

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

**UPORABA TOPLOTNIH IZOLACIJSKIH MATERIALOV V
VISOKI GRADNJI
– SKLENJEN TOPLOTNI OVOJ –**

Kandidat: Tomas Gulin

Študent študija ob delu

Številka indeksa: 11190122785

Program: gradbeništvo

Mentor v šoli: Bojan Dapčević, univ. dipl. ing. grad.

Mentor v podjetju: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. ing. grad.

Maribor, september 2009

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Gulin Tomas, z vpisno številko 11190122785 izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom:

UPORABA TOPLOTNIH IZOLACIJSKIH MATERIALOV V VISOKI GRADNJI – SKLENJEN TOPLOTNI OVOJ –

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastno kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 16/2007; v nadaljevanju ZAPS), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in za moj status na VSŠ Academia;
- skladno z 32. a členom ZAPS dovoljujem VSŠ Academia dajanje avtorskega dela na voljo javnosti – z objavo diplomskega dela na elektronskem mediju, tj. e-portalu šole.

Maribor,

Podpis:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Višje strokovne šole Academia Maribor Bojanu Dapčeviču za izkazano zaupanje ob mentorstvu, ter mentorju v podjetju KOMUNAPROJEKT, d. d., Vladimirju Dragorajacu za strokovno vodenje in svetovanje pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se podjetju KOMUNAPROJEKT, d. d., ki mi je omogočilo izobraževanje na Višji strokovni šoli Academia Maribor.

Prav tako gre zahvala celotnemu osebju Višje strokovne šole Academia Maribor za pridobljeno znanje, izkušnje, pozitiven odnos ter dvigovanje morale in samozvesti v najtežjih trenutkih.

Hvala Tatjani Hren Dizdarević za lektoriranje.

Največjo zahvalo si vsekakor zaslužita moja najdražja dva – Klaudija in Kristian. Hvala vama za razumevanje, bodrenje, izkazano veselje ob vsakem izdelanem izpitu, za potrpežljivost in vero vame.

POVZETEK

Izvajanje v gradbeništvu zahteva temeljit premislek, posvet in sodelovanje s strokovnjaki. Izhajati moramo iz že pridobljenih izkušenj in dokazanih rezultatov raziskovanj. Zgraditi objekt brez vsake tehnične podpore, je danes nevarno, nesmiselno in ekonomsko potratno. Brez pravilnega načrtovanja s strani projektantov, brez dobro izurjenih izvajalcev in brez odličnega nadzora, objekta praktično ne moremo zgraditi. Prav tako moramo vedeti, koliko denarja potrebujemo, koliko ga imamo in v kolikšnem času moramo objekt zgraditi, da se nam investicija obrestuje.

Prva faza v gradbeništvu je projektiranje. Projektant mora v načrtih skrbno izbirati materiale, v smislu kakovosti in ekonomičnosti. Za pravilno načrtovanje toplotne izolativnosti konstrukcijskih elementov se izdela elaborat gradbene fizike, kjer je prikazana toplotna prehodnost konstrukcije, toplotne izgube in poraba ogrevalnega energenta za sezono. Pravilna izbira izolacijskih materialov pogojuje večjo kakovost bivanja v objektu, manjšo porabo ogrevalnega energenta, preprečuje toplotne mostove in nastanek zidne plesni. Faktorji toplotnih prehodnosti konstrukcije so zapisani v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES 2008.

Sklenjen toplotni ovoj je pogoj za dobro izolirano stavbo, kar pomeni, da izvedemo toplotno izolacijo po zunanjem obodu stavbe brez prekinitev.

Ekspandirani polistiren (stiropor), ekstrudirani polistiren (styrodur), kamena volna in steklena volna so danes najbolj uporabljani toplotno izolacijski materiali v visoki gradnji. Odlikuje jih dobra toplotna prevodnost, relativno lahka in hitra vgradnja ter obstojnost pri pravilni uporabi.

Ključne besede: sklenjen toplotni ovoj, stiropor, styrodur, kamena volna, steklena volna.

ABSTRACT

Construction in civil engineering requires a thorough consideration, discussion and cooperation of professionals. It must be based on the already acquired experience and proven research results. Building an object without any technical support is dangerous, useless and a waste of money. A building basically cannot be built without proper planning of builders, well trained operators and excellent monitoring. We must also know how much money will be needed, how much is available and we must have the time-line for when the object must be built in order to make the investment profitable.

The first phase of civil engineering is the project plan. The builder must make a careful selection of materials for his project plan in terms of quality and economics. For a proper planning of thermal insulation of construction elements a case-study of building physics must be prepared which shows the construction's heat transmission, loss of heat and usage of the heating energy source in one season. Proper selection of insulation materials ensures a higher quality of living in the object, lower usage of energy, it prevents heat bridges and creation of mold on the walls. Heat transmission factors are listed in the Rules on efficient energy use in buildings – PURES 2008

Thermal cover is a precondition for a well insulated building which means that the thermal insulation is done on the outside wall/circumference of the building without disconnections.

Expanded polystyrene (styrofoam), extruded polystyrene (styrodur), rock wool and glass wool are materials that are most commonly used in high construction. They offer good heat transmission, relatively easy and fast implementation and long persistence if used correctly.

Key words: thermal cover, styrofoam, styrodur, rock wool, glass wool

KAZALO VSEBINE:

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA	2
ZAHVALA	3
POVZETEK.....	4
ABSTRACT	5
KAZALO VSEBINE:.....	6
KAZALO SLIK:	8
KAZALO TABEL:	9
1. UVOD	10
2. PREDSTAVITEV IZOLACIJSKIH MATERIALOV	12
2.1. Ekspandirani polistiren - STIROPOR	12
2.2. Ekstrudirani polistiren - STYRODUR	15
2.3. IZOLACIJA IZ MINERALNIH VLAKEN	17
2.3.1. Kamena volna.....	18
2.3.2. Steklena volna.....	20
3. UPORABA TOPLOTNIH IZOLACIJ V VISOKI GRADNJI	21
3.1. Ekspandirani polistiren - STIROPOR	21
3.2. Ekstrudirani polistiren – STYRODUR.....	24
3.3. Kamena volna	27
3.4. Steklena volna	29
4. GRAFIČNI PRIKAZ POSTOPKOV IZVEDBE DETAJLOV	31
4.1. Sklenjen toplotni ovoj.....	31
4.1.1. Toplotna izolacija temeljne plošče	33
4.1.2. Toplotna izolacija zunanjih obodnih sten objekta.....	35
4.1.3. Toplotna izolacija poševne strehe	38
4.1.4. Okna in vrata.....	40
4.1.5. Zaščita proti soncu	40

5. GRADBENA FIZIKA – TOPLOTNA PREVODNOST MATERIALA, TOPLOTNA PREHODNOST KONSTRUKCIJE	41
5.1. Toplotna prevodnost izolacijskih materialov »λ«	41
5.2. Toplotna prehodnost konstrukcije »k«, po novem pravilniku »U«	42
5.3. Izračun toplotnih karakteristik konstrukcijskih sklopov	43
5.3.1. Toplotna prehodnost temeljne plošče in fasadnega cokla – detajl D1.....	43
5.3.2. Toplotna prehodnost zunanjih obodnih sten objekta – detajl D2, kontaktna fasada	45
5.3.3. Toplotna prehodnost poševne strehe nad ogrevanim podstrešjem – detajl D3.....	46
6. CENE RAZLIČNIH IZOLACIJSKIH MATERIALOV	47
6.1. Stiropor EPS F (fasadni).....	47
6.2. Styrodur 3035CS	48
6.3. Kamena volna – TERVOL FP-PL za kontaktne fasade	49
6.4. Steklена volna – UNIFIT 0,35 (TI 135U), za poševne strehe.....	49
7. PARNA ZAPORA IN PARNA OVIRA	50
7.1. Primer parozaporne folije tipa Knauf Insulation LDS 100.....	52
7.2. Primer parne ovire, tip Knauf Insulation LDS 2 SILK	53
8. PRIMERJALNA TABELA IZBRANIH TOPLOTNO- IZOLACIJSKIH MATERIALOV	54
9. TERMINSKI PLAN IZVEDBE TOPLOTNIH IZOLACIJ	55
10. FINANČNI PLAN IZVEDBE TOPLOTNIH IZOLACIJ	56
11. ZAKLJUČEK	57
12. UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI	59

KAZALO SLIK:

Slika 1: Plošče ekspandiranega polistirena.....	14
Slika 2: Plošče iz ekstrudiranega polystirena	16
Slika 3: Postopek pridobivanja kamene volne.....	19
Slika 4: Postopek pridobivanja steklene volne.	20
Slika 5: Izvedba slojev poševne strehe.	30
Slika 6: Izvedba neprekinjene toplotne izolacije po obodu objekta.	31
Slika 7: Toplotna izolacija temeljne plošče – detajl D1.	33
Slika 8: Toplotna izolacija temeljne plošče z robnim AB zobom – detajl D1 varianta.	34
Slika 9: Izvedbe toplotne izolacije na zid, kontaktna fasada, detajl D2.	35
Slika 10: Izvedbe prezračevane fasade, detajl D2 – varianta.	37
Slika 11: Izvedbe poševne strehe, detajl D3.....	38
Slika 12: Toplotna prevodnost snovi »λ« in toplotna prehodnost konstrukcije »k«.	42

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Lastnosti klasičnih in alternativnih toplotnoizolacijskih materialov.....	41
Tabela 2: Cene stiroporja različnih debelin.....	47
Tabela 3: Cene styrodurja različnih debelin.....	48
Tabela 4: Cene kamene volne različnih debelin.....	49
Tabela 5: Cene steklene volne različnih debelin.....	49
Tabela 6: Tehnične lastnosti parozaporne folije.....	52
Tabela 7: Tehnične lastnosti folije kot parna ovira.....	53
Tabela 8: Tehnične karakteristike toplotno izolacijskih materialov.....	54
Tabela 9: terminski plan izvedbe, Microsoft Projekt	55
Tabela 10: finančni plan izvedbe toplotnih izolacij.....	56

1. UVOD

Pravilna izbira izolacijskih materialov za toplotno izolacijo stavbe je eden izmed ključnih pogojev za dobro delovanje toplotnega ovoja. Ni vseeno, kateri material uporabimo za določen konstrukcijski sklop. Tehnične karakteristike, vodovpojnost, obstojnost na UV žarke in tlačna trdnost so elementi, ki jih mora poznati vsak projektant in gradbenik.

V fazi izbiranja izolacijskih materialov s strani projektanta je potrebno izračunati toplotno prehodnost konstrukcije. Rezultati nam pokažejo, ali zadovoljujemo faktorje prehodnosti glede na pravilnik o učinkoviti rabi energije. V kolikor naši izračuni presegajo faktorje iz pravilnika, se lahko odločimo za drugi material, ali za povečanje debeline preseka izolacijskega materiala.

Nov pravilnik PURES 2008 zahteva, da mora v projektu za izdajo gradbenega dovoljenja biti v mapi 7 priložen elaborat o energijski učinkovitosti stavbe, s katerim se zagotavlja izpolnjevanje zahtev pravilnika o učinkoviti rabi energije, v vodilni mapi pa tudi izpolnjen izkaz o toplotnih karakteristikah objekta.

Z vgradnjo toplotnih izolacij želimo doseči dobro izolacijo ovoja stavbe in čim manj toplotnih izgub, saj v nasprotnem primeru povečujemo lastne stroške ogrevanja, zmanjšujemo ugodje bivanja ter povečujemo možnosti povečanja toplotnih gred. Z napačno izbiro materialov lahko znatno povečamo stroške popravila. V primeru vgradnje nepravilne toplotne izolacije pod talno ploščo, pa je napaka neodpravljiva.

Diplomska naloga predstavlja štiri toplotno-izolacijske materiale, njihovo uporabnost in tehnične karakteristike. Na osnovi teh podatkov je za vsak posamezni konstrukcijski sklop izbran toplotno-izolacijski material, podan je detajl izvedbe in preračunana gradbena fizika (toplotna prehodnost) za energijsko varčno hišo v Mariboru. Primerjalna tabela podaja rezultate raziskovanj in prikazuje lastnosti izolacijskih materialov v gradnji. Na osnovi primerjalne tabele se je mogoče lažje odločati o izbiri toplotno-izolacijskih materialov za posamezen detajl.

Pri izvedbi toplotne zaščite stavbe moramo biti pozorni tudi na vgradnjo parne zapore, oz. parne ovire. Toplotna izolacija iz mineralnih vlaken vpija vlago in je navlažena neuporabna. Toplota prehaja iz toplega prostora v hladen prostor, prav tako potuje tudi vlaga. Da bi preprečili vlagi vstop v toplotno izolacijo, vgradimo parno zaporo. V primeru, ko želimo vlagi omogočiti izstop iz konstrukcijskega sklopa, vgradimo parno oviro.

