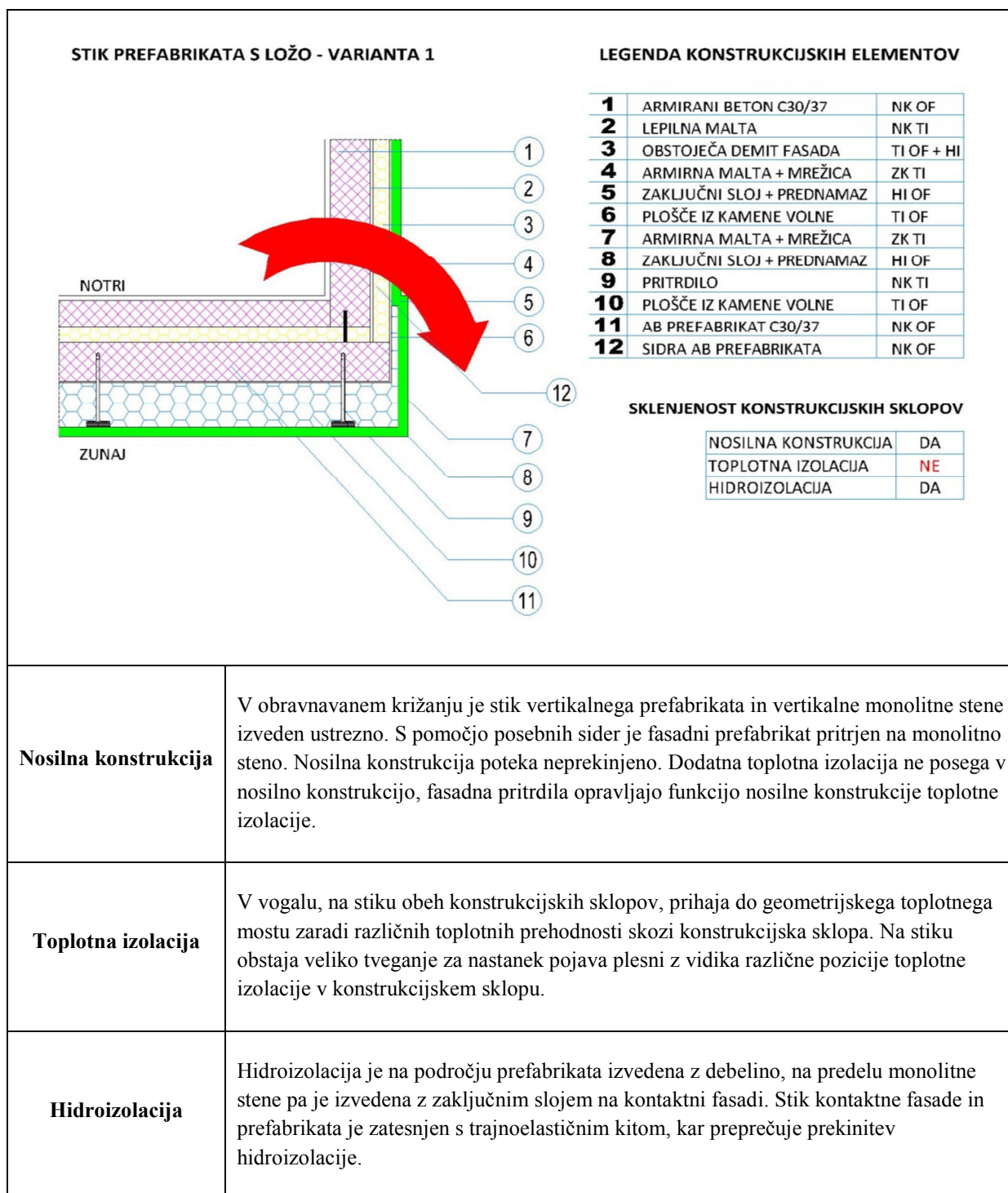
#### 5.3.2.1 Obstoječe stanje

Preglednica 12: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu lože, obstoječe stanje

STIK PREFABRIKATA S LOŽO - OBSTOJEČE STANJE		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV	
	1	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF
	2	LEPILNA MALTA	NK TI
	3	PLOŠČE IZ EPS	TI OF
	4	ARMIRNA MALTA + MREŽICA	ZK TI
	5	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF
	6	PLOŠČE IZ EPS	TI OF
	7	AB PREFABRIKAT C30/37	TI OF
	8		
		SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV	
		NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA
		TOPLOTNA IZOLACIJA	NE
		HIDROIZOLACIJA	DA
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalnega prefabrikata in vertikalne monolitne stene izveden ustrezno. S pomočjo posebnih sider je fasadni prefabrikat pritrjen na monolitno steno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno.		
<b>Toplotna izolacija</b>	V vogalu, na stiku obeh konstrukcijskih sklopov, prihaja do geometrijskega toplotnega mostu zaradi različnih toplotnih prehodnosti skozi konstrukcijska sklopa. Na stiku obstaja veliko tveganje za nastanek pojavnosti plesni z vidika različne pozicije toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu. Obstaja tudi tveganje toplotnega mostu na predelu sidranja armiranobetonskega prefabrikata v nosilno konstrukcijo.		
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju prefabrikata izvedena z debelino, na predelu monolitne stene pa je izvedena z zaključnim slojem na kontaktni fasadi. Stik kontaktne fasade in prefabrikata je zatesnjen s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitev hidroizolacije.		

### 5.3.2.2 Varianta 1

Preglednica 13: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu lože, varianta 1

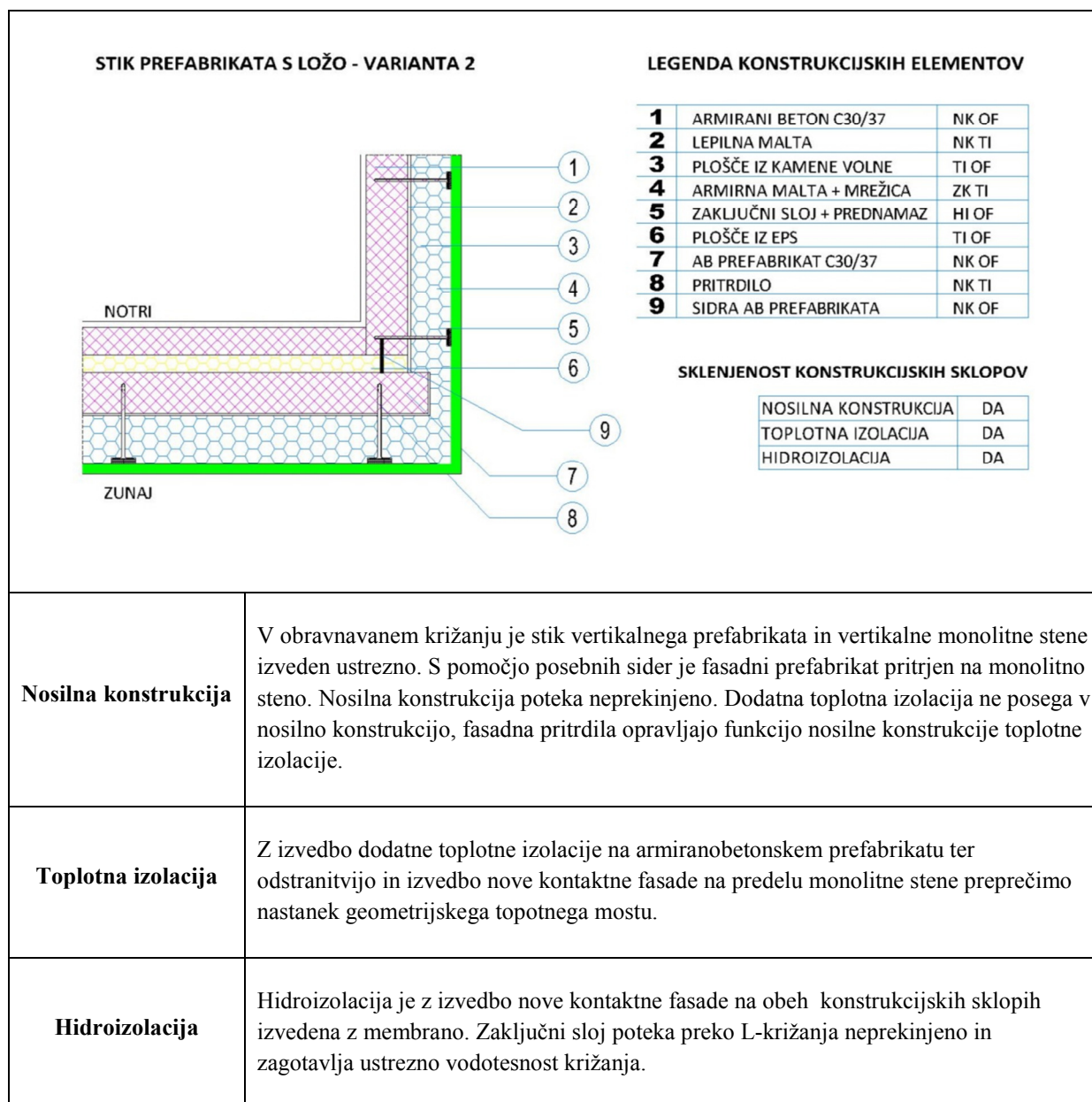


<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalnega prefabrikata in vertikalne monolitne stene izveden ustrezno. S pomočjo posebnih sider je fasadni prefabrikat pritrjen na monolitno steno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.
<b>Toplotna izolacija</b>	V vogalu, na stiku obeh konstrukcijskih sklopov, prihaja do geometrijskega toplotnega mostu zaradi različnih toplotnih prehodnosti skozi konstrukcijska sklopa. Na stiku obstaja veliko tveganje za nastanek pojava plesni z vidika različne pozicije toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu.
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju prefabrikata izvedena z debelino, na predelu monolitne stene pa je izvedena z zaključnim slojem na kontaktni fasadi. Stik kontaktne fasade in prefabrikata je zatesnjen s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitev hidroizolacije.



### 5.3.2.3 Varianta 2

Preglednica 14: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu lože, varianta 2



Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanjem delu betonskega prefabrikata, kar predstavlja le parcialno rešitev križanja. V 2. varianti odpravimo geometrijski toplotni most z izvedbo toplotne izolacije tudi v predelu monolitne stene. Konstrukcijski sloji nosilne konstrukcije, toplotne izolacije in hidroizolacije so sklenjeni.

### 5.3.3 Križanje zunanje stene: stik AB prefabrikat – monolitna stena v predelu garsonjere

#### 5.3.3.1 Obstoječe stanje

Preglednica 15: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu garsonjere, obstoječe stanje

STIK PREFABRIKATA S MONOLITNO STENO - OBSTOJEČE STANJE		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV	
	1	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF
	2	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF
	3	LEPILNA MALTA	NK TI
	4	PLOŠČE IZ EPS	TI OF
	5	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI
	6	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF
	7	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF
		SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV	
		NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA
		TOPLOTNA IZOLACIJA	NE
		HIDROIZOLACIJA	DA
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalnega prefabrikata in vertikalne monolitne stene izveden ustrezno. S pomočjo posebnih sider je fasadni prefabrikat pritrjen na monolitno steno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno.		
<b>Toplotna izolacija</b>	V vogalu, na stiku obeh konstrukcijskih sklopov, prihaja do geometrijskega toplotnega mostu zaradi različnih toplotnih prehodnosti skozi konstrukcijska sklopa. Na stiku obstaja veliko tveganje za nastanek pojavnosti plesni z vidika različne pozicije toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu. Obstaja tudi tveganje točkovnega toplotnega mostu na predelu sidranja armiranobetonskega prefabrikata v nosilno konstrukcijo.		
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju prefabrikata izvedena z debelino, na predelu monolitne stene pa je izvedena z zaključnim slojem na kontaktni fasadi. Stik kontaktne fasade in prefabrikata je zatesnjen s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitev hidroizolacije.		

### 5.3.3.2 Varianta 1

Preglednica 16: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu garsonjere, varianta 1

STIK PREFABRIKATA S MONOLITNO STENO - VARIANTA 1		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV		
		<b>1</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF
		<b>2</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF
		<b>3</b>	LEPILNA MALTA	NK TI
		<b>4</b>	PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE	TI OF
		<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI
		<b>6</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF
		<b>7</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF
		<b>8</b>	PRITRDILO	NK TI
		SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV		
		NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	
		TOPLOTNA IZOLACIJA	DA	
		HIDROIZOLACIJA	DA	
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalnega prefabrikata in vertikalne monolitne stene izveden ustrezno. S pomočjo posebnih sider je fasadni prefabrikat pritrjen na monolitno steno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.			
<b>Toplotna izolacija</b>	Z izvedbo dodatne toplotne izolacije na armiranobetonskem prefabrikatu ter odstranitvijo in izvedbo nove kontaktne fasade na predelu monolitne stene preprečimo nastanek geometrijskega toplotnega mostu.			
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je z izvedbo nove kontaktne fasade na obeh konstrukcijskih sklopih izvedena z membrano. Zaključni sloj poteka neprekinjeno in zagotavlja ustrezno vodotesnost križanja.			

Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanjem delu betonskega prefabrikata in monolitne stene ter tako odpravimo geometrijski toplotni most ter problematiko glede možnosti kondenzacije vodne pare v obodni steni zaradi različnih pozicij toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu. V nadgradnji, 1. varianti, so konstrukcijski sloji nosilne konstrukcije, toplotne izolacije in hidroizolacije sklenjeni.

### 5.3.4 Križanje zunanje stene stik: stena – balkonska konzola

#### 5.3.4.1 Obstoječe stanje

Preglednica 17: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu balkonske konzole, obstoječe stanje

STIK MONOLITNE STENE NA PREDELU BALKONA - OBSTOJEČE STANJE		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV		
		<b>1</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF
		<b>2</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF
		<b>3</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI
		<b>4</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF
		<b>5</b>	KERAMIČNA OBLOGA	HI OF
		<b>6</b>	VEZNI SLOJ - LEPILO	NK HI
		<b>7</b>	CEMENTNI ESTRIH	NK OF
		SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV		
		NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	
		TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	
		HIDROIZOLACIJA	DA	
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalne monolitne stene in horizontalne plošče izveden brez prekinitve. Montažni ograjni elementi so sukcesivno montirani na prosti rob balkonske konzole. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno.			
<b>Toplotna izolacija</b>	Na križanju obeh konstrukcijskih sklopov prihaja do konstrukcijskega toplotnega mostu zaradi prekinitve toplotnoizolacijskega sloja na zunanjem delu vertikalne konstrukcije. Na horizontalnem konstrukcijskem sklopu toplotna izolacija ni prisotna, zato balkonska plošča deluje kot hladilno rebro v notranjost objekta.			
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju vertikalne stene izvedena z membrano z zaključnim ometom na tankoslojni fasadi, na predelu horizontalne konstrukcije je izvedena z debelino z zunanjo keramično oblogo, zatesnjeno s fugirno maso. Na stiku vertikalne tankoslojne fasade in horizontalne keramične obloge je vgrajena nizkostenska keramična obloga, zatesnjena s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitve hidroizolacije.			

### 5.3.4.2 Varianta 1

Preglednica 18: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu balkonske konzole, varianta 1

STIK MONOLITNE STENE NA PREDELU BALKONA - VARIANTA 1		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV	
	1	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF
	2	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF
	3	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI
	4	PRITRDILO	NK TI
	5	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI
	6	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF
	7	PLOŠČA IZ XPS/EPS	TI OF
	8	KOMPRESIJSKI TRAK	HI OF
	9	KERAMIČNA OBLOGA	HI OF
	10	VEZNI SLOJ + LEPILO	NK HI
	11	CEMENTNI ESTRIH	NK OF
SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV			
	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	
	TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	
	HIDROIZOLACIJA	DA	
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalne monolitne stene in horizontalne plošče izveden brez prekinitev. Montažni ograjni elementi so sukcesivno montirani na prosti rob balkonske konzole. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.		
<b>Toplotna izolacija</b>	Na križanju obeh konstrukcijskih sklopov prihaja do konstrukcijskega toplotnega mostu zaradi prekinitve toplotnoizolacijskega sloja na zunanjem delu vertikalne konstrukcije. Na horizontalnem konstrukcijskem sklopu toplotna izolacija ni prisotna, zato balkonska plošča deluje kot hladilno rebro v notranjost objekta.		
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju vertikalne stene izvedena z membrano z zaključnim ometom na tankoslojni fasadi, na predelu horizontalne konstrukcije je izvedena z debelino z zunanjo keramično oblogo, zatesnjeno s fugirno maso. Na stiku vertikalne tankoslojne fasade in horizontalne keramične obloge je vgrajena nizkostenska keramična obloga, zatesnjena s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitev hidroizolacije.		

