VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

IZVEDBA PREZRAČEVANE FASADE NA VEČSTANOVANJSKI STAVBI V PRAKSI

Kandidatka: Svetlana Erker

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Denis Črešnar, univ. dipl. inž. arh.

Lektorica: dr. Aleksandra Gačić Belej, univ. dipl. prof. zgo. in slov.

Maribor, 2023

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Svetlana Erker sem avtorica diplomskega dela z naslovom Izvedba prezračevane fasade na večstanovanjski stavbi v praksi, ki sem ga napisala pod mentorstvom Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Slovenska Bistrica, november 2023 Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorjema Vladimirju Dragorajcu in Denisu Črešnarju za vso pomoč in nasvete pri pripravi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi Robertu Skrbinšku, Romanu Zajcu, Mirjani Žnajder in Almirju Durmiševiću iz podjetja Reflex d. o. o. za pomoč pri učenju in motivacijo pri pripravi diplomskega dela.

In ne nazadnje, se zahvaljujem tudi svojim najbližjim, Evi, Jakobu in Andreju, ker so verjeli vame, me spodbujali in bili potrpežljivi. Hvala tudi, mami in tati, da sem.

»*Nikoli se ne pozabite smejati, poslušati in se učiti, raziskovati, se čuditi, reči prosim in hvala, imeti svoje mnenje, spoštovati mnenje drugih, biti prijatelj.*

Sprejeti moraš, kar koli ti pride na pot, *pomembno je le, da se s tem soočiš pogumno in z vsem, kar najboljšega premoreš. (Eleanor Roosevelt)*

POVZETEK

Ob preletu zgodovine gradbeništva spoznamo, da je velik vpliv na razvoj mest imela prometna infrastruktura. Ljudje so se začeli s podeželja preseljevati v mesta, saj so tako imeli boljšo in hitrejšo povezavo z drugimi kraji. Z vedno večjim preseljevanjem in obremenjenostjo mestnih središč so mestne oblasti začele iskati rešitve za nastanitev rastočega števila prebivalcev. Ker so bili omejeni s prostorom, je bilo treba graditi v višino. Dobili smo današnje bloke, stolpnice, večstanovanjske objekte.

V današnjem času, ko so zahteve po skoraj nič-energijskih, samooskrbnih objektih vedno večje, je izbira fasadnega sistema ključnega pomena.

V diplomskem delu sem raziskala fasadne sisteme in njihove materiale. Opisala sem sestavo kontaktne in prezračevane fasade ter lastnosti posameznega sloja. Pri kontaktni fasadi sem za izračun stroškov izvedbe uporabila dve različni vrsti toplotne izolacije in ju stroškovno primerjala med sabo. Za izračun stroškov prezračevane fasade sem naredila izračun za dve različni fasadni oblogi ob predpostavki, da potrebujeta enako podkonstrukcijo. Tudi pri tem sem stroške prezračevane fasade primerjala med sabo. Vse izračune sem za lažjo predstavo vpisala v tabele in jih nato primerjala. Ugotovila sem, da na strošek izvedbe kontaktne fasade vpliva izbira toplotne izolacije in na strošek prezračevane fasade fasadna obloga. Ne glede na toplotno izolacijo in fasadno oblogo je strošek izvedbe prezračevane fasade skoraj dvakrat večji od stroška kontaktne fasade. Ker se stroški fasadnega sistema ne končajo z izvedbo, sem naredila še izračune vzdrževanja kontaktne in prezračevane fasade ter jih zapisala v tabele in jih nato primerjala. Vzdrževanje prezračevane fasade po 15 letih je skoraj osemkrat manjše od vzdrževanja kontaktne fasade. Za konec sem izračunala toplotno prehodnost obeh fasad in optimizirala debeline toplotne izolacije. Preračunala sem stroške izvedbe po optimizirani debelini toplotne izolacije in jih primerjala. Prezračevana fasada je še vedno skoraj dvakrat dražja od kontaktne fasade. Navsezadnje sem v diplomsko delo vključila še izpuste emisij CO_2. Za lažjo primerjavo obeh fasad sem izračunala stroške vzdrževanja po 30 letih. Zaključila sem, da je začetni nižji strošek kontaktne fasade varljiv, saj je z vzdrževanjem po 30 letih strošek kontaktne fasade skoraj trikrat večji od začetnega vložka. Enako je z izpusti CO_2. Z naraščanjem stroškov vzdrževanja naraščajo tudi izpusti CO_2, kar je nesprejemljivo za trajnostno gradnjo.

Ključne besede: *prezračevana fasada, stroški, izpusti CO_2, fasada, toplotna prehodnost*

ABSTRACT

IMPLEMETATION OF A VENTILATED FACADE ON MULTI-APARTMENT BUILDING IN PRACTICE

Travelling through the history of construction, we realize that transport infrastructure had a major impact on the development of cities. People began to move from the countryside to the cities because they had better and faster connections to other places. With increasing migration and congestion in urban centres, city authorities began to look for solutions to accommodate a growing number of residents. Since they were limited in space, it was necessary to build in height. We got today`s blocks, high-rise buildings, multi-apartment buildings.

Nowadays, when the requirements for near-zero-energy, self-sufficient buildings are increasing, the choice of a facade system is crucial.

In my graduate work, I researched facade systems and their materials. I described the composition of the contact and ventilated facade and the characteristics of each layer. For the contact facade, I used two different types of thermal insulation to calculate the cost of implementation and compared them with each other in terms of cost. To calculate the cost of a ventilated facade, I made a calculation for two different facade cladding assuming they need the same substructure. Here, too, I compared the cost of the ventilated facade with each other. For ease of reference, I put all the calculations into tables and then compared them. I found that the cost of the contact facade is influenced by the choice of the thermal insulation, and the cost of the ventilated facade is influenced by the facade cladding. Regardless of the thermal insulation and facade cladding, the cost of performing a ventilated facade is almost twice as much as the cost of a contact facade. Since the cost of the facade system does not end with the implementation, I also made calculations of the maintenance of the contact and ventilated facade and recorded them in tables and then compared them. Maintenance of a ventilated facade after 15 years is almost eight times less than maintenance of a contact facade. Finally, I calculated the thermal transmitance of both facades and optimized the thickness of the thermal insulation. I calculated the costs of implementation according to the optimized thickness of the thermal insulation and compared them. Ventilated facades are still almost twice as expensive as contact facades. Last but not least, I also calculated CO_2 emissions in my thesis. To make it easier to compare the two facades, I calculated the maintenance costs after 30 years. I concluded that the initial lower cost of the contact facades is almost three times greater than the initial

input. The same goes for CO_2 emissions. As maintenance costs rise, so do CO_2 emissions, which is unacceptable for sustainable construction.

Keywords: *ventilated facade, costs, CO_2 emissions, facade, thermal transmittance*

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 11

1.1 Opis področja in opredelitev problema 11

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 11

1.3 Predpostavke in omejitve 12

1.4 Uporabljene raziskovalne metode 12

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI 14

3 FASADA – OVOJ ZGRADBE 16

3.1 Neprezračevana neprosojna fasada 16

3.1.1 Fasada s toplotno izolacijo – kontaktna fasada 16

3.1.2 Fasada brez toplotne izolacije 20

3.2 Prezračevana neprosojna fasada 22

3.2.1 Fasada s toplotno izolacijo 22

3.2.2 Fasada brez toplotne izolacije 24

4 MATERIALI FASADNEGA OVOJA 26

4.1 Toplotna izolacija 26

4.2 Fasadna obloga 30

4.2.1 Ometi 30

4.2.2 Kovinske obloge 31

4.2.3 Lesene obloge 32

4.2.4 Steklene obloge 33

4.2.5 Obloge iz naravnega kamna 34

4.2.6 Opečne in keramične obloge 34

4.2.7 Obloge iz mineralnih kompozitov 35

4.2.8 Obloge iz umetnih snovi 36

5 PREZRAČEVANA FASADA NA VEČSTANOVANJSKIH OBJEKTIH JE PREJ IZJEMA KOT PRAVILO 37

5.1 Klasična kontaktna fasada 37

5.1.1 Fasadno lepilo za lepljenje izolacijske plošče 38

5.1.2 Izolacija 38

5.1.3 Fasadno lepilo za izdelavo armiranega sloja 38

5.1.4 Armirna mrežica 38

5.1.5 Osnovni premaz 38

5.1.6 Zaključni sloj 39

5.2 Prezračevana neprosojna fasada 39

5.2.1 Podkonstrukcija *39*
5.2.2 Izolacija *40*
5.2.3 Paropropustna folija *40*
5.2.4 Prezračevalni sloj *40*
5.2.5 Fasadna obloga *40*
5.3 Stroškovna primerjava kontaktne in prezračevane fasade 40
5.3.1 Strošek izvedbe kontaktne fasade *41*
5.3.2 Strošek izvedbe prezračevane fasade *45*
6 VZDRŽEVANJE PREZRAČEVANE FASADE JE PREPROSTEJŠE IN CENEJŠE OD VZDRŽEVANJA KONTAKTNE FASADE 47
6.1 Vzdrževanje funkcionalnosti fasade 47
6.2 Strošek vzdrževanja kontaktne fasade 47
6.3 Strošek vzdrževanja prezračevane fasade 49
6.4 Stroškovna primerjava vzdrževanja obeh fasad v 15 letih 50
7 PREZRAČEVANA FASADA JE PRIMERNEJŠA ZA POSLOVNE KOT ZA VEČSTANOVANJSKE STAVBE 52
7.1 Toplotna prehodnost fasadnega ovoja 52
7.2 Toplotna prehodnost kontaktne fasade 54
7.3 Toplotna prehodnost prezračevane fasade 56
7.4 Stroškovna primerjava izvedbe kontaktne in prezračevane fasade po optimizaciji toplotne izolacije 57
8 Z ODLOČITVIJO O IZVEDBI PREZRAČEVANE FASADE PRIPOMOREMO K ZMANJŠANJU EMISIJ OGLJIKA V PROCESU GRADNJE IN PO NJEJ 58
8.1 Izvedba kontaktne in prezračevane fasade 59
8.2 Vzdrževanje kontaktne in prezračevane fasade 60
9 SKLEP 62
10 VIRI, LITERATURA 64
11 PRILOGE 68

KAZALO SLIK

Slika 1: Fasada z zunanjo toplotno izolacijo 17
Slika 2: Fasada z notranjo toplotno izolacijo 18
Slika 3: Fasada z obojestransko toplotno izolacijo 19
Slika 4: Fasada z vmesno toplotno izolacijo 20
Slika 5: Masivna fasada 21

Slika 6: Fasadni sistem s Porotherm 38 IZO profi opeko 21
Slika 7: Prezračevana neprosojna fasada 23
Slika 8: Prezračevana fasada s samonosno fasadno oblogo 24
Slika 9: Masivna fasada s samonosno fasadno oblogo 25
Slika 10: Beli in grafitni stiropor 27
Slika 11: Kamena volna 28
Slika 12: Steklena volna 29
Slika 13: Plošče iz fenolne pene 29
Slika 14: Alucobond; Vir: (3A, 2023) 31
Slika 15: Fasadni paneli iz aluminija 32
Slika 16: Fasadna obloga iz masivnega lesa 33
Slika 17: Fasada s stekleno oblogo 33
Slika 18: Kamnita fasada 34
Slika 19: Fasadna obloga iz keramičnih ploščic v imitaciji lesa 35
Slika 20: Obloga iz barvnega betona 36
Slika 21: Obloga iz umetnih snovi: iz laminatov (levo) in iz prozornih polikarbonatnih plošč 36
Slika 22: Sestava kontaktne fasade po slojih 37
Slika 23: Sestava prezračevane neprosojne fasade 39
Slika 24: Gradbene norme za fasade – sistem demit 43
Slika 25: Toplotna prevodnost (λ) in toplotna prehodnost (U) 53
Slika 26: Življenjski cikel stavbe 58

KAZALO TABEL

Tabela 1: Tabela stroškov izvedbe kontaktne in prezračevane fasade za fasado skupne površine 4240 m² 15
Tabela 2: Nabavne cene materialov kontaktne fasade s toplotno izolacijo iz stiropora 41
Tabela 3: Nabavne cene materialov za kontaktno fasado s toplotno izolacijo iz mineralne volne 42
Tabela 4: Tabela stroškov dela za kontaktno fasado 42
Tabela 5: Nabavne cene materialov in montaže prezračevane fasade z oblogo iz vlaknocementnih plošč Equiton 45
Tabela 6: Nabavne cene materialov in montaže za prezračevano fasado z oblogo iz keramičnih plošč Marazzi 45
Tabela 7: Tabela stroškov vzdrževanja kontaktne fasade 48
Tabela 8: Tabela stroškov vzdrževanja prezračevane fasade 49
Tabela 9: Tabela stroškov vzdrževanja kontaktne fasade v 15 letih 50
Tabela 10: Tabela stroškov vzdrževanja prezračevane fasade v 15 letih 50

TABELA 11: TABELA TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE S TOPLOTNO IZOLACIJO IZ EPS-PLOŠČ FRAGMAT PREMIUM 031 54
TABELA 12: SESTAVA KONSTRUKCIJE 54
TABELA 13: TABELA TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE S TOPLOTNO IZOLACIJO IZ KAMENE VOLNE KNAUF INSULATION FKD-S THERMAL 55
TABELA 14: SESTAVA KONSTRUKCIJE 55
TABELA 15: TABELA TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE S FASADNO OBLOGO IZ KERAMIKE MARAZZI 56
TABELA 16: SESTAVA KONSTRUKCIJE 56
TABELA 17: STROŠEK IZVEDBE FASADNEGA SISTEMA PO OPTIMIZACIJI TOPLOTNE IZOLACIJE 57
TABELA 18: TABELA STROŠKOV VZDRŽEVANJA KONTAKTNE IN PREZRAČEVANE FASADE PO 30 LETIH 61

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1: STROŠEK VZDRŽEVANJA KONTAKTNE IN PREZRAČEVANE FASADE PO 30 LETIH 60

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V današnjem modernem času gradnje se srečujemo z različnimi oblikami in izvedbami gradnje objektov – spiralno zavite, elipsoidne, valovite strehe, polkrožne itd. Posledično so oblike in izvedbe fasad vse zahtevnejše in zapletenejše, saj morajo slediti zahtevam in idejam arhitektov in naročnikov ter tudi funkcionalnosti – vodotesnosti, vetrnim obremenitvam, energijski učinkovitosti, emisijskim izpustom itd.

Fasada objekta je »obleka« objekta, zato mora izpolnjevati vse pogoje za zaščito in varnost uporabnikov, najsi so to zaposleni ali stanovalci. Opazila sem, da so v velikem porastu prezračevane fasade, ki so v primerjavi z nekaterimi izjemami večinoma izvedene na poslovnih objektih, bodisi so to hoteli in poslovne pisarne bodisi muzeji, gledališča itd. Zelo malo je opaziti prezračevanih fasad na večstanovanjskih objektih. Zakaj je tako?

Danes vsi stremimo k boljšim življenjskim in bivanjskim pogojem. Dom nam predstavlja varno zavetje. Graditi želimo boljše in cenejše, z manj vlaganja v vzdrževanje v prihodnosti. Ker si ne morejo vsi privoščiti enodružinske hiše, si varno zavetje – dom poiščejo v večstanovanjskih stavbah kot lastniki stanovanj. Tu se pojavi dodaten strošek, ki nekaterim predstavlja veliko težavo – vzdrževanje skupnih prostorov, kamor spada tudi fasada. Fasada je čedalje dražji in največji strošek, saj zavzema največjo površino stavbe. Da bi se v prihodnosti izognili velikim stroškom vzdrževanja fasade, je treba že v fazi načrtovanja razmisliti o najbolj ekonomičnem pristopu izvedbe fasade med gradnjo in po njej.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

V diplomskem delu bom poskusila raziskati in predstaviti, zakaj se arhitekti in naročniki ne odločajo za prezračevane fasade tudi na objektih, namenjenih bivanju. Ali so njihova kompleksnost, zahtevnost izvedbe in stroški odločilnega pomena pri izbiri med prezračevano fasado in klasično kontaktno fasado? Katera izbira je boljša gledano s strani zmanjšanja emisij ogljika med gradnjo in po njej?

Svoje trditve bom predstavila s pomočjo štirih hipotez, ki bodo vodilo mojega diplomskega dela.

- **H1** – Prezračevana fasada na večstanovanjskih objektih je prej izjema kot pravilo.