2. PREDSTAVITEV IZOLACIJSKIH MATERIALOV

2.1. *Ekspandirani polistiren - STIROPOR¹*

Naziv STIROPOR je postal sinonim za ekspandirani polistiren (skrajšano EPS). Začetki stiropora segajo v leto 1954, ko je bil v tovarni kemičnega koncerna BASF (Badische-Anilin und Soda – Fabrik iz Ludwigshafna) v ZR Nemčiji, prvič izdelan ekspandirani polistiren pod zaščitenim imenom Styropor.

To se je zgodilo ravno v času, ko so se v arhitekturi iskale nove oblike, v gradbeništvu pa nove tehnologije tanjših in lažjih gradbenih konstrukcij. Styropor je zaradi tega, kot material izjemnih toplotno-izolacijskih ($\lambda = 0.035$ do 0.040 W/mK) in mehanskih lastnosti, nizke cene in enostavnega vgrajevanja zelo hitro osvojil svetovno gradbeništvu in je še danes brez konkurence. Pri porabi toplotno-izolacijskih materialov pa je na prvem mestu, z deležem, ki presega 40 %.

Postopek proizvodnje ekspandiranega polistirena (EPS) se izvaja v treh stopnjah. Najprej se za kratek čas kroglice polistirena grejejo z vodno paro, tako da predeksandirajo. Stene polistirena se zmehčajo, lahko hlapljiv ogljikovodik v kroglicah polistirena prehaja v plin. Pri tem, ko kroglice ekspandirajo, povečajo svoj volumen za 20 do 40 krat, gostota pa se zmanjša z okrog 600 kg/m^3 na 15 kg/m^3 do 30 kg/m^3 (40 kg/m^3).

V tretji fazi stabilizirane kroglice doziramo v zaprte kovinske kalupe, kjer s pomočjo delovanja suho zasičene vodne pare prihaja do končne ekspanzije. Kroglice se ponovno zmehčajo, širjenje v zaprtih kalupih ni mogoče, zato se med seboj zlepijo in tako tvorijo kompakten material zaprte celičaste strukture. Bloki se vzamejo iz kalupov, po dimenzijski stabilizaciji pa se režejo v plošče s pomočjo vroče žice.

Pri proizvodnji stiropora je pomembno, kakšne kvalitete so ekspandirajoče kroglice polistirena, kje in kdaj so bile proizvedene oziroma koliko časa je minilo od njihove

¹ Povzeto po http://www.novolit.si/slo/o_eps.html

proizvodnje do ekspandiranja. Velikokrat se zaradi nižje nabavne cene prevažajo z dolgotrajnimi ladijskimi prevozi. Pri transportu v tropskem podnebju lahko material zaradi vročine utрпи posledice hlapljenja ekspandirajočega plina iz granulata. Tak stiropor kasneje nima zahtevanih tehničnih lastnosti. Prav tako je pomembno tudi, po katerem tehnološkem postopku se stiropor proizvaja.

Gostota (kg/m^3) najbolj vpliva na lastnosti stiropora. Izdeluje se v šestih različnih gostotah, od 12 kg/m^3 do 30 kg/m^3 (pa tudi do 40 kg/m^3). Prej se je po gostoti tudi označeval, na osnovi SIST EN pa se označuje po vseh svojih lastnostih (identifikacijske oznake EPS SIST EN 13163), najbolj pogosto pa po tlačni trdoti (kPa). Vsak od teh tipov stiropora ima svoj namen uporabe, kar je pri vgrajevanju zelo pomembno. Označevanje je obveza vsakega proizvajalca v skladu s tehničnim predpisom, z zakonom in standardom SIST EN 13163.

Stiropor sicer vpija vlago, vendar je zaradi svoje celične strukture sposoben vlago oddati in lahko naprej deluje z vsemi tehničnimi lastnostmi kot suh material, kar stiroporu navsezadnje omogoča tako široko in vsestransko uporabnost. V 1 m^3 je povprečno 98 % zraka in 3–6 milijonov zaprtih celic, kar mu daje izjemne toplotnoizolacijske lastnosti.

Ekspandirani polistiren ima relativno kemično odpornost, na kar so vsi proizvajalci dolžni opozoriti. Priporočljivo se je izogibati proizvodom, ki imajo v sebi organska topila, kar je največkrat primer pri nekaterih lepilih (za plastiko, gumo in podobno) ali pri barvah. Gradbena lepila, ometi ali cementni estrihi z dodatki ali brez dodatkov vodnih disperzij se lahko uporabljajo. Natančna navodila podajo proizvajalci, glede na kemično sestavo proizvoda.

Stiropor je za ljudi in okolje neškodljiv proizvod. Ni strupen in tudi če se vname, ne gori in ne razvija škodljivih plinov. Lahko se reciklira. Ne sodeluje v ustvarjanju »efekta tople grede«.

Zato lahko upravičeno rečemo, da stiropor nima negativnega vpliva na okolico. Nasprotno, ravno zaradi njegovega osnovnega namena v gradbeništvu, ki je prihranek energenta ter recikliranja, je eden od najvažnejših členov v zaščiti okolja.



Slika 1: Plošče ekspandiranega polistirena

Vir: www.fragmat.si/slo/index.htm

2.2. Ekstrudirani polistiren - STYRODUR

Ima zaradi drugačnega proizvodnega postopka kot ekspandirani polistiren zaprte celice in praktično ne vpija vode. Zato je kljub višji ceni v primerjavi z ekspandiranim polistirenom skoraj nepogrešljiv na mestih, kjer je toplotna izolacija v neposrednem stiku z vodo (toplotna zaščita kletnih sten, obrnjena ravna streha ...).

Proizvodni postopek je okolju manj prijazen kot pri ekspandiranem polistirenu, potrebno je še nekoliko več energije, pri proizvodnji pa uporabljajo ozonski plasti škodljive pline.

Ekstrudirani polistiren je za razliko od navadno belega ekspandiranega polistirena obarvan (svetlo modro, svetlo zeleno, roza) v značilni barvi posameznega proizvajalca.

Ekstrudirani polistiren je iznajdba na področju toplotnih izolacij, ki je rešila problem izoliranja v vlažnem okolju in celo v vodi. Najboljša toplotna izolacija je namreč zrak, vendar le takrat, kadar le-ta ostaja miren in suh, to pa je v vlažnem okolju (pod zemljo in v stiku z njo, pri ravni strehi, pri zaprtih kopališčih in bazenskih kompleksih ...) zagotovljeno le v primeru majhnih zaprtih celic, kakršne so sestavni del izolacijskega materiala iz styrodurja.

Satasta struktura toplotno-izolacijskega materiala iz ekstrudirane polistirena daje izolacijski plošči izredno visoko tlačno in natezno odpornost. Zato se ga uporablja tam, kjer je poleg toplotne zaščite potrebno zagotoviti tudi veliko trajno nosilnost tal ali nosilnost fasadnih površin.



Slika 2: Plošče iz ekstrudiranega polystirena

Vir: www.ravago.si/gradbeni_styrofoam.php

2.3. IZOLACIJA IZ MINERALNIH VLAKEN²

Izolacija iz mineralnih vlaken (kamena in steklena volna) je kemijsko nevtralna, ne trohni, se ne stara, obstojna je pri visokih temperaturah.

Kameno volno proizvajajo iz bazalta in diabaza z dodanim koksom pri temperaturi taljenja okoli 1600° C, steklena volna nastaja pretežno iz kremenčevega peska z možnostjo dodajanja recikliranega stekla v elektropečeh pri temperaturi okoli 1350° C. Z razpihovanjem nastajajo vlakna, ki jih povečujejo z dodajanjem veziva. V tej fazi dobi mineralna volna značilno barvo, steklena volna je rumena in kamena volna je sivozelena. Mineralno volno proizvajajo v obliki plošč, v zvitkih, jo kaširajo na različne nosilce (stekleni volna, lepenka, aluminijška folija).

Toplotna prevodnost mineralne volne je v območju med 0.03 in 0.045 W/mK, kar jo uvršča med najboljše toplotne izolatorje. Težavo predstavlja hitro naraščanje toplotne prevodnosti pri navlaževanju, zato je potrebno posebno pozornost posvetiti skladiščenju, kakovostni izvedbi parnih ovir in zapor ter preprečiti vstop vode v konstrukcijo ovoja stavbe.

Z ekološkega vidika predstavlja slabost sorazmerno veliko energije potrebne pri proizvodnji, okoli 460 k/Wh na kubični meter, vendar lahko raba primarne energije tudi precej odstopa. Ker mineralna volna dosega majhno toplotno prehodnost, je potrebna vgrajena energija na enoto toplotne upornosti toplotno izolacijske plasti srednja (kamena volna) do majhna (steklena volna).

Razgradljivost materiala je slaba, zato si stroka že prizadeva za uvajanje postopkov recikliranja. Mineralna volna je lahko zaradi drobnih vlaken, ki jo sestavljajo, kancerogena. Indeks kancerogenosti KI se v Nemčiji uveljavlja kot merilo za kancerogenost vlaknastega materiala. Njegova vrednost je odvisna od kemijske sestave vlaken. Manj škodljivi materiali imajo KI 40 in več. Kljub temu velja, da je pri delu z mineralno volno potrebno upoštevati zaščitne ukrepe. Posebej po vgradnji na notranji strani drobna vlakna odstranimo tako, da prostore prezračimo. Mineralna volna je široko uporaben in cenovno ugoden material.

² Povzeto po Damir Nadarevic, Uvod v gradbeništvo, Seminarska naloga, Fgg-vsš 2007

2.3.1. Kamena volna³

Kameno volno so odkrili na otočju Havaji v začetku prejšnjega stoletja. Med vulkanskim izbruhom so se izoblikovala vlakna iz prelite lave. Kamena volna je torej popolnoma naravni izdelek, ki združuje moč kamna z lastnostmi toplotne izolacije, ki je značilna za volno. Vsem izdelkom so osnova vlakna kamene volne.

Kamena volna je eden izmed najboljših materialov za toplotno, zvočno in protipožarno zaščito. Odločilni faktor pri tem so njene izjemne lastnosti: toplotna izolacija, negorljivost, tališče pri temperaturi preko 1000° C, vodoodpornost, odpornost na vremenske pogoje ter enostavnost vgrajevanja.

Danes se izdelovanje kamene volne izvaja z uporabo zelo sofisticiranih procesov. Osnovna surovina za izdelavo kamene volne so kamnine vulkanskega izvora in to vrste, kot so diabaz, bazalt, dolomit in podobne kamnine.

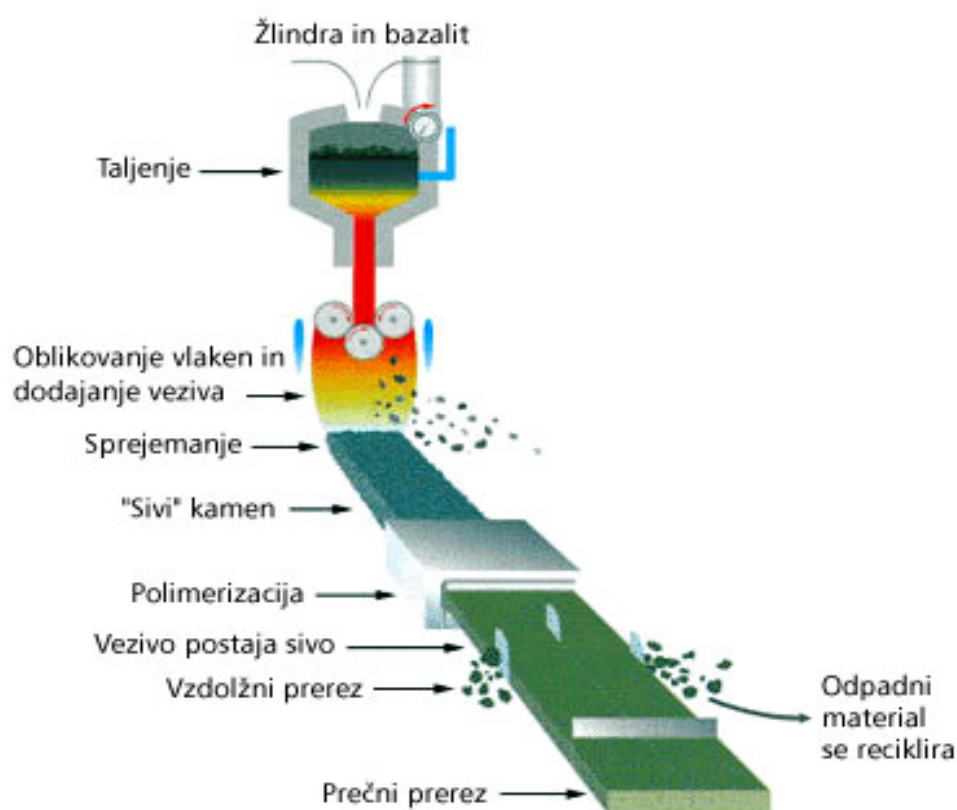
Proizvodni cikel se začne s taljenjem kamnine pri 1500° C. Tako dobimo talino (lava), ki jo razvlaknimo s pomočjo rotacijskih koles in vpihovanja močnega curka zraka. Nastala vlakna se usedajo na tekoči trak in pri tem se dodaja vezivo (1–3 % max). Tako oblikovana vlakna se preko traku vodi v komprimacijsko komoro in potem v trdilno peč, kjer se na približno 250° C vezivo strdi in volna dobi svojo končno obliko ter trdnost.