### 5.3.4.3 Varianta 2

Preglednica 19: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu balkonske konzole, varianta 2

STIK MONOLITNE STENE NA PREDELU BALKONA - VARIANTA 2		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV							
	1	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF						
	2	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF						
	3	LEPILNA MALTA	NK TI						
	4	PRITRDILO	NK TI						
	5	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI						
	6	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF						
	7	PLOŠČA IZ XPS/EPS	TI OF						
	8	KERAMIČNA OBLOGA	HI OF						
	9	VEŽNI SLOJ + LEPILO	NK HI						
	10	CEMENTNI ESTRIH	NK OF						
	11	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF						
	12	PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE	TI OF						
	13	PRITRDILO	NK TI						
	14	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI						
	15	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF						
	16	FASADNA BARVA + PREDNAMAZ	HI OF						
<b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> </tbody> </table>				NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLOTNA IZOLACIJA	DA	HIDROIZOLACIJA	DA
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA								
TOPLOTNA IZOLACIJA	DA								
HIDROIZOLACIJA	DA								
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalne monolitne stene in horizontalne plošče izveden brez prekinitev. Montažni ograjni elementi so sukcesivno montirani na prosti rob balkonske konzole. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.								
<b>Toplotna izolacija</b>	V primerjavi z varianto 1 horizontalno balkonsko konzolo po principu plašča dodatno toplotno izoliramo in na ta način preprečimo konstrukcijski toplotni most.								
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju vertikalne stene izvedena z membrano z zaključnim ometom na tankoslojni fasadi. V primerjavi z varianto 1 se obstoječa horizontalna obloga odstrani ter se izvede nov tesnilni sloj s polimercementno membrano kot sekundarna hidroizolacija. Funkcijo primarne hidroizolacije opravlja nova keramična obloga, zatesnjena s fugirno maso. Na stiku vertikalne tankoslojne fasade in horizontalne keramične obloge je vgrajena nizkostenska keramična obloga, zatesnjena s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitev hidroizolacije.								

Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanem delu vertikalne monolitne stene, kar predstavlja le parcialno rešitev, saj konstrukcijskega toplotnega mostu na ta način ne preprečimo, ampak njegov relativni vpliv še povečamo. V nadgradnji, 2. varianti, so konstrukcijski sloji nosilne konstrukcije in hidroizolacije sklenjeni. Z izvedbo dodatne toplotne izolacije po principu plašča lahko toplotni most vzdolž balkonske konzole zanemarimo.

### 5.3.5 Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvom – vertikalni prerez

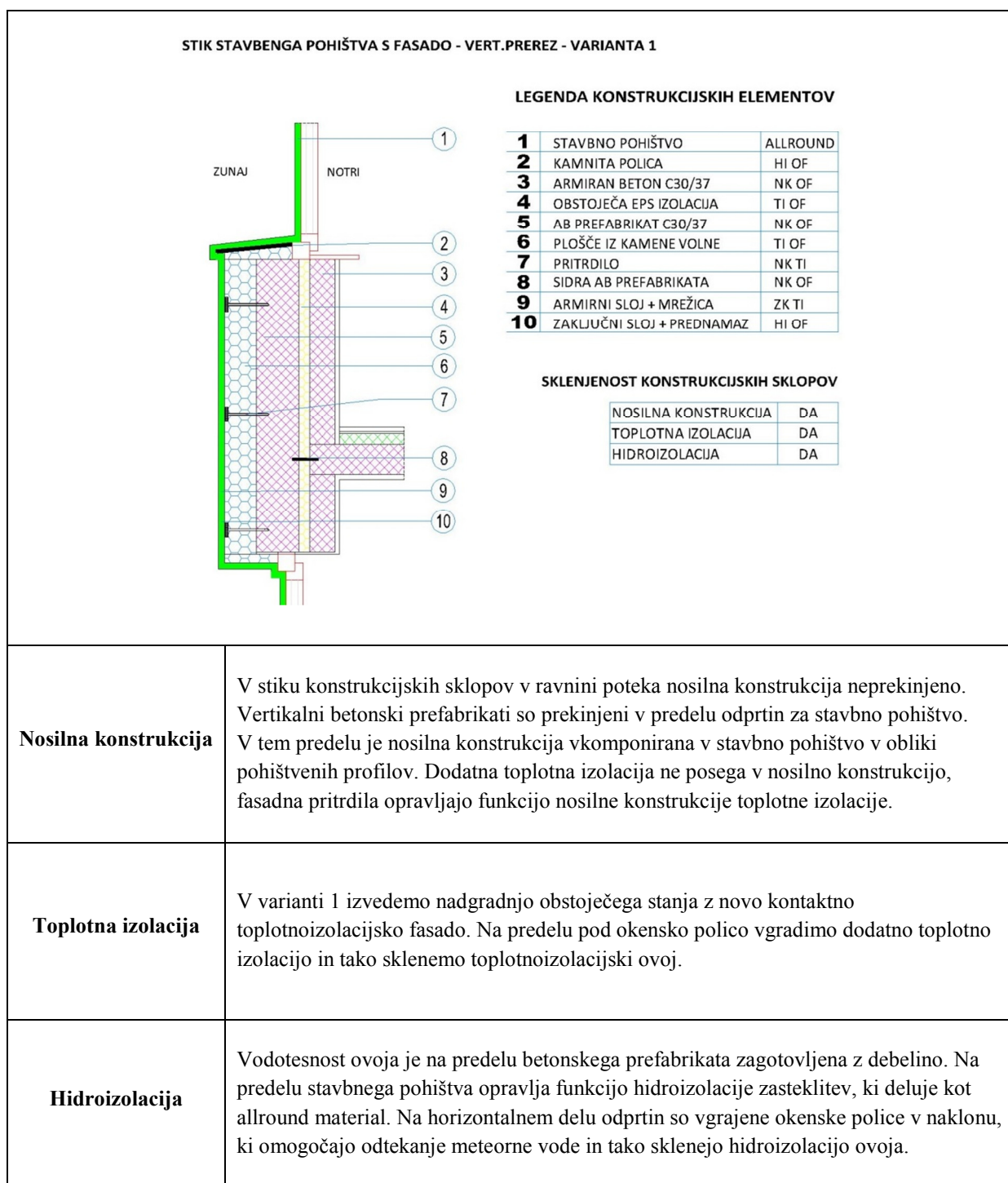
#### 5.3.5.1 Obstoječe stanje

Preglednica 20: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, obstoječe stanje

STIK STAVBNEGA POHIŠTVA S FASADO - VERT. PREREZ - OBSTOJEČE STANJE																									
	<p><b>LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>1</b></td> <td>STAVBNO POHIŠTVO</td> <td>ALLROUND</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>PLOČEVINASTA POLICA</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>ARMIRAN BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>5</b></td> <td>AB PREFABRIKAT C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>6</b></td> <td>SIDRA AB PREFABRIKATA</td> <td>NK OF</td> </tr> </table> <p><b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b></p> <table border="1"> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> </table>	<b>1</b>	STAVBNO POHIŠTVO	ALLROUND	<b>2</b>	PLOČEVINASTA POLICA	HI OF	<b>3</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF	<b>4</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF	<b>5</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF	<b>6</b>	SIDRA AB PREFABRIKATA	NK OF	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	HIDROIZOLACIJA	DA
<b>1</b>	STAVBNO POHIŠTVO	ALLROUND																							
<b>2</b>	PLOČEVINASTA POLICA	HI OF																							
<b>3</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF																							
<b>4</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF																							
<b>5</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF																							
<b>6</b>	SIDRA AB PREFABRIKATA	NK OF																							
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																								
TOPLOTNA IZOLACIJA	NE																								
HIDROIZOLACIJA	DA																								
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V stiku konstrukcijskih sklopov v ravnini poteka nosilna konstrukcija neprekinjeno. Vertikalni betonski prefabrikati so prekinjeni v predelu odprtin za stavbno pohištvo. V tem predelu je nosilna konstrukcija vkomponirana v stavbno pohištvo v obliki pohištvenih profilov.																								
<b>Toplotna izolacija</b>	Obstoječe stavbno pohištvo je vgrajeno v liniji toplotnoizolacijskega sloja v jedru betonskega prefabrikata, kar v principu ne povzroča prekinitve toplotnega mostu. Potencialno šibko mesto je okvir stavbnega pohištva, ki ima različno upornost proti prehodu toplote v primerjavi z zasteklitvijo. Na predelu, kjer je betonski prefabrikat sidran v nosilno steno stavbe, prihaja do točkovnega toplotnega mostu.																								
<b>Hidroizolacija</b>	Vodotesnost ovoja je na predelu betonskega prefabrikata zagotovljena z debelino. Na predelu stavbnega pohištva opravlja funkcijo hidroizolacije zasteklitev, ki deluje kot allround material. Na horizontalnem delu odprtin so vgrajene okenske police v naklonu, ki omogočajo odtekanje meteorne vode in tako sklenejo hidroizolacijo ovoja.																								

### 5.3.5.2 Varianta 1

Preglednica 21: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, varianta 1



Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanjem delu betonskega prefabrikata. Z vgradnjo toplotne izolacije pod okensko polico sklenemo toplotnoizolacijski ovoj, ki poteka preko stavbnega pohištva. Nosilna konstrukcija in hidroizolacija sta v nadgradnji sklenjeni.



### 5.3.6 Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo – horizontalni prerez

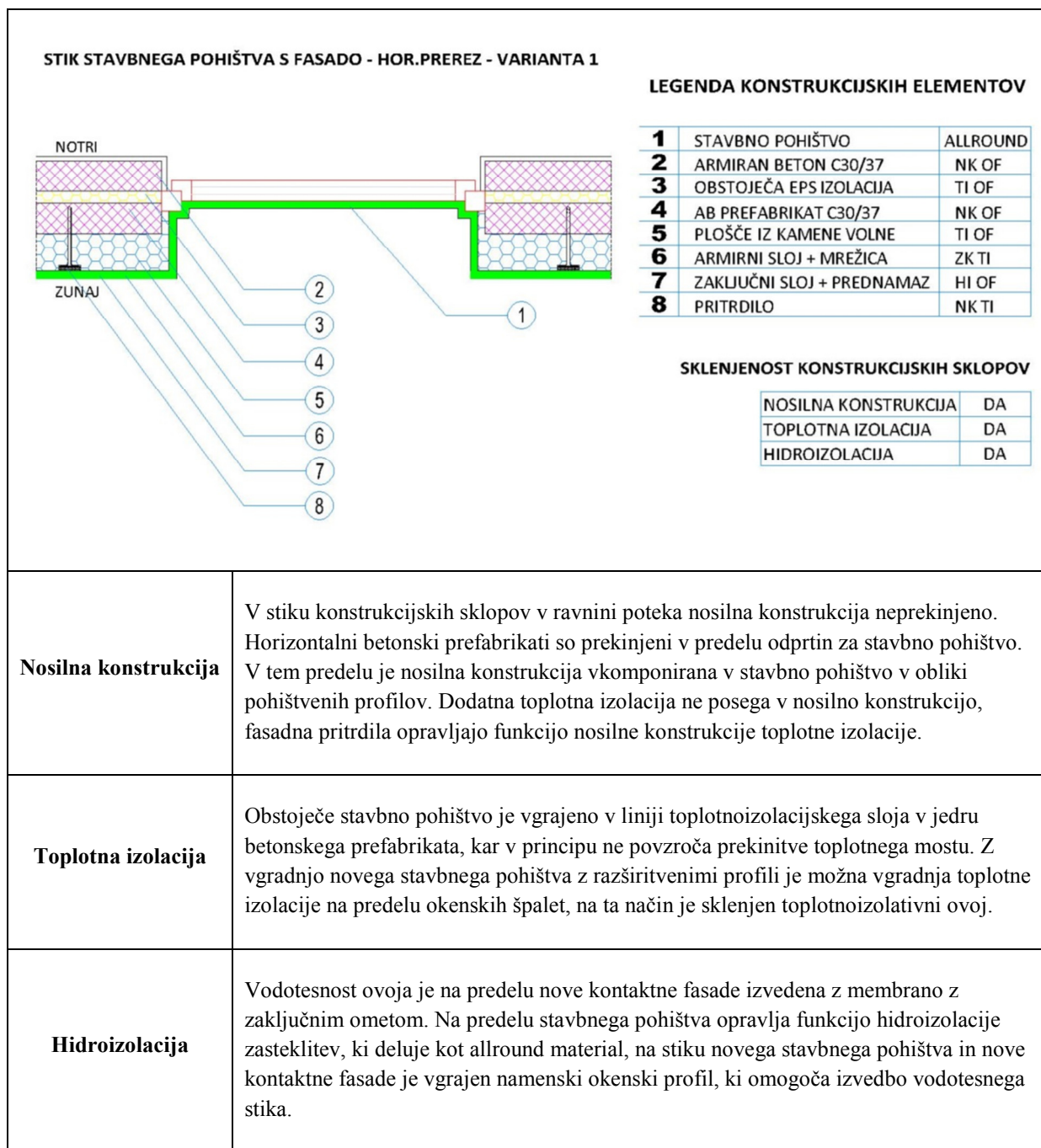
#### 5.3.6.1 Obstoječe stanje

Preglednica 22: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, obstoječe stanje

STIK STAVBNEGA POHIŠTVA S FASADO - HOR.PREREZ - OBSTOJEČE STANJE																									
	<p><b>LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>1</b></td> <td>STAVBNO POHIŠTVO</td> <td>ALLROUND</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>ARMIRAN BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>AB PREFABRIKAT C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>5</b></td> <td>ARMIRNI SLOJ + MREŽICA</td> <td>ZK TI</td> </tr> <tr> <td><b>6</b></td> <td>ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ</td> <td>HI OF</td> </tr> </table> <p><b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b></p> <table border="1"> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> </table>	<b>1</b>	STAVBNO POHIŠTVO	ALLROUND	<b>2</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF	<b>3</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF	<b>4</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF	<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI	<b>6</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	HIDROIZOLACIJA	DA
	<b>1</b>	STAVBNO POHIŠTVO	ALLROUND																						
<b>2</b>	ARMIRAN BETON C30/37	NK OF																							
<b>3</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF																							
<b>4</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF																							
<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI																							
<b>6</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF																							
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																								
TOPLOTNA IZOLACIJA	NE																								
HIDROIZOLACIJA	DA																								
<b>Nosilna konstrukcija</b>	<p>V stiku konstrukcijskih sklopov v ravnini poteka nosilna konstrukcija neprekinjeno. Horizontalni betonski prefabrikati so prekinjeni v predelu odprtina za stavbno pohištvo. V tem predelu je nosilna konstrukcija vkomponirana v stavbno pohištvo v obliki pohištvenih profilov.</p>																								
<b>Toplotna izolacija</b>	<p>Obstoječe stavbno pohištvo je vgrajeno v liniji toplotnoizolacijskega sloja v jedru betonskega prefabrikata, kar v principu ne povzroča prekinitve toplotnega mostu. Potencialno šibko mesto je okvir stavbnega pohištva, ki ima različno upornost proti prehodu toplote v primerjavi z zasteklitvijo. Na predelu, kjer je betonski prefabrikat sidran v nosilno steno stavbe, prihaja do točkovnega toplotnega mostu.</p>																								
<b>Hidroizolacija</b>	<p>Vodotesnost ovoja je na predelu betonskega prefabrikata zagotovljena z debelino. Na predelu stavbnega pohištva opravlja funkcijo hidroizolacije zasteklitev, ki deluje kot allround material. Stik stavbno pohištvo–betonski prefabrikat ni ustrezno zatesnjen in predstavlja šibko točko ter potencialni vdor meteorne vode v jedro prefabrikata, kar bi posledično vplivalo na toplotnoizolacijske lastnosti sklopa.</p>																								

### 5.3.6.2 Varianta 1

Preglednica 23: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stavbnega pohištva, varianta 1



Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanem delu betonskega prefabrikata. Z vgradnjo novega stavbnega pohištva z razširitvenimi profili, vgradnjo dodatne toplotne izolacije na predelu okenskih špalet ter vgradnjo namenskih okenskih profilov v celoti sklenemo toplotno izolacijo in hidroizolacijo.