- **H2** – Vzdrževanje prezračevane fasade je preprostejše in cenejše od vzdrževanja kontaktne fasade.
- **H3** – Prezračevana fasada je primernejša za poslovne kot za večstanovanjske stavbe.
- **H4 –** Z odločitvijo o izvedbi prezračevane fasade pripomoremo k zmanjšanju emisij ogljika v procesu gradnje in po njej.

1.3 Predpostavke in omejitve

V letih 2022–2023 so cene gradbenih materialov in montaže nekajkrat poskočile, zato se bom ob podajanju stroškov izvedbe kontaktne in prezračevane fasade morala omejiti na cene materialov in montaže, dobljene v mesecu novembru 2023.

Od arhitektov in projektantov bom s pomočjo ankete poskusila izvedeti, zakaj se pogosteje odločijo za klasične fasade na večstanovanjskih stavbah in redkeje za prezračevane fasade. Kolikšen vpliv imajo izbor materiala ter način izvedbe in stroški med gradnjo na njihove odločitve ter kolikšen vzdrževanje. Predvidevam, da bo njihov odziv na anketo premajhen, da bi lahko dobljene rezultate uvrstila v diplomsko delo, saj so večinoma v porastu novogradnje in obnove poslovnih objektov, manj je novogradenj večstanovanjskih stavb.

V diplomskem delu se bom osredotočila na neprosojne prezračevane fasade, saj so najprimernejše za večstanovanjske objekte. Izmed velike palete fasadnih oblog (kovinske obloge, lesene obloge, steklene obloge, obloge iz naravnega kamna itd.) se bom osredotočila na keramične in vlaknocementne plošče.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

V diplomskem delu bom uporabila slovensko in tujo literaturo, članke, časopise, knjižnično gradivo, gradbeno gradivo, prospekte uporabljenih materialov ter spletne vire na temo prezračevanih in kontaktnih fasad. Na spletnih straneh proizvajalcev toplotne izolacije bom poskusila izvedeti čim več o njihovih izdelkih in uporabnosti na določenih tipih fasad. Z anketo, poslano arhitektom in projektantom, bom poizvedovala o njihovem pristopu k načrtovanju fasade in od česa je odvisna odločitev za tovrstno izvedbo fasade.

Cene fasadne obloge in montaže bom povzela iz lastnega vira ter cene ostalih materialov s spleta.

Za stroškovno primerjavo obeh fasad bom uporabila tabele, kjer bodo nazorno prikazane vrednosti in kakovost materialov. Za boljšo ponazoritev in predstavo bom priložila fotografije iz pridobljenega gradiva.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Pred vsakim začetkom gradnje je treba sestaviti skupino/ekipo, ki bo za lažje, hitrejše in bolj organizirano delo tesno in koordinirano sodelovala. Naloge oz. zadolžitve je treba razdeliti med posameznike glede na njihove izkušnje in različne značaje, pri čemer bo točno določeno kaj se od njih pričakuje.

Na takšen način smo se na Višji strokovni šoli Academia odločili, da bomo razdelili delo v projektni skupini. Pred začetkom smo vsi prihodnji diplomanti opravili Belbinov test in Myerssov test osebnosti. Na osnovi rezultatov smo se razdelili v projektne skupine. V naši skupini je bilo meni dodeljeno mesto preiskovalca virov in pomoč zaključevalcu.

Za preiskovalca virov je značilno, da so dobri komunikatorji, tako znotraj kot zunaj organizacije, so naravni pogajalci, spretni pri raziskovanju novih priložnosti in razvijanju pogodb. Znajo hitro razmišljati in pridobivati informacije od drugih. So najboljši ljudje, ko je treba vzpostaviti zunanje povezave in najti vire izven skupine.

Zaključevalci so neprecenljivi, kjer naloge zahtevajo tesno koncentracijo in visoko stopnjo natančnosti. V skupini spodbujajo občutek nujnosti in so dobri pri izpolnjevanju rokov. Kot vodje se odlikujejo po visokih standardih, h katerim se zavezujejo, njihovi skrbi za natančnost, pozornosti do podrobnosti in sposobnosti, da zaključijo zadeve. Njihova moč je v izpolnitvi svoje obljube in delovanju v skladu z najvišjimi standardi.

Na prvem srečanju projektne skupine sem jim najprej predstavila svoje diplomsko delo. Seznanila sem jih, da želim raziskati, ali so prezračevane fasade na večstanovanjskih stavbah boljša in bolj ekonomična izbira tako na strani izvedbe in vzdrževanja kakor tudi na strani zmanjšanja emisij ogljika v procesu gradnje in po njej. Za primerjavo stroškov in kompleksnosti izvedbe sem vključila izvedbo in vrste klasične kontaktne fasade ter materiale obeh fasad. Za lažjo preglednost sem dobljene podatke vnesla v tabele.

Na drugem srečanju smo pokomentirali dobljene izračune stroškov izvedbe obeh fasad. Strinjali smo se, da so stroški izvedbe prezračevane fasade glede na kompleksnost izvedbe upravičljivo višji. Strošek izvedbe kontaktne fasade se giblje med 75,87 EUR/m^2 in 114,67 EUR/m^2 ter je odvisen od izbrane toplotne izolacije, medtem ko je strošek izvedbe prezračevane fasade med 127,85 EUR/m^2 in 143,72 EUR/m^2 ter je odvisen od izbrane fasadne obloge in podkonstrukcije.

Tabela 1: Tabela stroškov izvedbe kontaktne in prezračevane fasade za fasado skupne površine 4240 m²

	Kontaktna fasada		Prezračevana fasada	
	Fragmat Premium 031	Kamena volna – FKD-S Thermal	Kamena volna – NaturBoard VENTI + Marazzi	Kamena volna – NaturBoard VENTI + Equiton
Debelina izolacije (cm)	13,5	20	20	20
Nabavna cena izolacije (€/m^2)	20,59	56,97	27,63	27,63
Cena izvedbe (€/m^2)	75,87	114,67	116,80	143,72
Strošek fasade 4.240 m^2	321.688,80	486.200,80	495.232,00	609.372,80
	100 %	151,14 %	153,95 %	189,4 3%

Vir: Lasten vir

Naslednja naloga je bila primerjava stroškov vzdrževanja. Stroški vzdrževanja so odvisni od fasadnega sistema in fasadne obloge. Cena čiščenja oziroma pranja kontaktne fasade se giblje med 4,5 in 6,0 EUR/m^2 ter je odvisna od zaključnega ometa (tankoslojni dekorativni omet, debeloslojni grobi omet). Za čiščenje fasadne obloge prezračevane fasade bomo odšteli manj, med 1,5 in 2 EUR/m^2. Tudi tu je cena odvisna od fasadne obloge in umazanosti te. Pranje oz. čiščenje fasadne obloge, bodisi kontaktne fasade bodisi prezračevane fasade, je priporočljivo vsakih sedem do 15 let.

V skupini smo se dogovorili, da bi s pomočjo izračuna toplotne prehodnosti obeh fasad znižali stroške izvedbe. Po opravljenem izračunu sem optimizirala debelino toplotne izolacije in ponovno izračunala stroške izvedbe. Stroški izvedbe prezračevane fasade so še vedno za 67,4 % višji od stroškov izvedbe kontaktne fasade, vendar cena vzdrževanja opravičuje višjo investicijo.

Delo v projektni skupini je potekalo koordinirano in uspešno, saj smo vsi člani vedeli, kaj so naše naloge. Ob nastanku težav smo jih skupno reševali. Ugotovili smo, da dobra organizacija, sodelovanje in dobri odnosi prispevajo k hitro, uspešno in brez večjih težav končanemu projektu.

3 FASADA – OVOJ ZGRADBE

Že od zgodnjih začetkov graditeljstva je skoraj ves čas v rabi neprosojni fasadni ovoj. Sprva so bila bivališča preprosta – iz zemlje, lubja, živalskih kož, lesenih brun in bambusa, čez čas in razvoj se je začelo graditi iz gline, kamna in opeke. Prevladovala so torej naravna, zdrava gradiva in opeka z odličnimi sonaravnimi lastnostmi. Notranjost zgradb je v takem ovoju zdravo dihala z okoljem.

Graditi z naravnimi materiali, je pomenilo graditi debele zunanje stene, ki so se z razvojem tehnologije začele tanjšati. Z revolucijo industrije se je začela uporaba materialov, ki ne dihajo, kot npr. beton, steklo, polimeri, kovine … S tanjšanjem debelih sten in z uporabo »ne dihajočih« materialov so se pojavile nove težave: difuzijska vlaga, ki prodira iz notranjosti, iskanje rešitev, kako prenesti akumulacijsko in izolativno sposobnost debelih sten na nove, tanjše stene.

Da bi se zadostilo novim potrebam fasadnega ovoja, je bilo treba vpeljati nove smernice – fasadni ovoj je treba sestaviti iz več različnih materialov, vsakega s svojo posebno funkcijo. Odvisno od temeljne konstrukcije in fizikalnih značilnosti se je neprosojni fasadni ovoj razdelil v dve skupini:

- *neprezračevana neprosojna fasada*, kjer so posamezne plasti tesno skupaj;
- *prezračevana neprosojna fasada*, kjer je za fasadno oblogo prezračevalna plast, ki izboljša nekatere fizikalne sposobnosti (Zbašnik-Senegačnik, Martina; Kresal, Janez; 2004)

3.1 Neprezračevana neprosojna fasada

Neprezračevana neprosojna fasada ima posamezne plasti tesno skupaj. Sestavljajo jo nosilna stena, toplotna izolacija (večinoma) ter zunanja in notranja obloga. Vsak posamezni material ima svoje fizikalne sposobnosti, ki jih je treba upoštevati, saj tvorijo celoto.

3.1.1 Fasada s toplotno izolacijo – kontaktna fasada

Poznamo več vrst fasad s toplotno izolacijo. Delimo jih glede na to, kje je toplotna izolacija:

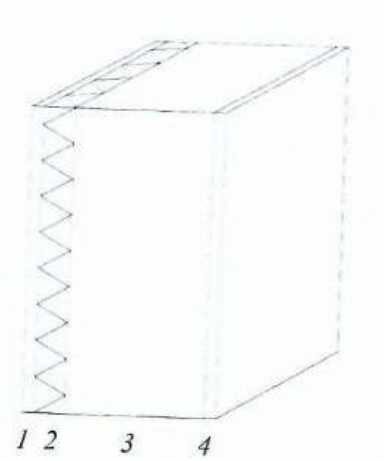
Fasada z zunanjo toplotno izolacijo – posebno pozornost moramo nameniti fasadnim oblogam neprezračevanih fasad, saj morajo biti dobro paroprepustne, sicer lahko pri preveč tesnih plasteh vodna para kondenzira v toplotni izolaciji. Posledično pride do mehurjev in luščenja fasadne

obloge. V zimskem času lahko kondenzirana vodna para zmrzne, zaradi česar površinski sloj fasade odstopi. V poletnih mesecih so možne toplotne obremenitve fasadne obloge, saj zaradi zadaj ležeče toplotne izolacije toplota ne prehaja v druge plasti.

Fasadna obloga in toplotna izolacija imata ključni vlogi pri zunanji steni. Tako ena kot druga morata izpolnjevati določene zahteve, saj sta izpostavljeni zunanjim vremenskim vplivom:

- Fasadna obloga – biti mora prepustna za vodno paro, odporna proti svetlobi in vremenskim vplivom, dosegati mora določeno mehansko trdnost ter mora biti trdno in trajno pritrjena na podlago.
- Toplotna izolacija – obstojna mora biti na staranje in trohnenje, trdno pritrjena na podlago, odporna proti poškodbam zaradi temperaturnih sprememb in ne sme dopuščati toplotnih mostov (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).

Slika 1: Fasada z zunanjo toplotno izolacijo



Vir: Fasadni ovoj (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004)

Sestava od zunaj navznoter:

1 – fasadna obloga,

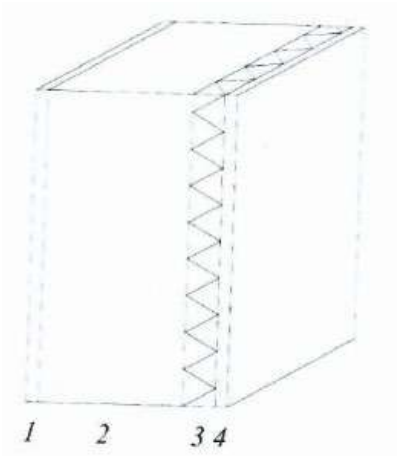
2 – toplotna izolacija,

3 – masivna zunanja stena,

4 – notranja obloga.

Fasada z notranjo toplotno izolacijo – toplotna izolacija je na notranji strani zunanje stene. V tem primeru je zunanja stena izpostavljena velikim temperaturnim spremembam: pozimi popolnoma zmrzne, poleti je zaradi toplotnega zastoja zelo topla. Posebno pozornost moramo nameniti zunanji strani zunanje stene, saj je zaradi velikih temperaturnih raztezkov potrebna izvedba dilatacijskih fug na relativno kratkih razdaljah. Stene iz vidnega betona morajo biti dodatno armirane.

Pri fasadah z notranjo toplotno izolacijo je treba vgraditi parno zaporo, zlasti v vlažnih prostorih. Za najprimernejšo so se izkazale plošče iz polistirena, saj lahko služijo kot parna zapora in toplotna izolacija (μ = 20 do 50). Toplotno izolacijo moramo z notranje strani stene obložiti s trdo oblogo, npr. mavčne plošče, in nikakor ne s tapetami ali tankim ometom, saj lahko poleti pride do pregrevanja prostorske klime oz. t. i. barakarske klime. Ta sistem fasade je primeren za prostore, ki jih ogrevamo kratek čas – vikendi, prostori za občasna druženja, občasno uporabljena stanovanja, saj se prostor hitro segreje in hitro ohladi (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).



Slika 2: Fasada z notranjo toplotno izolacijo

Vir: Fasadni ovoj (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004)

Sestava od zunaj navznoter

1 – fasadna obloga

2 – masivna zunanja stena

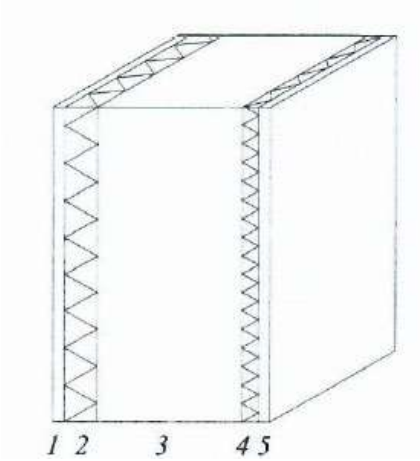
3 – toplotna izolacija

4 – notranja obloga

Fasada z obojestransko toplotno izolacijo – pri tem fasadnem sistemu je treba upoštevati merila, ki veljajo tako pri zunanji kot notranji toplotni izolaciji. Debelina zunanje toplotne izolacije mora biti dvakrat večja od debeline notranje toplotne izolacije oz. v razmerju 2:1. Meja zmrzovanja in možnega rosišča vedno leži v zunanji plasti toplotne izolacije.

Pri vlažnih prostorih, kot so kopalnice in kuhinje, je priporočljiva uporaba parne zapore, ki jo namestimo med notranjo toplotno izolacijo in notranjo oblogo. Izključiti ne smemo niti dejstva, da mora v tem fasadnem sistemu biti toplotna izolacija iz materialov, odpornih proti vlagi, ki ne trohnijo.

Med drugim je fasada z obojestransko toplotno izolacijo primerna tudi za betonske zunanje stene, četudi že imajo zunanjo ali vmesno toplotno izolacijo. Da se izognemo hladnemu občutku ob dotiku površine, pod notranjo oblogo (npr. mavčno ploščo) namestimo cca. 5 mm debel izolativni sloj. V tem primeru ne gre za obojestransko toplotno izolacijo, temveč le za ukrep izboljšanja občutka ob dotiku.