(vir: www.rockwool.si/izdelki+in+uporaba/proizvodni+proces/od+lave+do+kamene+volne)

Gostota volne, usmerjenost vlaken in delež veziva skupaj definirajo mehanske lastnosti končnega izdelka in hkrati s tem področje njegove uporabe. Uporaba kamene volne za izolacijo nikakor ne pomeni samo toplotno, zvočno in protipožarno zaščito objekta, temveč kamena volna s svojimi izolacijskimi lastnostmi vpliva tudi na zmanjševanje porabe energije za gretje.

³ Povzeto po: www.rockwool.si/izdelki+in+uporaba/lastnosti+kamene+volne

Za okolje predstavlja izdelava kamene volne ekološko sprejemljiv tip izdelave izolacijskih materialov, saj iz kubičnega metra surovine pridobimo stokratni volumen izolacijskih materialov. Povprečen izdelek za toplotno izolacijo stanovanjskih objektov v življenjskem ciklu takšnega objekta omogoča 1700 krat večji prihranek energije od tiste, ki je bila uporabljena pri njegovi izdelavi.



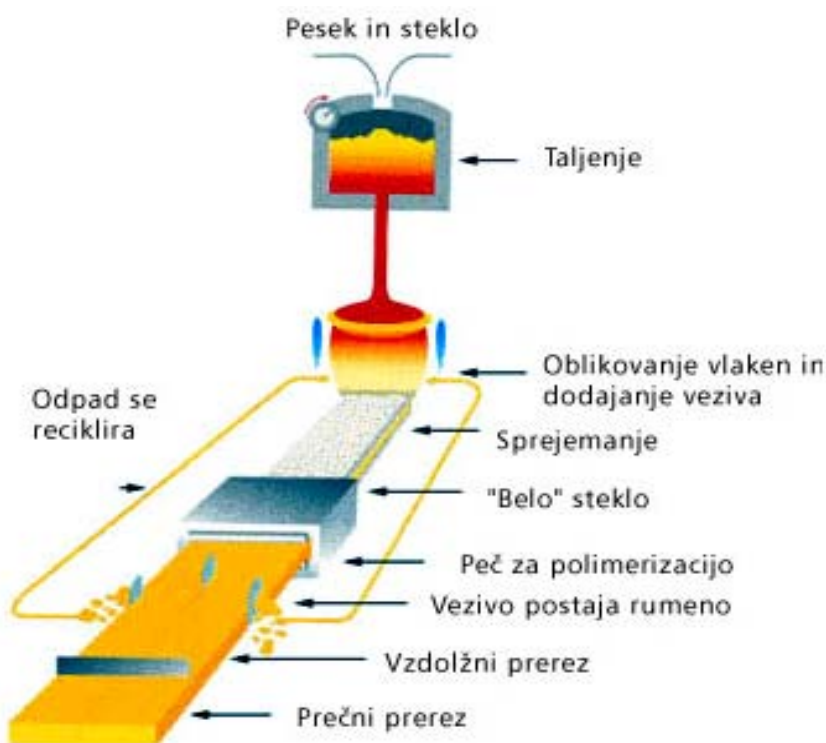
Slika 3: Postopek pridobivanja kamene volne.

Vir.: Dušan Remic, Visoke gradnje, ZARIS, Ljubljana 2005

2.3.2. Steklena volna

Osnovna surovina je naravni pesek, ki so mu dodana talilna sredstva in recikrirani proizvodi. Material se tali v električni pečici pri 1100° C. Oblikovanje vlaken se vrši v centrifugalnem predilnem stroju, kjer se talini dodajajo veziva ter sredstva, ki so karakteristična za posamezne namene uporabe izolacijskega sloja. Sloji steklene volne se polimerizirajo in kalandrirajo. Pred pakiranjem se proizvod v obliki plošč ali rol močno komprimira, kar omogoča elastičnost materiala ter njegovo sposobnost vračanja v nazivno debelino.

Vlakna iz steklene volne so bolj elastična in pribl. 10-krat daljša. Povratna elastičnost vlaken omogoča do 5-kratno komprimiranje, kar pomeni manjši volumen med transportom in skladiščenjem ter manjšo težo. Vgradnja je enostavnejša, saj ni potrebno zelo natančno rezanje materiala na vgradno mero, po vgradnji praktično ne ostajajo prazna – neizpolnjena mesta, ki predstavljajo toplotne mostove. (Vir: Dušan Remic, Visoke gradnje, ZARIS, Ljubljana 2005)



Slika 4: Postopek pridobivanja steklene volne.

Vir: Dušan Remic, Visoke gradnje, ZARIS, Ljubljana 2005

3. UPORABA TOPLOTNIH IZOLACIJ V VISOKI GRADNJI

3.1. Ekspandirani polistiren - STIROPOR

Zakaj izolacija s stiroporom?

Ker,

- ima odlično izolacijsko sposobnost;
- je izredno lahek in ima hkrati tudi izjemne mehanske lastnosti;
- je enostaven za vgradnjo; preprosta obdelava, rezanje žaganje, brušenje in krojenje;
- ne pika in ne bode, se ne drobi, ne vsebuje vlaken in ni škodljiv dihalnim putem;
- ima sposobnost oddati vlago in zadržati svoje tehnične karakteristike po izsušitvi.

Paropropustnost

Paropropustnost ekspandiranega polistirena – stiropora, ki ga namenjamo kontaktnim toplotnoizolacijskim fasadam (kot npr. fasadni sistem Demit) znaša okrog 30. To pomeni, da toplotno-izolacijski material še zdaleč ni parozaporen, kot je napačno uveljavljeno mnenje, ampak toplotno-izolacijski material stiropor še vedno omogoča kontinuiran stacionaren pretok difuzijske pare. Ko govorimo o paropropustnosti, naj poudarimo, da je difuzijski koeficient pri vodni pari za stiropor celo nižji kot pri lesu.

(Vir: www.fragmat.si/download/clanki/STIROPOR%E2%80%93izolacijski%20material%20bodo%20%C4%8Dnosti.pdf).

Gostota penjenega stiropora znaša od 10 do 35 kg/m³ in od nje so odvisne mnoge fizikalne, predvsem mehanske lastnosti, medtem ko sta kemijska odpornost in temperaturna obstojnost praktično neodvisni od gostote. Velikokrat se pojavlja vprašanje, kako izbrati izmed velike množice različnih stiropornih proizvodov tistega, ki bo najboljše ustrezal specifičnim potrebam.

(Vir: varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html)

Nekaj najbolj pogostih funkcij stiropora

Stiropor za talno toplotno in zvočno izolacijo

Znano je, da imajo gradbene nosilne konstrukcije izredno majhno sposobnost dušenja udarnega zvoka (reda velikosti nekaj dB na 10 m). Izvor udarnega zvoka je lahko hoja, hoja s trdimi petami, premikanje stolov, pohoštva ali udarjanje drugih trdih predmetov ob tla. Da bi preprečili dostop udarnega zvoka do nosilne medetažne konstrukcije, izvedemo plavajoči pod. Stiropor z imenom Stiroestrih predstavlja odličen zvočni izolator proti udarnemu zvoku in je v skladu s strogimi zahtevami standarda SIST EN13163.

(Vir: <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>)

Stiropor za kontaktno toplotno izolativno fasado

Fasadne plošče morajo, poleg lastnosti plošč za druge namene, odlikovati tudi velika odpornost na strižne sile, velika razplastna trdnost, visoka stopnja dimenzijske stabilnosti in tudi ustrezna paropropustnost. Prav tako morajo imeti fasadne plošče ravno ustrezno togost, ne premajhno in tudi ne preveliko. Velika napaka je, če za fasado uporabimo kar običajne stiroporne plošče ne glede na njihovo gostoto ali nosilnost. V teh primerih nimamo zagotovljenih vseh potrebnih lastnosti fasadnih plošč in tudi ne izpolnujemo pogojev, ki jih zahtevajo mnogi ponudniki fasadnih sistemov.

(Vir: <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>)

Stiropor za toplotno izolacijo zidov

Pri zunanjih zidovih ne smemo pozabiti na namestitev parne zapore ali parne ovire, katere položaj in tehnične karakteristike pokaže izračun toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare. Posebej pozorni moramo biti v primerih, ko je toplotna izolacija na notranji strani masivnega zidu in takrat, ko je vstavljena v lahko zunanjo steno.

(Vir: <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>)

Stiropor za toplotno izolacijo stropa proti podstrešju

Če površina podstrešja ni pohodna in ni drugače obremenjena, lahko izberemo stiroporno ploščo, katere nosilnost je zahvaljujoč togi strukturi stiropora še vedno velika: 10 % deformacijo povzročimo s tlačno napetostjo 70 kPa, ali povedano drugače z enakomerno obremenitvijo 7000 kg/m². Za površine podstrešij, ki so obremenjene s hojo, odlaganjem predmetov, pa moramo uporabiti plošče z višjo tlačno trdnostjo. Pri tem moramo omogočiti čim bolj enakomerno porazdelitev obtežbe. Priporoča se izvedba plavajočega estriha ali vsaj uporabo plošč (vezanih, lesnocementnih ...), ki omogočajo porazdelitev obtežbe na večjo površino.

(Vir: <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>)

Stiropor za toplotno izolacijo vkopanih objektov

V področje zunanjšega zidu pod terenom vgrajujemo posebne perimenter plošče. To so plošče, proizvedene v kalupu in iz posebne vodoodbojne surovine. Opravljajo funkcijo mehanske zaščite hidroizolacije in toplotne zaščite stavbe.

(Vir: <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>)

3.2. Ekstrudirani polistiren – *STYRODUR*

Ekstrudirani polistiren – STYRODUR je toplotno-izolacijski material z izjemno kombinacijo lastnosti. Praktično ne vpija vode, hkrati pa ima visoko tlačno trdnost. Zaprta celična struktura materiala omogoča visoko toplotno izolativnost in ne vpija vode.

Zakaj izolacija s styrodurjem? Zaradi:

- odlične in konstantne izolacijske lastnosti;
- odpornosti proti vodi in nične kapilarnosti;
- odpornosti proti ciklom zmrzovanja/odtaljevanja;
- visoke, dolgotrajne tlačne trdnosti;
- visokega modula elastičnosti;
- visokega upora prehoda vodne pare.

Pregled uporabe:

- ravne strehe – obrnjene;
- ravne strehe – klasične;
- talne plošče;
- industrijski podi;
- zidovi v zemlji, cokol;
- zunanji zidovi;
- stropi – spodnja obloga;
- toplotni mostovi.

Ravne strehe, vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT18.htm>

Ker so ravne strehe zelo izpostavljene atmosferskim vplivom in mehanskim obremenitvam, jih moramo načrtovati in narediti tehnično-strokovno in povsem neoporečno. V zadnjih letih se tudi že pri nas na mnogih zgradbah vgrajuje t.i. »obrnjena streha«, ki je v zahodni Evropi že dolgo poznana kot tehnično neoporečna rešitev za ravno streho.

Sodobne ravne strehe morajo poleg zahtevane nosilnosti imeti predvsem dobro toplotno izolativnost za zimsko in poletno obdobje, zaščito pred meteorno vodo in kondenzacijo, končno pa morajo biti tudi požarne varne in zvočno izolativne pred zunanjim hrupom.

Podobno kot za druge gradbene konstrukcije uporabljamo tudi pri obravnavanih konstrukcijah visoko izolativne materiale z vrednostmi toplotne prevodnosti med 0,035 in 0,041 W/mK, ki so samougasljivi ali negorljivi.

Styrodur prav tako ni potrebno ščititi pred navlaževanjem tako kot ostale toplotno-izolacijske materiale, saj ne vpija vode.

Težava styrodurja pri obrnjeni strehi je majhna teža materiala, potrebna je obtežitev, v nasprotnem primeru ga lahko veter odpihne. Druga težava je, da je styrodur UV neobstoje.

Toplotna izolacija kletnih zidov.

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT46.htm>

Pri zgradbah, ki nimajo izoliranih kletnih sten in tal, lahko do 20 % celotnih toplotnih izgub nastane v kletnih prostorih. Najprimernejša je neprekinjena toplotna izolacija, ki je položena na zunanji strani kletnih sten. Če jo položimo nad hidroizolacijo, pridobi le-ta še dodatno trajno zaščito pred mehanskimi poškodbami. Za toplotno izolacijo se priporoča debelina vsaj 50 mm.

Toplotno-izolacijski materiali kletnih zidov opravljajo svojo funkcijo v precej drugačnih pogojih kot pa na primer na fasadi, in sicer:

- stalno so v stiku z vlažno zemljo, pogosto izolacijski material obdaja voda. Zato takšni materiali smejo vpijati zelo malo vode, po možnosti sploh nič.