### 5.3.7 Križanje zunanje stene: stik s stavbnim pohištvo – bočna stena stopnišnega jedra

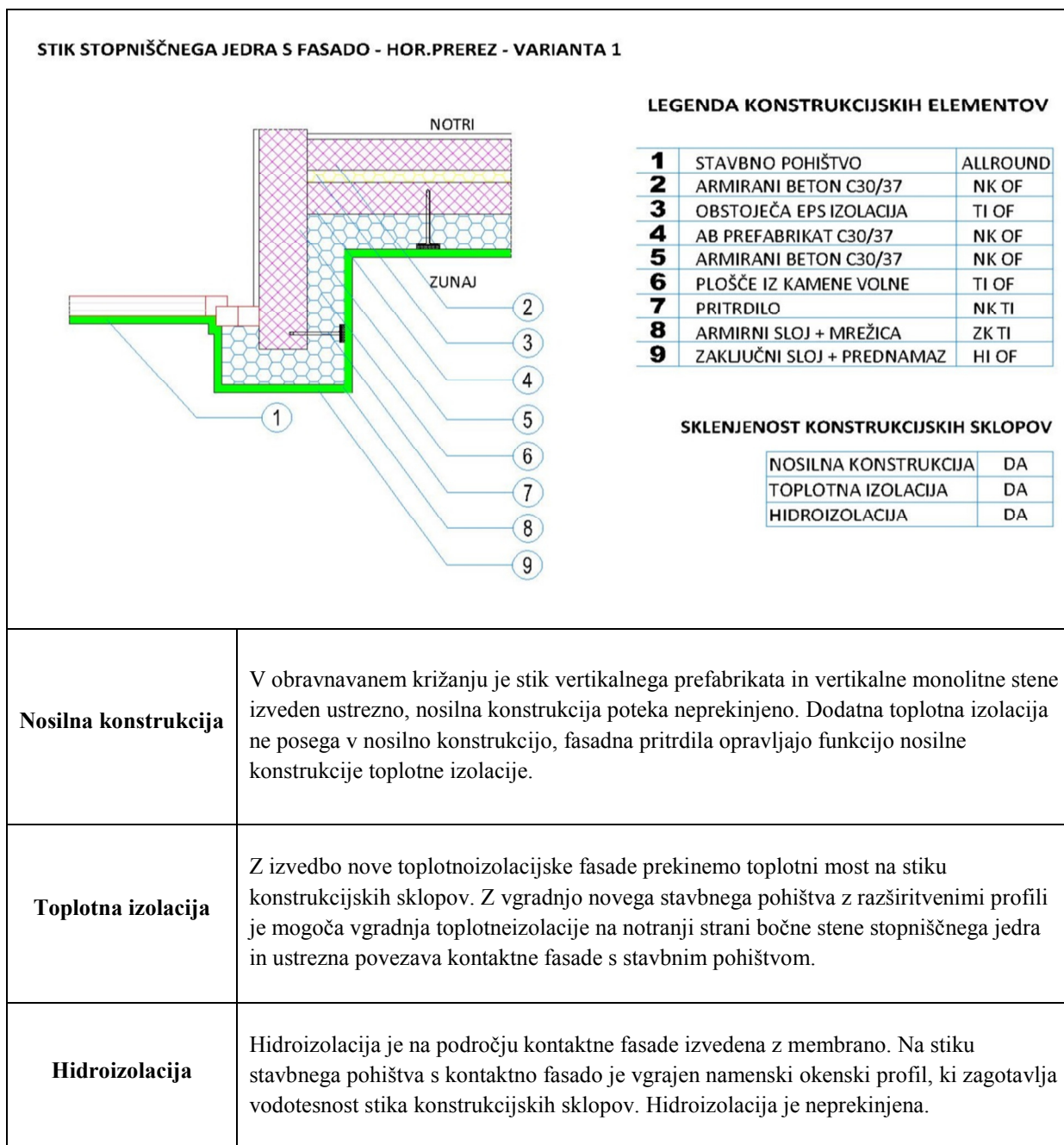
#### 5.3.7.1 Obstoječe stanje

Preglednica 24: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stopnišnega jedra, obstoječe stanje

STIK STOPNIŠNEGA JEDRA S FASADO - HOR.PREREZ - OBSTOJEČE STANJE																												
	<p><b>LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Številka</th> <th>Opis elementa</th> <th>Skupna oznaka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>STAVBNO POHIŠTVO</td> <td>ALLROUND</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ARMIRANI BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>AB PREFABRIKAT C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>ARMIRANI BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>PLOŠČE IZ EPS</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>ARMIRNI SLOJ + MREŽICA</td> <td>ZK TI</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ</td> <td>HI OF</td> </tr> </tbody> </table>	Številka	Opis elementa	Skupna oznaka	1	STAVBNO POHIŠTVO	ALLROUND	2	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF	3	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF	4	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF	5	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF	6	PLOŠČE IZ EPS	TI OF	7	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI	8	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF
	Številka	Opis elementa	Skupna oznaka																									
1	STAVBNO POHIŠTVO	ALLROUND																										
2	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF																										
3	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF																										
4	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF																										
5	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF																										
6	PLOŠČE IZ EPS	TI OF																										
7	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI																										
8	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF																										
	<p><b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Skupna oznaka</th> <th>Skupna oznaka</th> <th>Skupna oznaka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td> <td>NE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Skupna oznaka	Skupna oznaka	Skupna oznaka	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA		TOPLOTNA IZOLACIJA	NE		HIDROIZOLACIJA	DA																
Skupna oznaka	Skupna oznaka	Skupna oznaka																										
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																											
TOPLOTNA IZOLACIJA	NE																											
HIDROIZOLACIJA	DA																											
<b>Nosilna konstrukcija</b>	V obravnavanem križanju je stik vertikalnega prefabrikata in vertikalne monolitne stene izveden ustrezno. S pomočjo posebnih sider je fasadni prefabrikat pritrjen na monolitno steno. Nosilna konstrukcija poteka neprekinjeno.																											
<b>Toplotna izolacija</b>	V vogalu, na stiku obeh konstrukcijskih sklopov, prihaja do geometrijskega toplotnega mostu zaradi različnih toplotnih prehodnosti skozi konstrukcijska sklopa. Na stiku obstaja veliko tveganje za nastanek pojava plesni z vidika različne pozicije toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu.																											
<b>Hidroizolacija</b>	Hidroizolacija je na področju kontaktne fasade izvedena z membrano, na predelu prefabrikata pa z debelino. Stik kontaktne fasade in prefabrikata je zatesnjen s trajnoelastičnim kitom, kar preprečuje prekinitvev hidroizolacije.																											

### 5.3.7.2 Varianta 1

Preglednica 25: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu stopnišnega jedra, varianta 1



Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanem delu betonskega prefabrikata in monolitne stene. Z vgradnjo novega stavbnega pohištva z razširitvenimi profili, vgradnjo dodatne toplotne izolacije na predelu okenskih špalet ter vgradnjo namenskih okenskih profilov v celoti sklenemo toplotno izolacijo in hidroizolacijo.

### 5.3.8 Križanje zunanje stene: stik s AB nadstreškom

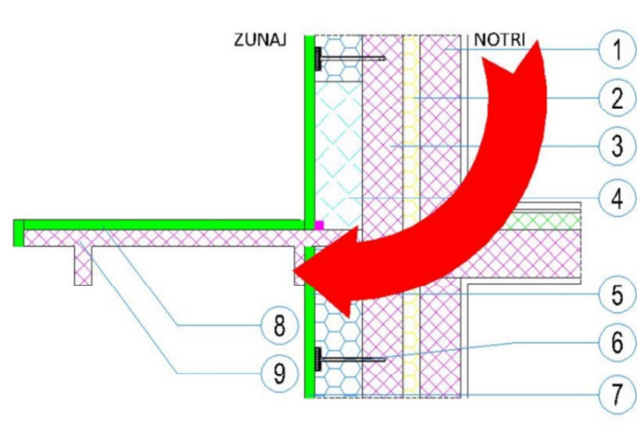
#### 5.3.8.1 Obstoječe stanje

Preglednica 26: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu betonskega nadstreška, obstoječe stanje

STIK FASADE S NADSTREŠKOM - OBSTOJEČE STANJE		LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV	
	1	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF
	2	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF
	3	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF
	4	BITUMENSKI TRAK S POSIPOM	HI OF
	5	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF
		SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV	
		NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA
		TOPLOTNA IZOLACIJA	NE
		HIDROIZOLACIJA	DA
<b>Nosilna konstrukcija</b>	<p>V + križanju se stikajo tri različne nosilne konstrukcije. V levem delu poteka nosilna konstrukcija preko prečnih nosilcev, na katere so vzdolžno položene t.i. Pi plošče. Vertikalni konstrukcijski sklop je sestavljen iz betonskega prefabrikata, v katerem se sidra v vertikalno monolitno steno in horizontalno betonsko konstrukcijo preko specialnih sider. Nosilna konstrukcija v stiku konstrukcijskih sklopov poteka neprekinjeno.</p>		
<b>Toplotna izolacija</b>	<p>Na stiku prečnih nosilcev in vertikalnega betonskega prefabrikata prihaja do točkovnega toplotnega mostu zaradi preboja nosilca skozi sloj toplotne izolacije.</p>		
<b>Hidroizolacija</b>	<p>Vodotesnost ovoja je na predelu betonskega prefabrikata zagotovljena z debelino, na horizontalnem predelu je izvedena z bitumensko membrano. Hidroizolacija poteka neprekinjeno v križanju konstrukcijskih sklopov.</p>		

### 5.3.8.2 Varianta 1

Preglednica 27: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu betonskega nadstreška, varianta 1

STIK FASADE S NADSTREŠKOM - VARIANTA 1																																		
	<p><b>LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td><b>1</b></td> <td>ARMIRANI BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>AB PREFABRIKAT C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>PLOŠČE IZ XPS/EPS</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>5</b></td> <td>ARMIRNI SLOJ + MREŽICA</td> <td>ZK TI</td> </tr> <tr> <td><b>6</b></td> <td>PRITRDILO</td> <td>NK TI</td> </tr> <tr> <td><b>7</b></td> <td>ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>8</b></td> <td>BITUMENSKI TRAK S POSIPOM</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>9</b></td> <td>AB PREFABRIKAT C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>TOPLOTNA IZOLACIJA</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> </tbody> </table>	<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF	<b>2</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF	<b>3</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF	<b>4</b>	PLOŠČE IZ XPS/EPS	TI OF	<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI	<b>6</b>	PRITRDILO	NK TI	<b>7</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF	<b>8</b>	BITUMENSKI TRAK S POSIPOM	HI OF	<b>9</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF	NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLOTNA IZOLACIJA	NE	HIDROIZOLACIJA	DA
	<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF																															
<b>2</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF																																
<b>3</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF																																
<b>4</b>	PLOŠČE IZ XPS/EPS	TI OF																																
<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI																																
<b>6</b>	PRITRDILO	NK TI																																
<b>7</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF																																
<b>8</b>	BITUMENSKI TRAK S POSIPOM	HI OF																																
<b>9</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF																																
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																																	
TOPLOTNA IZOLACIJA	NE																																	
HIDROIZOLACIJA	DA																																	
<p><b>Nosilna konstrukcija</b></p>	<p>V + križanju se stikajo tri različne nosilne konstrukcije. V levem delu poteka nosilna konstrukcija preko prečnih nosilcev, na katere so vzdolžno položene t.i. Pi plošče. Vertikalni konstrukcijski sklop je sestavljen iz betonskega prefabrikata, v katerem se sidra v vertikalno monolitno steno in horizontalno betonsko konstrukcijo preko specialnih sider. Nosilna konstrukcija v stiku konstrukcijskih sklopov poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije.</p>																																	
<p><b>Toplotna izolacija</b></p>	<p>V primerjavi z obstoječim stanjem ukrep dodatne toplotne izolacije na zunanji strani betonskega prefabrikata ne prepreči konstrukcijskega toplotnega mostu. Na stiku prečnih nosilcev in vertikalnega betonskega prefabrikata prihaja do točkovnega toplotnega mostu zaradi preboja nosilca skozi sloj toplotne izolacije.</p>																																	
<p><b>Hidroizolacija</b></p>	<p>Vodotesnost ovoja na predelu kontaktne fasade je zagotovljena z membrano, na horizontalnem predelu je izvedena z bitumensko membrano. Na stiku kontaktne fasade s horizontalno betonsko konstrukcijo je vgrajen tesnilni trak, ki omogoča vodotesnost stika. Hidroizolacija poteka neprekinjeno v križanju konstrukcijskih sklopov.</p>																																	

### 5.3.8.3 Varianta 2

Preglednica 28: Prikaz križanja konstrukcijskih sklopov v predelu betonskega nadstreška, varianta 2

STIK FASADE S NADSTREŠKOM - VARIANTA 2																																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>1</b></td> <td>ARMIRANI BETON C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>AB PREFABRIKAT C30/37</td> <td>NK OF</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>PLOŠČE IZ XPS/EPS</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>5</b></td> <td>ARMIRNI SLOJ + MREŽICA</td> <td>ZK TI</td> </tr> <tr> <td><b>6</b></td> <td>PRITRDILO</td> <td>NK TI</td> </tr> <tr> <td><b>7</b></td> <td>ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>8</b></td> <td>BITUMENSKI TRAK S POSIPOM</td> <td>HI OF</td> </tr> <tr> <td><b>9</b></td> <td>PLOŠČE IZ XPS/EPS</td> <td>TI OF</td> </tr> <tr> <td><b>10</b></td> <td>OSB PLOŠČE S PODKONSTRUK.</td> <td>NK TI</td> </tr> <tr> <td><b>11</b></td> <td>PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE</td> <td>TI OF</td> </tr> </tbody> </table>	LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV			<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF	<b>2</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF	<b>3</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF	<b>4</b>	PLOŠČE IZ XPS/EPS	TI OF	<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI	<b>6</b>	PRITRDILO	NK TI	<b>7</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF	<b>8</b>	BITUMENSKI TRAK S POSIPOM	HI OF	<b>9</b>	PLOŠČE IZ XPS/EPS	TI OF	<b>10</b>	OSB PLOŠČE S PODKONSTRUK.	NK TI	<b>11</b>	PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE	TI OF
	LEGENDA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV																																				
<b>1</b>	ARMIRANI BETON C30/37	NK OF																																			
<b>2</b>	OBSTOJEČA EPS IZOLACIJA	TI OF																																			
<b>3</b>	AB PREFABRIKAT C30/37	NK OF																																			
<b>4</b>	PLOŠČE IZ XPS/EPS	TI OF																																			
<b>5</b>	ARMIRNI SLOJ + MREŽICA	ZK TI																																			
<b>6</b>	PRITRDILO	NK TI																																			
<b>7</b>	ZAKLJUČNI SLOJ + PREDNAMAZ	HI OF																																			
<b>8</b>	BITUMENSKI TRAK S POSIPOM	HI OF																																			
<b>9</b>	PLOŠČE IZ XPS/EPS	TI OF																																			
<b>10</b>	OSB PLOŠČE S PODKONSTRUK.	NK TI																																			
<b>11</b>	PLOŠČE IZ KAMENE VOLNE	TI OF																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NOSILNA KONSTRUKCIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>TOPLITNA IZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> <tr> <td>HIDROIZOLACIJA</td> <td>DA</td> </tr> </tbody> </table>		SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV		NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA	TOPLITNA IZOLACIJA	DA	HIDROIZOLACIJA	DA																												
SKLENJENOST KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV																																					
NOSILNA KONSTRUKCIJA	DA																																				
TOPLITNA IZOLACIJA	DA																																				
HIDROIZOLACIJA	DA																																				
<b>Nosilna konstrukcija</b>	<p>V + križanju se stikajo tri različne nosilne konstrukcije. V levem delu poteka nosilna konstrukcija preko prečnih nosilcev, na katere so vzdolžno položene t.i. Pi plošče. Vertikalni konstrukcijski sklop je sestavljen iz betonskega prefabrikata, v katerem se sidra v vertikalno monolitno steno in horizontalno betonsko konstrukcijo preko specialnih sider. Nosilna konstrukcija v stiku konstrukcijskih sklopov poteka neprekinjeno. Dodatna toplotna izolacija ne posega v nosilno konstrukcijo, fasadna pritrdila opravljajo funkcijo nosilne konstrukcije toplotne izolacije. Na spodnji strani betonskega prefabrikata in na prostem robu le-tega je vgrajena ploskovna podkonstrukcija, ki omogoče pritrjevanje dodatne toplotne izolacije.</p>																																				
<b>Toplotna izolacija</b>	<p>Z vgradnjo dodatne toplotne izolacije po principu plašča na predelu horizontalne betonske konstrukcije ter izvedbo dodatne izolacije na zunanjem obodu vertikalnega prefabrikata je v celoti preprečen konstrukcijski toplotni most.</p>																																				
<b>Hidroizolacija</b>	<p>Vodotesnost ovoja na predelu kontaktne fasade je zagotovljena z membrano v obliki zaključnega sloja, na horizontalnem predelu je izvedena z bitumensko membrano. Hidroizolacija poteka neprekinjeno v križanju konstrukcijskih sklopov.</p>																																				
<p>Komentar: Obstoječe stanje križanja konstrukcijskih sklopov v 1. varianti nadgradimo z dodatnim izolacijskim slojem na zunanjem delu betonskega prefabrikata, kar pa ne zadošča za preprečitev točkovnega toplotnega mostu skozi prečne nosilce. V 2. varianti z izvedbo dodatne izolacije po principu plašča na predelu horizontalnega prefabrikata sklenemo toplotno izolacijo križanja. Nosilna konstrukcija ter hidroizolacija v vseh variantah potekata brez prekinitev.</p>																																					

## 6 PROJEKTIRANJE DODATNE TOPLOTNE IZOLACIJE

V pričujočem poglavju obravnavam projektiranje dodatne toplotne izolacije z izvedbo nove tankoslojne kontaktne fasade. Izbira fasadnega sistema mora zadostiti veljavni gradbeni zakonodaji ter zahtevam Eko sklada. Dodatno s programom U-Wert preverimo možnost kondenzacije vodne pare v konstrukcijskih sklopih za obstoječe stanje ter novo stanje.