Slika 3: Fasada z obojestransko toplotno izolacijo

Vir: Fasadni ovoj, (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004)

Sestava od zunaj navznoter:

1 – fasadna obloga,

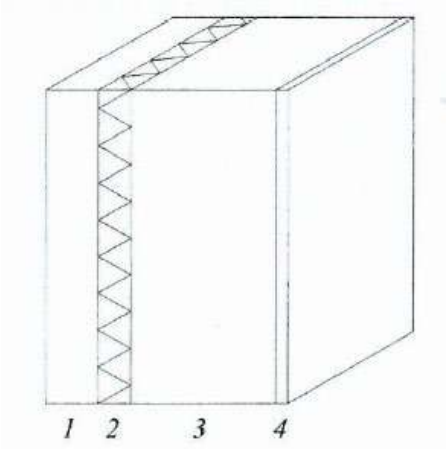
2 – toplotna izolacija,

3 – masivna zunanja stena,

4 – toplotna izolacija,

5 – notranja obloga.

Fasada z vmesno toplotno izolacijo – toplotna izolacija se vgradi med dve masivni steni, med katerima je notranja nosilna ali (redko) nenosilna. Slaba stran tega sistema je, da prihaja do toplotnih mostov v območju jeklenih sider, ki povezujejo zunanjo in notranjo steno. Uporaba tega sistema je smiselna pri montažnih velikostenskih betonskih ploščah ali troslojnih ploščah.



Slika 4: Fasada z vmesno toplotno izolacijo

Vir: Fasadni ovoj, (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004)

Sestava od zunaj navznoter:

1 – masivna stena,

2 – toplotna izolacija,

3 – masivna stena,

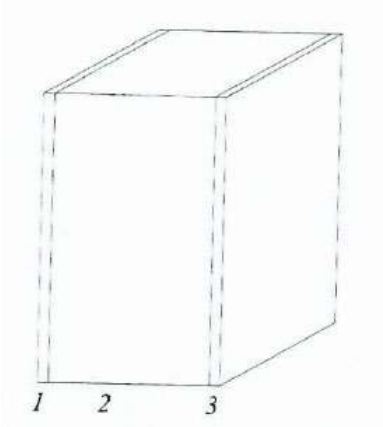
4 – notranja obloga.

3.1.2 Fasada brez toplotne izolacije

V današnjem času, ko stremimo k skoraj nič energijski, pasivni in nizkoenergijski gradnji, potreba po razvoju gradiv z izjemnimi toplotnimi lastnostmi, vendar ne na račun večje debeline sten, strmo narašča. Še vedno se pretežno gradi z opeko, saj masivne stene morajo *dihati.*

Kot navaja *Wienerberger, 2023* na svoji spletni strani, njihova Porotherm IZO profi opeka izpolnjuje trenutne in prihodnje zahteve energetske učinkovitosti stavb. »Posebej oblikovana Porotherm IZO profi opeka veliko prispeva k zmanjšanju debeline zidov in hitrejši gradnji stavbe. S tem se zmanjša ali povsem izniči potreba po dodatnih slojih izolacije (in z njimi

povezana dela) ter skupna debelina zidu tudi do 10 cm … Pri tem zidaki Porotherm IZO profi zadovoljujejo vse zahteve glede toplotne, zvočne in protipožarne zaščite ter tudi konstrukcijske stabilnosti.« V opeko je integrirano polnilo iz kamene volne.



Slika 5: Masivna fasada

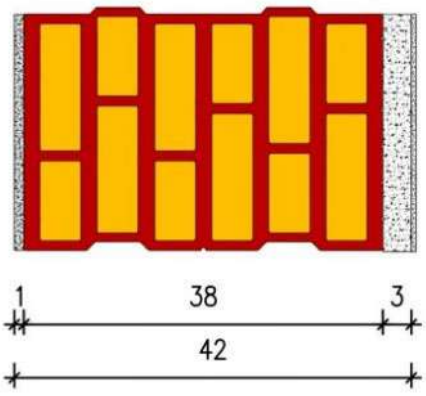
Vir: (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004)

Sestava od zunaj navznoter:

1 – fasadna obloga,

2 – masivna stena,

3 – notranja obloga.



Slika 6: Fasadni sistem s Porotherm 38 IZO profi opeko

Vir: (Wienerberger, 2023)

3.2 Prezračevana neprosojna fasada

Pojem prezračevane neprosojne fasade uporabimo, ko opisujemo fasade, ki so sestavljene iz več različnih gradiv in prezračevalnega sloja. Običajno so s toplotno izolacijo, a jih najdemo tudi brez toplotne izolacije. Potreba parne zapore je odvisna od izračuna, medtem ko je vetrna zapora odvisna od izbrane toplotne izolacije (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).

3.2.1 Fasada s toplotno izolacijo

Prezračevana neprosojna fasada ima prezračevalni sloj med toplotno izolacijo in fasadno oblogo. Naloga prezračevalnega sloja je preprečevanje pregrevanja in prehitrega ohlajevanja pozimi, obenem hitro izsušuje zgornjo plast toplotne izolacije in uravnava zračno vlago v notranjosti. Fasadna obloga ščiti toplotno izolacijo pred vremenskimi vplivi in ji s tem podaljšuje življenjsko dobo (K.M., 2019).

V odvisnosti od položaja toplotne izolacije in vrste fasadne obloge zunanjo steno delimo na prezračevano fasado z nenosilno fasadno oblogo in s prezračevano fasado s samonosno fasadno oblogo.

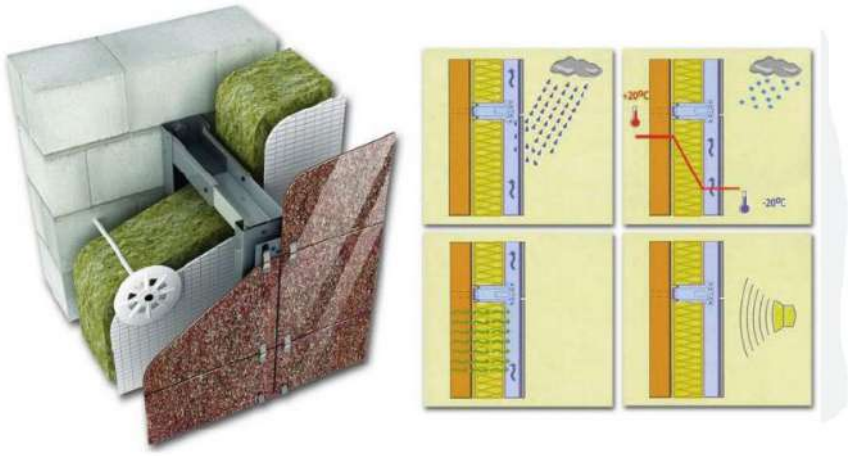
Fasada z nenosilno fasadno oblogo – izvedba prezračevane fasade je dokaj preprosta in nezahtevna. Nosilna podkonstrukcija fasadne obloge je običajno kovinska oz. lesena pri lesenih fasadah.

Na nosilno zunanjo steno se sprva pritrdi podkonstrukcija, nato z vgradnimi čepi toplotna izolacija, ki ne vpija vlage in je hkrati paroprepustna. Sledi prezračevalni kanal, ki mora biti širok od 4 do 5 cm, zaključimo s pritrditvijo fasadne obloge na podkonstrukcijo.

Prednosti:

- Vzdrževanje ni potrebno oziroma je minimalno.
- Masivna stena se poleti ne pregreva.
- Meja zmrzovanja vedno leži v toplotni izolaciji, posledično se zmanjšajo poškodbe zaradi zmrzovanja.
- Masivna stena z zunanjo toplotno izolacijo pozimi akumulira toploto in uravnava temperaturo v prostoru.

- Ni velikih temperaturnih raztezkov nosilne konstrukcije, zato se dilatacije lahko izvedejo v daljših razmikih ali celo odpadejo.
- So trajne in obstojne, kakovostnejše in predvsem energetsko učinkovitejše.
- Dobra zvočna izolacija.
- Preprostejši kasnejši posegi v konstrukcijo za primere razvoda instalacij pod zaključno fasadno oblogo (Mojmojster, 2023) (K.M., 2019) (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).



Slika 7: Prezračevana neprosojna fasada

Vir: https://www.mojmojster.net/clanek/864/Prezracevana_fasada (Mojmojster, 2023)

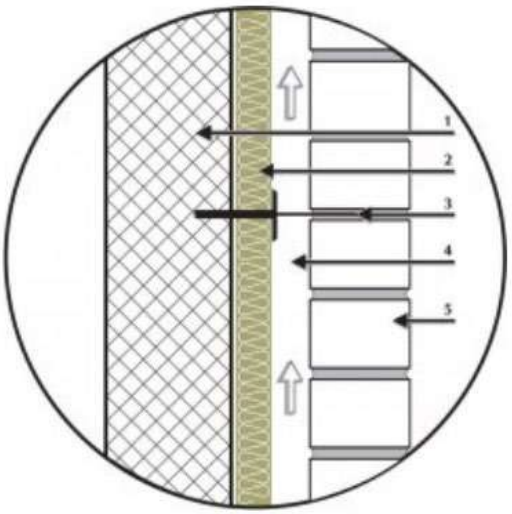
Fasada s samonosno fasadno oblogo – primerna je za deževna področja z močnim vetrom, kot nosilna plast pri rustikalnem oblikovanju fasade itn. Sestavljena je iz masivne zunanje nosilne stene, toplotne izolacije, prezračevalnega sloja in masivne fasadne obloge iz samonosnih elementov – opeka, beton, silikat ... Nosilna stena in fasadna obloga morata biti povezani z nerjavečimi sidri, zračna plast mora imeti dovodne in odvodne odprtine ter možnost odvodnjavanja iz prezračevalnega sloja.

Prednosti:

- dobre akumulacijske lastnosti,
- ugodna bivalna klima vse leto,
- zelo dobra gradbeno-fizikalna sestava.

Slabosti:

- finančno zelo neugodna.



Slika 8: Prezračevana fasada s samonosno fasadno oblogo

Vir: (Humane tehnologije, 2023)

Sestava od znotraj navzven:

1 – AB-nosilna stena,

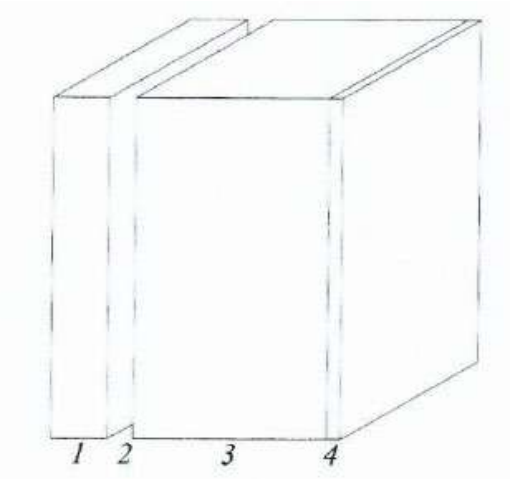
2 – toplotna izolacija,

3 – pritrdilna sidra.

3.2.2 Fasada brez toplotne izolacije

Fasada je sestavljena iz dveh slojev, med katerima je prezračevalni sloj. Je brez toplotne izolacije, njena toplotna izolativnost se v primerjavi z neprezračevano masivno fasado ne spremeni, a se izboljšajo nekatere gradbeno-fizikalne lastnosti.

<u>Masivna fasada s samonosno fasadno oblogo</u>



Slika 9: Masivna fasada s samonosno fasadno oblogo

Vir: (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004)

Sestava od zunaj navznoter:

1 – masivna fasadna obloga,

2 – prezračevalni sloj,

3 – masivna stena.

4 MATERIALI FASADNEGA OVOJA

Fasadni ovoj ali fasada je obraz zgradbe. Z njo zaščitimo zunanje stene in zgradbo kot takšno pred neugodnimi vremenskimi vplivi, kot so sonce, voda, toplota, sneg in veter. Z dobro izvedbo preprečimo toplotne izgube pozimi in pregrevanje poleti ter prodiranje vlage in navsezadnje z dobro izbiro in izvedbo svojo naložbo predstavimo javnosti. Da bi zadovoljili vse zahteve energetsko učinkovitih zgradb, moramo dobro poznati in izbrati materiale oziroma gradiva, ki bodo sestavljala naš fasadni ovoj.

4.1 Toplotna izolacija

Pred odločitvijo, katero toplotno izolacijo bomo izbrali, moramo razmisliti o vlogi in pomenu toplotne izolacije. Izbrana toplotna izolacija mora zagotavljati energetsko učinkovitost objekta, uravnoteženo paroprepustnost in vodoodbojnost, po možnosti brez dodatnih slojev, kot so vetrne zaščite, parne ovire, parne zapore itd. Zaradi dobrih lastnosti toplotne izolacije izboljšamo tudi zvočno izoliranost objekta in bivanjske prostore obvarujemo pred hrupom brez dodatnih stroškov (Fibran.si, 2023).

Beli stiropor (ekspandirani polistiren, EPS) je izolacijski material, ki se v gradbeništvu uporablja predvsem za toplotno in zvočno izolacijo stanovanjskih stavb. Ni primeren za stavbe, višje od 22 m, ki so potencialno požarno ogrožene.

Njegove **prednosti** so:

- je obstojen in trajen,
- ne vpija vode,
- je prepusten za paro,
- se ne drobi,
- ima odlične mehanske lastnosti in je hkrati lahek material,
- je okolju prijazen in ima majhen ogljični odtis,
- je cenovno dostopen in optimalen izolator za toplotno izolacijo večine stanovanjskih stavb,
- je dimenzijsko stabilen in preprost za vgradnjo.

Tehnične lastnosti:

- koeficient toplotne prevodnosti λ je odvisen od izvedbe – med 0,039 W/mK in 0,030 W/mK (učinkovitejši je grafitni stiropor),
- koeficient difuzijske upornosti vodni pari μ: 20–40,
- razred gorljivosti (EN 13501-1): E, vgrajen sistemu B-s1, d0,
- vpijanje vode < 2 %,
- natezna trdnost pravokotno na površino: 150 kPa (Valenčič, 2020).

Grafitni stiropor je z grafitnimi reflekcijskimi drobnimi delci oplemeniten ekspandiran polistiren. V primerjavi z belim stiroporom so njegove toplotno izolacijske sposobnosti izboljšane za 20 %, kar pomeni, da je potrebna manjša debelina izolacije fasadnega ovoja (JUB, 2023).



Slika 10: Beli in grafitni stiropor

Vir: (JUB, 2023)

Stirodur – XPS ali ekstrudiran polistiren se kot toplotna izolacija priporoča povsod, kjer so velike mehanske obremenitve, kjer je stalna prisotnost vlage in na mestih, kjer bi sicer nastali toplotni mostovi, npr. špalete, temelji, cokli … Celična struktura XPS je bolj zaprta kot pri EPS, zato je zelo vodoodbojen, ima veliko trdnost, dimenzijsko obstojnost in zelo dobro preprečuje širjenje udarnega zvoka. Njegova toplotna prevodnost je od 0,034 do 0,039 W/mK. Slabost XPS, tako kot EPS, je gorljivost, saj sta oba uvrščena v razred gorljivosti E.

Kamena in steklena volna sta izolaciji iz mineralnih vlaken ter imata dobre toplotno izolativne in druge lastnosti. Razlikujeta se po glavni surovini, načinu izdelave ter mehanskih in fizikalnih lastnostih. Obe sta negorljivi in po trenutnih podatkih zdravju neškodljivi.

Kamena volna – proizvaja se iz dveh kamnin – bazalta in diabaza. V procesu raztapljanja se jima dodaja še koks. Za dosego zahtevane trdnosti končnega izdelka ji dodajajo še veziva, protiprašno in vodoodbojno emulzijo ter različne druge dodatke, ki skrbijo za dobre kemične in tehnološke lastnosti, kot je npr. biotopnost vlaken.

Gostota vlaken kamene volne določa njeno trdnost, toplotno prevodnost, požarno odpornost in zvočno zaščito. Poudariti je treba, da mehanska in požarna odpornost linearno rasteta z večjo gostoto. Kamena volna je zelo dober toplotni izolator, saj je njena toplotna prevodnost pri večjih gostotah od > 80 kg/m³ med 0,035 in 0,040 W/mK. Njena edina slabost je, da ni primerna za izolacijo prostorov s konstrukcijami, ki so ves čas izložene visoki vlagi ali vodi.



Slika 11: Kamena volna

Vir: (Merkur, Merkur, 2023)

Steklena volna – glavni sestavini sta kremenčev pesek in reciklirano steklo. Med proizvodnjo jima dodajajo vezivo in različne dodatke, s katerimi se zagotavljata vodoodbojnost vlaken in njihova biološka razgradljivost. Vlakna steklene volne so bolj elastična, kar ji omogoča večjo stisljivost in so nekajkrat daljša od vlaken kamene volne. Steklena volna se ponaša s toplotno prevodnostjo med 0,032 in 0,045 W/mK. Njena gostota med 10 in 100 kg/m³ ji daje prednost pred kameno volno, saj je ni treba natančno odmerjati in rezati, s preprosto vgradnjo in stisljivostjo, a ne ostajajo prazna oz. nezapolnjena mesta, ki bi predstavljala toplotne mostove.