Za toplotno izolacijo kletnih zidov so se v praksi najbolj uveljavili trije materiali v ploščah s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,027$ do $0,05$ W/mK, in sicer:

- vodoodbojen ekspandirani polistiren – stiropor ($\lambda = 0,035$ do $0,04$ W/mK, tlačna trdnost $0,2$ do $0,5$ N/mm²);
- ekstrudirani polistiren – stirodur ($\lambda = 0,027$ do $0,033$ W/mK, z zaprto celično strukturo, tlačna trdnost $0,2$ do $0,7$ N/mm²);
- penjeno steklo ($\lambda = 0,045$ do $0,050$ W/mK, izredno visoka tlačna trdnost).

Plošče lepimo točkovno (6 do 8 točk na ploščo) ali po celi dolžini na hidroizolacijo. Pribijanje plošč ni dovoljeno. Priporoča se polno lepljenje, ki ščiti pred zatekanjem vode za plošče. Lepilo, ki preprečuje razmikanje plošč med zasipavanjem, mora ustrezati tako materialu hidroizolacije kot materialu toplotne izolacije (mora biti brez topil). Toplotno-izolacijski material polagamo v eni plasti, s tesno pritiskanimi stiki, ki jih zamaknemo glede na predhodno vrsto. Od kleti navzgor izolacijski sloj zaključimo na začetku toplotne izolacije ovoja zgradbe. Gradbeno jamo moramo zasipavati v slojih, ki se jih ustrezno zgoščuje, da ne pride do posedanja zasipa, ki lahko povzroči premikanje toplotno-izolacijskih plošč.

Toplotna izolacija poda kleti

Vir: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT46.htm>

Zaradi prevelike stisljivosti stiroporja je le-ta primeren za toplotno izolacijo pod tlakom kleti, medtem ko toplotno izolacijo pod stebri in zidovi izvedemo s penjenim steklom.

Za doseganje toplotne zaščite poda kleti pri energijsko varčnih in pasivnih hišah, se lahko izvede toplotna izolacija iz styrodurja pod temeljno ploščo in vertikalno ob robnih zaključkih temeljne plošče (temelj). Tako dobimo zaprt ovoj in neprekinjen stik horizontalne toplotne izolacije (pod ploščo), z vertikalno toplotno izolacijo kletnih sten.

3.3. Kamena volna

Zakaj izolacija s kameno volno? Ker:

- odlično toplotno izolira (nizka toplotna prevodnost);
- je dober protipožarni izolator (tališče pri temperaturi nad 1000° C, razred negorljivosti A1);
- je dober zvočni izolator zaradi svoje vlaknaste strukture, zaradi česar funkcionira kot dušilec zvoka;
- prepušča paro, torej diha, kar omogoča neoviran prehod vodne pare;
- je odporen na mikroorganizme in na staranje;
- je zdravju in okolju prijazen material.

Pregled uporabe:

- izolacija poševnih streh;
- izolacija predelnih sten;
- izolacija talnih konstrukcij;
- fasadne izolacije;
- tehnične izolacije (cevovodi, rezervoarji ...).

Toplotna izolacija poševnih streh

Pri izvedbi toplotne izolacije poševne strehe je potrebno paziti na primerno debelino toplotne izolacije. Za naše klimatske razmere se priporoča minimalna debelina izolacije vsaj 20 cm. S tako debelino dosežemo zadostno toplotno izolativnost tako v zimskem kot tudi v poletnem času ter prispevamo k manjši porabi energije in k manjšemu obremenjevanju okolja. Zaradi preprečevanja toplotnih mostov in zagotavljanja kvalitetne izvedbe izolacije se priporoča dvoslojno polaganje plošč.

Poleg debeline toplotne izolacije je pozornost potrebno posvetiti tudi primerni prezračevalni plasti med sekundarno (paroprepustna, vodoodbojna folija) in strešno kritino ter namestitvi parne zapore (ovire) na notranji strani izolacije. Prezračevalna plast služi odvajanju vodne pare, ki pozimi prehaja skozi konstrukcijo iz notranjosti, poleti pa preprečuje pregrevanje podstrešnih prostorov. S parno zaporo pozimi omejimo prehod vodne pare skozi konstrukcijo in s tem preprečimo možnost kondenzacije vodne pare na zunanji (hladni) strani izolacije.

(Vir: <http://www.tervol.si/node/340>)

Toplotna izolacija zunanjih sten (fasada)

Toplotna izolacija zunanjih zidov z zunanje strani je najpogostejše uporabljen način zaščite objekta pred toplotnimi izgubami. Bistvena prednost tega sistem je izolacija objekta kot celote, s čimer se lahko praktično v celoti izognemo pojavom toplotnih mostov, temperaturni obremenitvi in vremenskim poškodbam zidne konstrukcije ter kondenzaciji vodne pare v konstrukciji zidu. Namestitev izolacije na zunanji strani omogoči akumulacijo toplote v zidu in njegovo toplotno vztrajnost, ki omogoča večje bivalno ugodje v objektu.

(Vir: www.ravago.si/docs/clanek_Rockwool_kontaktne_fasade.pdf)

3.4. Steklena volna

Zakaj izolacija s stekleno volno? Ker:

- odlično toplotno izolira (nizka toplotna prevodnost);
- je zelo dober protipožarni izolator (visok razred negorljivosti A1);
- je dober zvočni izolator zaradi svoje vlaknaste strukture, zaradi česar funkcionira kot dušilec zvoka;
- je paropropusten material;
- je elastičen material, steklena vlakna v izolaciji so zelo dolga, čvrsta in elastična;
- stisljivost materiala, kar zmanjšuje stroške transporta, skladiščenja in prekladanja.

Pregled uporabe:

- izolacija poševnih streh;
- izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju;
- stene med ogrevanimi prostori;
- fasadne izolacije.

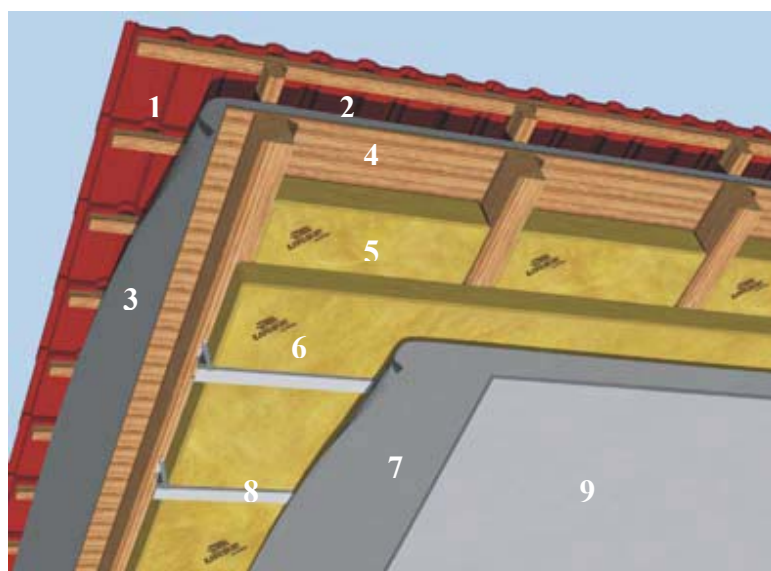
Toplotna izolacija poševnih sten

Izolacija iz steklene volne ima številne prednosti za izolacijo poševne strehe. Poglavitni razlog za to je ELASTIČNOST materiala. Steklена vlakna v izolaciji so zelo dolga, čvrsta in elastična.

Izolacija iz steklene volne se lahko komprimira v role, tako da v fazi skladiščenja in transporta zaseda do 5-krat manj prostora, kot ga po razvitju role. Ob odstranitvi zaščitne folije se izolacija v roli ob razvijanju dvigne na nominalno-vgradno debelino.

Pred vgradnjo med špirovce se izolacija reže na 1 do 2 cm večjo širino. Elastičnost omogoča, da se volna prilagodi prostoru, ki je na voljo. V primeru lesenega ostrešja je to zelo pomembno, saj je les naraven material, ki deluje. Špirovci se v praksi nekoliko zvijejo. Steklена volna zapolni ves prostor, toplotni mostovi na teh mestih se ne pojavljajo, kar ni primer ob uporabi togih ali trših, neelastičnih, izolacijskih materialov. Za zagotavljanje ustrezne toplotne izolativnosti je pomembno, da ni izolacija le v prostoru med špirovci, pač pa tudi pod njimi. S tem se izognemo toplotnemu mostu.

Les je primerjalno s stekleno volno 4 krat slabši toplotni izolator. Priporoča se skupna debelina toplotne izolacije min. 20 do 25 cm. To pomeni polno zapolnjen prostor med špirovci z dodatnih 6 do 12 cm izolacije pod njimi. (Vir: <http://www.ursa.si/faq.html>).



- 1 strešna kritina
- 2 prezračevalni kanal
- 3 sekundarna kritina
(paroprepustna folija)
- 4 deske (opaž)
- 5 toplotna izolacija med špirovci
- 6 toplotna izolacija pod špirovci
- 7 parna ovira

Slika 5: Izvedba slojev poševne strehe.

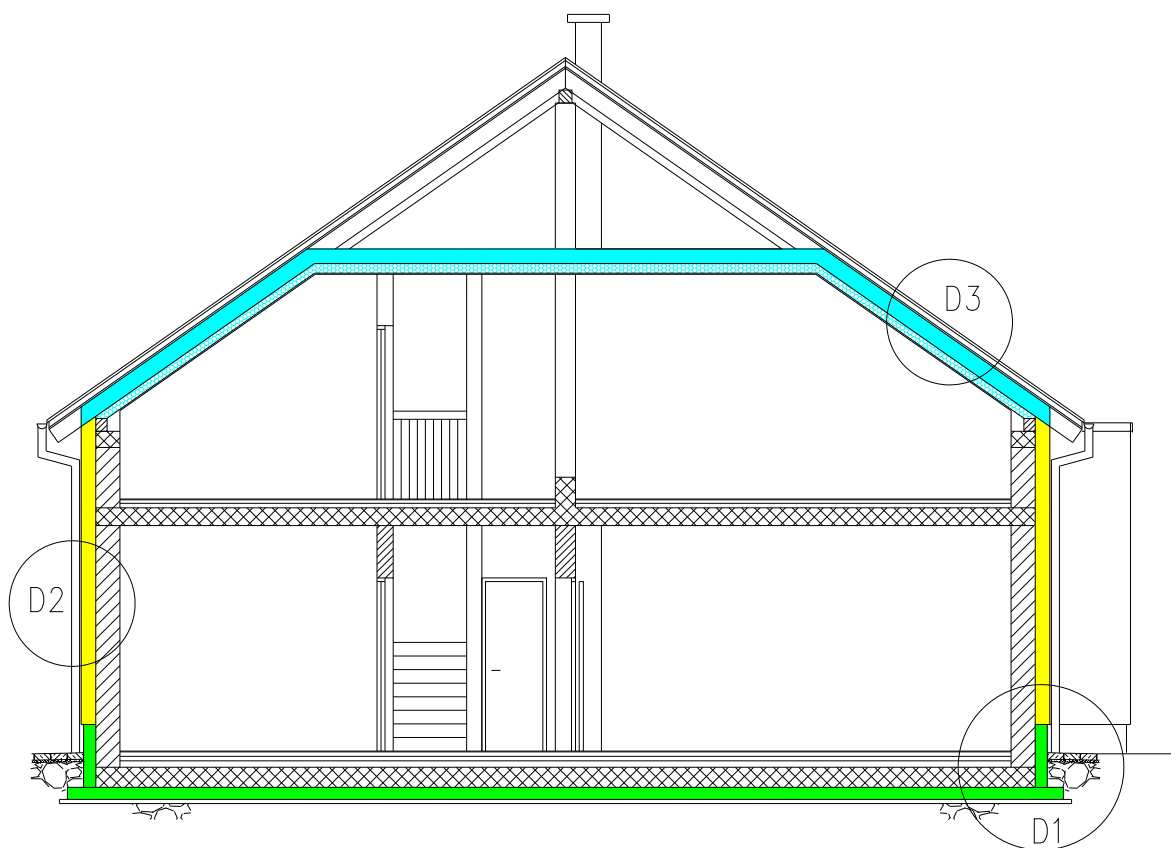
Vir: www.ursa.si/files/posevne_strehe_slo_2009.pdf

4. GRAFIČNI PRIKAZ POSTOPKOV IZVEDBE DETAJLOV

4.1. Sklenjen toplotni ovoj

Zunanji ovoj stavbe je sestavljen iz elementov, ki sodelujejo z notranjim in zunanjim okoljem ter hkrati vplivajo drug na drugega. Šele usklajenost in pravilna zasnova vseh posameznih delov zagotavljajo optimalno delovanje stavbe kot celote. Enako pravilo velja za toplotno zaščito stavb. Za kakovostno toplotno zaščito stavbe ne zadostuje le ustrezna toplotna izolacija posameznih zunanjih konstrukcijskih elementov (stene, streha, tla proti terenu ...). Enako pomembno je tudi skrbno načrtovanje in izvedba vseh detajlov, kot so stiki, priključki, preboji, križanja, odprtine in podobno. Njihovo zanemarjanje ali nepravilno reševanje lahko povzroči številne neprijetne posledice.