### 6.1 Izbira vrste toplotne izolacije glede na požarne zahteve

Obravnavana stolpnica meri nad 22 m, pri čemer je skladno z aktualnimi požarnimi smernicami obvezna vgradnja fasadnega sistema, ki zadošča požarnemu razredu A1.

Zadanemu pogoju zadoščajo sledeči fasadni sistemi:

- fasadni sistemi s ploščami iz kamene volne,
- fasadni sistemi s ploščami iz steklene volne,
- fasadni sistemi s ploščami penjenega kalcijevega silikata (kot npr. Multipor).

Pri projektiranju fasadnega sistema na stolpnici v Novi Gorici je bila na podlagi upoštevanja parametrov glede ognjeodpornosti, paropropustnosti ter akustičnih lastnosti izbran toplotni izolator iz plošč kamene volne.

### 6.2 Izbira debeline toplotne izolacije glede na zahteve Eko sklada

Skladno z zahtevami glede toplotne prehodnosti skozi zunanjo steno ter določili Eko sklada imamo več možnosti:

#### 6.2.1 Zunanja monolitna stena Z1 (monoliten beton + fasadni sistem z obstoječo izolacijsko ploščo iz EPS deb 4 cm)

- 1) Doizoliranje obstoječe fasade z dodatnim slojem s ploščami iz kamene volne v debelini minimalno 11 cm, saj velja:

$$\frac{0,04 \text{ m}}{0,045 \left(\frac{W}{m K}\right)} + \frac{0,11 \text{ m}}{0,035 \left(\frac{W}{m K}\right)} = 4,03 \frac{(m^2 K)}{W} \geq 4,0 \frac{(m^2 K)}{W}$$



- 2) Odstranitev obstoječega fasadnega sistema s toplotno izolacijo ter izvedba nove kontaktno toplotno izolacijske fasade s ploščami iz kamene volne v debelini 14 cm:

$$0,035 \text{ W} / 0,14 \text{ (m}^2 \text{ K)} = \mathbf{0,25} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \right) \leq \mathbf{0,25} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \right)$$

### 6.2.2 Zunanja monolitna stena Z2 (AB prefabrikat)

Na tej steni je predvidena vgradnja novega fasadnega sistema s ploščami iz kamene volne v debelini 14 cm:

$$0,035 \text{ W} / 0,14 \text{ (m}^2 \text{ K)} = \mathbf{0,25} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \right) \leq \mathbf{0,25} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \right)$$

Glede na zahtevnost objekta, višino in vetrno cono ter na podlagi izkustev se odločimo, da na steni Z1 odstranimo obstoječi fasadni sistem ter na vseh stranicah fasade vgradimo nov fasadni sistem iz kamene volne.

Izberemo fasadni sistem Demit Mineral, ki je certificiran ETAG 004, ter z izbrano toplotno izolacijsko ploščo Knauf Insulation FKD-S Thermal, ki s toplotno prevodnostjo 0,035 W/mK ter razplastno trdnostjo  $s_{MT} = 10$  kPa v debelini 14 cm zadošča za pridobitev sredstev Eko sklada. Dimenzije izolacijske plošče so 40 cm x 120 cm x 14 cm.

#### 6.2.2.1 Podnožje – izolacija cokla na vseh obodnih stenah (Z1 in Z2)

Na vseh stranicah do višine 50 cm je skladno s požarno smernico možna vgradnja toplotno izolacijske plošče razreda gorljivosti B-d1.

$$\text{Velja izračun: } 0,031 \text{ (W)} / 0,13 \text{ (m}^2 \text{ K)} = \mathbf{0,238} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \right) \leq \mathbf{0,25} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \right)$$

Izberemo fasadni sistem Demit Original Protect, ki je certificiran ETAG 004 in z izbrano toplotno izolacijsko ploščo Demit Neocokl, ki s toplotno prevodnostjo 0,031 W/mK ter razplastno trdnostjo  $s_{MT} = 150$  kPa v debelini 13 cm zadošča za pridobitev sredstev Eko sklada. Ker je nad višino cokla 50 cm predvidena izvedba fasade s ploščami iz kamene volne v debelini 14 cm tudi v področju cokla, izberemo debelino toplotne izolacije 14 cm. Skladno z zahtevami pravilnika o zaščiti stavb pred vlago je v predelu podzidka predvidena vgradnja tesnilne mase v armirni sloj ter izdelava vodoodbojnega zaključnega sloja v fasadnem sistemu podzidka.

### 6.3 Preverba kondenzacije vodne pare v obodni steni

Za konstrukcijska sklopa zunanje obodne stene s pomočjo spletne aplikacije U-wert preverim možnost kondenzacije vodne pare v obodni konstrukciji. Program U-Wert je zasnoval nemški fizik Dr. Ralf Plag ter ga v nemškem jeziku leta 2009 objavil na spletni strani <https://www.u-wert.net>, od leta 2011 je objavljen tudi v angleškem jeziku na spletni strani <https://www.u-value.net/>. [41]

S pomočjo programa lahko analiziramo želeni konstrukcijski sklop sestavljen iz različnih slojev. Po sestavi konstrukcijskega sklopa program sočasno izvaja analizo, kjer pridobimo podatke o toplotni prehodnosti, difuziji vodne pare ter toplotno stabilnost sklopa.

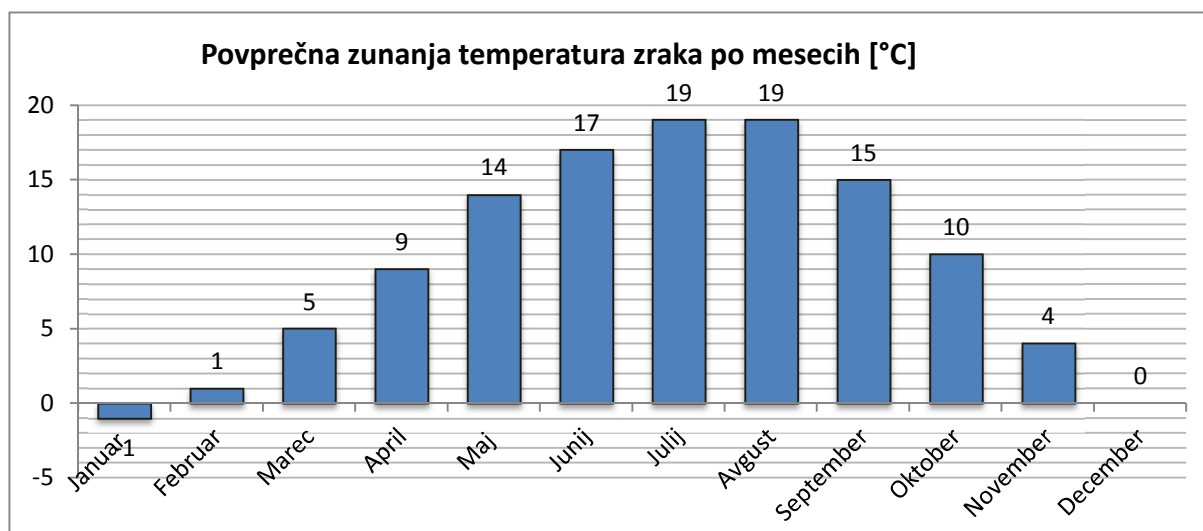
#### 6.3.1 Vhodni podatki

Preglednica 29: Vhodni podatki za izračune v programu U-wert

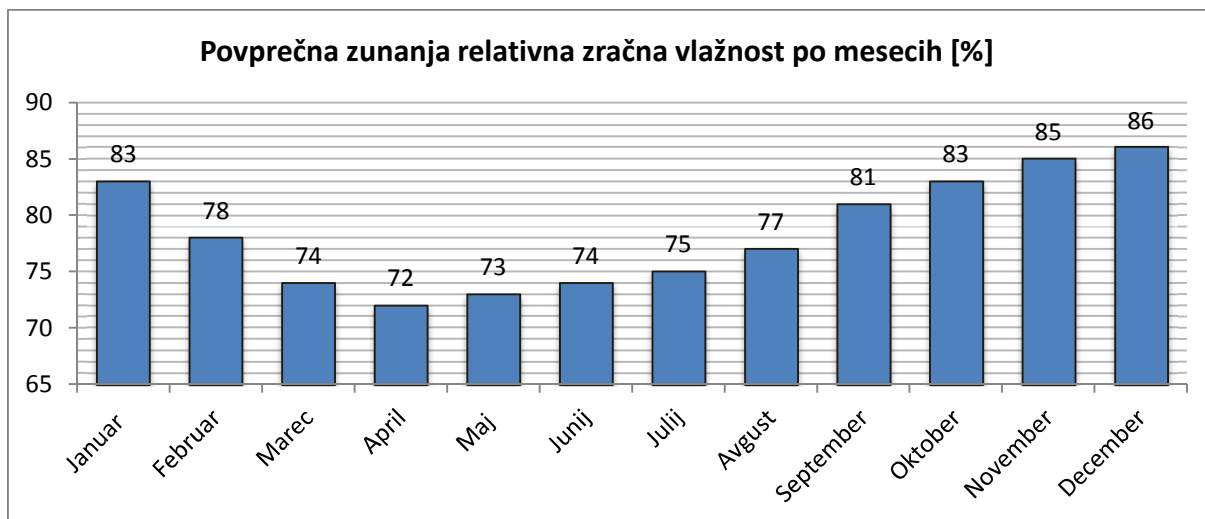
<b>Temperatura znotraj objekta <math>T_n</math></b>	22 °C
<b>Temperatura zunaj <math>T_z</math></b>	Skladno z lego objekta glede na povprečno mesečno temperaturo [30]
<b>Relativna vlažnost notranjega zraka <math>R_n</math></b>	65 %
<b>Relativna zunanja vlažnost zraka <math>R_z</math></b>	Skladno z lego objekta glede na povprečno mesečno vlažnost

Večstanovanjski objekt, grajen v Novi Gorici, se nahaja v primorski klimatski coni. Vhodni podatki za preverbo možnosti kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu so prikazani v grafikonih št. 3 in št. 4.

Grafikon 3: Povprečna temperatura zunanje zraka po mesecih [42]



Grafikon 4: Povprečna zunanja relativna vlažnost po mesecih [43]



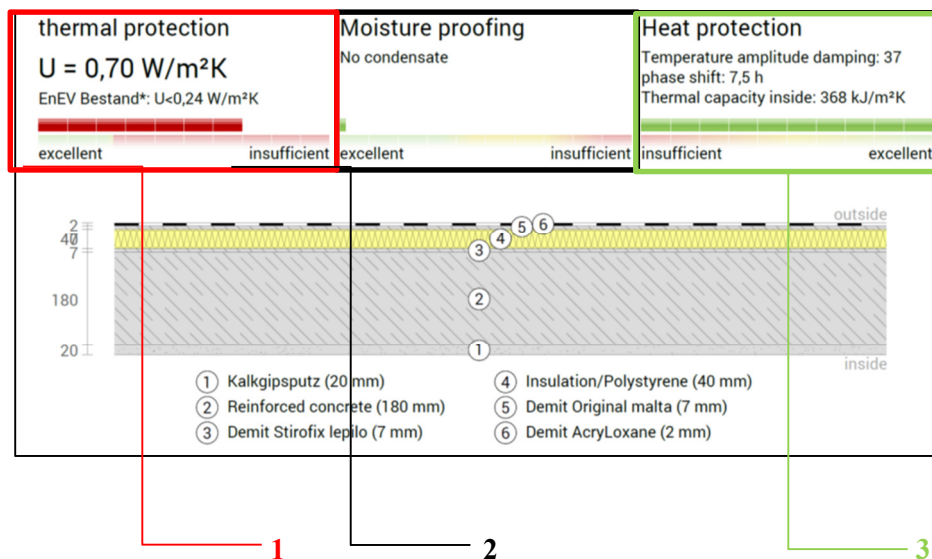
V programu U-Wert sta bila obdelana konstrukcijska sklopa ZS 1 ter ZS 2, pri izračunih je upoštevano obstoječe stanje ter izboljšana varianta z dodatno toplotno izolacijo.

#### 6.3.1.1 Zunanja stena 1 – ZS 1

Vnesemo vhodne podatke, izberemo vrsto gradbenega materiala, debelino posameznega sloja podamo v milimetrih.

- 1) Apnenocementni omet 20 mm,
- 2) Armirani beton 180 mm,
- 3) Demit Stirofix lepilo 7 mm,
- 4) Eps izolacijska plošča 40 mm,
- 5) Demit Original malta 7 mm,
- 6) Demit AcryLoxane 2 mm.

Program po izbiri slojev, specificiranju materiala ter vnosu debelin le-teh takoj pripravi analizo ključnih podatkov ter pripravi poročilo za obravnavani konstrukcijski sklop. Na sliki št. 13 so prikazani rezultati analize.



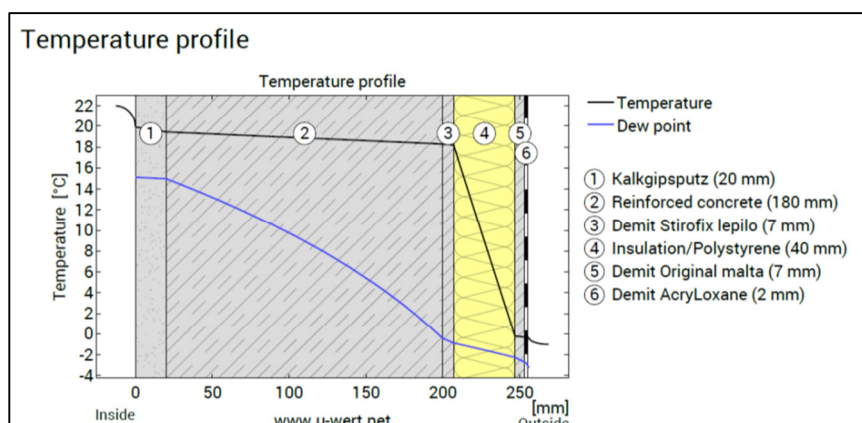
Slika 13: Analiza obstoječega konstrukcijskega sklopa ZS 1 v programu U-Wert

**Oblaček 1:** Skupna toplotna prehodnost slojev skozi obstoječo steno znaša  $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ , program prikaže toplotno prehodnost skozi obstoječo obodno steno kot neustrezno, saj ne zadošča standardu EnEv 2009 – Energieeinsparverordnung für Gebäude, zahteva iz Nemčije, ki zahteva največjo toplotno prehodnost skozi obodno steno  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [44]

**Oblaček 2:** Kondenzacija vodne pare. V konstrukcijskem sklopu ne prihaja do pojava kondenzacije.

**Oblaček 3:** Vrednost temperaturne zakasnitve sklopa znaša 7,5 ure. Temperaturno dušenje znaša 37.

Program izdela tudi posamezne grafe za večino izračunov. Posebej nazoren in uporaben je graf glede prehoda temperature ter nasičenega parnega tlaka skozi steno.