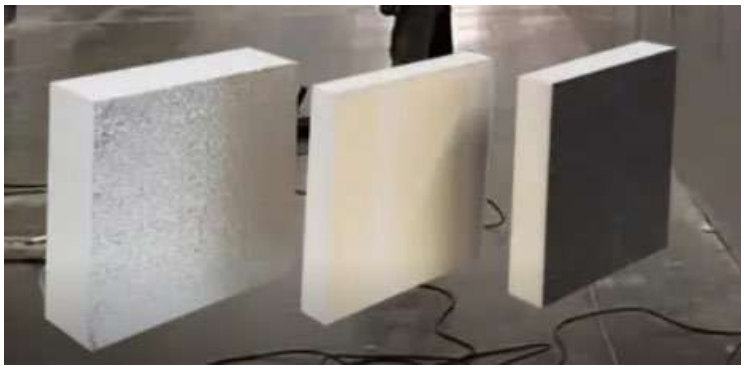
Prednost obeh voln je biorazgradljivost. Pri zamenjavi z novo izolacijo si je kljub temu treba zaščititi roke, oči in dihalne poti, saj se stara volna bolj praši (Katarina Nemanič, 2023).



Slika 12: Steklena volna

Vir: (Merkur, Merkur, 2023)

Fenolna pena – kot navaja Matjaž Valenčič, energetski svetovalec ENSVET, je fenolna pena na osnovi bakelita in ima izredno dobro toplotno izolativnost v zaprti celični strukturi z ujetim plinom in dosega toplotno prevodnost 0,022 W/mK. Njeno izolacijsko jedro je sestavljeno iz trde RESOL-pene, ki je skoraj neprehodna za vročino in mraz. Obojestransko je oblečena v flisu podobno tkanino iz steklenih vlaken, ki ščiti celično strukturo v notranjosti pred mehanskimi poškodbami in hkrati zagotavlja podlago za maksimalen oprijem fasadnega lepila. Je idealna rešitev tam, kjer za običajne fasadne sisteme ni dovolj prostora: pri ložah, špaletah, dozidavah, prehodih, frčadah …



Slika 13: Plošče iz fenolne pene

Vir: (Clear, 2022)

4.2 Fasadna obloga

Kot zadnji in zaključni sloj fasadnega sistema nastopa fasadna obloga. Njena naloga je varovati spodnje sloje pred vremenskimi, temperaturnimi in mehanskimi obremenitvami, vetrom ter požarom. Medtem ko fasadna obloga neprezračevane stene mora biti paroprepustna, da vlagi iz toplotne izolacije omogočimo izhod na prosto, je fasadna obloga prezračevane stene lahko paroneprepustna, saj za odvod vlage iz notranjosti skrbi prezračevalni sloj. V zadnjih letih je fasadna obloga postala odraz umetniškega izražanja.

Pritrjevanje fasadne obloge na steno je lahko vidno ali nevidno, s točkovnimi držali, specialnimi sidri, z leseno ali jekleno podkonstrukcijo. Lepljenje na trdni sloj fasade ali podkonstrukcijo se izvaja le pri nižjih objektih oziroma se pri višjih objektih zaradi varnosti fasadna obloga lepi le do drugega nadstropja.

4.2.1 Ometi

Ometi so zaključni sloj kontaktne (neprezračevane neprosojne) fasade in so kot taki primerni za skoraj vse vrste podlag: iz opeke, betona, AB-betona, plinobetona, nekatere vrste toplotnih izolacij in lahke gradbene plošče iz lesnih vlaken. So kompozitna gradiva, sestavljena iz različnih veziv, mineralnih polnil in vode. Ločimo in poimenujemo jih glede na vrsto uporabljenega veziva, saj to določa njegove odločilne lastnosti.

Poznamo tankoslojne (3–5 mm) in navadne omete z debelino min. 10 mm. Z dodajanjem kroglic ekspandiranega polistirena (razred slabo gorljivih materialov) ali kroglic perlita (razred negorljivih materialov) nastanejo toplotnoizolacijski ometi, s toplotno prevodnostjo $< 0{,}020$ W/mK.

Apneni ometi – vsebujejo apneno in/ali hidravlično apno. So paroprepustni in dobro vpijajo vlago. So manj vodoodbojni in so občutljivejši od ostalih ometov.

Cementni ometi – vsebujejo hidravlično vezivo cement, kar jim daje trdnost, odpornost proti vlagi in zmrzali ter dobro tesnijo. Uporabljamo jih za podstavke zidu in površini, kjer je stalno prisotna vlaga.

Apneno-cementni ometi – uporabljamo jih za površine, ki so izpostavljene vlagi, saj združujejo prednosti apnenih in cementnih ometov.

Silikonski ometi – primerni so na senčnih fasadnih površinah, kjer se nabirajo alge in mah. Zaradi vsebnosti silikonske smole so hidrofobni (vodoodbojni). Uporabljamo jih za sanacije starih vlažnih objektov.

Silikatni ometi – vsebujejo kalijevo vodno steklo. So dobro paroprepustni, primerni so za različne podlage, saj so dobro sprijemljivi in imajo zaradi mrežaste strukture podobno sposobnost vezanja kot mineralna podlaga. Uporabljamo jih za zaščito spomeniško varovanih objektov.

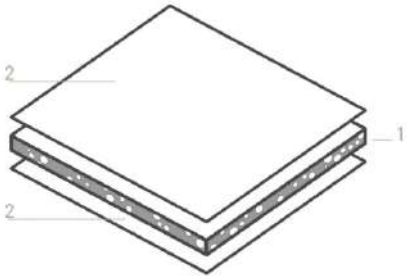
Silikonsko-silikatni ometi – združujejo prednosti obeh veziv – so vodoodbojni in dobro sprijemljivi.

Akrilni ometi – so ometi, ki na osnovi umetnih smol vsebujejo akrilat. Akrilat na površini tvori obstojen film, zato so ometi elastični, vodotesni, odporni proti vremenskim obremenitvam in sprijemljivi na skoraj vse vrste podlag (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).

4.2.2 Kovinske obloge

Kovinske obloge oz. njihove zlitine so vodoneprepustne, trdne in obstojne. Uporabljajo se kot zaključni sloj prezračevanih fasad, saj so lahke in se montirajo na podkonstrukcijo (leseno ali kovinsko). Njihovi spoji so vidni ali nevidni. Poznamo različne površinske obdelave: eloksacijo, emajle, reliefne obdelave, naravno barvo kovino … Najdemo jih v standardiziranih oblikah (kovinske mreže, korten, lahke gradbene plošče, vlite plošče, pločevine). Trenutni seznam kovin in zlitin, primeren za fasadno oblogo, ni velik, vendar se širi: aluminij, baker, cink, titan in jeklo.

Pločevine – bakrena pločevina, cinkova pločevina, alu pločevina, jeklena pločevina, titanova pločevina, alucobond (lahke plošče iz dveh tankih plasti aluminija in jedra iz umetne mase).



1 – jedro iz umetne mase

2 – 0,5 mm aluminij

Slika 14: Alucobond; Vir: (3A, 2023)



Slika 15: Fasadni paneli iz aluminija

Vir: (Meltal, 2023)

4.2.3 Lesene obloge

Les je vsestransko uporaben – v konstrukcijske namene, kot fasadne obloge, notranja oprema, stavbno pohištvo itn. Ima veliko dobrih lastnosti: ne vsebuje strupenih snovi, je elastičen, diha in uravnava vlago, nima elektrostatičnih površin, ne potrebuje veliko vgradne energije in ne obremenjuje okolja.

Poznamo lesene obloge iz masivnega lesa in lesnih polizdelkov.

Obloge iz masivnega lesa – Preden les uporabimo kot fasadno oblogo, ga moramo ustrezno zaščititi, saj je organsko gradivo, ki ga napadajo različni lesni škodljivci, obenem je izpostavljen vremenskim obremenitvam in zato tudi manj obstojen. Vrste zaščite:

- *Zaščita s pigmentiranimi premazi* – na površini lesa naredijo bolj ali manj debel film. So kemični preparati in zato škodljivi za okolje in človeka. Njihova uporaba se priporoča le, ko ni učinkovitejšega načina za zaščito lesa.
- *Globinska zaščita* – dosežemo jo z različnimi sredstvi za površinske zaščite in/ali s postopki obdelave, kot so toplotna obdelava in impregnacija pod povečanim tlakom.
- *Naravna zaščita lesa* – s pravo izbiro vrste lesa, časa sečnje in pravilno raščenostjo drevesa se izognemo kemičnim in drugim postopkom zaščite. Nekatere vrste lesa, kot so macesen, teak, iroko idr., na površini ustvarijo naravno srebrnosivo patino, ki les ščiti pred trohnenjem.
- *Konstrukcijska zaščita lesa* – že v času projektiranja obloge lahko s pravo konstrukcijo in obliko poskrbimo za hiter odvod padavinske vode in preprečimo stalen stik z vlago.

- *Površinska zaščita lesa* – uporabimo sintetična in naravna sredstva, ki oblogo ščitijo pred vremenskimi vplivi in škodljivci vseh vrst (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).

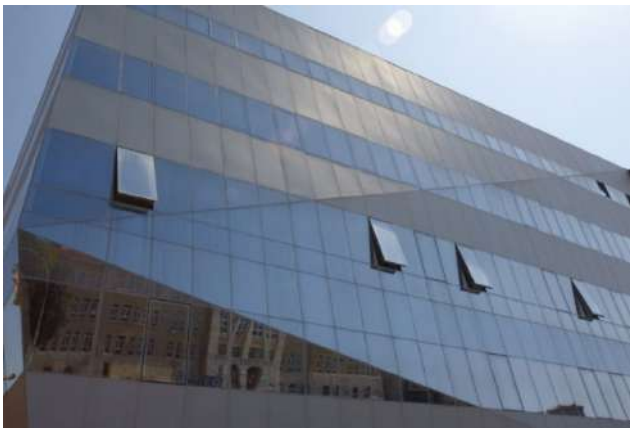


Slika 16: Fasadna obloga iz masivnega lesa

Vir: (Mizarstvo, 2023)

4.2.4 Steklene obloge

Steklene obloge so lahko enoslojne, dvoslojne, prozorne, prosojne, neprosojne, zvočno in toplotno izolativne, dekorativne. So trdne, obstojne, gladke, sončno zaščitne, uporabljene za prezračevane in neprezračevane fasade. So vsestransko uporabna kaljena stekla.



Slika 17: Fasada s stekleno oblogo

Vir: (AV, 2023)

4.2.5 Obloge iz naravnega kamna

Kamnite fasade so naravne, lepe, zelo obstojne, nezahtevne za vzdrževanje in zelo opazne. Kamen za kamnito fasado je treba skrbno izbrati, upoštevati moramo njegovo upogibno trdnost in odpornost proti delovanju sile pravokotno na površino. Ugotoviti moramo tudi, kakšnim vremenskim razmeram bo fasada izpostavljena. Pritrjujemo jo na dva načina, in sicer neposredno na konstrukcijo z različnimi vezivi ali preko podkonstrukcije (prezračevana fasada). Za kamnite fasade se splošno uporabljajo marmor, različni apnenci, traventin, pohorski granodiorit itn. (Mojmojster, 2023).



Slika 18: Kamnita fasada

Vir: (Mojmojster, 2023)

4.2.6 Opečne in keramične obloge

Opečne in keramične obloge se razlikujejo po poroznosti in kakovosti površine:

Vidna opeka – uporabna je za prezračevane in neprezračevane fasade.

Keramične plošče – so različnih površin in površinskih struktur.

Terakota – so neglazirane plošče različnih dimenzij in struktur.

Klinkerji **–** imajo veliko prostorninsko maso in trdnost ter malo poroznost. V prašnem stanju se težkotopna glina skupaj z dodatki in minimalno količino vode stisne in žge do sintranja pri T= 1200–1300 °C.

Granitokeramika ali granitogress je žgan pri visoki temperaturi, pri kateri ostekleni. Nato jih oblijejo s keramičnimi granulami, ki se steklasto raztopijo na razbeljeno biskvitno maso in se trajno spojijo z njo. Nastane popolnoma neporozna glazurna plast. Plošče so izredno odporne proti površinski obrabi, kemikalijam, zmrzovanju, velikim temperaturnim spremembam, proti vidni in UV-svetlobi ter požarni odpornosti.

Keramični mozaiki – so keramične ploščice različnih velikosti 20 x 20 mm, 40 x 40 mm do 50 x 50 mm, debeline cca. 6 mm. So glazirane ali neglazirane. Izdelane so že v tovarni in vgrajene na podkonstrukcijo ali posamično lepljene na fasadno podlago (Zbašnik-Senegačnik & Kresal, 2004).



Slika 19: Fasadna obloga iz keramičnih ploščic v imitaciji lesa

Vir: (imo, 2023)

4.2.7 Obloge iz mineralnih kompozitov

Obloge iz mineralnih kompozitov so gradiva, sestavljena iz več različnih surovin mineralnega izvora. Kot vezivo se največkrat uporabi cement. Sem spadajo plošče in obloge iz različnih gradiv, kot so: silikatna opeka, beton, steklobeton, penobeton, polimerno modificirani beton, vlaknocementne plošče, umetni kamen, barvni beton, prani beton in teraco plošče.

Vlaknocementne plošče – so iz cementnega veziva in sintetičnih vlaken. Uporabljajo se za prezračevane fasade. Njihovo pritrjevanje na leseno ali kovinsko podkonstrukcijo se izvede s pomočjo vijakov, moznikov in zakovic. So negorljive, imajo dolgo življenjsko dobo in skorajda ne zahtevajo vzdrževanja.



Slika 20: Obloga iz barvnega betona

Vir: (Gradbenik, 2022)

4.2.8 Obloge iz umetnih snovi

Obloge iz umetnih snovi so organskega izvora – polistiren, nenasičene poliestrske smole, polivinilklorid, polikarbonat in akrilno steklo (polimetil metakrilat ali pleksi steklo).



Slika 21: Obloga iz umetnih snovi: iz laminatov (levo) in iz prozornih polikarbonatnih plošč

Vir: (Gradbenik, 2022)

5 PREZRAČEVANA FASADA NA VEČSTANOVANJSKIH OBJEKTIH JE PREJ IZJEMA KOT PRAVILO

S preletom skozi zgodovino gradbeništva spoznamo, da so se z razvojem cestne in železniške infrastrukture mestna središča začela širiti in gosteje poseljevati. Mestne oblasti so bile prisiljene v iskanje rešitev, kako in kam nastaniti rastoče število prebivalcev. Edina rešitev je bila gradnja v višino. Tako lahko na manjši površini živi večje število ljudi. Dobili smo bloke, nebotičnike in navsezadnje stolpnice, ki jim pravimo tudi večstanovanjske stavbe. V Sloveniji najvišjo stolpnico gradijo v Ljubljani – Spektra, visoka je 66 m oz. 22 nadstropij. Najvišja zgradba na svetu Burdž Kalifa v Dubaju meri 829,8 m ali 163 nadstropij.

Z napredovanjem in razvojem novih tehnik, materialov in zahtev po energetsko učinkovitih zgradbah je bil soočen tudi ovoj stavbe – fasada.

V tem poglavju bomo poskusili raziskati, zakaj se investitorji oz. naročniki večstanovanjskih zgradb prej odločijo za klasično dolga leta uveljavljeno kontaktno fasado kot za modernejšo prezračevano fasado.

Za lažjo primerjavo med fasadama je najprej treba poznati sestavo obeh.

5.1 Klasična kontaktna fasada



Slika 22: Sestava kontaktne fasade po slojih

Vir: (https://www.fasaderstvo-oblak.si/fasade/sestava-fasadnega-sistema/, brez datuma)

5.1.1 Fasadno lepilo za lepljenje izolacijske plošče

Fasadna lepila se nanašajo na različne izolacijske plošče in podlage. Nanašamo jih po robovih, točkasto ali po celotni površini. Sestava in dodatki fasadnih lepil določajo oprijemljivost, voljnost, izkoristek in debelino nanosa, tehnike in način izdelave pa modul elastičnosti E, s čimer v fasadnem sistemu zmanjšujemo nastanek razpok in odstopanja od podlage.