Sklenjen toplotni ovoj pomeni izvedbo toplotne izolacije objekta po zunanjem obodu brez prekinitev.



Slika 6: Izvedba neprekinjene toplotne izolacije po obodu objekta.

Vir: lasten

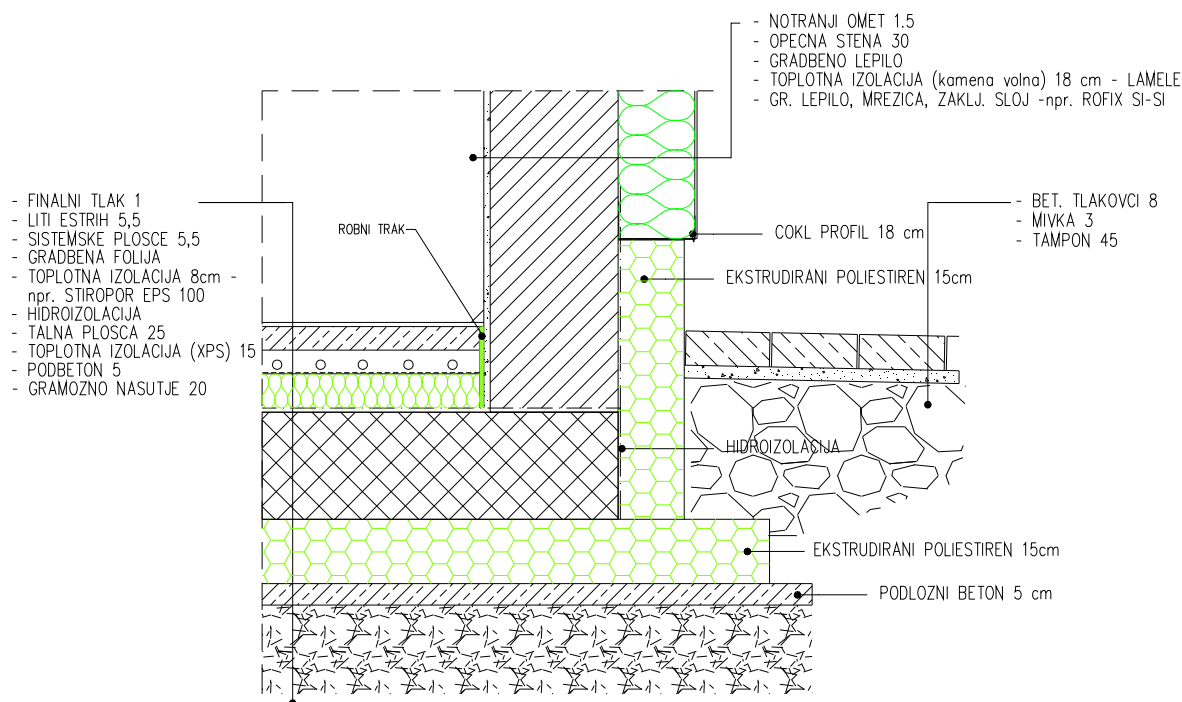
V prejšnji točki je bila predstavljena uporaba izolacijskih materialov po konstrukcijskih sklopih. Glede na uporabnost izolacijskih materialov v gradnji, bo toplotni ovoj sestavljen iz naslednjih toplotnoizolacijskih materialov, in sicer:

- toplotna izolacija pod temeljno ploščo – styrodur;
- toplotna izolacija fasadnih sten – kamena volna (varianta stiropor);
- toplotna izolacija poševne strehe – steklena volna;
- okna in vrata, zasteklitve največ $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, steklo in okvirji največ $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- zaščita proti soncu.

Objekt, ki prikazuje izvedbene detajle, je nepodkleten in ima status energijsko varčne hiše. Debelina toplotnega materiala se določa na osnovi izračuna v elaboratu gradbene fizike, ki bo predstavljena v točki 5.

4.1.1. Toplotna izolacija temeljne plošče

Ekstrudirani polistiren – styrodur uporabimo kot toplotno izolacijo v predelu cokla in pod talno ploščo, saj ne vpija vode. Talna plošča mora biti dovolj globoko pod terenom zaradi zmrzovanja (globina je odvisna od klimatskih razmer). Nad komprimirano nasutje izvedemo podbeton, nanj položimo ekstrudirani polistiren ter zabetoniramo talno ploščo.

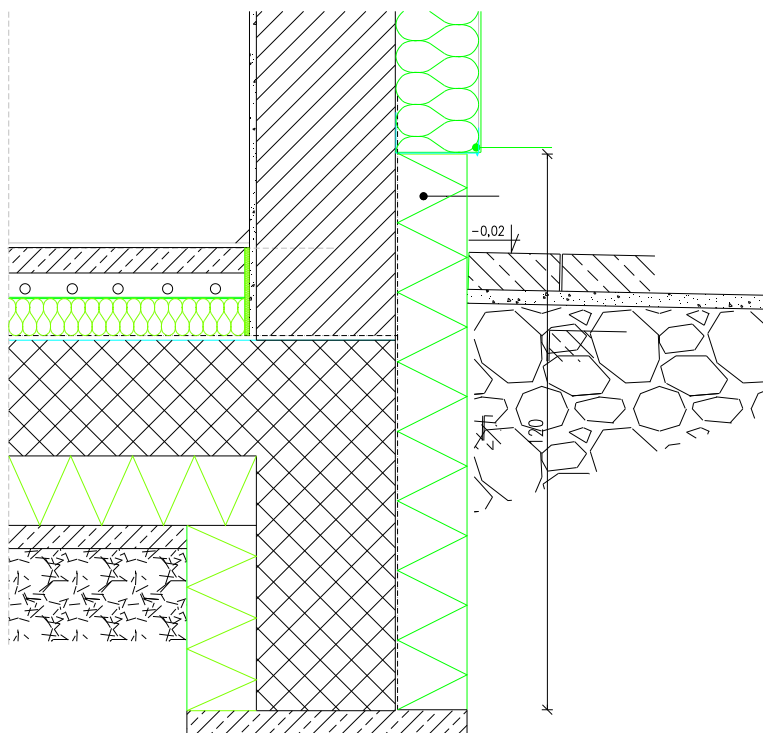


Slika 7: Toplotna izolacija temeljne plošče – detajl D1.

Vir: lasten

Kot je razvidno iz slike, imamo sklenjeno toplotno izolacijo brez prekinitev. Styrodur položimo približno 30 cm nad kotom terena. Vidni del se obdela z zaključnim fasadnim ometom na nosilni mrežici – cokl. Dodatno smo ploščo izolirali na zgornji (notranji strani) s toplotno izolacijo iz ekspandiranega polistirena – stiroporja zaradi talnega ogrevanja, saj bi v nasprotnem primeru ogrevali betonsko konstrukcijo.

V kolikor talna plošča ne sega pod mejo zmrzovanja, izvedemo robni zaključek talne plošče z AB zobom, katerega izoliramo s styrodurjem.



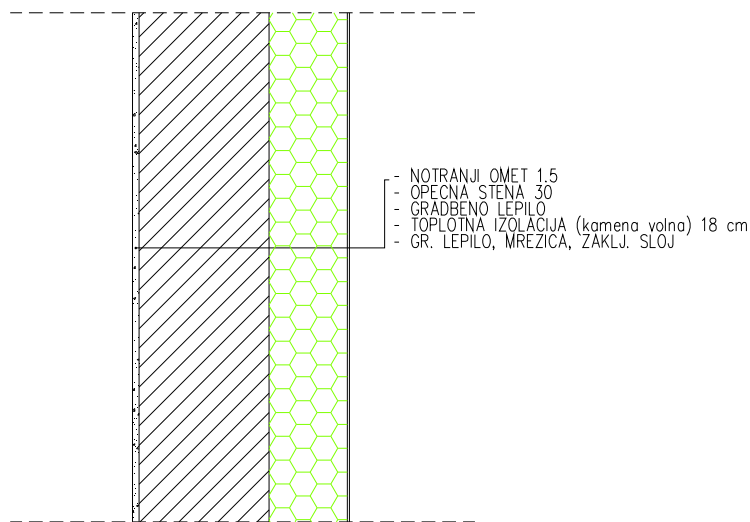
Slika 8: Toplotna izolacija temeljne plošče z robnim AB zobom – detajl D1 varianta.

Vir: lasten

4.1.2. Toplotna izolacija zunanjih obodnih sten objekta

Pri izvedbi toplotne izolacije zunanjih zidov z zunanje strani imamo dve možnosti izvedbe. Prva možnost je izvedba kontaktnega izolacijskega sistema fasade, druga možnost je izvedba prezračevane fasade.

a) Kontaktna fasada



Slika 9: Izvedbe toplotne izolacije na zid, kontaktna fasada, detajl D2.

Vir: lasten

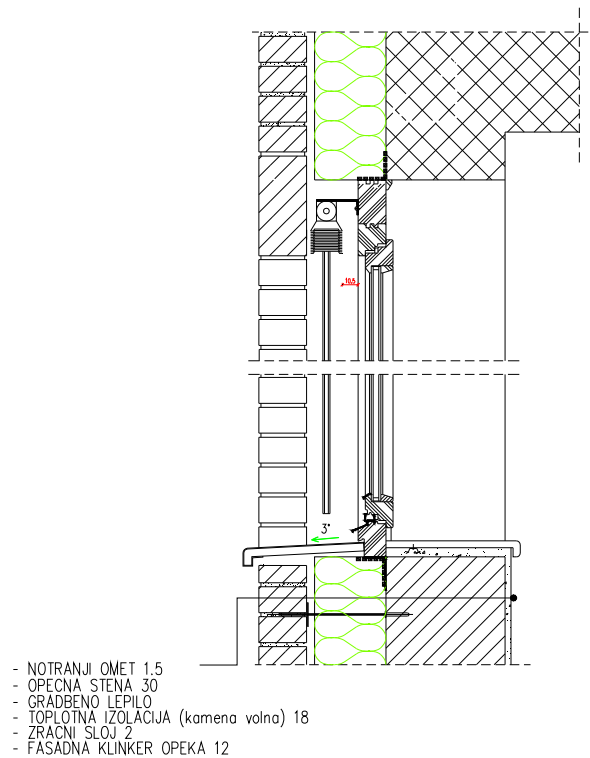
Sistemi kontaktnih fasad na kameni volni so optimalna rešitev toplotne izolacije ovoja zgradbe z zunanje strani in so tudi z gradbeno-fizikalnega stališča najprimernejši. Kamena volna, zaščitena z lepilno malto in zaključnim ometom omogoča praktično poljuben izgled fasade. Prednost sistema kontaktnih fasad na kameni volni je kompaktna izolacija, ki omogoča izvedbo toplotne, zvočne in požarne zaščite fasade brez toplotnih mostov. Izolacijske plošče ali lamele se lepijo na zunanjo stran zidu, preko njih pa se izvede nanos lepilne malte in zaključnega ometa. Kamena volna je idealen material za izvedbo kontaktnih fasad zaradi svojih odličnih toplotno-izolacijskih lastnosti, negorljivosti, paropropustnosti in zvočne izolativnosti.

Detajl in način izvedbe kontaktne fasade s stiroporjem je enak detajlu kontaktne fasade s kameno volno. Razlika med stiroporjem in kameno volno je v toplotni prevodnosti materiala ter toplotni prehodnosti sestavljenega konstrukcijskega elementa.

Pri izvedbi fasade s kameno volno moramo biti pozorni na vremensko situacijo. Polaganje mora potekati v suhem obdobju. V kolikor se napoji z vodo, je material neuporaben.

V nasprotnem primeru pa stiropor lahko odda vlago in deluje kot toplotni izolator z vsemi tehničnimi karakteristikami naprej. Kljub temu je potrebno ščititi tudi stiropor pred direktnim dežjem, saj drugače izgubljam dragoceni čas medtem, ko čakamo na posušitev.

b) Prezračevana fasada



Slika 10: Izvedbe prezračevane fasade, detajl D2 – varianta.