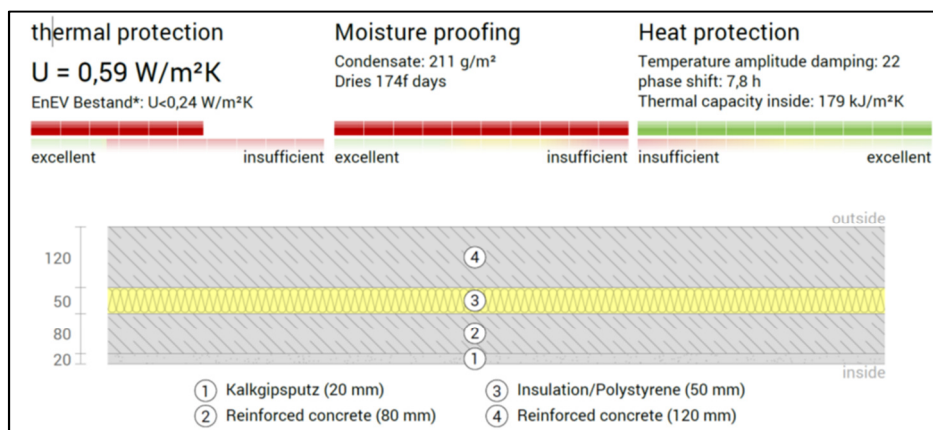
Slika 14: Prikaz nasičenega parnega tlaka skozi steno v odvisnosti od temperature za obstoječi konstrukcijski sklop ZS 1

Iz skice je razvidno, da v konstrukcijskem sklopu ZS 1 za primer obstoječega stanja ne prihaja do kondenzacije vodne pare znotraj stene, saj se diagrama ne sekata in zato ne pride do točke rosišča.

### 6.3.1.2 Zunanja stena 2 – ZS 2

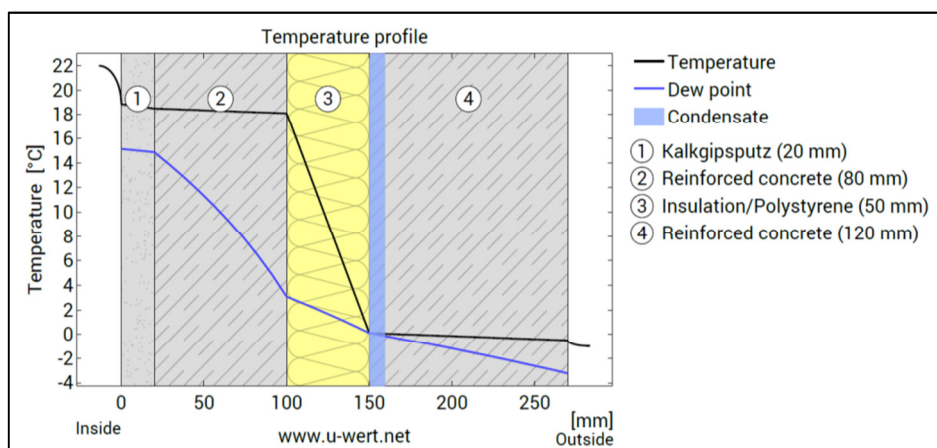
Vnesemo vhodne podatke, izberemo material, debelino sloja podamo v milimetrih.

- 1) Apnenocementni omet 20 mm,
- 2) Armirani beton 80 mm,
- 3) Eps izolacijska plošča 50 mm,
- 4) Armirani beton 120 mm.



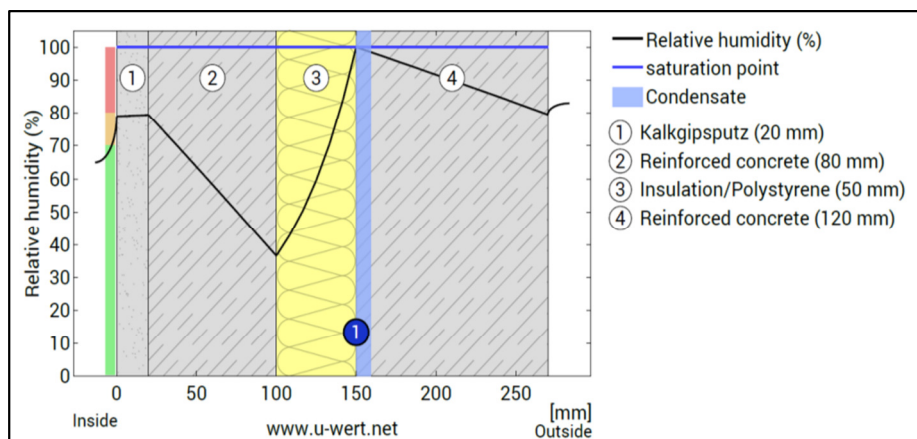
Slika 15: Analiza obstoječega konstrukcijskega sklopa ZS 2 v programu U-Wert

Toplotna prehodnost skozi vse plasti konstrukcijskega sklopa znaša  $0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vrednost temperaturne zakasnitve sklopa znaša 7,5 ure. Temperaturno dušenje znaša 37.



Slika 16: Analiza obstoječega konstrukcijskega sklopa ZS 2 v programu U-Wert

V steni prihaja do kondenzacije vodne pare na stiku EPS toplotne izolacije v jedru z zunanjim prefabrikatom. V zimskih mesecih se v 90 dneh nabere  $211 \text{ g/m}^2$  rose, ki za izsušitev potrebuje 174 dni. V konstrukcijskem sklopu prihaja do tveganja, da se ne bi izsušila celotna količina kondenza, kar lahko vpliva na poslabšanje toplotnoizolacijskih lastnosti vgrajene izolacije v prefabrikatu.

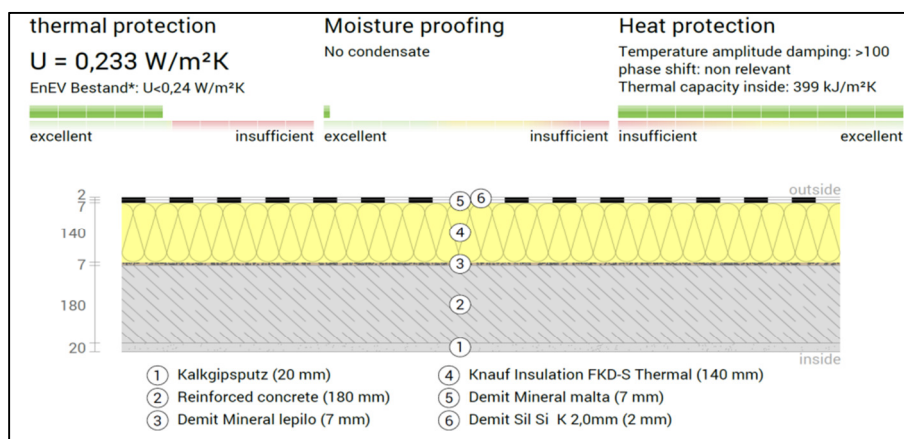


Slika 17: Prikaz točke rosišča v obstoječem konstrukcijskem sklopu ZS 2 v programu U-Wert

### 6.3.2 Zunanja stena 1 – ZS 1+ nov fasadni sistem

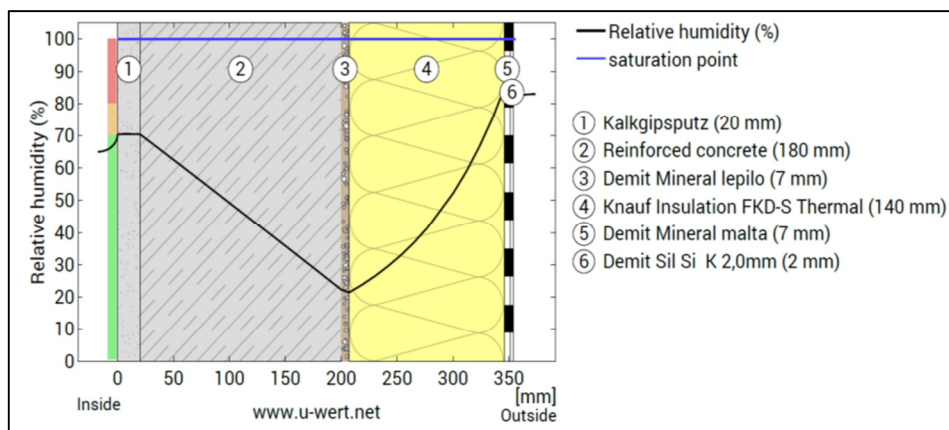
Skladno z izračunom debeline dodatne potrebne izolacije iz razpisnih pogojev Eko sklada analiziramo nov konstrukcijski sklop v sestavi:

- 1) Apnenocementni omet 20 mm,
- 2) Armirani beton 180 mm,
- 3) Demit Mineral lepilo 7 mm
- 4) Izolacijska plošča iz kamene volne 140 mm,
- 5) Demit Mineral malta 7 mm
- 6) Zaključni sloj Demit SilSi 2 mm.



Slika 18: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS1 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert

Toplotna prehodnost skozi vse plasti konstrukcijskega sklopa znaša  $0,233 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar zadošča zahtevam Eko sklada,  $0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$ . V konstrukcijskem sklopu ne pride do kondenzacije, na sliki št. 19 je razvidno, da se krivulja in horizontalna črta ne sekata.

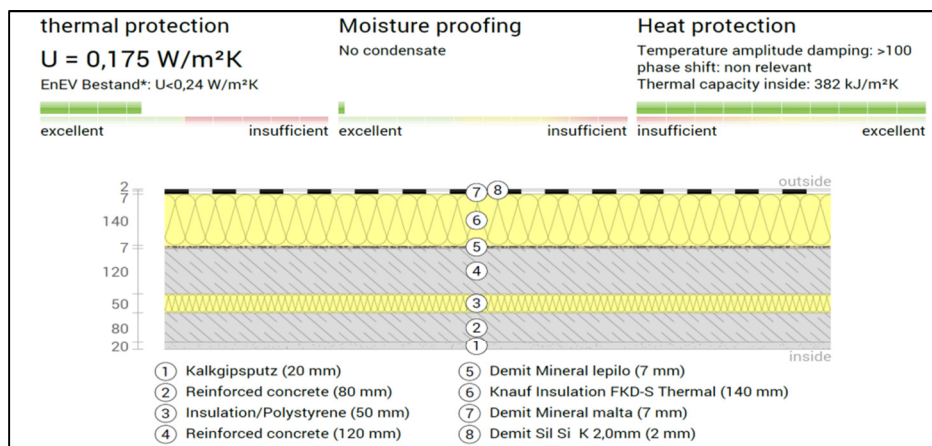


Slika 19: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS1 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert

### 6.3.3 Zunanja stena 2 – ZS 2+ nov fasadni sistem

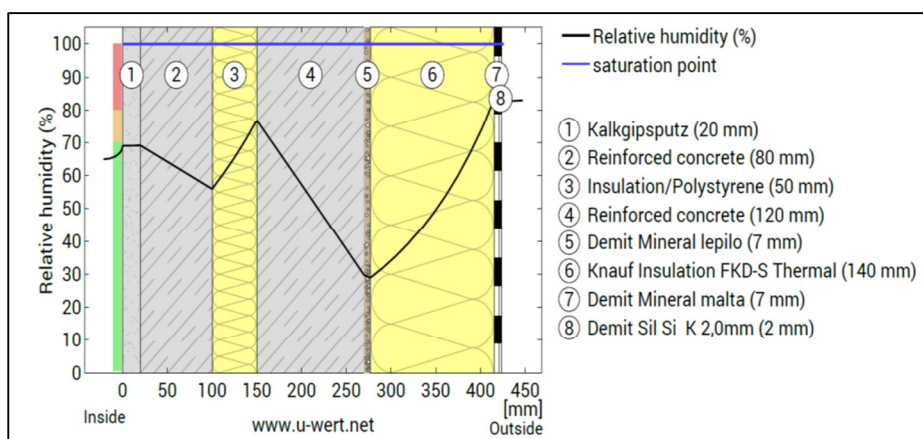
V osnovnem konstrukcijskem sklopu zunanje stene, kjer je toplotna izolacija vgrajena v jedru med AB prefabrikatom, prihaja do kondenzacije. Preverimo izračun kondenzacije z upoštevanjem novega fasadnega sistema. Sestava nove obodne stene:

- 1) Apnenocementni omet 20 mm,
- 2) Armirani beton 80 mm,
- 3) Eps izolacijska plošča 50 mm,
- 4) Armirani beton 120 mm,
- 5) Demit Mineral lepilo 7 mm,
- 6) Izolacijska plošča iz kamene volne 140 mm,
- 7) Demit Mineral malta 7 mm,
- 8) Zaključni sloj Demit SilSi 2 mm.



Slika 20: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS 2 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert

Toplotna prehodnost skozi vse plasti konstrukcijskega sklopa znaša  $0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar zadošča zahtevam Eko sklada,  $0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$  ter zahtevam EnEV. V konstrukcijskem sklopu po vgradnji nove toplotne izolacije ne prihaja več do kondenzacije v jedru prefabrikata.



Slika 21: Analiza konstrukcijskega sklopa ZS1 z novim fasadnim sistemom v programu U-Wert

V preglednicah št. 30–33 je prikazan povzetek računskih analiz konstrukcijskih sklopov, iz katerih je razvidno, ali v konstrukcijskem sklopu prihaja do kondenzacije vodne pare za oba karakteristična konstrukcijska sklopa ZS 1 ter ZS 2.

**Računska analiza št. 1:**

Preglednica 30: Pregled kondenzacije obodne stene ZS 1 – obstoječe stanje

ZS 1: Obstoječe stanje					
Mesec	Notranja temperatura $T_n$ [°C]	Zunanja temperatura $T_z$ [°C]	Relativna vlažnost notranjega zraka $R_n$ [%]	Relativna vlažnost zunanjega zraka $R_z$ [%]	Kondenzacija v konstrukcijskem sklopu
Januar	22	-1	65	83	NE



### Računska analiza št. 2:

Preglednica 31: Pregled kondenzacije obodne stene ZS 1 – nov fasadni sistem

<b>ZS 1: Nov fasadni sistem s kameno volno d = 14cm</b>					
Mesec	Notranja temperatura Tn [°C]	Zunanja temperatura Tz [°C]	Relativna vlažnost notranjega zraka Rn [%]	Relativna vlažnost zunanjega zraka Rz [%]	Kondenzacija v konstrukcijskem sklopu
Januar	22	-1	65	83	NE
Februar	22	1	65	78	NE
Marec	22	5	65	74	NE
April	22	9	65	72	NE
Maj	22	14	65	73	NE
Junij	22	17	65	74	NE
Julij	22	19	65	75	NE
Avgust	22	19	65	77	NE
September	22	15	65	81	NE
Oktober	22	10	65	73	NE
November	22	4	65	75	NE
December	22	0	65	86	NE

### Računska analiza št. 3:

Preglednica 32: Pregled kondenzacije obodne stene ZS2 – obstoječe stanje

<b>ZS 2: Obstoječe stanje</b>					
Mesec	Notranja temperatura Tn [°C]	Zunanja temperatura Tz [°C]	Relativna vlažnost notranjega zraka Rn [%]	Relativna vlažnost zunanjega zraka Rz [%]	Kondenzacija v konstrukcijskem sklopu
Januar	22	-1	65	83	DA

#### Računska analiza št. 4:

Preglednica 33: Pregled kondenzacije obodne stene ZS 2 – nov fasadni sistem

<b>ZS 2: Nov fasadni sistem s kameno volno d = 14cm</b>					
<b>Mesec</b>	<b>Notranja temperatura Tn [°C]</b>	<b>Zunanja temperatura Tz [°C]</b>	<b>Relativna vlažnost notranjega zraka Rn [%]</b>	<b>Relativna vlažnost zunanjega zraka Rz [%]</b>	<b>Kondenzacija v konstrukcijskem sklopu</b>
<b>Januar</b>	22	-1	65	83	NE
<b>Februar</b>	22	1	65	78	NE
<b>Marec</b>	22	5	65	74	NE
<b>April</b>	22	9	65	72	NE
<b>Maj</b>	22	14	65	73	NE
<b>Junij</b>	22	17	65	74	NE
<b>Julij</b>	22	19	65	75	NE
<b>Avgust</b>	22	19	65	77	NE
<b>September</b>	22	15	65	81	NE
<b>Oktober</b>	22	10	65	73	NE
<b>November</b>	22	4	65	75	NE
<b>December</b>	22	0	65	86	NE

Na podlagi izračuna s pomočjo spletnega programa U-Wert pridemo do naslednjih zaključkov:

- obodna stena ZS 1, obstoječe stanje: ni pojava kondenzacije,
- obodna stena ZS 1, novo stanje: ni pojava kondenzacije,
- obodna stena ZS 2, obstoječe stanje: prihaja do pojava kondenzacije na stiku toplotne izolacije z obodnim AB prefabrikatom,
- obodna stena ZS 2, novo stanje, dodatna toplotna izolacija: z energetskim ukrepom, novim fasadnim sistemom ne prihaja do kondenzacije na stiku izolacije v jedru nosilne konstrukcije.

## 7 DODATNO PRITRJEVANJE FASADNEGA SISTEMA

### 7.1 Splošno o pritrjevanju fasadnih sistemov

Posebno pozornost pri projektiranju in vgradnji fasadnega sistema je potrebno posvetiti pritrjevanju samega fasadnega sistema. Pri pritrjevanju fasadnih sistemov se lahko uporabljajo le sidra ki so preizkušena za določen fasadni sistem in so certificirana po ETAG smernicah.