5.1.2 Izolacija

V današnji poplavi izolacijskih plošč se moramo pri izbiri prave izolacije držati določenih meril, s katerimi si bomo olajšali delo: požarna odpornost, občutljivost, tlačna trdnost, toplotna prevodnost in s tem povezano zniževanje potrebne energije za ogrevanje stavbe pozimi in hlajenje poleti. Toplotno izolacijo pri objektih, katerih višina presega 8 m, moramo dodatno sidrati.

5.1.3 Fasadno lepilo za izdelavo armiranega sloja

Uporabimo lahko univerzalno lepilo za lepljenje izolacijskih plošč in izdelavo armiranega sloja.

5.1.4 Armirna mrežica

Funkcija armirne mrežice je zmanjševanje napetosti na fasadi, kot so raztezki, krčenje in zvijanje toplotne izolacije. Zato je tudi pomembna pravilna vgradnja te.

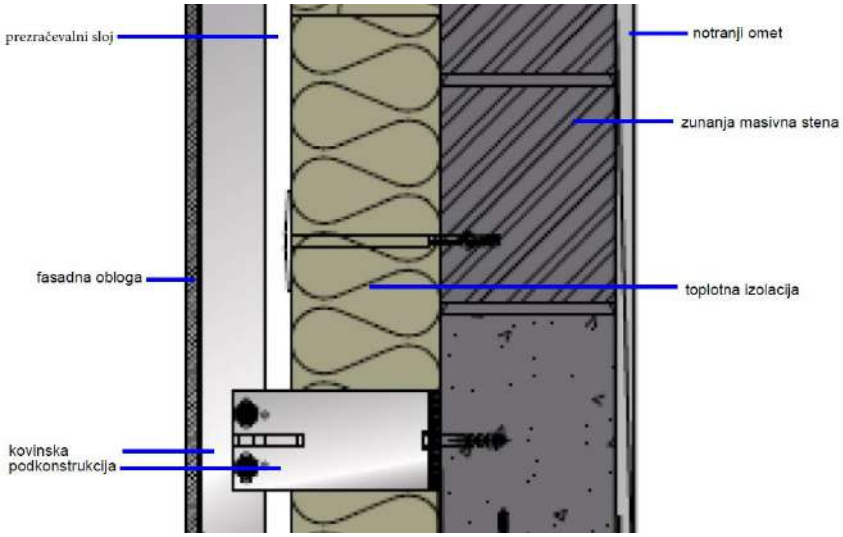
5.1.5 Osnovni premaz

Pred izvedbo zaključnega sloja moramo celotno fasado premazati z osnovnim premazom. Na ta način poskrbimo za boljšo sprijemljivost zaključnega sloja in podlage.

5.1.6 Zaključni sloj

Glavna naloga zaključnega sloja je trajna in obstojna zaščita fasadnega sistema pred vremenskimi vplivi – nenehnimi temperaturnimi spremembami, vlago, dežjem, mehanskimi obremenitvami itd.

5.2 Prezračevana neprosojna fasada



Slika 23: Sestava prezračevane neprosojne fasade

Vir: (Equitone, 2019)

5.2.1 Podkonstrukcija

Na masivno zunanjo steno se pritrdi nosilna konstrukcija oz. podkonstrukcija fasadne obloge. Podkonstrukcija je lahko lesena ali kovinska in je odvisna od fasadnega sistema. S podkonstrukcijo odmaknemo fasadno oblogo od konstrukcije objekta in ustvarimo dovolj velik prostor za izolacijo in prezračevalni sloj.

5.2.2 Izolacija

Za izolacijo prezračevanih fasad je najbolj v uporabi izolacija iz mineralne volne (kamena volna), ki se pritrjuje s posebej oblikovanimi sidri. Glava sidra je v obliki dežnika, nosilni del ju v konusni obliki.

5.2.3 Paropropustna folija

Paropropustna folija je vodoodbojna in je namenjena nadzoru vodne pare. Uporabljamo jo kot vetrno in dežno zaščito na zunanji strani toplotne izolacije.

5.2.4 Prezračevalni sloj

Prezračevalni sloj ali zračni kanal je širok 4–5 cm ter odvaja mrzel zimski in vroč poletni zrak od toplotne izolacije in ustvarja neoviran prehod vlagi iz notranjosti objekta. Na tak način ščiti toplotno izolacijo pred vremenskimi vplivi.

5.2.5 Fasadna obloga

Fasadna obloga prezračevanih fasad je lahko iz poljubnega materiala. Najpogosteje so v uporabi vlaknocementne plošče, lahko je tudi lesena, opečna, pločevinasta, iz umetnega ali naravnega kamna, keramičnih plošč in podobno. Bistveno je, da je dobro pritrjena na podkonstrukcijo, saj le tako lahko kljubuje vremenskim vplivom.

5.3 Stroškovna primerjava kontaktne in prezračevane fasade

Stroške izvedbe obeh fasad smo primerjali na 1 m^2. Preračunali smo potrebne količine materialov in jih temu primerno ovrednotili. Pri izbiri debeline toplotne izolacije smo upoštevali zahteve Eko sklada za novogradnje, kjer je opredeljeno, da mora biti skupna U-vrednost fasadnega sistema $U \leq 0{,}25$ W/mK.

Za klasično kontaktno fasado smo izbrali toplotno izolacijo iz stiropora Fragmat PREMIUM 031 debeline 13,5 cm in λ vrednostjo 0,031 W/mK. Za prezračevano fasado smo izbrali Knauf Insulation NaturBoard VENTI debeline 20 cm, s toplotno prevodnostjo λ in vrednostjo 0,035 W/mK, ki se med drugim uporablja tudi za prezračevane fasade.

5.3.1 Strošek izvedbe kontaktne fasade

Tabela 2: Nabavne cene materialov kontaktne fasade s toplotno izolacijo iz stiropora

Št.	Opis materiala	Enota mere	Cena na enoto mere €	Dobavitelj
1.	Fasadno lepilo za lepljenje – JUB JUBIZOL lepilna malta (5 kg/m^2)	kg	0,74	Bauhaus trgovina d. o. o.
2.	TI – Stiropor PREMIUM 031, d= 13,5 cm, λ = 0,031 W/mK	m^3	20,59	Fragmat d. o. o.
3.	Pritrdilno sidro z vijakom – PSK 200, 5 kos/m^2	kos	0,51	Inpos d. o. o.
4.	Fasadno lepilo za lepljenje – JUB JUBIZOL lepilna malta (3,5 kg/m^2)	kg	0,74	Bauhaus trgovina d. o. o.
5.	JUBIZOL plastificirana steklena mrežica	m^2	1,29	Trgovina Kalcer d. o. o.
6.	JUB JUBIZOL lepilna malta kot osnovni premaz (3,5 kg/m^2)	kg	0,74	Bauhaus trgovina d. o. o.
7.	Fasadni dekorativni omet – JUB Jubizol Silicone Finish T (2,8 kg/m^2)	kg	2,32	Trgovina Kalcer d. o. o.

Vir: Lasten vir

Tabela 3: Nabavne cene materialov za kontaktno fasado s toplotno izolacijo iz mineralne volne

Št.	Opis materiala	Enota mere	Cena na enoto mere €	Dobavitelj
1.	Fasadno lepilo za lepljenje – JUB JUBIZOL lepilna malta (5 kg/m^2)	kg	0,74	Bauhaus trgovina d. o. o.
2.	TI – Kamena volna Knauf Insulation FKD-S Thermal, d= 20 cm, λ = 0,035 W/mK	m^2	56,97	Knauf Insulation d. o. o.
3.	Pritrdilno sidro z vijakom – PSV 260, 5 kos/m^2	kos	0,76	Knauf Insulation d. o. o.
4.	Fasadno lepilo za lepljenje – JUB JUBIZOL lepilna malta (3,5 kg/m^2)	kg	0,74	Bauhaus trgovina d. o. o.
5.	JUBIZOL plastificirana steklena mrežica	m^2	1,29	Trgovina Kalcer d. o. o.
6.	JUB JUBIZOL lepilna malta kot osnovni premaz (3,5 kg/m^2)	kg	0,74	Bauhaus trgovina d. o. o.
7.	Fasadni dekorativni omet - JUB Jubizol Silicone Finish T (2,8 kg/m^2)	kg	2,32	Trgovina Kalcer d. o. o.

Vir: Lasten vir

Tabela 4: Tabela stroškov dela za kontaktno fasado

Št.	Opis postavke	Enota mere	Cena na enoto mere (€)
1.	KV delavec	h	20
2.	PK delavec	h	18

Vir: Lasten vir

GNG-5.330

Omet fasade — sistem demit

Postavka	Opis	Material										Delo	
		demit lepilo	demit emulzija	suha malta	demit arm. mreža	udarni vijaki	cement	bavalit A	bavalit B	osnovni premaz	demit stiropor	KV	PK
		kg	kg	kg	m²	kom	kg	kg	kg	kg	m²	ur	ur
5.331	lepljenje demit stiropor plošč	2,50	2,50			0,50	1,25				1,10	0,15	0,15
2	nanašanje prvega in drugega sloja z mrežo			7,50	1,10		1,25					0,35	0,35
3	Izdelava zaključnega sloja							3.50	0.50	0,25		0.35	0,30

Obračun: za 1 m² površine merjeno po splošnih določilih GNG 5.000 tč. 7 in 8

Slika 24: Gradbene norme za fasade – sistem demit

Vir: (GIPOSS, Četrta izdaja, 1984)

IZRAČUN STROŠKOV

Za lepljenje izolacijskih plošč iz stiropora in kamene volne smo upoštevali navodila proizvajalca o porabi lepila in zaključnega sloja za m².

Toplotna izolacija FRAGMAT stiropor PREMIUM 031

Fasadno lepilo, toplotna izolacija in sidrni vijaki (pritrdilo):

(3,5 kg x 0,74 EUR/m^2 + 1,10 m^2 x 20,59 EUR/m^2 + 5 kos x 0,51 EUR/kos) + 0,15 h x KV + 0,15 h x PK =

(3,5 kg x 0,74 EUR/m^2 + 1,10 m^2 x 20,59 EUR/m^2 + 5 kos x 0,51 EUR/kos) + 0,15 h x 20 + 0,15 h x 18 =

=33,49 EUR/m^2

Fasadno lepilo ali mokra malta in armirana mrežica:

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 1,10 m^2 x 1,29 EUR/m^2) + 0,35 h x KV + 0,35 h x PK =

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 1,10 m^2 x 1,29 EUR/m^2) + 0,35 x 20 + 0,35 x 18 =

= 17,31 EUR/m^2

Osnovni premaz in zaključni sloj:

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 2,8 kg x 2,32 EUR/kg) + 0,35 h x KV + 0,30 h x PK =

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 2,8 kg x 2,32 EUR/kg) + 0,35 x 20 + 0,30 x 18 =

= 21,49 EUR/m^2

∑ kumulativa = fasadno lepilo + toplotna izolacija (stiropor) + pritrdilo TI + fasadno lepilo + armirna mrežica + osnovni premaz + zaključni sloj

∑ = 33,49 EUR/m^2 + 17,31 EUR/m^2 + 21,49 EUR/m^2 = <u>72,29 EUR/m^2</u>

<u>Toplotna izolacija Knauf Insulation FKD-S Thermal</u>

Fasadno lepilo, toplotna izolacija in sidrni vijaki (pritrdilo):

(5 kg x 0,74 EUR/m^2 + 1,10 m^2 x 56,97 EUR/m^2 + 5 kos x 0,76 EUR/kos) + 0,15 h x KV + 0,15 h x PK =

(5 kg x 0,74 EUR/m^2 + 1,10 m^2 x 56,97 EUR/m^2 + 5 kos x 0,76 EUR/kos) + 0,15 h x 20 + 0,15 h x 18 =

=75,87 EUR/m^2

Fasadno lepilo ali mokra malta in armirana mrežica:

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 1,10 m^2 x 1,29 EUR/m^2) + 0,35 h x KV + 0,35 h x PK =

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 1,10 m^2 x 1,29 EUR/m^2) + 0,35 x 20 + 0,35 x 18 =

= 17,31 EUR/m^2

Osnovni premaz in zaključni sloj:

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 2,8 kg x 2,32 EUR/kg) + 0,35 h x KV + 0,30 h x PK =

(3,50 kg x 0,74 EUR/kg + 2,8 kg x 2,32 EUR/kg) + 0,35 x 20 + 0,30 x 18 =

= 21,49 EUR/m^2

∑ kumulativa = fasadno lepilo + toplotna izolacija (kamena volna) + pritrdilo TI + fasadno lepilo + armirna mrežica + osnovni premaz + zaključni sloj

∑ = 75,87 EUR/m^2 + 17,31 EUR/m^2 + 21,49 EUR/m^2 = <u>114,67 EUR/m^2</u>

5.3.2 Strošek izvedbe prezračevane fasade

Tabela 5: Nabavne cene materialov in montaže prezračevane fasade z oblogo iz vlaknocementnih plošč Equiton

Št.	Opis materiala	Enota mere	Cena na enoto mere	Montaža €/m^2	Dobavitelj
1.	Podkonstrukcija – aluminij (2 kos)	kos	9,86	37,00	Lasten vir
2.	TI – Kamena volna Knauf Insulation NaturBoard VENTI, d= 20 cm, U= 0,035 W/mK	m^2	27,63		Knauf Insulation d. o. o.
3.	Pritrdilno sidro z vijakom – PSV 260, 5 kos/m^2	kos	0,76		Knauf Insulation d. o. o.
4.	Paropropustna folija – Homeseal LDS 0,02 UV	m^2	6,47		Knauf Insulation d. o. o.
5.	Fasadna obloga – vlaknocementne plošče Equiton (tectiva)	m^2	49,10		Eternit Slovenija d. o. o.

Vir: Lasten vir

Tabela 6: Nabavne cene materialov in montaže za prezračevano fasado z oblogo iz keramičnih plošč Marazzi

Št.	Opis materiala	Enota mere	Cena na enoto mere	Montaža €/m2	Dobavitelj
1.	Podkonstrukcija – aluminij (2 kos)	kos	10,13	41,00	Lasten vir
2.	TI – Kamena volna Knauf Insulation NaturBoard VENTI, d= 20 cm, U= 0,035 W/mK	m2	27,63		Knauf Insulation d. o. o.
3.	Pritrdilno sidro z vijakom – PSV 260, 5 kos/m^2	kos	0,76		Knauf Insulation d. o. o.

4.	Paropropustna folija – Homeseal LDS 0,02 UV	m^2	6,47		Knauf Insulation d. o. o.
5.	Fasadna obloga – keramične plošče – Marazzi (Graphite)	m^2	28,69		Termotehnika d. o. o.

Vir: Lasten vir

IZRAČUN STROŠKOV

Vlaknocementne plošče EQUITON TECTIVA:

∑ kumulativa = Podkonstrukcija + toplotna izolacija + pritrdilno sidro + paropropustna folija + fasadna obloga

2 kos x 9,86 EUR/kos + 27,63 EUR/m^2 + 5 kos x 0,76 EUR/kos + 6,47 EUR/m^2 + 49,10 EUR/m^2 + 37,00 EUR/m^2 = 143,72 EUR/m^2

Keramične plošče MARAZZI:

2 kos x 10,13 EUR/kos + 27,63 EUR/m^2 + 5 kos x 0,76 EUR/kos + 6,47 EUR/m^2 + 28,69 EUR/m^2 + 41,00 EUR/m^2 = 127,85 EUR/m^2

Iz izračunov je mogoče razbrati, da je strošek izvedbe klasične kontaktne fasade odvisen od izbire toplotne izolacije in je tako primerljiv ali občutno cenejši od izvedbe prezračevane fasade. Strošek izvedbe prezračevane fasade je odvisen od izbire zaključne fasadne obloge, če je podkonstrukcija enaka. Cene materialov so dokaj primerljive, medtem ko je cena montaže kontaktne fasade občutno cenejša. Za klasično kontaktno fasado bi za 1 m^2 pri toplotni izolaciji iz stiropora odšteli 72,29 EUR oz. 114,67 EUR pri izolaciji iz kamene volne, medtem ko bi za prezračevano fasado z oblogo iz vlaknocementnih plošč Equiton odšteli 143,72 EUR oz. 127,85 EUR pri oblogi iz keramičnih plošč Marazzi.