Vir: lasten

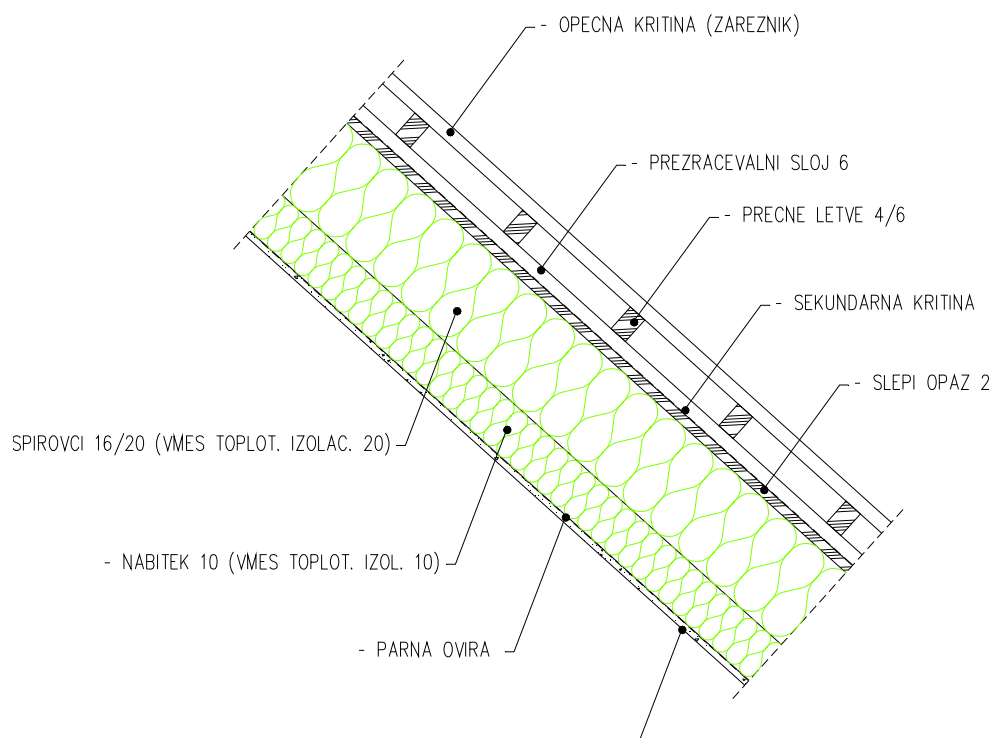
Pri prezračevani fasadi je toplotna izolacija pritrjena na nosilni zid, med izolacijo in zaključno fasadno oblogo pa je zračna plast. Toplotna izolacija vrši izključno funkcijo toplotne izolativnosti in ni mehansko obremenjena, zunanja zaključna fasadna obloga pa nudi toplotni izolaciji zaščito pred vremenskimi vplivi. Pritrjevanje plošč je mehansko, z dvema sidroma na ploščo. Namen prezračevalne plasti zraka je odvajanje kondenčne vlage, ki prodira iz toplejših notranjih prostorov, da ne zastaja v izolaciji in s tem slabi njeno izolativnost.

4.1.3. Toplotna izolacija poševne strehe

Po sestavi ločimo:

- neprezračevane strehe;
- prezračevane strehe;
- kombinirane strehe.

Prikazan in opisan bo detajl izvedbe prezračevane strehe, kjer so sloji med seboj ločeni. Vmes je prezračevani prostor.



Slika 11: Izvedbe poševne strehe, detajl D3.

Vir: lasten

Minimalno skupno debelino izolacije predpisuje Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES. Priporočljiva in ekonomična je izvedba s skupno debelino izolacije 30 cm. Na ta način znatno zmanjšamo toplotne izgube skozi streho pozimi ter se izognemo pregrevanju poleti.

V primeru, ki ga prikazuje slika, je toplotna izolacija položena dvoslojno. Prvi sloj debeline 20 cm se položi med špirovce, drugi sloj pa pod špirovce. V kolikor izvajamo spuščeni montažni strop, lahko za pritrdjevanje izolacije uporabimo tipske nosilce stropa za pritrdjevanje mavčno-kartonskih plošč. Med končno oblogo in toplotno izolacijo se obvezno položi parna ovira.

Prezračevana streha je dobra le v primeru, če so na kapu in slemenu ali grebenu ustrezne odprtine za dovod ter odvod zraka. Projektant mora te odprtine predvideti že v načrtu in določiti njihov presek.

S prikazanimi detajli smo sklenili toplotno izolacijo po celotnem obodu objekta. Vsekakor se je potrebno posvetiti tudi izvedbi toplotne izolacije stikov različnih konstrukcijskih elementov (npr. stropna plošča – zunanja stena) in zrakotesnemu ovoju stavbe, kar pa ni predmet diplomske naloge.

4.1.4. Okna in vrata⁴

V ogrevanih stanovanjskih in poslovnih prostorih stavbe se smejo uporabljati okna s toplotno prehodnostjo zasteklitve največ 1,1 W/m²K. Toplotna prehodnost celotnega okna (stekla in nosilnega okvirja) sme biti največ 1,3 W/m²K, razen v poslovnih objektih pri uporabi oken s kovinskim okvirjem, pri katerih je dovoljena vrednost toplotne prehodnosti največ 1,6 W/m²K.

Toplotna prehodnost strešnih oken sme biti največ 1,4 W/m²K (dopolnitev v pripravi).

Toplotna prehodnost zunanjih vrat ne sme biti večja od 1,8 W/m²K.

4.1.5. Zaščita proti soncu⁵

Stavbe, ki so dobro toplotno izolirane, so zelo občutljive na pregrevanje zaradi prehoda sončnega obsevanja skozi okna v stavbo. Zaradi tega je senčenje zelo pomemben del vsakega projekta.

PURES zahteva vse zastekljene površine na ovoju stavbe s površino stekla nad 0,5 m² razen tistih, ki so obrnjene v smeri od severovzhoda, severa do severozahoda ali so v juniju med 9. in 17. uro zasenčene z naravno ali umetno oviro, morajo omogočati zaščito pred sončnim obsevanjem in bleščanjem, pri kateri je ob upoštevanju vpliva položaja vgradnje faktor prepustnosti celotnega sončnega sevanja stekla in senčila $g < 0,5$.

Senčila, vgrajena na notranji strani ovoja stavbe, se ne štejejo kot zaščita proti sončnemu obsevanju.

⁴ Povzeto po Pravilniku o učinkoviti rabi energije, UL RS 93/2008

⁵ Povzeto po Pravilniku o učinkoviti rabi energije, UL RS 93/2008

5. GRADBENA FIZIKA – TOPLOTNA PREVODNOST MATERIALA, TOPLOTNA PREHODNOST KONSTRUKCIJE

Toplota prehaja skozi ovoj stavbe zaradi temperaturne razlike med toplim zrakom v prostoru in hladnim zunanjim zrakom v smeri nižje temperature. Izguba toplote je vedno prisotna, zmanjšamo jo lahko z vgradnjo toplotnih izolacij na obodnih stenah.

5.1. Toplotna prevodnost izolacijskih materialov » λ «

Toplotna prevodnost snovi » λ « (W/mK) pove, koliko toplotne preide v časovni enoti (1 sekundi) skozi 1 m² snovi z debelino 1 m pri temperaturni razliki 1 K. Čim manjša je toplotna prevodnost materiala, tem boljše so njegove toplotno-izolacijske lastnosti.

Iz spodnje tabele je razvidno, da se toplotna prevodnost materialov razlikuje. Najboljše lastnosti toplotne prevodnosti izmed obravnavanih materialov ima styrodur (0.030-0.035 W/mK), vendar potrebujemo ogromno energije pri proizvodnji. Najmanj vgrajene energije pri proizvodnji potrebuje steklena volna (15 kWh).

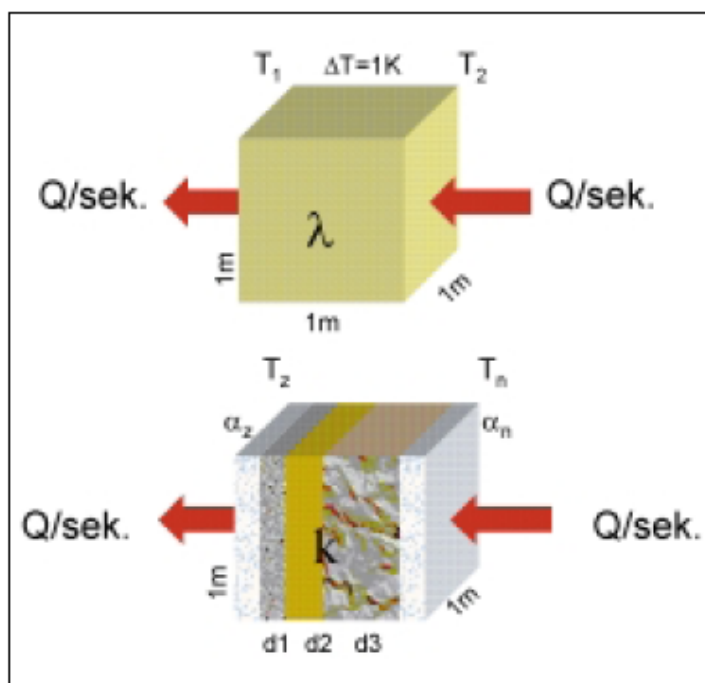
Material	Toplotna prevodnost (λ) v W/mK	Toplotna prehodnost pri 10 cm (k) v W/m ² K	Potrebna debelina za k=0.4 W/m ² K v cm	Relativ. strošek za material brez vgradnje za k=0.4 W/m ² K	Vgrajena energ. pri proizvodnji v kWh za k=0.4 W/m ² K	Prisotnost borovih snovi
Celuloza	0.045	0.45	10-11	1.12-1.71	8.5	Da
Pluta	0.045-0.05	0.45-0.5	11	2.00-2.94	77-86	Ne
Perlit	0.050-0.055	0.50-0.55	13	1.24-1.82	11-24	Ne
Lan	0.04-0.045	0.4-0.45	10-11	1.76-1.88	-	Ponekod
Ovčja volna	0.04-0.045	0.4-0.45	10-11	1.82-2.59	-	Ponekod
Bombaž	0.040	0.40	10	1.76	-	Da
Lesna vlakna	0.04-0.045	0.4-0.45	10-11	2.76	74-95	Ne
Kokosova vlakna	0.05	0.5	13	2.59-2.94	11	Da
Penjeno steklo	0.04-0.055	0.4-0.55	10-13	3.70-4.12	85	Ne
Ekspandirana glina	0.10-0.16	1.0-1.6	25-40	4.12-8.94	73-168	Ne
Lesna volna	0.09	0.9	23	4.53-5.71	45-74	Ne
Slama	0.09-0.130	0.9-1.3	23-33	-	-	Ne
Trstika	0.04-0.06	0.4-0.6	10-15	1.88-2.47	-	Ne
Mineralna volna	0.03-0.045	0.3-0.45	8-11	1.00	9-90	Ne
-kamena					47	(vsebujejo lahko
-steklena					15	formaldehid)
Poliuretan	0.020-0.035	0.20-0.35	5-9	2.12	47-64	Ne (drugo)
Ekspandiran polistiren	0.035-0.040	0.35-0.40	9-10	0.70-0.82	39-95	Ne (druge spor. snovi)
Ekstrudiran polistiren	0.030-0.035	0.30-0.35	6-9	2.29	43-89	Ne (drugo)

Tabela 1: Lastnosti klasičnih in alternativnih toplotnoizolacijskih materialov.

Vir: Dušan Remic, Visoke gradnje, ZARIS, Ljubljana 2005

5.2. Toplotna prehodnost konstrukcije »k«, po novem pravilniku »U«

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa W/m^2K pove, koliko toplote preide v časovni enoti (1 sekundi) skozi površino $1 m^2$ konstrukcije, če je razlika temperatur zraka na obeh straneh konstrukcije $1 K$. Toplotna prehodnost konstrukcije je odvisna od vgrajenih materialov, njihove toplotne prevodnosti in debeline njihovih plasti. Nizko toplotno prehodnost obodnih konstrukcij dosežemo s pravilno vgradnjo toplotno-izolacijskih materialov. Torej, čim nižja je toplotna prehodnost skozi konstrukcijski sklop, tem boljše je stavba toplotno izolirana.



Slika 12: Toplotna prevodnost snovi » λ « in toplotna prehodnost konstrukcije »k«.

Vir: Dušan Remic, Visoke gradnje, ZARIS, Ljubljana 2005

5.3. Izračun toplotnih karakteristik konstrukcijskih sklopov

Izračun je izdelan na osnovi programa za gradbeno fiziko URSA 3 za območje Maribora, brez difuzije vodne pare.

5.3.1. Toplotna prehodnost temeljne plošče in fasadnega cokla – detajl D1.

a) Temeljna plošča



SESTAVA KONSTRUKCIJE:

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m ³	spec. to J/kgK	TOPL.PR. W/mk
1	KERAMIČNE PLOŠČICE TALNE	1,000	2.300	920	1,280
2	BETON 2200	5,500	2.200	960	1,510
3	POLISTIRENSKE PLOŠČE V BLOKIH 25	5,500	25	1.260	0,041
4	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190
5	URSA FDP 2V	8,000	24	840	0,035
6	VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	1,000	1.100	1.460	0,190
7	BETON 2500	25,000	2.500	960	2,330
8	URSA XPS N-III-I	15,000	35	1.500	0,038
9	BETON 2400	5,000	2.400	960	2,040

Notranja računska temperatura: 20 °C.