Pritrjevanje fasadnega sistema je v osnovi odvisno od več različnih dejavnikov:

- kvalitete in vrste gradbene podlage,
- debeline in vrste izolacijskih plošč,
- teže fasadnega sistema [kg/m<sup>2</sup>],
- višine objekta,
- dodatne obtežbe fasade (npr. obloga s kamnom ali keramiko).

Dodatni podatki glede pritrjevanja fasadnih sistemov so navedeni v Eurocodu 1:

Vplivi na konstrukcije – standard SIST EN 1991-1-4 ter nacionalnem dodatku za Slovenijo, ki natančneje definira vetrne cone in hitrosti vetra za različne nadmorske višine.

Gradbene podlage za pritrjevanje fasadnih sistemov so definirane s črko [45] in ponazarjajo podlago iz sledečih materialov:

**Kategorija A:** standarden beton; SIST EN 206-1 (C12/15 do C50/60),

**Kategorija B:** polna opeka; mrežasta opeka (vertikalno izvotljena, votline predstavljajo do 15 % njene prostornine) skladno s SIST EN 771-1 (gostota  $\rho \geq 1,8 \text{ kg/dm}^3$ ; tlačna trdnost  $f_b \geq 12 \text{ MPa}$ ),

**Kategorija C:** opečni bloki; SIST EN 771-1 (vertikalno izvotljeni, votline predstavljajo 15 do 50 % njihove prostornine; gostota  $\rho \geq 1,2 \text{ kg/dm}^3$ ; tlačna trdnost  $f_b \geq 12 \text{ MPa}$ ) in zidni bloki iz lahkega betona skladno s SIST EN 771-3 (vertikalno izvotljeni; gostota  $\rho \geq 0,5 \text{ kg/dm}^3$ ; tlačna trdnost  $f_b \geq 2 \text{ MPa}$ ),

**Kategorija D:** beton iz lahkih agregatov (gostota  $\rho \geq 1,8 \text{ kg/dm}^3$ ; tlačna trdnost  $f_b \geq 4 \text{ MPa}$ ),

**Kategorija E:** bloki iz porobetona skladno s SIST EN 771-4 (gostota  $\rho \geq 0,4 \text{ kg/dm}^3$ ; tlačna trdnost  $f_b \geq 2 \text{ MPa}$ ),

**Druge kategorije:** lahki betonski opažni bloki: SIST EN 15435, montažni betonski bloki izdelani z lesnimi vlakni: SIST EN 15498 brez vgrajene ali z vgrajeno toplotno izolacijo iz lesne volne.

Preglednica 34: Prikaz zahtev po dodatnem pritrjevanju v odvisnosti od vrste izolacijskih plošč [46]

Izolacijski material		Razplastna trdnost TR [kPa]	Dodatna mehanska pritrditve
EPS	ekspandiran polistiren	100-150	da [1]
XPS	ekstrudiran polistiren	200-400	da
MW	plošče iz kamene volne	5-10	da
MW	lamelle iz kamene volne	80	da [1,2]
	plošče iz steklene volne	7,5	da
	plošče iz porobetona	80	da
ICB	plošče iz ekspandirane plute	50-100	da
PF	plošče iz fenolne pene	80	da
WF	plošče iz lesnih vlaken	7,5-10	da

Dodatne opombe k tabeli :

[1] – izjeme glede novogradenj, dodatno sidranje na kvalitetno opečno podlago do določene višine ni potrebno

[2] – pri lamelah je obvezna uporaba dodatnih potisnih ploščic – podložke premera najmanj 100 mm

Dodatno pritrjevanje je ravno tako obvezno:

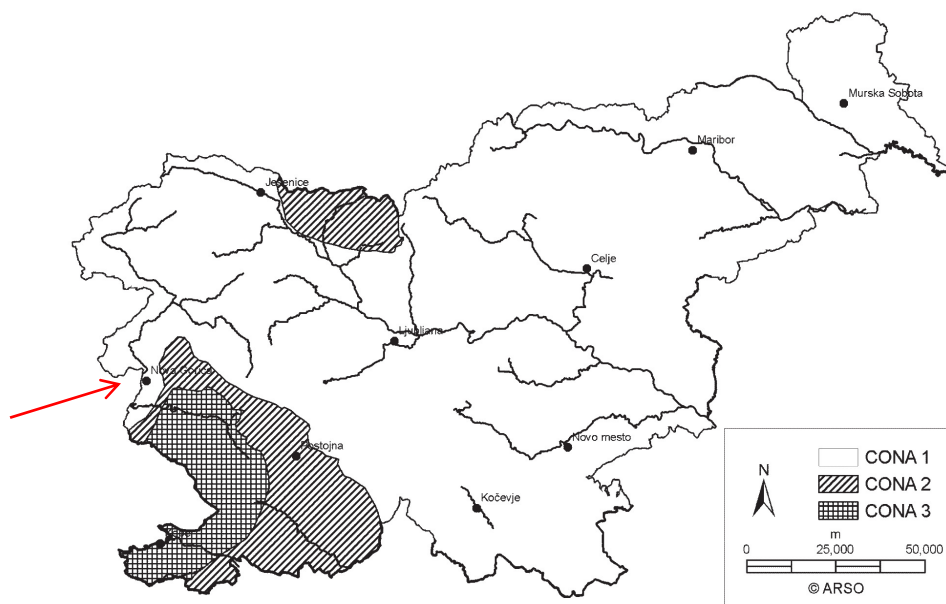
- v primeru sanacije fasade, kjer je že vgrajena obstoječa toplotna izolacija in se na obstoječo vgrajuje nov toplotnoizolacijski sistem,
- pri vgrajevanju toplotno izolacijskih plošč iz stiropora z grafitnimi delci – priporočeno z vidika lažje vgradnje materiala.

## 7.2 Osnove pritrjevanja fasadnih izolacijskih sistemov

Število potrebnih pritrtil, vgrajenih v fasadni sistem, se določa po postopku statičnega izračuna po Eurocod 1, pri samem projektiranju moramo upoštevati nacionalni dodatek za Republiko Slovenijo. Na število potrebnih pritrtil vpliva več parametrov, izmed katerih so ključni:

- obtežba vetra,
- kategorija terena,
- dimenzije objekta,
- teža fasadnega sistema,
- dimenzije toplotnoizolacijskih plošč,
- mehanske lastnosti uporabljenega pritrtila.

Eden izmed ključnih parametrov za določanje potrebnega števila pritrtil vgrajenih v fasadni sistem je parameter lokacije objekta. Ozemlje Slovenije je po nacionalnem dodatku k SIST EN 1991-1-4 razdeljeno na tri vetrne cone. Na podlagi razdelitve con so definirane temeljne vrednosti osnovne hitrosti vetra.



Slika 22 : Vetrne cone na območju Slovenije [47]

### Vetrne cone:

**Cona 1** – obsega večino Slovenije.

Za kraje z nadmorsko višino pod 800 m se upošteva osnovna hitrost vetra 20 m/s.

Za kraje z nadmorsko višino 800–1600 m se upošteva osnovna hitrost vetra 25 m/s.

Za kraje z nadmorsko višino 1600–2000 m se upošteva osnovna hitrost vetra 30 m/s.

Za kraje z nadmorsko višino nad 2000 m se upošteva osnovna hitrost vetra 40 m/s.

**Cona 2** – obsega Trnovski gozd, Notranjsko in osrednji del Karavank.

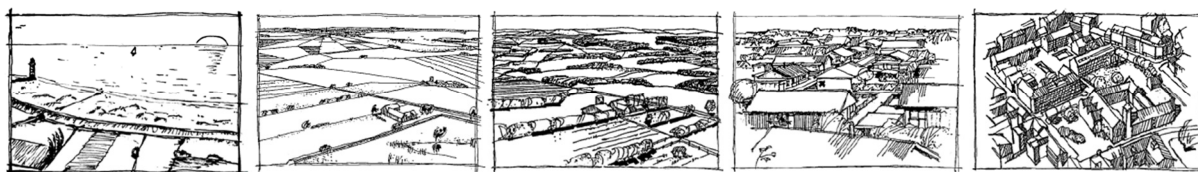
Za kraje z nadmorsko višino pod 1600 m se upošteva osnovna hitrost vetra 25 m/s.

Za kraje z nadmorsko višino 1600–2000 m se upošteva osnovna hitrost vetra 30 m/s.

Za kraje z nadmorsko višino nad 2000 m se upošteva osnovna hitrost vetra 40 m/s.

**Cona 3** – obsega Primorje, Kras in del Vipavske doline, kjer je osnovna hitrost vetra 30 m/s.

V osnovni klasifikaciji kategorije terena je specificirana posamična lega objekta ter njene bližnje okolice in vpliv sosednjih stavb na objekt sam.



Slika 23: Grafični prikaz kategorij terena

Za grafične podloge velja (od leve proti desni):

**0** – morsko ali obalno področje, izpostavljeno proti odprtemu morju,

**I** – jezersko ali ravninsko področje z zanemarljivim rastlinjem in brez ovir,

**II** – področje z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesa, stavbe) na razdalji najmanj 20-tih višin ovir,

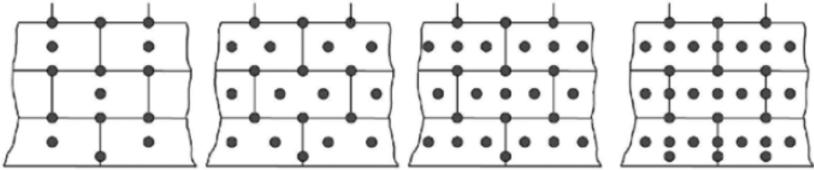
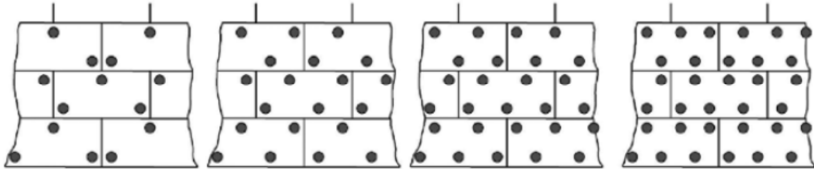
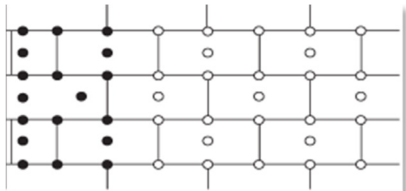
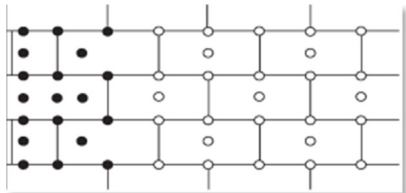
**III** – področje z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami na razdalji največ 20-tih višin ovir (vasi, podeželje, stalni gozd),

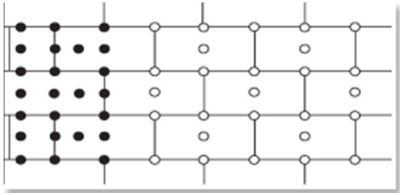
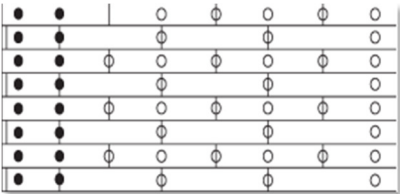
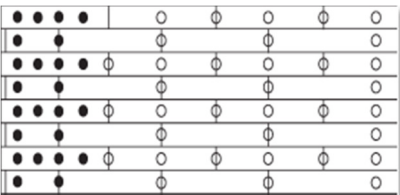
**IV** – Področje, kjer je najmanj 15 % površine pokrite s stavbami s povprečno višino več kot 15 m.

[48]

### 7.2.1 Osnovne sheme pritrjevanja fasadnega sistema

Proizvajalci fasadnih sistemov in toplotnoizolacijskih plošč glede na vrsto izolacije, obremenitve vetra in druge zahteve, priporočajo osnovne sheme pritrjevanja izolacijskih plošč. Na slikah od št. 24 do št. 30 so prikazane sheme sidranja oziroma pozicije posameznega pritrdila na izolacijski plošči.

<p>Izolacijski material: EPS, XPS, fenolna pena, ekspandirana pluta, dimenzije plošč cca 100 x 50cm</p>	 <p>Slika 24: Shema sidranja [48]</p>
<p>Število siders: kos /m<sup>2</sup></p>	<p>6 siders/m<sup>2</sup>, 8 siders/m<sup>2</sup>, 10 siders/m<sup>2</sup> in 12 siders/m<sup>2</sup></p>
<p>Izolacijski material: plošče iz kamene volne, dimenzije plošč cca 100 x 50 cm, 120 x 40cm</p>	 <p>Slika 25: Shema sidranja [49]</p>
<p>Število siders: kos /m<sup>2</sup></p>	<p>6 siders/m<sup>2</sup>, 8 siders/m<sup>2</sup>, 10 siders/m<sup>2</sup> in 12 siders/m<sup>2</sup></p>
<p>Izolacijski material: plošče iz kamene volne, dimenzije plošč cca 100 x 50 cm, 120 x 40 cm zgostitev siders na prostem vogalu</p>	 <p>Slika 26: Shema sidranja [50]</p>
<p>Število siders: kos /m<sup>2</sup></p>	<p>Zgostitev siders na prostem robu – 8 siders/m<sup>2</sup></p>
<p>Izolacijski material: plošče iz kamene volne, dimenzije plošč cca 100 x 50 cm, 120 x 40 cm zgostitev siders na prostem vogalu</p>	 <p>Slika 27: Shema sidranja [51]</p>
<p>Število siders: kos /m<sup>2</sup></p>	<p>Zgostitev siders na prostem robu – 10 siders/m<sup>2</sup></p>

<p>Izolacijski material: plošče iz kamene volne, dimenzije plošč cca 100 x 50 cm, 120 x 40 cm zgostitev sider na prostem vogalu</p>	 <p>Slika 28: Shema sidranja [52]</p>
<p>Število sider: kos /m2</p>	<p>Zgostitev sider na prostem robu – 12 sider/m<sup>2</sup></p>
<p>Izolacijski material: lamele iz kamene volne, dimenzije lamel 120 x 20 cm</p>	 <p>Slika 29: Shema sidranja [53]</p>
<p>Število sider: kos /m2</p>	<p>Zgostitev sider na prostem robu – 10 sider/m<sup>2</sup></p>
<p>Izolacijski material: lamele iz kamene volne, dimenzije lamel 120 x 20 cm</p>	 <p>Slika 30: Shema sidranja [54]</p>
<p>Število sider: kos /m2</p>	<p>Zgostitev sider na prostem robu – 12 sider/m<sup>2</sup></p>



### 7.3 Določitev potrebnega števila pritrdil s tabelo

Gospodarsko interesno združenje proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij je v letu 2015 v sodelovanju s projektnim birojem iz Avstrije pripravilo poenostavljeno tabelo za določanje potrebnega števila pritrdil v fasadnem sistemu. S poznavanjem vhodnih podatkov, kot so vrsta izolacijskega materiala, višina in geometrija objekta ter razred sistema, lahko enostavno odčitamo potrebno število pritrdil v fasadnem sistemu. Za zahtevnejše objekte stroka priporoča preračun vetrnih con ter izdelavo statične analize sidrišč na posameznem objektu.