Ob upoštevanju cene, hitrosti in kompleksnosti izvedbe obeh fasad bi se odločili za kontaktno fasado, vendar kakovost materialov, požarna obstojnost, energetska učinkovitost, vzdrževanje itd. prevesijo tehtnico na stran prezračevanih fasad.

6 VZDRŽEVANJE PREZRAČEVANE FASADE JE PREPROSTEJŠE IN CENEJŠE OD VZDRŽEVANJA KONTAKTNE FASADE

6.1 Vzdrževanje funkcionalnosti fasade

Z rednimi letnimi pregledi fasade (dvakrat letno – spomladi in jeseni) preprečujemo nastanek poškodb. Pregledujemo zaključke fasade, odtočne cevi, okenske police, dilatacije, kleparska dela itn.

Najbolj obremenjeni deli fasadnega ovoja kontaktne fasade so dekorativni ometi in barve, saj so izpostavljeni temperaturnim obremenitvam, UV-žarkom in agresivnim kemikalijam ter počasnemu staranju. S staranjem zaključnega ometa se pojavljajo lisaste razpoke, izguba elastičnosti, spiranje ali bledenje barve, alge, plesni … Najbolj izpostavljene so severne in severovzhodne strani fasade, fasade brez napušča, fasade v bližini rek, jezer, kjer je povišana vlaga v okolju in povišana koncentracija bioorganskega materiala (Demit, 2012).

Izkušnje kažejo, da je fasado treba prvič prebarvati po sedmih do petnajstih letih (prav tam).

Vzdrževanje prezračevane fasade je v veliki meri odvisno od kakovostne izvedbe in materiala fasadne obloge. Fasadna obloga in toplotna izolacija sta dobro zaščiteni in prezračevani skozi prezračevalni kanal. Materiali, kot so naravni in umetni kamen, obloge iz umetnih materialov, keramične plošče, vlaknocementne plošče, steklo, obloge iz pločevine itd., so odporni proti mehanskim obremenitvam, temperaturnim spremembam, vetru itn.

Cenovno ugodnejša je zamenjava poškodovanih plošč prezračevane fasade proti sanaciji celotne fasade kontaktne fasade.

6.2 Strošek vzdrževanja kontaktne fasade

V diplomskem delu raziskujemo izvedbo prezračevane fasade na večstanovanjski stavbi. Izvedeti želimo, katera od fasad – kontaktna ali prezračevana – je ugodnejša za večstanovanjske zgradbe tako za investitorja kot za prihodnje stanovalce. Za primerjavo stroškov vzdrževanja se bomo osredotočili na fasado večstanovanjske zgradbe tlorisne velikosti 20 m x 20 m, 53 m višine oz. petnajst nadstropij. Fasada ima 4.240 m^2.

Tabela 7: Tabela stroškov vzdrževanja kontaktne fasade

Št.	Opis postavke	Enota mere	Cena na enoto mere (EUR)
1.	Čiščenje	m^2	4,5–6
2.	Ponovno barvanje barva 2,5 kg/m^2 Delo – KV Delo – PK	 kg h 	 7,08 20 18

Vir: Lasten vir

IZRAČUN STROŠKOV

Čiščenje kontaktne fasade – 4.240 m^2:

4240 m^2 x 4,5 EUR/m^2 = 19.080 EUR – tankoslojni dekorativni omet

4240 m^2 x 6,0 EUR/m^2 = 25.440 EUR – debeloslojni grobi omet

Ponovno barvanje:

(2,5 kg/m^2 x 7,08 EUR/kg) + 0,15 x KV + 0,15 x PK =

(2,5 kg/m^2 x 7,08 EUR/kg) + 0,15 x 20 + 0,15 x 18 =

=23,40 EUR/m^2

4240 m^2 x 23,40 EUR/m^2 = 99.216 EUR

∑ kumulativa = čiščenje + ponovno barvanje

∑ 19.080 EUR + 99.216 EUR = 118.296 EUR – tankoslojni dekorativni omet

∑ 25.440 EUR + 99.216 EUR = 124.656 EUR – debeloslojni grobi omet

6.3 Strošek vzdrževanja prezračevane fasade

Tabela 8: Tabela stroškov vzdrževanja prezračevane fasade

Št.	Opis postavke	Enota mere	Cena na enoto mere (EUR)
1.	Čiščenje	m^2	1,5–2
2.	Zamenjava plošče nova obloga (Equiton) delo	 m^2 h	 49,10 37

Vir: Lasten vir

IZRAČUN STROŠKOV

Čiščenje prezračevane fasade – 4.240 m^2:

4.240 m^2 x 1,5 EUR/m^2 = 6.360 EUR – keramične plošče Marazzi

4.240 m^2 x 2,0 EUR/m^2 = 8.480 EUR – vlaknocementne plošče Equiton

Zamenjava poškodovane plošče – Equiton:

49,10 EUR/m^2 + 50% = 73,65 EUR/m^2 – nova obloga

37 EUR/m^2 +50% = 55,50 EUR/m^2 – delo (demontaža poškodovane + montaža nove)

∑ kumulativa = nova obloga + delo

∑ 73,65 EUR/m^2 + 55,50 EUR/m^2 = 129,15 EUR/m^2

Zamenjava poškodovane plošče – Marazzi:

28,69 EUR/m^2 + 50% = 43,04 EUR/m^2 – nova obloga

41 EUR/m^2 +50% = 61,50 EUR/m^2 – delo (demontaža poškodovane + montaža nove)

∑ kumulativa = nova obloga + delo

∑ 43,04 EUR/m^2 + 61,50 EUR/m^2 = 104,54 EUR/m^2

6.4 Stroškovna primerjava vzdrževanja obeh fasad v 15 letih

Tabela 9: Tabela stroškov vzdrževanja kontaktne fasade v 15 letih

	Kontaktna fasada			
	Tankoslojni dekorativni omet		Debeloslojni grobi omet	
	po 7 letih	po 15 letih	po 7 letih	po 15 letih
Čiščenje (€)	19.080,00	19.080,00	25.440,00	25.440,00
Ponovno barvanje	-	99.216,00	-	99.216,00
Skupaj	19.080,00	118.296,00	25.440,00	124.656,00

Vir: Lasten vir

Tabela 10: Tabela stroškov vzdrževanja prezračevane fasade v 15 letih

	Prezračevana fasada			
	Keramika Marazzi		Vlaknocementne plošče Equiton	
	po 7 letih	po 15 letih	po 7 letih	po 15 letih
Čiščenje (€)	6.360,00	6.360,00	8.480,00	8.480,00
Zamenjava poškodovane plošče 10 m^2 (€)	-	1.045,40	-	1.291,50
Skupaj	6.360,00	7.405,40	8.480,00	9.771,50

Vir: Lasten vir

Po pomoč pri izračun stroškov vzdrževanja obeh fasad smo se obrnili na g. Janeza Lipnika pri Prolesk d. o. o. Povedal nam je, da se cene čiščenja/pranja kontaktne fasade gibljejo med 4,5 do 6 EUR/m^2 in so odvisne od izbranega zaključnega ometa. Zato smo naredili dva izračuna. Za tankoslojni dekorativni omet (19.080 EUR) in debeloslojni grobi omet (25.440 EUR). Razlika v končni ceni čiščenja (6.360 EUR) nas je presenetila, a je res, da je debeloslojni grobi omet težje čistiti, ravno zaradi svojih neravnin in grobe površine.

Za prezračevano fasado nam je povedal, da se res lažje in hitreje čisti, ravno zaradi svoje gladke površine, vendar je tudi pri tem cena odvisna od fasadne obloge. Cena čiščenja keramičnih plošč je 1,5 EUR/m^2, medtem ko za vlaknocementne plošče moramo odšteti več, 2 EUR/m^2. In

zakaj razlika v ceni? Predvsem je odvisna od usposobljenosti fasaderske ekipe in kakovostne izvedbe med gradnjo.

Če povzamemo: pri izračunih stroškov vzdrževanja smo se opirali na fasado velikosti 4.240 m^2. Po sedmih letih bomo za čiščenje kontaktne fasade morali odšteti med 19.080 EUR in 25.440 EUR. K temu moramo prišteti še ponovno barvanje fasade, ki je priporočljivo vsakih sedem do 15 let, torej skupno 118.296 EUR oz. 124.656 EUR. Po 15 letih bomo za čiščenje in ponovno barvanje kontaktne fasade porabili 137.376 EUR oz. 150.096 EUR. Vzdrževanje prezračevane fasade je znatno cenejše, saj za čiščenje odštejemo le 6.360 EUR oz. 8.480 EUR. Prišteti moramo še zamenjavo poškodovanih plošč, npr. za Equiton 129,15 EUR/m^2 oz. 104,54 EUR/m^2 za keramično oblogo Marazzi, če jih je kaj. Torej skupno za vzdrževanje prezračevane fasade po 15 letih porabimo 13.765,40 EUR oz. 18.251,50 EUR. Ker se pri prezračevanih fasadah zamenjajo samo poškodovane plošče, smo v izračunu predpostavili zamenjavo 10 m^2. Nabavna cena plošč za zamenjavo poškodovanih je lahko tudi do 50 % večja od nabavne cene med gradnjo, kar smo tudi upoštevali v izračunu. Pri ceni dela smo ravno tako upoštevali 50-odstotni pribitek, saj je najprej treba poškodovano ploščo demontirati in nato pritrditi novo.

7 PREZRAČEVANA FASADA JE PRIMERNEJŠA ZA POSLOVNE KOT ZA VEČSTANOVANJSKE STAVBE

Za prezračevano fasado se predvsem odločimo zaradi razgibanega estetskega videza in boljših materialov, ki v daljšem časovnem obdobju ne spremenijo videza. Resda so dražje in je njihova kakovostna izvedba zahtevnejša ter vzdrževanje cenejše, vendar so primernejše za javne in poslovne objekte.

Skozi diplomsko delo raziskujemo, ali je večji strošek izvedbe prezračevane fasade upravičljiv tudi za večstanovanjske objekte in v kolikšni meri. V tem poglavju se bomo osredotočili na toplotno prehodnost (U = W/m^{2}K) fasadnega ovoja glede na debelino toplotne izolacije in kolikšen doprinos ima na ceno ter izbiro prezračevane fasade pred kontaktno fasado na večstanovanjskem objektu.

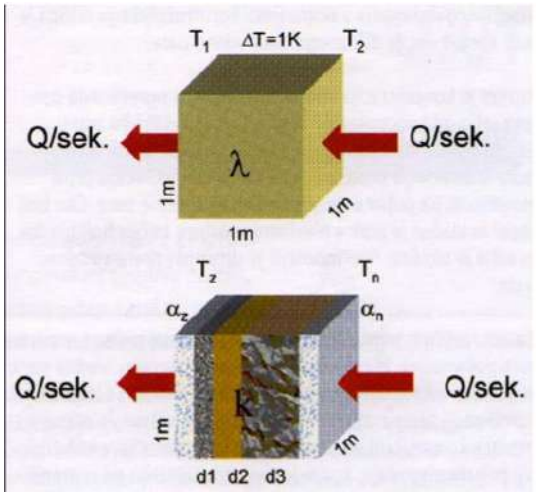
Pri izračunih smo upoštevali zahteve PURESa 2010 o učinkoviti rabi energije. Za stanovanjske objekte to pomeni, da morajo imeti koeficient toplotne prehodnosti U < 0,28 W/m^{2}K.

7.1 Toplotna prehodnost fasadnega ovoja

Toplotna prevodnost (λ) – nam pove, kolikšen toplotni tok P steče skozi snov s površino 1 m^2 pri temperaturnem gradientu 1K/m v smeri pravokotno na mejni ploskvi ali drugače povedano: kako hitro snov pri danih pogojih prevaja toploto. Enota je W/mK (prav tam).

Toplotna prehodnost (U) konstrukcijskega sklopa je specifična toplotna izguba konstrukcijskega sklopa in je enaka obratni vrednosti toplotnega upora, U = 1/R. Enota je W/m^{2}K (prav tam) (Academia, 2020).

Toplotni upor (R) – nam pove, koliko K temperaturne razlike mora biti med obema mejnima ploskvama snovi, da skozi snov steče 1 W toplotnega toka P. Toplotni tok je premosorazmeren s temperaturno razliko in obratno-sorazmeren s toplotnim uporom. Enota je m^{2}K/W (prav tam).



Slika 25: Toplotna prevodnost (λ) in toplotna prehodnost (U)

Vir: (Fridl, Lorenčič, & Repinc, 2014)

Enačbe za izračun:

$$\boldsymbol{U} = \frac{1}{R_{\alpha,i}+\sum R_k+R_{\alpha,e}}$$

$$\sum \boldsymbol{R}_k = \frac{d_{izol}}{\lambda_{izol}} + \frac{\sum d_i}{\sum \lambda_i}$$

kjer je:

U toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa (W/m^{2}K),

$\boldsymbol{R_{\alpha,i}}$ notranji toplotni upor (m^{2}K/W),

$R_{\alpha,i}$ = 0,130 m^{2}K/W,

$\boldsymbol{R_{\alpha,e}}$ zunanji toplotni upor (m^{2}K/W),

$R_{\alpha,e}$ = 0,040 m^{2}K/W,

$\boldsymbol{R_k}$ toplotni upor konstrukcijskega sklopa (m^{2}K/W),

$\boldsymbol{d_{izol.}}$ debelina izolacije (m),

$\boldsymbol{d_i}$ debelina posamezne plasti (m),

$\boldsymbol{\lambda_{izol.}}$ toplotna prevodnost izolacije (W/mK),

$\boldsymbol{\lambda_{i.}}$ toplotna prevodnost posamezne plasti (W/mK).

7.2 Toplotna prehodnost kontaktne fasade

Tabela 11: Tabela toplotne prehodnosti konstrukcije s toplotno izolacijo iz EPS-plošč Fragmat PREMIUM 031

Ekspandirani polistiren PREMIUM 031, λ=0,031 W/mK			
Debelina (cm)	Toplotni upor ($R_{izol.}$) (m^2K/W)	Toplotni upor konstrukcije (R_k) (m^2K/W)	Toplotna prehodnost konstrukcije (U) (W/m^2K)
10	3,20	3,29	0,29
12	3,85	3,93	0,24
13,5	4,15	4,25	0,23
14	4,50	4,58	0,21
15	4,80	4,90	0,20
16	5,15	5,22	0,19
18	5,80	5,87	0,17
20	6,45	6,51	0,15
24	7,70	7,80	0,13

Vir: Lasten vir

Tabela 12: Sestava konstrukcije

Sestava konstrukcije	Debelina (cm)	λ (W/mK)
Apnena malta	2	0,99
Betonski zid	20	1,51
Stiropor PREMIUM	10–24	0,031
Jubizol lepilo	2	
Jubizol armirna mrežica		0,7
Jubizol dekorativni omet		0,83

Vir: Lasten vir

Tabela 13: Tabela toplotne prehodnosti konstrukcije s toplotno izolacijo iz kamene volne Knauf Insulation FKD-S Thermal

Kamena volna Knauf Insulation FKD-S Thermal, λ = 0,035 W/mK			
Debelina (cm)	Toplotni upor ($R_{izol.}$) (m^2K/W)	Toplotni upor konstrukcije (R_k) (m^2K/W)	Toplotna prehodnost konstrukcije (U) (W/m^2K)
5	1,40	1,49	0,60
6	1,70	1,77	0,51
8	2,25	2,35	0,40
10	2,85	2,92	0,32
12	3,40	3,49	0,27
14	4,00	4,06	0,24
15	4,25	4,35	0,22
16	4,55	4,63	0,21
18	5,10	5,20	0,19
20	5,70	5,77	0,17
22	6,25	6,35	0,15
24	6,85	6,92	0,14

Vir: Lasten vir

Tabela 14: Sestava konstrukcije

Sestava konstrukcije	Debelina (cm)	λ (W/mK)
Apnena malta	2	0,99
Betonski zid	20	1,51
Kamena volna Knauf FKD-S	5–24	0,035
Jubizol lepilo	2	0,7
Jubizol armirna mrežica		
Jubizol dekorativni omet		0,83

Vir: Lasten vir

7.3 Toplotna prehodnost prezračevane fasade

Tabela 15: Tabela toplotne prehodnosti konstrukcije s fasadno oblogo iz keramike Marazzi

Kamena volna Knauf Insulation NaturBoard VENTl, λ = 0,035 W/mK			
Debelina (cm)	Toplotni upor ($R_{izol.}$) (m^2K/W)	Toplotni upor konstrukcije (R_k) (m^2K/W)	Toplotna prehodnost konstrukcije (U) (W/m^2K)
3	0,85	1,00	0,86
4	1,10	1,28	0,69
5	1,40	1,57	0,58
6	1,70	1,85	0,49
8	2,25	2,42	0,39
10	2,85	3,00	0,32
12	3,40	3,57	0,27
14	4,00	4,14	0,23
16	4,55	4,71	0,20
18	5,10	5,28	0,18
20	5,70	5,85	0,17

Vir: Lasten vir

Tabela 16: Sestava konstrukcije

Sestava konstrukcije	Debelina (cm)	λ (W/mK)
Apnena malta	2	0,99
Betonski zid	20	1,51
Kamena volna NaturBoard VENTI	3–20	0,035
Homeseal LDS 0,02 UV	4	0,025
Prezračevalni kanal		
Keramične plošče Marazzi	0,8	0,83

Vir: Lasten vir

7.4 Stroškovna primerjava izvedbe kontaktne in prezračevane fasade po optimizaciji toplotne izolacije

Tabela 17: Strošek izvedbe fasadnega sistema po optimizaciji toplotne izolacije

	Kontaktna fasada		Prezračevana fasada	
	Fragmat Premium 031	Kamena volna – FKD-S Thermal	Kamena volna – NaturBoard VENTI + Marazzi	Kamena volna – NaturBoard VENTI + Equiton
Debelina izolacije (cm)	12	12	12	12
Nabavna cena izolacije (€/m^2)	18,30	34,18	16,58	16,58
Cena izvedbe (€/m^2)	69,79	89,60	116,80	132,67
Toplotna prehodnost U (W/m^{2}K)	0,24	0,27	0,27	0,27
	100 %	128,39 %	167,36 %	190,10 %

Vir: Lasten vir

Iz tabel je mogoče razbrati, da se toplotna prehodnost in cena izvedbe konstrukcijskega sistema spreminjata z debelino toplotne izolacije. Pred dokončno odločitvijo o izbiri toplotne izolacije in njeni debelini je smotrno narediti preračun toplotne prehodnosti konstrukcijskega sistema in skladno z izračunom optimizirati toplotno izolacijo.