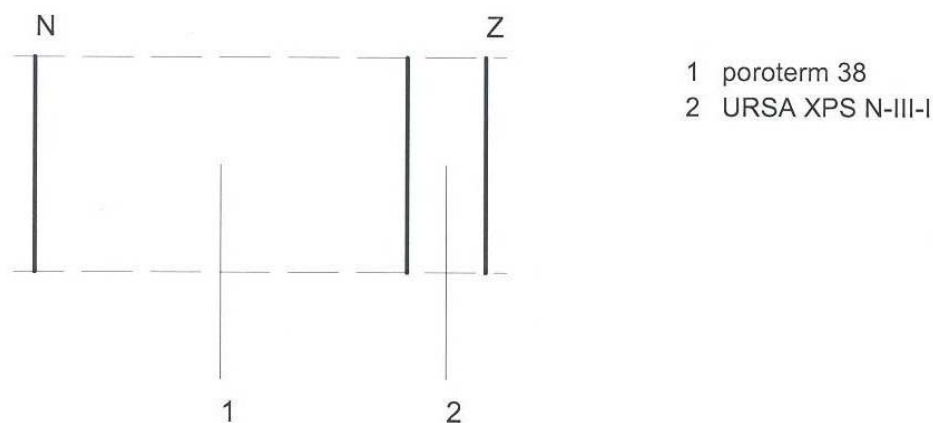
Zunanja računska temperatura: - 10 °C.

IZRAČUN TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE

Toplotna prehodnost konstrukcije je 0,125 W/m²K in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti, ki znaša 0,400 W/m²K.

Konstrukcija USTREZA zahtevam pravilnika za toplotno prehodnost.

b) Fasadni cokol



SESTAVA KONSTRUKCIJE:

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m ³	spec. to J/kgK	TOPL.PR. W/mk
1	porotherm 38	38,000	780	920	0,180
2	URSA XPS N-III-I	8,000	35	1.500	0,036

Notranja računska temperatura: 20 °C.

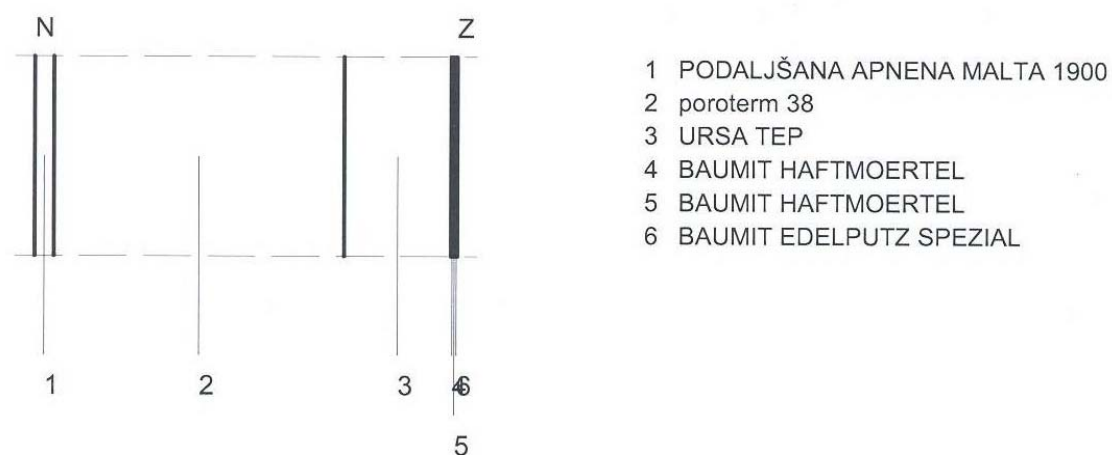
Zunanja računska temperatura: - 10 °C.

IZRAČUN TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE

Toplotna prehodnost konstrukcije je 0,222 W/m²K in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti, ki znaša 0,600 W/m²K.

Konstrukcija USTREZA zahtevam pravilnika za toplotno prehodnost.

5.3.2. Toplotna prehodnost zunanjih obodnih sten objekta – detajl D2, kontaktna fasada



SESTAVA KONSTRUKCIJE:

sloj	material	debelina cm	gostota kg/m ³	spec. to J/kgK	TOPL.PR. W/mk
1	PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,500	1.900	1.050	0,990
2	poroterm 38	38,000	790	920	0,180
3	URSA TEP	14,000	85	840	0,035
4	BAUMIT HAFTMOERTEL	0,300	1.350	1.050	0,800
5	BAUMIT HAFTMOERTEL	0,200	1.350	1.050	0,800
6	BAUMIT EDELPUTZ SPECIAL	0,300	1.480	1.050	0,800

Notranja računska temperatura: 20 °C.

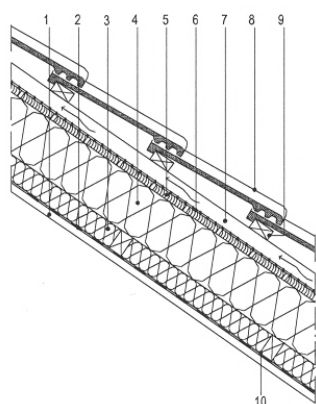
Zunanja računska temperatura: - 10 °C.

IZRAČUN TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE

Toplotna prehodnost konstrukcije je 0,158 W/m²K in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti, ki znaša 0,600 W/m²K.

Konstrukcija USTREZA zahtevam pravilnika za toplotno prehodnost.

5.3.3. Toplotna prehodnost poševne strehe nad ogrevanim podstrešjem – detajl D3



- 1 FINALNA OBLOGA
- 2 PARNA OVIRA
- 3 URSA SF 35 - POD ŠPIROVCI
- 4 URSA SF 35 - MED ŠPIROVCI
- 5 SLEPI OPAŽ POLOŽEN Z RAZMIKOM
- 6 PAROPREPUSTNA FOLIJA
- 7 LESENA LETEV - PREZRAČEVANI PROSTOR
- 8 STREŠNA KRITINA
- 9 STREŠNA LETEV
- 10 LESENA PODKONSTRUKCIJA

SESTAVA KONSTRUKCIJE:

slaj	material	debelina cm	gostota kg/m ³	spec. to J/kgK	TOPL.PR. W/mk
1	MAVČNO-KART. PLOŠČA D= 12,5 mm	1,250	900	840	0,210
2	PARNA OVIRA	0,053	225	960	0,190
3	URSA SF 35	8,000	24	840	0,035
4	URSA SF 35	25,000	24	840	0,035
5	DESKE NA RAZMIK	2,000	468	1.500	0,160
6	PAROPREPUSTNA FOLIJA	0,047	220	960	0,190

Notranja računska temperatura: 20 °C.

Zunanja računska temperatura: - 10 °C.

IZRAČUN TOPLOTNE PREHODNOSTI KONSTRUKCIJE

Toplotna prehodnost konstrukcije je 0,102 W/m²K in je manjša od največje dovoljene toplotne prehodnosti, ki znaša 0,250 W/m²K.

Konstrukcija USTREZA zahtevam pravilnika za toplotno prehodnost.

6. CENE RAZLIČNIH IZOLACIJSKIH MATERIALOV

6.1. Stiropor EPS F (fasadni)

Stiropor EPS F - 10 mm	Cena brez ddv: 0,83 €/m ²
Stiropor EPS F - 20 mm	Cena brez ddv: 1,66 €/m ²
Stiropor EPS F - 30 mm	Cena brez ddv: 2,49 €/m ²
Stiropor EPS F - 40 mm	Cena brez ddv: 3,32 €/m ²
Stiropor EPS F - 50 mm	Cena brez ddv: 4,15 €/m ²
Stiropor EPS F - 60 mm	Cena brez ddv: 4,98 €/m ²
Stiropor EPS F - 80 mm	Cena brez ddv: 6,64 €/m ²
Stiropor EPS F - 100 mm	Cena brez ddv: 8,30 €/m ²
Stiropor EPS F - 120 mm	Cena brez ddv: 9,96 €/m ²
Stiropor EPS F - 140 mm	Cena brez ddv: 11,62 €/m ²
Stiropor EPS F - 150 mm	Cena brez ddv: 12,45 €/m ²
Stiropor EPS F - 160 mm	Cena brez ddv: 13,28 €/m ²
Stiropor EPS F - 180 mm	Cena brez ddv: 14,94 €/m ²
Stiropor EPS F - 200 mm	Cena brez ddv: 16,60 €/m ²

Tabela 2: Cene stiroporja različnih debelin.

Vir: www.novolit.si/slo

6.2. Styrodur 3035CS

Styrodur 3035CS - 30 mm	Cena brez ddv: 4,95 €/m ²
Styrodur 3035CS - 40 mm	Cena brez ddv: 6,60 €/m ²
Styrodur 3035CS - 50 mm	Cena brez ddv: 8,25 €/m ²
Styrodur 3035CS - 60 mm	Cena brez ddv: 9,90 €/m ²
Styrodur 3035CS - 80 mm	Cena brez ddv: 13,20 €/m ²
Styrodur 3035CS - 100 mm	Cena brez ddv: 16,50 €/m ²
Styrodur 3035CS - 120 mm	Cena brez ddv: 19,80 €/m ²
Styrodur 3035CS - 140 mm	Cena brez ddv: 25,20 €/m ²
Styrodur 3035CS - 160 mm	Cena brez ddv: 30,08 €/m ²

Tabela 3: Cene styrodurja različnih debelin.

Vir: www.norik.si/pdf/styrodur_c/cenik.pdf

Iz zgornjih dveh tabel je razvidno, da je styrodur dražji od stiroporja za povprečno 100 %.

6.3. Kamena volna – TERVOL FP-PL za kontaktne fasade

dolžina (mm)	širina (mm)	debelina (mm)	CENA EUR/m ² (brez DDV)
1200	200	40	6,35
1200	200	50	7,12
1200	200	60	7,85
1200	200	80	10,00
1200	200	100	12,15
1200	200	120	14,20
1200	200	140	16,55
1200	200	160	19,25
1200	200	180	21,90
1200	200	200	24,45
1200	200	220	26,80
1200	200	240	29,25

Tabela 4: Cene kamene volne različnih debelin.

Vir: www.knaufinsulation.si/files/ki_si/upload/Cenik09_Kamena_volna.pdf

6.4. Steklana volna – UNIFIT 0,35 (TI 135U), za poševne strehe

dolžina (mm)	širina (mm)	debelina (mm)	CENA EUR/m ² (brez DDV)
9000	1200	60	4,25
7000	1200	80	5,07
6300	1200	100	5,88
5300	1200	120	7,07
4500	1200	140	8,24
4000	1200	160	9,42
3500	1200	180	10,58
3200	1200	200	11,76
3300	1200	220	12,95
3000	1200	240	14,11

Tabela 5: Cene steklene volne različnih debelin.

Vir: www.knaufinsulation.si/files/ki_si/upload/Cenik09_KIUNIFIT035.gif

Zgornji tabeli nam prikazujeta cene toplotnih izolacij iz mineralnih vlaken različnih debelin. Razvidno je, da je kamena volna skoraj 100 % dražja od steklene volne.

V kolikor primerjamo stiropor debeline 10 cm in kameno volno deb. 10 cm (oba materiala lahko uporabimo za kontaktno fasado), vidimo, da je kamena volna dražja za približno 11,40 %.

7. PARNA ZAPORA IN PARNA OVIRA

Večina graditeljev se pri prvi gradnji in prenovi sreča z večjim številom novih materialov in nepoznanih izrazov. Predstavljena bo razlika med parno oviro in parno zaporo.

Da bi ločili razliko med parno oviro in parno zaporo, moramo poznati nekaj osnovnih pojmov, ki ju opredeljujejo.

Folije, ki se za ta namen uporabljajo, so označene z oznako S_d . S_d nam predstavlja upor prehodu pare, oz. relativna difuzijska upornost parni oviri.

Njeno vrednost dobimo po naslednji enačbi:

$$S_d = d \cdot \mu$$

V tej enačbi prvi koeficient » d « predstavlja debelino materiala, drugi, » μ « pa pove, kolikokrat bolj od zraka je material odporen proti prehodu pare. Dobimo ga iz že izdelanih tabel. Nižja kot je vrednost μ , bolj material prepušča paro. Parne zapore imajo vrednost S_d med 10 in 160 m, parne ovire manj od 2 m. To so le okvirne vrednosti, saj je točno mejo med parno oviro in parno zaporo težko določiti.

Če je S_d neke folije 1.5, pomeni, da je folija enakovredna 1,5 m široki plasti zraka.

Na prvi pogled je parna zapora zadovoljiva izbira. Vendar pogosto pozabimo, da je ob vgradnji v konstrukciji še vedno prisotna vlaga, ki bi jo z namestitvijo parne zapore »ukleščili« v konstrukcijo. Poleg tega še tako majhna razpoka v zapor, lahko manjša od 1 mm, omogoča vstop vlažnega zraka, ki nato nima možnosti izhoda.

Vendar kondenzacije vodne pare včasih ne moremo preprečiti, lahko pa preprečimo prekomerno navlaževanje konstrukcije. Najbolje je, da vlagi, ki vstopa v konstrukcijo, omogočimo tudi izhod, oziroma, da v konstrukcijo vstopi manj vlage, kot jo lahko izstopi na drugi strani. Za ta namen je najboljša izbira parna ovira. Prostor tako ostane odprt in lahko diha, poleg tega lahko tudi omogočimo izginjanje neprijetnih vonjav in nadzorovano prepuščamo vlago.