Preglednica 35: Kategorija terena in terenski parametri, tabela za razred sistema 2 [55]

Najmanjše število sidrnih vijakov $n$ v razredu sistema 2 velja za obremenitve vetra po SIST EN 1991-1-4											
Kategorija terena 0 – IV (SIST EN 1991-1-4)											
osnovna hitrost $v_{b0}$	Oblatost	0 in I brez ovir (površine ob obali ali z zanerarijivim rastjem)			II površine s posameznimi ovirami (drevesa, stavbe)			III in IV površine z ovirami (vasi, mesta, stalni gozdi)			
		višina stavbe									
m											
< 10    10-25    25-50    < 10    10-25    25-50    < 10    10-25    25-50											
Najmanjše število sidrnih vijakov $n$											
kos/m <sup>2</sup>											
$\leq 20$	< 25	Površina	6	6	6	6	6	6	6	6	
		Rob	6	8	8	6	8	8	6	6	6
	25 - 30	Površina	6	8	8	6	8	8	6	6	6
		Rob	8	10	10	6	8	10	6	6	8
	30 - 40	Površina	6	8	10	6	8	8	6	6	8
		Rob	8	10	12	8	10	10	6	8	10
$\leq 30$	< 25		6	6	6	6	6	6	6	6	
			6	8	8	6	8	8	6	6	6
	25 - 30		6	8	8	6	8	8	6	6	6
			8	10	10	8	8	10	6	8	8
	30 - 40		6	8	10	8	8	10	6	8	8
			10	12	14	8	10	12	8	8	10
$\leq 50$	< 25		6	8	8	6	6	8	6	6	6
			6	8	8	6	6	8	6	6	6
	25 - 30		8	8	8	6	8	8	6	6	6
			8	8	10	6	8	8	6	6	6
	30 - 40		8	10	10	8	8	10	6	8	8
			8	10	12	8	10	12	8	8	10

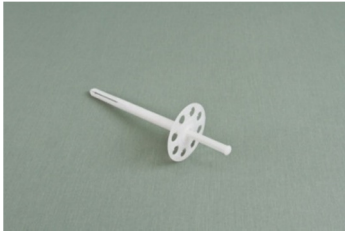
## 7.4 Vrste pritrdil

Prvi fasadni sistemi so bili pritrjeni s kovinskimi, udarnimi »demit pritrdili«. Pritrdila so bila sestavljena iz treh delov – plastičnega vložka s prirobnico, kovinskega hladno cinkanega vijachnega žebnja in kovinske podložke  $\varnothing$  50 mm. Največja težava teh pritrdil je bila visoka vrednost točkovnega toplotnega mostu. Sidra so bila vgrajena nepoglobljeno, po dolgotrajni izpostavljenosti zunanjim vplivom so bile na fasadah vidne bele točke na zaključnem sloju. Do teh anomalij je prišlo tudi ob upoštevanju dejstva, da so se takrat vgrajevale manjše debeline izolacije in so bili zaključni sloji bolj dovzetni za navzemanje vode – v tistih časih so se večinoma vgrajevali zaključni sloji na mineralni osnovi. Zaradi navedenih težav dandanes tovrstnih pritrdil v fasadnih sistemih skorajda ne uporabljamo več.


Pri izbiri pritrdil moramo upoštevati:

- vrsto podlage,
- dolžino sidra ter skupne debeline plasti, ki moramo premostiti do nosilnega sloja,
- debelino izolacijskih plošč,
- način montaže,
- zahteve gradbene fizike.

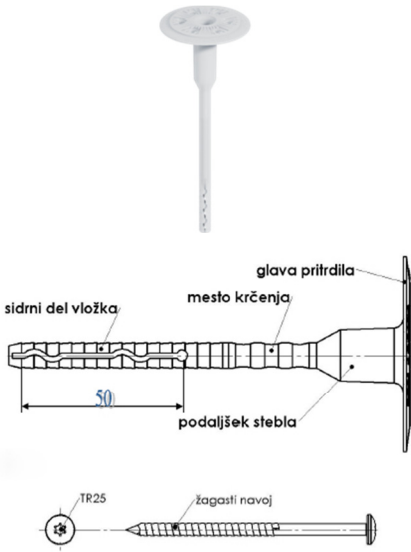
### 7.4.1 Plastična pritrdila

<p>Udarna pritrdila sestavljena iz plastičnega vložka s kapo, ki je v spodnjem delu narebričen, in plastičnega žebnja. Primerna so za pritrjevanje lažjih fasadnih sistemov na stiroporu manjših debelin ter na podlagah razreda A, B, C in D. Lahko prenesejo majhne izvlečne sile, takšna sidra so lahko problematična – plastični vijak se zaradi neustrezne razprašenosti ne zabije do konca.</p>	 <p>Slika 31: Pritrdilo PP proizvajalca F.Leskovec [56]</p>
<p>Prednosti: cenovno dostopna</p>	<p>Slabosti: problematika pri vgradnji</p>


#### 7.4.2 Pritrdila s kovinskim trnom

<p>Pritrdila sestavljena iz plastičnega vložka s kapo in kovinskega hladno cinkanega žebelja s plastificirano glavo. Primerna so za pritrjevanje fasadnih sistemov na stiroporu in kameni volno ter na podlagah razreda A, B in C. Lahko prenesejo srednje velike izvlečne sile, kovinski žebelj omogoča ustrezno poravnavo s plastično kapo.</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Slika 32: Pritrdilo PSK proizvajalca F.Leskovec [57]</p> </div>
<p>Prednosti: cenovno dostopna, srednja vrednost glede izvlečnih sil</p>	<p>Slabosti: niso primerna za zahtevnejše objekte, stolpnice ipd.</p>


#### 7.4.3 Vijačna pritrdila

<p>Pritrdila sestavljena iz ojačanega plastičnega vložka s kapo in kovinskega hladno cinkanega vijaka z glavo vložka, ki ima torx nastavek T25. Primerna so za pritrjevanje fasadnih sistemov na stiroporu, kameni volni in multiporju ter na podlagah razreda A, B, C, D in E. Lahko prenesejo srednje velike izvlečne sile, kovinski žebelj omogoča ustrezno poravnavo s plastično kapo. V primeru, da se ne izvaja poglobljeno sidranje, se v vijačno odprtino vstavi čepek iz izolacijskega materiala.</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Slika 33: Pritrdilo EJOT Ejotharm STR U [58]</p> </div>
<p>Prednosti: minimalni točkovni toplotni most, velika izvlečna sila, primerni za zahtevne objekte, stolpnice; enostavna vgradnja</p>	<p>Slabosti: cenovno dražja</p>


#### 7.4.4 Vijačna »heliks« pritrčila

<p>Pritrdila sestavljena iz plastičnega vložka s spiralo in kovinskega hladno cinkanega vijaka z glavo vložka, ki ima torx nastavek T25. Primerna so za pritrjevanje fasadnih sistemov ter na podlagah razreda A, B, C, D in E. Sama sidra se med vijačenjem s pomočjo spirale zarežejo v izolacijski material – EPS ali XPS.</p>	 <p>Slika 34: Pritrdilo Fischer Thermoz SV II ecotwist [59]</p>
<p>Prednosti: enostavna vgradnja, ni toplotnega mostu, sidra primerna za več debelin izolacije</p>	<p>Slabosti: niso primerna za vse izolacijske materiale (kamena volna), cenovno dražja</p>

#### 7.4.5 Strelna pritrčila

<p>Pritrdila sestavljena iz plastičnega tulca ter jeklenega trna. Sidro se natakne na posebno strelno pištolo, kapa plastičnega tulca se poravna z zunanjim robom izolacijske plošče. S sproženjem pištole se kovinski trn zarije v betonsko podlago.</p>	 <p>Slika 35: Pritrdilo Hilti XI FV [60]</p>
<p>Prednosti: enostavna vgradnja v betonske stene, kratka sidrna dolžina</p>	<p>Slabosti: sidro primerno samo za izolacijske plošče iz stiropora in kamene volne</p>

#### 7.4.6 Vijačna pritrdila za lesene podlage

<p>Pritrdila sestavljena iz kovinskega vijaka in plastične kape. Primerna so samo za lesene podlage, kovinski vijak se zavijači v leseno podlago. V primeru, da se ne izvaja poglobljeno sidranje, se v vijačno odprtino vstavi čepek iz izolacijskega materiala.</p>	 <p>Slika 36: Pritrdilo EJOT Ejotharm Str H [61]</p>
<p>Prednosti: enostavna vgradnja, minimalni točkovni toplotni most</p>	<p>Slabosti: pritrjevanje s tovrstnimi sidri se lahko izvaja samo na lesene ali kompozitne materiale (izbere se samozarezni vijak)</p>

#### 7.5 Pritrjevanje fasadnega sistema na obravnavanem objektu

Glede na zahtevnost in višino objekta ter veljavno zakonodajo je na objektu potrebno dodatno mehansko pritrjevanje fasadnega sistema. Za določitev potrebnega števila pritrdil je potrebna preverba in izračun minimalnega števila potrebnih pritrdil. Pritrjevanje plošč iz kamene volne je na tovrstnem objektu priporočeno z vijačnimi pritrdili kot npr. Ejotharm STR U, Leskovec PPV ali PSV oziroma z udarnimi pritrdili kot npr. Leskovec PSK. Skupaj s proizvajalcem sider – F. Leskovec d.o.o., izvedemo »on site« izdelavo meritev izvlečnih sil. Na podlagi izvedenega preizkusa meritve izvlečnih sil pričakujemo, da bomo pridobili podatke o ustreznosti podlage in lažjega določanja števila dodatnih pritrdil na objektu.

##### 7.5.1 Izdelava meritve izvlečnih sil

Na objektu je bila izvedena meritev izvlečnih sil v pritličju objekta, na mestu kjer se bo odstranila obstoječa toplotna izolacija (konstrukcijski sklop ZS 1) ter na verandi, kjer je podlaga AB prefabrikat (konstrukcijski sklop ZS 2). Sama izdelava meritev izvlečnih sil je bila izvedena po sledečem postopku.




### 7.5.1.1 Postopek izvedbe meritev izlečnih sil na steni ZS1, AB konstrukcija + obstoječa fasada 5 cm:





Izdelava meritve izvlečnih sil fasadnega pritrdila na objektu poteka po naslednjem postopku:

- odstranitev obstoječe toplotne izolacije,
- izdelava vrtine v nosilno konstrukcijo,
- vgradnja začasnih polnil – simulacija toplotnoizolacijskih plošč,
- vgradnja pritrdila,
- izvlek s prenosno izvlečno napravo,
- odčitek sil ob poružitvi pritrdila.

Postopke izvedbe izdelave meritve izvlečnih sil na konstrukcijskem sklopu ZS1 na objektu samem je prikazan na slikah 37–43.

Preglednica 36: Prikaz postopka izdelave meritev izvlečnih sil fasadnega pritrdila [62]

Faza št. 1	Slika 37: Odstranitev obstoječe toplotne izolacije do nosilne podlage	
Faza št. 2	Slika 38: Izdelava izvrtine v AB konstrukcijo (izvrtina fi 8 mm z vibracijami)	
Faza št. 3, št. 4	Slika 39: Namestitev koščkov EPS in XPS v skupni debelini 150 mm (simulacija lepila 10 mm + nova izolacija 140 mm), vgradnja vijaknega pritrdila PPV 200 mm ter PSV 160 mm ter vgradnja pokrivnega čepa	

Faza št. 5	Slika 40: Odstranitev simuliranega fasadnega sistema iz koščkov EPS in XPS	
Faza št. 6	Slika 41: Izvedba meritev s pomočjo prenosne naprave za merjenje izvlečnih sil	
Faza št. 7	Slika 42: Porušitev pritrdila ob glavi vijaka	
Faza št. 8	Slika 43: Odčitavanje in zabeležba doseženih vrednosti [N] pred poružitvijo pritrdila	

Izvlačne sile so bile merjene v enoti Newton [N] in so bile opravljene s prenosno merilno pripravo za merjenje izvlečnih sil. Izmerjene so bile maksimalne sile (maksimalna sila – N) pred poružitvijo pritrdila. Običajna porušitev sidra ob dosegu maksimalne porušne sile nastane ob glavi vijaka – stik s plastičnim tulcem (slika 59). Na lokaciji sami smo izvedli skupno 4 preizkuse meritev in dobili rezultate, ki so prikazani v spodnji tabeli:

Preglednica 37: Prikaz meritev izvlečnih sil [63]

Zaporedno št. meritve	Stena	Pritrdilo	Debelina izolacije [mm]	Max. sila ob poružitvi [N]	Opombe
1	ZS1	PPV 200	140 + 10 mm (simulacija lepila)	1910,30	- sidrna podlaga beton (odstranjena izolacija) - vrtano z vibracijami v globino 70 mm - debelina pritrjevanja 150 mm - pritrdilo vgrajeno s PPV orodjem - porušitev pritrdila ob glavi vijaka
2	ZS1	PSV 160	140 + 10 mm (simulacija lepila)	1450,30	- sidrna podlaga beton (odstranjena izolacija) - vrtano z vibracijami v globino 70 mm - debelina pritrjevanja 150 mm - izolacija predhodno rezkana s pomočjo EPS strgala - porušitev pritrdila ob glavi vijaka
3	ZS2	PPV 200	140 + 10 mm (simulacija lepila)	2006,40	- sidrna podlaga AB prefabrikat - vrtano z vibracijami v globino 70 mm - debelina pritrjevanja 150 mm - pritrdilo vgrajeno s PPV orodjem - porušitev pritrdila ob glavi vijaka
4	ZS2	PSV 160	140 + 10 mm (simulacija lepila)	1369,00	- sidrna podlaga AB prefabrikat - vrtano z vibracijami v globino 70 mm - debelina pritrjevanja 150mm - izolacija predhodno rezkana s pomočjo EPS strgala - porušitev pritrdila ob glavi vijaka

Iz tabele meritev je razvidna razlika med maksimalno porušno silo v PPV pritrdilu in PSV pritrdilu. Bistvena razlika med pritrdiloma istega proizvajalca je v konstrukciji samega pritrdila in načinom pritrjevanja. Pritrjevanje pritrdila PPV poteka s posebnim nastavkom, kateri tudi samodejno izvede poglobitev sidra. Na podlagih izvedenih meritev izvlečnih sil lahko ocenimo, da lahko pritrdilo PPV prenese cca 30–40 % večjo izvlečno silo v primerjavi s PSV pritrdilom. Izmerjene izvlečne sile so zadovoljive, dosežene vrednosti so večje od karakterističnih izvlečnih odpornosti navedenih s strani proizvajalca za razred A – betonske podlage je  $N_{Rk} = 1,2 \text{ kN}$ . Kot priporočeno sidro izberemo vijajčno sidro PPV dolžine 200 mm z doseženo povprečno izvlečno silo 1958,35 N. Izbrano pritrdilo je certificirano na ZAG Ljubljana, ETA - 12/0331 ter je primerno za podlage A, B, C, D in E. Predlagana je izvedba izvrtin v AB konstrukcijo v dolžini 70 mm, s tem, da je efektivna sidrna globina 50 mm. Sidranje fasadnega sistema lahko izvedemo poglobljeno – kar je priporočeno v splošni praksi. Opcijsko lahko izvedemo sidranje fasadnega sistema nepoglobljeno – v tem primeru znaša točkovna toplotna prehodnost skozi pritrdilo približno 0,002 W/K. [64]



### 7.5.2 Vhodni podatki in izračun potrebnega števila pritrdil

Za izračun potrebnega števila pritrdil upoštevamo širino objekta 16,60 m, dolžino 28,20 m ter višino 50,3 m. Objekt se nahaja v 1. vetrni coni s predpisano osnovno hitrostjo vetra  $w_b = 20$  m/s. Okoliški teren obravnavanega objekta uvrstimo v II. kategorijo, za katero iz standarda odčitamo:  $z_0 = 0,30$  m,  $z_{min} = 5$  m,  $z_{0, II} = 0,05$  m. Na podlagi izvlečnih sil sidra na objektu samem ter po izračunu dobimo karakteristično izvlečno silo  $N_{Rk1} = 1,15$  kN, za vijajčno sidro PPV 200 mm, vrednost je podobna deklarirani po ETAG 014.

Na podlagi izračuna po Eurocod-u pridobimo potrebno število sider za eno izolacijsko ploščo – 4 kos, oziroma minimalno 8,3 kos/m<sup>2</sup>. [65]

Podoben rezultat dobimo tudi ob upoštevanju poenostavljene tabele za sidranje iz zapisa smernice GIZ PFSTI:

Teža fasadnega sistema = teža toplotne izolacije + teža lepila in malte + teža prednamaza + teža zaključnega sloja:

$$\begin{aligned} &= 0,14 \text{ m} \times 110 \text{ kg/m}^3 + 12 \text{ kg/m}^2 + 0,1 \text{ kg/m}^2 + 3,0 \text{ kg/m}^2 \\ &= \underline{30,40 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

- izberem težo 30 kg/m<sup>2</sup>,
- izberem 1. vetrno cono  $w_b = 20$  m/s,
- izberem teren II. Kategorije,
- izberem višino objekta od 25 do 50 m.

Na podlagi vhodnih parametrov odčitam potrebno število sider – 6 kos/m<sup>2</sup> v polju ter 8 kos/m<sup>2</sup> na obodu objekta.

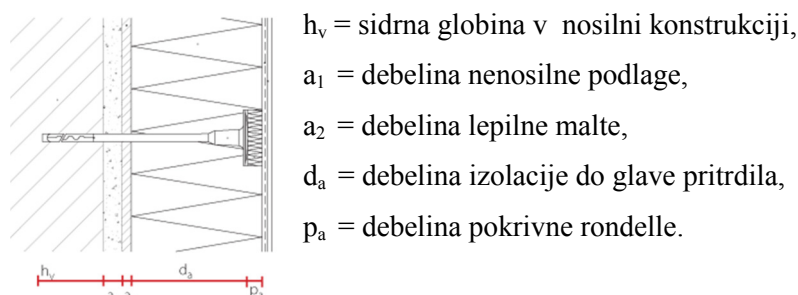
### 7.5.3 Poglobljanje fasadnih pritrdil

Glede na način vgradnje pritrdil na fasadni sistem ločimo dva načina vgradnje glede na pozicijo prirobnice z zunanjim robom izolacijske plošče.