Z rdečo barvo smo v tabelah označili izbrano toplotno izolacijo pred izračunom toplotne prehodnosti in z zeleno najmanjšo potrebno debelino toplotne izolacije, da zadostimo zahtevam PURES-a 2010 o učinkoviti rabi energije.

Kljub enaki debelini toplotne izolacije je prezračevana fasada za 67,4 % dražja od kontaktne fasade. Ali je zato prezračevana fasada primernejša za poslovne objekte, ne moremo potrditi. V ozir je treba vzeti vse vidike, med drugim tudi strošek vzdrževanja obeh fasad in se nato odločiti.

8 Z ODLOČITVIJO O IZVEDBI PREZRAČEVANE FASADE PRIPOMOREMO K ZMANJŠANJU EMISIJ OGLJIKA V PROCESU GRADNJE IN PO NJEJ

Skoraj 40 % vse svetovne energije se porabi za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in razsvetljavo stavb. Zaradi vedno večjih podnebnih sprememb sta se Evropa in s tem tudi Slovenija zavezali k ambicioznim podnebno-energetskim ciljem, ki med drugim vključujejo razogljičenje stavbnega fonda do leta 2050. Osnutek DSEPS-a predvideva, da bo do leta 2050 energetsko prenovljenih 74 % enostanovanjskih in 91 % večstanovanjskih stavb. Gradnja skoraj nič-energijskih stavb je postala s koncem leta 2020 obvezna za vse.

Trajnostna gradnja je del trajnostnega razvoja in sinonim za celoten življenjski cikel stavbe, kjer so zajete vse faze: od pridobivanja surovin za gradnjo, transporta, predelave materiala, gradnje, obstoja in delovanja stavbe, rušenje in reciklaža do ponovne uporabe določenih materialov (Protim, 2023).



Slika 26: Življenjski cikel stavbe

Vir: (Protim, 2023)

Gradnja skoraj nič-energijskih stavb se začne že v idejni zasnovi. Zasnova projekta mora temeljiti na zmanjšanju potrebne energije za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in razsvetljavo. Da bi to dosegli, moramo poznati lokacijo in okolico novogradnje oziroma stavbe, namenjene prenovi.

Za zmanjšanje stroškov in energije, namenjene ogrevanju, hlajenju in razsvetljavi, se je treba podrobno posvetiti zunanjemu ovoju stavbe, tj. fasadnemu sistemu. Z dobro zasnovanim fasadnim sistemom preprečimo vdor vlage v konstrukcijo objekta, toplotne mostove, pregrevanje in ohlajanje objekta, poskrbimo za dovolj dnevne svetlobe in s tem zmanjšanje uporabe umetne svetlobe itd. Zahteve trajnostnega razvoja za fasadni sistem so:

- toplotna prehodnost U= < 0,28 W/m^{2}K,
- optimiziranje zasteklitev glede na toplotne izgube, dnevno svetlobo in razsvetljavo,
- uporaba sistemov za senčenje na velikih steklenih površinah,
- dodelani detajli ob stikih različnih materialov za preprečitev toplotnih mostov,
- naravno prezračevanje,
- dobro zasnovan projekt že v osnovi.

8.1 Izvedba kontaktne in prezračevane fasade

Pri izbiri fasadnega sistema moramo upoštevati vse vidike in regulative trajnostne gradnje. Materiali fasadnega ovoja morajo imeti certifikate, s katerimi dokazujejo izpolnjevanje ISO-standardov in Zakona o varstvu okolja (ZVO-2, stran 2341, Uradni list RS, št. 44/2022).

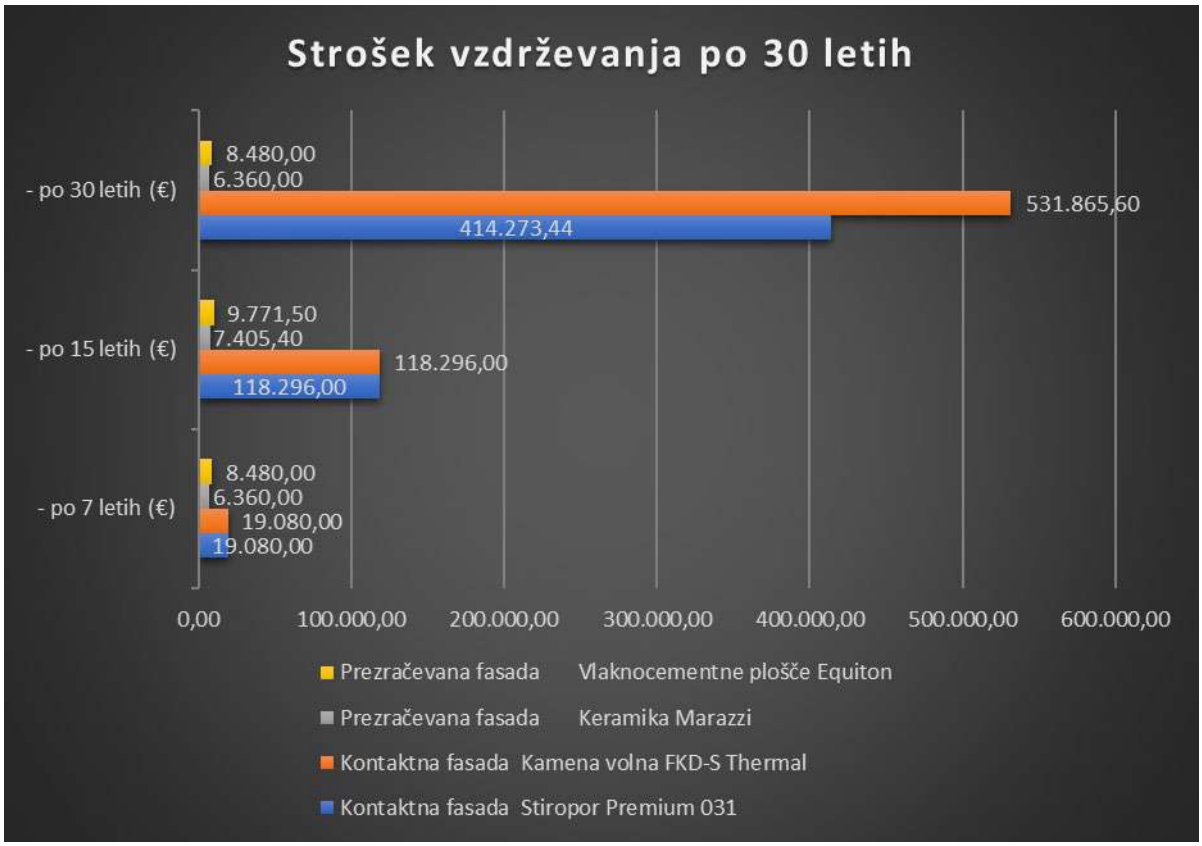
Za izvedbo fasadnega sistema je treba upoštevati količine potrebnega materiala, transport, gradbeno mehanizacijo, porabo vode, elektrike, prevoz delavcev, delovni čas gradbišča, terminski načrt, v katerem moramo predvideti nepredvidene zastoje dela, vremenske vplive, nabavo materiala, ter vse, kar bi povzročilo odstopanja od terminskega načrta. Vsi našteti dejavniki vplivajo na količino izpustov emisij CO_2 med gradnjo.

Primerjava izvedbe kontaktne in prezračevane fasade med gradnjo je težko izvedljiva, saj nimamo vpliva na vse dejavnike.

8.2 *Vzdrževanje kontaktne in prezračevane fasade*

Že v osnovi dobro zasnovan projekt se opira na lokacijo, okolico, orientacijo, vremenske spremembe ter upošteva okoljska, ekonomska, socialna in zdravstvena merila.

Prava izbira in izvedba fasadnega ovoja se dolgoročno odražata na potrebi po vzdrževanju in s tem povezanimi izpusti CO_2.



Grafikon 1: Strošek vzdrževanja kontaktne in prezračevane fasade po 30 letih

Vir: Lasten vir

Tabela 18: Tabela stroškov vzdrževanja kontaktne in prezračevane fasade po 30 letih

	Kontaktna fasada – Stiropor Premium 031	Kontaktna fasada – Kamena volna FKD-S Thermal	Prezračevana fasada – Keramika Marazzi	Prezračevana fasada – Vlaknocementne plošče Equiton
Začetni vložek – izvedba (€)	295.909,60	379.904,00	495.232,00	562.520,80
Vzdrževanje:				
- po 7 letih (€)	19.080,00	19.080,00	6.360,00	8.480,00
- po 15 letih (€)	118.296,00	118.296,00	7.405,40	9.771,50
- po 30 letih (€)	414.273,44	531.865,60	6.360,00	8.480,00
Skupaj (€)	847.559,04	1.049.145,60	515.357,40	589.252,30

Vir: Lasten vir

S primernim in rednim vzdrževanjem zaključnega sloja fasade tej podaljšamo obstojnost in življenjsko dobo. Pri izračunu stroškov vzdrževanja po 30 letih smo predpostavili, da je treba kontaktno fasado, zaradi poškodb zaključnega ometa in toplotne izolacije, v celoti zamenjati. V strošek zamenjave fasadnega ovoja smo zajeli odstranitev obstoječe fasade (+40 %), ob predpostavki, da se cene materialov in montaže niso spreminjale.

Iz tabele lahko razberemo, da se je strošek kontaktne fasade z izvedbo in vzdrževanjem po 30 letih skorajda potrojil. Strošek prezračevane fasade z vzdrževanjem je po 30 letih le 4 % višji oziroma 20.125,04 EUR.

Če povzamemo, za vzdrževanje kontaktne fasade izpustimo v okolje več emisij CO_2 kot pri prezračevani fasadi. Ne smemo zanemariti, da se za čiščenje obeh fasad uporabljajo čistilna sredstva s kemikalijami. Uporaba čistilnih sredstev je odvisna od zaključnega sloja oziroma fasadne obloge, umazanije in navodil proizvajalca o vzdrževanju.

9 SKLEP

Skozi diplomsko delo sem se naučila, da prava izbira fasadnega sistema prinese velikE ekonomske, bivalne, zdravstvene in socialne ugodnosti stanovalcem v večstanovanjskem objektu.

Najprej sem morala spoznati vse nam poznane fasadne sisteme, njihove prednosti in slabosti. Ker je učinkovitost fasadnega sistema odvisna od toplotne izolacije in zaključnega sloja, sem raziskala tudi vrste toplotne izolacije in materiale fasadne obloge. Trajnostno boljša izbira je prezračevana fasada, kar sem tudi želela dokazati z zastavljenimi hipotezami:

H1 *– prezračevana fasada na večstanovanjskih objektih je prej izjema kot pravilo*. Hipoteze ne morem ne potrditi ne ovreči, saj na pripravljeno anketo ni bilo dovolj velikega odziva, da bi jo uvrstila v diplomsko delo. Med raziskovanjem sem se odločila, da bom primerjala strošek izvedbe kontaktne in prezračevane fasade ter tako delno potrdila svojo trditev.

Primerjavo izvedbe obeh fasad sem pripravila za 1 m^2 in analizirala cene. Iz izračunov je mogoče razbrati, da so cene fasadnega sistema odvisne od izbrane vrste in debeline izolacije. Za 1 m^2 kontaktne fasade s toplotno izolacijo iz ekstrudiranega polistirena Fragmat PREMIUM 031 bomo odšteli 72,29 EUR oz. 114,67 EUR, če za toplotno izolacijo izberemo trdo kameno volno Knauf Insulation FKD-S Thermal. Na ceno prezračevane fasade ima velik vpliv izbira fasadne obloge ter se giblje med 127,85 EUR in 143,72 EUR.

Če bi se odločala med prezračevano in kontaktno fasado na podlagi stroškov izvedbe, bi se odločila za kontaktno fasado s toplotno izolacijo iz EPS-plošč, vendar kakovost in daljša življenjska doba prezračevane fasade opravičita svojo ceno.

H2 *– Vzdrževanje prezračevane fasade je preprostejše in cenejše od vzdrževanja kontaktne fasade*. Hipotezo potrjujem, saj sem z izračuni dokazala, da je za kontaktno fasado velikosti 4.240 m^2 strošek vzdrževanja po 15 letih tudi do osemkrat večji od vzdrževanja prezračevane fasade.

Na strošek vzdrževanja fasade vpliva predvsem izbrani fasadni sistem. Zaključni omet kontaktne fasade je debel le 2–3 cm ter je izpostavljen vremenskim spremembam in mehanskim obremenitvam. S staranjem zaključnega ometa je toplotna izolacija izpostavljena neugodnim vremenskim vplivom, zato se začnejo razraščati alge in plesen. Uporaba čistilnih sredstev s kemikalijami med čiščenjem fasade je le kratkoročna rešitev, zato je po 15 letih treba fasadni

omet prebarvati. Prezračevana fasada ima v te namene prezračevalni kanal, ki odvaja vlago iz notranjosti in preprečuje poškodbe toplotne izolacije. Čiščenje fasadne obloge prezračevanih fasad se izvaja po priporočilih proizvajalca fasadne obloge.

H3 *– Prezračevana fasada je primernejša za poslovne kot za večstanovanjske stavbe.* Hipoteze ne morem ne ovreči ne potrditi, saj ne obstaja merilo, po katerem bi dokazala svojo trditev. Na odločitev o prezračevani fasadi na poslovnem ali večstanovanjskem objektu ima vpliv veliko dejavnikov – strošek izvedbe, strošek vzdrževanja, trajnostna gradnja, lokacija objekta, umestitev v občinski prostorski načrt itd.

Od konca leta 2020 je skoraj nič-energijska gradnja postala obvezna za vse. Po zahtevah PURES-a 2020 je toplotna prehodnost fasadnega ovoja $U < 0{,}28$ W/m^{2}K.

Po izračunih toplotne prehodnosti kontaktne in prezračevane fasade sem optimizirala debelino toplotne izolacije in zmanjšala strošek izvedbe obeh fasad. Kljub temu je prezračevana fasada za 67,4 % dražja od kontaktne fasade. V korist prezračevani fasadi je samo strošek vzdrževanja.

H4 *– Z odločitvijo o izvedbi prezračevane fasade pripomoremo k zmanjšanju emisij ogljika v procesu gradnje in po njej.* Hipotezo delno potrjujem, saj na prvi del hipoteze vpliva veliko dejavnikov: transport materiala, gradbena mehanizacija, prevoz delavcev, poraba vode in elektrike, delovni čas gradbišča, terminski načrt, v katerem moramo predvideti nepredvidene zastoje dela, vremenske vplive itd.

Na drugi del hipoteze oziroma na izpuste emisij CO_2 po gradnji imamo vpliv že v idejni zasnovi projekta. Projekt mora biti zasnovan tako, da objekt skozi fasadni ovoj skoraj ne izgublja potrebne energije za ogrevanje pozimi in preprečuje pregrevanje objekta poleti. Vzdrževanje fasadnega ovoja predstavlja tako ekonomski kot tudi ogljični odtis v življenjskem ciklusu objekta. Z izračunom stroškov vzdrževanja prezračevane in kontaktne fasade v 30 letih sem dokazala, da je začetni vložek v prezračevano fasado zanemarljiv v primerjavi z vzdrževanjem in s tem povezanimi izpusti CO_2 kontaktne fasade.

10 VIRI, LITERATURA

3A, C. (5. november 2023). *Alucobond*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja 3A Composites, 05. november 2023: https://alucobond.com/products/alucobond-plus

Academia. (2020). *Gradiva: toplotne izolacije.*

AV, s. (5. november 2023). *Reflex d.o.o., 05. november 2023*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Reflex d.o.o., 05. november 2023: http://www.reflex.si/si/reference/poslovno-stanovanjski-objekti

Bauhaus. (brez datuma). *Jubizol lepilna malta, 2020*. Pridobljeno iz Bauhaus, spletna trgovina, vpogled 11.11.2023: https://www.bauhaus.si/lepilna-malta-jubizol-25-kg

Clear, p. (2022). *Clear insulation, podjetje Clear, 04. november 2023*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Clear, 04. november 2023: http://sl.clearinsulation.com/phenolic-foam-air-duct-panel-pf-material-2-2-2-product/

Demit, 2. (2012). *Navodila za načrtovanje, vgradnjo in vzdrževanje fasadnih sistemov Demit, vpogled 12.11.2023.* Pridobljeno iz Navodila podjetja Demit d.o.o, 2012: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://eso-inzeniring.si/uploads/eso/public/_custom/NAVODILA_za_nacrtovanje_vgradnjo_in_vzdrzevanje_fasadnih_sistemov_DEMIT.pdf

Equitone, F. c. (2019). *Application guide.* Neubeckum, Nemčija.

Eternit Slovenija d.o.o, maj 2022. (brez datuma). Pridobljeno iz Cene po ceniku Fasadne plošče Maj 2022: Lasten vir

Fibran.si. (1. november 2023). *energijskiscit.si*. Pridobljeno iz Fasada je več kot le obraz hiše: https://energijskiscit.si/novogradnje/kako-do-moderne-in-funkcionalne-fasade/

Fridl, S., Lorenčič, Ž., & Repinc, A. (2014). *Energetska izkaznica stavbe, 2014.* Pridobljeno iz bistra.si, vpogled 13.11.2023: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bistra.si/images/raziskovalne-naloge/2014/Energetska_izkaznica_stavbe.pdf

GIPOSS, S. Z. (Četrta izdaja, 1984). *GNG - GRADBENE NORME, GIPOSS.* Ljubljana.

Gradbenik, R. (27. maj 2022). *Fasadne obloge*. Pridobljeno iz Gradbenik, revija Gradbenik, datum vpogleda 05. november 2023: https://www.gradbenik.net/novice/fasadne-obloge

https://www.fasaderstvo-oblak.si/fasade/sestava-fasadnega-sistema/. (brez datuma). *Sestava fasadnega sistema, (brez datuma)*. Pridobljeno iz Pridobljeno 07. november 2023: https://www.fasaderstvo-oblak.si/fasade/sestava-fasadnega-sistema/

https://www.merkur.si/?q=kamena+volna+za+fasade&o=24. (brez datuma). *Kamena volna za fasado, vpogled 11.11.2023*. Pridobljeno iz Merkur d.o.o., 2023: https://www.merkur.si/?q=kamena+volna+za+fasade&o=24

Humane tehnologije. (1. november 2023). *podjetja in proizvodi: PEG podatkovnik, 2023*. Pridobljeno iz Gradbeno informacijski sistem, namenjen projektantom in investitorjem: https://www.peg-online.net/tervol-fp-fp-l-prezracevana-fasada-1

imo, i. z. (05. november 2023). *imo, izdelki za gradbeništvo*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja imo, datum vpogleda 05. november 2023: https://imo.si/galerija-izdelkov/fasade/

Informacije: Wienerberger 2023. (1. november 2023). Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Wienerberger: https://www.wienerberger.si/informacije/sistemske-resitve/porotherm-zidni-in-stropni-sistemi/porotherm-izo-profi/zakaj-porotherm-izo-profi-opeka.html

Inpos, d. (brez datuma). *Stiropor PREMIUM 031, datnum vpogleda 12.11.2023*. Pridobljeno iz Inpos d.o.o., 2023: https://www.inpos.eu/plosca-fasadna-premium-031-13-5-cm-1-5-m2-palk

JUB. (1. november 2023). *Fasadni EPS*. Pridobljeno iz Fasadni beli in grafitni EPS: https://www.jub.si/eps/fasadni-eps/fasadni-beli-grafitni-eps

JUB, S. (brez datuma). *Jubizol silicone finish T, vpogled 11.11.2023*. Pridobljeno iz Jub d.o.o., 2019: https://www.jub.si/fasadni-program/dekorativni-ometi/fasadni-ometi/jubizol-silicone-finish-t

K.M. (27. julij 2019). *pod-streho*. Pridobljeno iz spletno mesto zurnal24.si: https://www.zurnal24.si/pod-streho/prezracevana-fasada-je-trajnejsa-od-klasicne-331393

Kalcer, d. (brez datuma). *Fasadna mreža Jub Jubizol, 2016*. Pridobljeno iz Kalcer d.o.o, spletna trgovina, vpogled 11.11.2023: https://www.trgovina-kalcer.si/fasadna-mreza-jub-jubizol

Katarina Nemanič. (4. november 2023). *Kamena in steklena, podobnosti in razlike*. Pridobljeno iz Deloindom, 2007: https://deloindom.delo.si/enostanovanjske-hise/kamena-steklena-podobnosti-razlike

Knauf, I. (brez datuma). *KI-CENIK 2022-2023*. Pridobljeno iz Knauf Insulation, 30. januar 2023: https://www.knaufinsulation.si/dokumenti-programi/cenik

Meltal, I. (5. november 2023). *Metrapan, podjetje Meltal IS d.o.o.* Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Meltal IS, 05. november 2023: https://www.metrapan.si/produkt/siding

Merkur, t. (4. november 2023). *Merkur*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Merkur, 4. november 2023: https://www.merkur.si/gradnja/termoizolacije/kamena-volna/

Merkur, t. (04. november 2023). *Merkur*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Merkur, 04. november 2023: https://www.merkur.si/gradnja/termoizolacije/steklena-volna/?p=2#section-products

Mizarstvo, H. (5. november 2023). *Lesena fasada*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Mizarstvo Hrovat, 05. november 2023: https://hrovat.net/izdelki-storitve/lesena-fasada-soncna-hisa-banovci

Mojmojster. (1. november 2023). *mojmojster*. Pridobljeno iz spletno mesto Revija Mojmojster: https://www.mojmojster.net/clanek/864/Prezracevana_fasada

Mojmojster. (5. november 2023). *mojmojster, 2023*. Pridobljeno iz spletno mesto Revije mojmojster, 05. november 2023: https://www.mojmojster.net/clanek/350/Kamnita_fasada_lepota_s_pridihom_tradicije

Protim, d. (2023). *Trajnostna gradnja*. Pridobljeno iz Proti Ržišnik Perc d.o.o., vpogled 18.11.2023: https://www.protim.si/trajnostna-gradnja

Saint-Gobain, W. (2023). *Cenik 2023 - Weber, vpogled 13.11.2023.* Pridobljeno iz Weber Saint-Gobain, 2023: https://www.si.weber/files/si/2023-09/cenik%202023%20-%20Weber.pdf

Saint-Gobain, W. (brez datuma). *Fasadni materiali, fasadne barve, Weberton silikon*. Pridobljeno iz Weber Saint Gobain, 2023: https://www.si.weber/fasadni-materiali/fasadne-barve/weberton-silikon

Valenčič, M. (14. november 2020). *Miti in legende o stiroporu*. Pridobljeno iz ZaEnSvet, 2020: https://zaensvet.si/miti-in-legende-o-stiroporu/

Wienerberger. (1. November 2023). *informacije: Wienerberger 2023*. Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Wienerberger: https://www.wienerberger.si/informacije/sistemske-resitve/porotherm-zidni-in-stropni-sistemi/porotherm-izo-profi/zakaj-porotherm-izo-profi-opeka.html

Zbašnik-Senegačnik, M., & Kresal, J. (2004). *Fasadni ovoj.* Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo.

11 PRILOGE

Priloga 1: Cenik toplotne izolacije Fragmat PREMIUM 031

Priloga 2: Cenik toplotne izolacije Knauf Insulation FKD-S Thermal

Priloga 3: Cenik toplotne izolacije Knauf Insulation NaturBoard VENTI

Priloga 1: Cenik toplotne izolacije Fragmat PREMIUM 031

FRAGMAT PREMIUM 031

CE



EKO SKLAD

EPS fasadna plošča iz kalupa, z izboljšano izolativnostjo

- standard SIST EN 13163 • toplotna izolacija v kontaktnih fasadnih sistemih, v skladu z ETAG 004
- toplotna prevodnost λ=0,031 W/mK • natezna trdnost TR150 • plošča z zarezami na prednji strani, za zmanjševanje širjenja in krčenja

EAN koda 3838833...	debelina cm	velikost cm	pakiranje m^2	paleta m^2	cena brez DDV €/m^2	cena z DDV €/m^2
*662600	10	100 × 50	2,5	50	**12,50**	15,25
*662617	12	100 × 50	2	40	**15,00**	18,30
*662631	13,5	100 × 50	1,5	36	**16,88**	20,59
*662648	14	100 × 50	1,5	36	**17,50**	21,35
*662655	15	100 × 50	1,5	30	**18,75**	22,88
*713951	15,5	100 × 50	1,5	30	**19,38**	23,64
*662662	16	100 × 50	1,5	30	**20,00**	24,40
*662679	18	100 x 50	1	24	**22,50**	27,45
*662686	20	100 × 50	1	24	**25,00**	30,50
*662693	22	100 × 50	1	20	**27,50**	33,55
*662709	24	100 × 50	1	20	**30,00**	36,60

EPS-EN 13163-L(3)-W(2)-T(1)-S(2)-P(3)-BS150-DS(N)2-DS(70,-)1-TR150

Priloga 2: Cenik toplotne izolacije Knauf Insulation FKD-S Thermal

IZOLACIJA ZUNANJIH STEN – KONTAKTNA FASADA



KNAUF INSULATION **Plošča za kontaktne fasade FKD-S Thermal**

Blagovna skupina **FA**

Uporabljamo jo za toplotno izolacijo zunanjih sten po sistemu kontaktne tankoslojne fasade. Plošče še posebej priporočamo za sanacije obstoječih večstanovanjskih objektov, za visoke stavbe (>25 m) in fasadne sisteme s težjo zaključno oblogo (klinker, keramika,...).

SAP šifra	EAN koda paketi na paleti	EAN koda paket	kosov/paket	m^2/paket	paketov/paleta	m^2/paleta	m^3/paleta	dolžina (mm)	širina (mm)	debelina (mm)	razred razpoložljivosti	CENA EUR/m^2 (brez DDV)
504583	8581760149656	8581760149502	7	4,20	28,00	117,60	5,88	1000	600	50	B	**12,56**
504241	8581760149212	8581760149328	3	1,44	15,00	21,60	2,59	1200	400	120	B	**28,02**
504243	8581760149212	8581760149335	3	1,44	15,00	21,60	3,02	1200	400	140	B	**32,69**
504246	8581760149212	8581760149342	2	0,96	20,00	19,20	3,07	1200	400	160	B	**37,36**
504247	8581760149212	8581760149359	2	0,96	15,00	14,40	2,59	1200	400	180	B	**42,03**
504248	8581760149212	8581760149366	2	0,96	15,00	14,40	2,59	1200	400	200	B	**46,70**
504249	8581760149212	8581760149373	2	0,96	15,00	14,4	3,17	1200	400	220	S	**51,38**
504563	8581760149632	8581760149908	1	0,60	44,00	26,4	6,34	1000	600	240	S	**56,05**

Oznaka po SIST EN 13162
MW-EN 13162-T5-DS(TH)-CS(10)30-TR10-WS-WL(P)-MU1

Izjava o lastnostih
R4308 LPCPR

Deklarirana toplotna prevodnost
po SIST EN 12667: λ_D = 0,035 W/mK

Odziv na ogenj
po SIST EN 13501-1: A1

Razplastna trdnost
$\sigma_{mt} \geq 10$ kPa

Dobavljamo na palete



KNAUF INSULATION **Večnamenska plošča NaturBoard VENTI**

Blagovna skupina **CH**

SAP šifra	EAN koda paleta	EAN koda paket	kosov/paket	m²/paket	paketov/paleta	m²/paleta	m³/paleta	dolžina (mm)	širina (mm)	debelina (mm)	razred razpoložljivosti	CENA EUR/m² (brez DDV)
628977	3850340743429	5012062024387	15	9,00	20,00	180,00	5,40	1000	600	30	B	**3,58**
786688	5056667801356	5012062024394	12	7,20	20,00	144,00	5,76	1000	600	40	A	**4,75**
786685	5056667801325	5056667801547	12	7,20	16,00	115,20	5,76	1000	600	50	A	**5,70**
784222	5056376699978	5056376699978	12	7,50	16,00	120,00	6,00	1000	625	50*	B	**5,70**
786722	5056667801332	5056667801592	9	5,40	20,00	108,00	6,48	1000	600	60	A	**6,80**
786689	5056667801363	5012062024424	6	3,60	20,00	72,00	5,76	1000	600	80	A	**9,06**
784224	5056376699992	5056376699992	6	3,75	12,00	43,20	3,46	1000	625	80*	B	**9,06**
786687	5056667801349	5056667801349	6	3,60	16,00	57,60	5,76	1000	600	100	A	**11,33**
784284	5056667800601	5056667800601	6	3,75	16,00	60,00	6,00	1000	625	100*	B	**11,33**
786690	5056667801370	5056667801370	5	3,00	16,00	48,00	5,76	1000	600	120	A	**13,59**
629305	3838905759603	3838905759603	3	1,80	24,00	43,20	6,05	1000	600	140	A	**15,85**
786691	5056667801387	5056667801387	3	1,80	20,00	36,00	5,76	1000	600	160	A	**18,12**
455900	3838905792877	3838905792877	3	1,80	20,00	36,00	6,48	1000	600	180	B	**20,38**
784223	5056376699985	5056376699985	3	1,80	16,00	28,80	5,76	1000	600	200	B	**22,65**
634184		5012062024387	15	9,00				1000	600	30	B	**3,58**
634186		5012062024394	12	7,20				1000	600	40	B	**4,75**
786931		5056667801547	12	7,20				1000	600	50	B	**5,70**
786935		5056667801592	9	5,40				1000	600	60	B	**6,80**
634190		5012062024424	6	3,60				1000	600	80	B	**9,06**

Uporabljamo jo za:
- akustične strope,
- predelne stene,
- poševne prezračevane strehe,
- prezračevane fasade ipd.

Priporočamo jo v primeru posebnih zahtev, kot so požarna varnost, zaščita pred hrupom...

Po naročilu izdelujemo tudi plošče s širino 625 mm. Plošče so lahko dodatno kaširane s črnim (GVB) ali belim (GVN) steklenim voalom.

EN 13162 Oznaka po SIST EN 13162
MW-EN 13162-T5-W(L)P-AF10-MU1

DOP Izjava o lastnostih
R4305 LPCPR

Deklarirana toplotna prevodnost
po SIST EN 12667: λ_D = 0,035 W/mK

Odziv na ogenj
po SIST EN 13501-1: A1

Upor zračnemu toku
po SIST EN 29053: r >10 kPa·s/m²

Dobavljamo na pakete do debeline 80 mm