#### 7.5.3.1 Poglobljeno vgrajevanje pritrdil

Pri vgradnji pritrdila se izvaja poglobljanje sidra ter sukcesivno pritrdjevanje pritrdila.

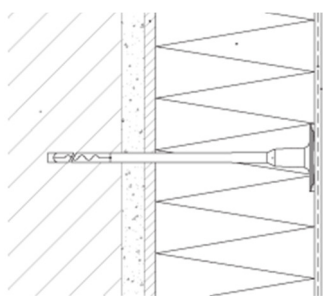
Po učvrstitvi sidra se v nastalo odprtino vgradi pokrivni čep iz ustreznega izolacijskega materiala (stiropor, kamena volna ipd.).



Slika 44: Plastično pritrdilo vgrajeno poglobljeno [65]

### 7.5.3.2 Nepoglobljeno vgrajevanje pritrdil

V tem primeru se pri vgradnji sidra zunanji del sidra ali kapo poravnava z zunanjim robom plošče. V primeru uporabe ustreznega sidra – ki ima dobre lastnosti glede linijskega toplotnega mostu ter ustrezni debelini armirnega sloja t.i. »točk« na fasadnem sistemu, ne bo poznalo.



Slika 45: Plastično pritrdilo poravnano z zunanjim robom izolacije [66]

V izogib nastanku točk na izpostavljenih fasadnih sistemih in zmanjševanju točkovnih toplotnih mostov se pri dodatnem pritrjevanju fasadnih sistemov pritrdila v določenih primerih vgrajuje poglobljeno. Samo poglobljanje se običajno izvaja v dodatni fazi – s rezkanjem izolacijskega materiala, ob uporabi vijačnih sider kot npr. EJOT Ejotharm STR U ali F. Leskovec PPV, se z ustrezno garnituro lahko sočasno izvaja poglobljanje in pritrjevanje pritrdila.

Na podlagi detajlnega izračuna po Eurocod-u ter izračuna potrebnega števila pritrdil izvedenega s pomočjo preglednice GIZ PFSTI lahko podamo zaključek. Za obravnavano stavbo je končni rezultat zelo podoben. Po Eurocod izračunu dobimo potrebno število sider,  $8,3 \text{ kos/m}^2$ , v primeru izračuna s pomočjo tabele pa odčitamo potrebno število  $6 \text{ kos/m}^2$  v polju ter  $8 \text{ kos/m}^2$  na obodu objekta.

Na pridobljenih podatkih priporočamo vgradnjo minimalno  $8,3$  pritrdil PPV dolžine  $200 \text{ mm}$  na  $\text{m}^2$  fasadnega sistema. Kot shemo sidranja upoštevamo predlogo, kot je prikazano na sliki št. 25.

## 8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem se osredotočil na energetske sanacije fasade na večstanovanjskem objektu, stolpnici v Novi Gorici. Z novim ukrepom dodatne toplotne izolacije na ovoju stavbe bistveno izboljšamo toplotno upornost zunanje stene in zmanjšamo toplotne izgube skozi zunanje stene stavbe.

Na podlagi preverbe veljavne zakonodaje ter proučitvi izolacijskih plošč, certificiranih v fasadnem sistemu, je za izvedbo energetske sanacije obravnavanega objekta potrebno vgraditi fasadni sistem požarnega razreda A. Po izvedbi terenskega ogleda objekta in izvedbi sondiranja oboda stavbe je predlagana odstranitev obstoječega fasadnega sistema in skladno z zahtevami Eko sklada predvidena vgradnja novega fasadnega sistema s ploščami iz kamene volne v debelini 14 cm. Predlagani certificirani fasadni sistem Demit Mineral je certificiran skladno s smernicami ETAG 004 in je pri certifikacijskem organu v Republiki Sloveniji pridobil evropsko tehnično soglasje ETA. Za oba konstrukcijska sklopa na zunanji steni je bila preverjena možnost kondenzacije vodne pare s pomočjo programa U-Wert. V konstrukcijskem sklopu ZS 2 za obstoječe stanje je bilo ugotovljeno, da pride do kondenzacije vodne pare v jedru AB prefabrikata. Z grafičnim postopkom so bila izpeljana križanja konstrukcijskih sklopov na ključnih predelih ovoja stavbe. Obstoječe stanje je bilo nadgrajeno z novim fasadnim sistemom na način, da so vsa križanja izvedena ustrezno in ne pride do prekinitve ključnih slojev v konstrukcijskem sklopu. Z energetskim ukrepom, izvedbo novega fasadnega sistema, je v konstrukcijskem sklopu ZS 2 preprečena kondenzacija vodne pare v jedru AB prefabrikata.

V diplomskem delu je bilo preverjeno področje dodatnega pritrjevanja fasadnega sistema. Na objektu so bile izvedene meritve izvlečnih sil fasadnega pritrdila. Gospodarsko interesno združenje proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij je skupaj z zunanjim projektivnim birojem iz tujine pripravilo poenostavljeno tabelo, iz katere je možno pridobiti potrebno število pritrdil. S pomočjo tabele smo določili potrebno število in vrsto pritrdil potrebnih za dodatno pritrjevanje fasadnega sistema ter smo le-to primerjali z Eurocod izračunom. S primerjavo je bilo ugotovljeno, da večjih odstopanj pri poenostavljenem izračunu ne pride. Poglavje dodatnega pritrjevanja fasadnih sistemov na področju Slovenije je teoretično ustrezno obdelano, posamezni proizvajalci fasadnih sistemov sicer ponujajo poenostavljene rešitve, kljub temu pa za določitev potrebnega števila pritrdil za tovrstne objekte priporočamo izdelavo individualne študije s statičnim izračunom ob upoštevanju dodatne obtežbe novega toplotnoizolativnega fasadnega sistema ter preverbe potresne varnosti objekta.

Izvedba energetskih sanacij javnih in večstanovanjskih objektov je danes v ekspanziji. Z možnostimi pridobivanja nepovratnih sredstev za izvedbo energetskih ukrepov ter ugodnimi pogoji za financiranje

energetskih prenov je ta segment gradbeništva v polnem razmahu ter predstavlja potencial za gradbeni sektor. Žal dandanes v praksi prepogosto prihaja do neustrezne zasnove energetskih sanacij oziroma se po večini izvajajo le delne energetske obnove stavb.

Obravnavana poglavja diplomske naloge predstavljajo izhodišče za ustrezno načrtovanje izvedbe energetske sanacije fasadnega ovoja s kontaktnim toplotnoizolacijskim fasadnim sistemom. V splošnem pa velja, da na fasadnih sistemih, ki so vgrajeni skladno z navodili preverjenega proizvajalca material in ob upoštevanju veljavnih zahtev stroke, večjih težav ne beležimo.

## 9 VIRI

- [1] <http://www.adar.si/storitve/energetska-prenova-stavb> (Pridobljeno 10. 2. 2016.)
- [2] Praznik, M. Učinkovita raba energije za ogrevanje v javnih in poslovnih stavbah, ESP Ljubljana <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Praznik/PT194.html> (Pridobljeno 10. 2. 2016.)
- [3] Marinic, J. 2010. Odločitveni model za izbiro izvajalca fasade poslovnega dela objekta EDA Center. Diplomsko naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J.Marinič): 53 str.
- [4] GIZ PFSTI Gospodarsko interesno združenje proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij. Tehnična smernica TS PFSTI 01: 71 str.
- [5] ETICS. External thermal insulation composite system. <http://www.ea-etics.eu/views/etics/mode-of-operation/index.html> (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [6] Šijanec Zavrl M. 2010. Novi izzivi na področju nizkoenergijske gradnje. Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK. [www.ditles.si/Files/DOM\\_10/6\\_Novi%20izzivi\\_Marjana%20Sijanec.pdf](http://www.ditles.si/Files/DOM_10/6_Novi%20izzivi_Marjana%20Sijanec.pdf) (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [7] <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-odvisnost/ukrepi-za-zmanjsanje-odvisnosti> (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [8] Ministrstvo za okolje in prostor. Ljubljana 22. 6. 2010. Tehnična smernica TSG-1-004: 2010, Učinkovita raba energije. [www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/.../TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/.../TSG-01-004_2010.pdf) (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [9] Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti (Uradni list RS, št. 12/03 z dne 7. 2. 2013.)
- [10], [11] Ministrstvo za okolje in prostor. Ljubljana 21.5.2010. Tehnična smernica TSG-1-001:2010, Požarna varnost v stavbah. [www.szpv.si/assets/attachments/18/TSG-2010.pdf?1350217754](http://www.szpv.si/assets/attachments/18/TSG-2010.pdf?1350217754) (Pridobljeno 11. 2. 2016.)
- [12] Hajduković, M. 2000. ZAG. Razvojno raziskovalna naloga. Preizkušanje požarnih lastnosti gradbenih materialov. [www.sos112.si/slo/tdocs/lastnosti\\_gradb.doc](http://www.sos112.si/slo/tdocs/lastnosti_gradb.doc) (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [13] Ministrstvo za okolje in prostor. Ljubljana 11. 3. 2004. Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV5407> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [14] GIZ PFSTI Gospodarsko interesno združenje proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij. Tehnična smernica TS PFSTI 01: 71 str.

- [15] Tehnična dokumentacija Ranit. <http://ranit.de/cms/de/startseite/ranit-highlights/isofux-sol-pad.php> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [16] GIZ PFSTI Gospodarsko interesno združenje proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij. Tehnična smernica TS PFSTI 01: 71 str.
- [17] Ministrstvo za okolje in prostor. Ljubljana 15. 4. 2002. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. <https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [18] Zamuda, J. 2015. Preverjanje ustreznosti objekta osnovne šole Prežihovega Voranca na Srednji bistrici glede na toplotne izgube in nevarnost kondenzacije v stenah. Diplomatska naloga. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo (samozaložba J.Zamuda): 44 str.
- [19] Modic, M. 2009. Tehnološki proces izdelave izolacijskih plošč EPS. Diplomatska naloga. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo (samozaložba M.Modic): 62 str.
- [20] Spletna stran Deloindom 13. 6. 2007. <http://www.deloindom.si/enostanovanjske-hise/pravi-material-na-pravo-mesto> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [21] Spletna stran Deloindom 29. 3. 2011. <http://www.deloindom.si/mineralna-volna-preverjena-toplotna-izolacija> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [22] Spletna stran Deloindom 29. 3. 2011. <http://www.deloindom.si/mineralna-volna-preverjena-toplotna-izolacija> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [23] Sluga, A. 2011. Gradnja stanovanjskega objekta s sistemoma Ytong in Porothers Dryfix. Diplomatska naloga. Univerza v Mariboru. Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba A.Sluga) 167 str.
- [24] Spletna stran Deloindom 27. 9. 2006. <http://www.deloindom.si/materiali/alternativni-toplotnoizolacijski-materiali-od-volne-do-plute> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [25] Spletna stran Weber. <http://www.weber-terranova.si/fasade-in-fasadni-sistemi/fasadni-sistemi-v-ponudbi/fasadni-sistemi/webertherm-plus-ultra-020.html> (Pridobljeno 15. 2. 2016.)
- [26] Švorc, M. Ekoprodukt. Lesnovlakensne plošče. [www.ekoprodukt.si](http://www.ekoprodukt.si) (Pridobljeno 15. 2. 2016.)

[27], [28] Tehnični katalogi proizvajalcev toplotnih izolacij in fasadnih sistemov. [www.fragmat.si](http://www.fragmat.si), [www.fibran.si](http://www.fibran.si), [www.knaufinsulation.si](http://www.knaufinsulation.si), [www.isover.it](http://www.isover.it), [www.ytong.si](http://www.ytong.si), [www.roefix.si](http://www.roefix.si), [www.baumit.si](http://www.baumit.si), [www.ekoprodukt.si](http://www.ekoprodukt.si), [www.aerogel.si](http://www.aerogel.si) (Pridobljeno 16. 2. 2016.)

[29] Spletna stran Eko sklada. <https://www.ekosklad.si/o-eko-skladu/o-skladu> (Pridobljeno 16. 2. 2016.)

[30] Javni poziv 37SUB-OB16. Spletna stran Ekosklada. <https://www.ekosklad.si> (Pridobljeno 16. 4. 2016.)

[31] Spletna stran GoogleMaps

<https://www.google.si/maps/place/Ulica+Gradnikove+brigade+33,+5000+Nova+Gorica/@45.9614792,13.6450432,892m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x477b0102104a585f:0x2523a8da83ee567!8m2!3d45.9614755!4d13.6472319?hl> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[32], [33], [34], [35] Merljak J. Lastni arhiv fotografij (Pridobljeno 10. 5. 2015.)

[36] Merljak J. Lastni arhiv, izdelava izmer na objektu (Pridobljeno 10. 5. 2015.)

[37], [38], [39] Merljak J. Lastni arhiv fotografij (Pridobljeno 10. 5. 2015.)

[40] Šijanec Zavrl M., Malovrh M., Oberžan D., Pogačnik J., Rešič K. Gradbeni inštitut ZRMK. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije. Predpisi o toplotnih izgubah stavb št.2/02. Ljubljana. (Pridobljeno 16. 2. 2016.)

[41] Spletna stran U-Wert. <https://www.u-wert.net/about/> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[42], [43] Energija 2014, program Knauf Insulation. Spletna stran <http://www.knaufinsulation.si/program-ki-energija-2014> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[44] Spletna stran En EV. [http://www.enev-online.org/enev\\_2009\\_volltext](http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext) (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[45], [46] GIZ PFSTI Gospodarsko interesno združenje proizvajalcev fasadnih sistemov in toplotnih izolacij. Tehnična smernica TS PFSTI 01: 71 str.

[47] Eurocod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4.del: Splošni vplivi – Vplivi vetra SIST EN 1991-1-4.

Evropski komite za standardizacijo. Bruselj. April 2005 : 133 str.

[48], [49] Spletna stran Baunit. <http://www.baunit.si/si/storitve/smernice/smernice.html> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[50], [51], [52], [53], [54] Spletna stran Weber. <http://www.weber-terranova.si/fasade-in-fasadni-sistemi/pomoc-in-nasveti/kako-izdelati-fasado/navodila-za-vgradnjo/sidranje-izolacijskih-plosc.html> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[55] RWT Plus ZT Gbmh. Standsicherheitsnachweis, Variantenberechnungen und Dübeltabellen für GIZ PFSTI. Wien, 8.8.2011

[56], [57] Spletna stran F.Leskovec. <http://www.leskovec.si> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[58] Spletna stran Ejot. <http://www.ejot.com/Building-Fasteners/Applications/ETICS/For-Insulation-Boards/%3Cem%3Eejotherm%3C-em%3E-STR-U-2G/p/STR-U-2G> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[59] Spletna stran Fischer. <http://www.fischer.de/en/Product-Range/ETICS-Fixings-EWI/termoz-SV-II-ecotwist> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[60] Spletna stran Hilti. <https://www.hilti.fr/clouage/fixations-au-mur-de-coffrage-et-d%E2%80%99isolants/r3480> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[61] Spletna stran Ejot. <http://www.ejot.com/Building-Fasteners/Applications/ETICS/For-Insulation-Boards/%3Cem%3Eejotherm%3C-em%3E-STR-H/p/STR-H> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[62] Merljak J. Lastni arhiv, izdelava meritev izvlečnih sil na objektu, (Pridobljeno 18. 11. 2015.)

[63] Alič, M. Poročilo o opravljenih meritvah izvlečnih sil. F.Leskovec d.o.o., (Pridobljeno 18. 11. 2015.)

[64] Spletna stran Ejot. <http://www.ejot.com/Building-Fasteners/Applications/ETICS/For-Insulation-Boards/%3Cem%3Eejotherm%3C-em%3E-STR-U-2G/p/STR-U-2G> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)

[65] Leskovar, I. Statična analiza sidrišč za tipično »FKD S« izolacijsko ploščo s predlogom za razporeditev pritrdil. Irma d.o.o., (Pridobljeno 10. 1. 2016.)



[66] Spletna stran Weber. <http://www.weber-terranova.si/fasade-in-fasadni-sistemi/pomoc-in-nasveti/kako-izdelati-fasado/navodila-za-vgradnjo/sidranje-izolacijskih-plosc.html> (Pridobljeno 17. 2. 2016.)