Pogosto se pojavi problem. Še posebej je izrazit pri strehah, ko ne vemo, kam točno bi vgradili parno oviro. Toplotno izolacijo postavimo med in pod špirovce. Najenostavnejša je vgradnja pod špirovce, med dve plasti izolacije. V tem primeru se moramo držati pravila, da naj plast izolacije pod parno oviro ne predstavlja več kot 20 % celotne debeline izolacije. Za lažje razumevanje – to pomeni, da če je izolacija debela 20 cm, naj bo največja debelina izolacije pod parno oviro 4 cm.

Za konec lahko povzamemo, da je natančen izbor ustrezne folije možen le z izračunom parno difuzijskih karakteristik. Pri tem se držimo načela, da naj bo vsaka naslednja plast konstrukcije (od notranje strani proti zunanji) bolj paroprepustna. Le tako lahko vgradimo folijo, ki jo dejansko naš objekt potrebuje.

7.1. Primer parozaporne folije tipa Knauf Insulation LDS 100

Folija Knauf Insulation LDS 100 je specialna polietilenska folija visoke kakovosti z veliko površinsko napetostjo.

Kot parozaporni in zrakotesni sloj se uporablja v različnih izolacijskih sistemih, največkrat lahkih poševnih streh, lahkih zunanjih sten in tal na neogrevanih podstrešjih. Folija je močno parozaporna, zato jo vedno apliciramo na notranji, topli strani izolacije. Folija LDS 100 preprečuje prenos vodne pare preko konstrukcije in v zimskem času onemogoča pojav kondenzacije v konstrukciji. Vgradnja folije mora biti vedno izvedena po principu tesnosti – zlepljeni morajo biti vsi spoji, preklopi, preboji (Vir: www.knaufinsulation.si/node/359).

Splošni standard za proizvod	SIST EN 13984
Material	LDPE
Barva	bela, prosojna
Gostota	964 kg/m ³
Debelina	0,19 mm
Razred gorljivosti (SIST EN 13501)	E
Največja vlečna sila po dolžini (SIST EN 12311-2)	≥ 65 N/mm ²
Največja vlečna sila prečno (SIST EN 12311-2)	≥ 50 N/mm ²
Raztezek zaradi vlečne sile po dolžini (SIST EN 12311-2)	≥ 500 %
Raztezek zaradi vlečne sile prečno (SIST EN 12311-2)	≥ 520 %
Upor proti nadaljnjemu trganju po dolžini (SIST EN 12310-1)	≥ 35 N/mm
Upor proti nadaljnjemu trganju prečno (SIST EN 12310-1)	≥ 32 N/mm
Površinska napetost	> 40 mN/m
Prepustnost za vodno paro (SIST EN 1931)	> 100 m
Gostota pretoka vlage (SIST EN 1931)	0,35 g/m ² d
Vodotesnost (SIST EN 1928)	preizkus opravljen
Obstojnost pri svetlobi	mora biti zavarovan pred neposrednim vplivom sončnih žarkov
Širina role	2,00 m oz. 4,00 m
Dolžina role	50,00 m oz. 25,00 m
m ² v roli	100,00

Tabela 6: Tehnične lastnosti parozaporne folije.

Vir: www.knaufinsulation.si/node/359

7.2. Primer parne ovire, tip Knauf Insulation LDS 2 SILK

Folija Knauf Insulation LDS 2 SILK je parna ovira visoke kakovosti, narejena iz dvoslojnega polipropilenskega voala.

Uporablja se kot del zrakotesnega izolacijskega sistema lahkih poševnih streh in lahkih zunanjih sten. Folija je delno parozaporna, namenjena vgradnji na notranjo, toplo stran izolacije. Uporabljamo jo takrat, ko imamo na zunanji strani izolacije ustrezne paropropustne materiale, t.j. v primerih konstrukcij, ki s svojo sestavo še spadajo med difuzijsko odprte tipe. Folija LDS 2 Silk je zrakotesna in odporna proti trganju. Vgradnja folije mora biti vedno izvedena po principu tesnosti – zlepljeni vsi spoji, preklopi, preboji.

Splošni standard za proizvod	SIST EN 13984
Material	dvoslojni polipropilenski voal s poliolefinkopolimernim vmesnim slojem
Površinska teža (EN 1849-2)	ca. 110 g/m ² ±10 %
Razred gorljivosti (SIST EN 13501)	E
Največja vlečna sila po dolžini (SIST EN 12311-2)	170 N/5 cm
Največja vlečna sila prečno (SIST EN 12311-2)	170 N/5 cm
Raztezek zaradi vlečne sile po dolžini (SIST EN 12311-2)	50 %
Raztezek zaradi vlečne sile prečno (SIST EN 12311-2)	50 %
Odpornost proti izpultitvi žeblicev po dolžini (SIST EN 12310-2)	70 N
Odpornost proti izpultitvi žeblicev prečno (SIST EN 12310-2)	70 N
Strižni upor spojnih šivov (SIST EN 12317-2)	50 N
Upor proti sunkovitim obremenitvam (SIST EN 12691)	20 mm
Prepustnost za vodno paro; Sd (SIST EN 1931)	2 m + 1 m
Vodotesnost (SIST EN 1928)	preizkus opravljen pri 2 kPa
Trajnost proti kemikalijam (SIST EN 13984) Dodatek C	preizkus opravljen
Največja dovoljena izpostavljenost atmosferskim vplivom	4 mesece
Širina role	1,50 m oz. 2,00 m
Dolžina role	50,00 m
m² v roli	75,00 oz. 100,00

Tabela 7: Tehnične lastnosti folije kot parna ovira.

Vir: www.knaufinsulation.si/sl/products/ki-lds-2-silk

8. PRIMERJALNA TABELA IZBRANIH TOPLOTNO-IZOLACIJSKIH MATERIALOV

	Stiropor fasada varianta	Styrodur izolacija talne ploče	Kamena volna fasada	Steklena volna poševna streha
UV Obstoynost	ne	ne	da	da
Vodotesnost	ne	da	ne	ne
Negorljivost	da, razred E	da, razred E	da, razred A1	da, razred A1
Zdravju škodljivo	ne	ne	ne	da
Toplotna prevodnost (W/mK)	0,035 - 0,040	0,030 - 0,035	0,030 - 0,045	0,030 - 0,045
Tlačna trdnost	srednja	visoka	nizka	nizka
Paropropustnost	da	ne	da	da
Energija za pridobivanje kWh za $k=0,4$ W/m ² K	39 - 95	43 - 89	47	15
Reciklaža	da	da	slaba	slaba
Cena eur (material) brez DDV	12,45	27,50	21,90	11,76+5,88 =17,64
Kemična odpornost	relativna, ni odporen na materiale z vsebnostjo organskih topil	relativna, ni odporen na materiale z vsebnostjo organskih topil	kemično nevtralen	kemično nevtralen

Tabela 8: Tehnične karakteristike toplotno izolacijskih materialov

Vir: lasten

Tabela prikazuje tehnične karakteristike toplotnoizolacijskih materialov, na osnovi katerih se je možno lažje odločati o izbiri materiala za posamezen konstrukcijski sklop.

9. TERMINSKI PLAN IZVEDBE TOPLOTNIH IZOLACIJ

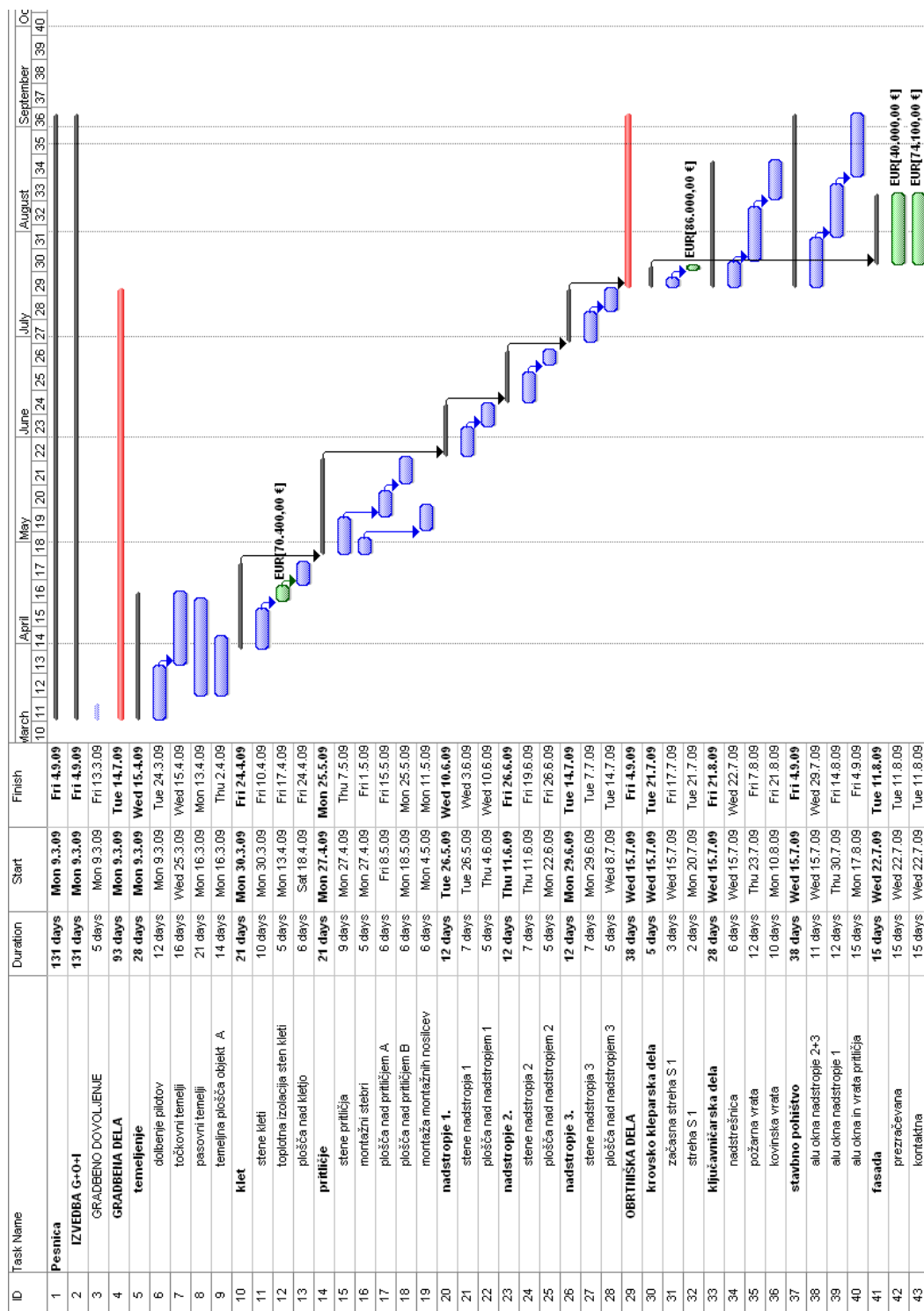


Tabela 9: terminski plan izvedbe, Microsoft Projekt

vir: lasten

Terminski plan izvedbe (gantogram) prikazuje časovno izvedbo toplotno izolacijskih materialov glede na izvedbo ostalih del.

10. FINANČNI PLAN IZVEDBE TOPLOTNIH IZOLACIJ

	apr.09	maj.09	jun.09	jul.09	avg.09	Skupaj
Toplotna izolacija sten kleti	70.400,00 €					70.400,00 €
Streha S 1				86.000,00 €		86.000,00 €
Prezračevana fasada				21.333,33 €	18.666,67 €	40.000,00 €
Kontaktne				39.520,00 €	34.580,00 €	74.100,00 €
Skupaj	70.400,00 €	0,00 €	0,00 €	146.853,33 €	53.246,67 €	270.500,00 €

Tabela 10: finančni plan izvedbe toplotnih izolacij

Vir: lasten

Tabela finančnega plana prikazuje stroške materiala in dela za izvedbo toplotnih izolacij, ki se navezujejo na terminski plan izvedbe.

11. ZAKLJUČEK

Z optimalno izvedbo toplotne izolacije lahko v znatni meri zmanjšamo toplotne izgube skozi zunanji ovoj stavbe. Prav tako mnogo manj onesnažujemo okolje, ki je življenjskega pomena za zdravje in obstoj. Izolacijski sistem deluje čez celo leto, saj poleti preprečuje pregrevanje bivalnih prostorov, pozimi pa zagotavlja bivalno okolje. Za toplotno izolacijo se uporabljajo različni materiali, predvsem plošče iz polistirena in mineralnih vlaken.

Konec septembra 2008 je bil sprejet nov Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES, UL RS, št. 93/2008). Usmeritve in priporočila o učinkoviti rabi energije so predlagani z učinkovitejšo izolacijo stavb, uporabo učinkovito vgrajene opreme (okna, vrata) ter vključevanjem obvezne uporabe obnovljivih virov energije. Po novem naj bi bile za 30 % zaostrene minimalne zahteve glede celotne rabe energije in seveda tudi potrebna večja debelina toplotne zaščite. Toplota, potrebna za segrevanje, naj ne bi presegala 55 do 60 kWh/m²leto. Postavljeno je načelo, da se mora v vsaki stavbi nadomestiti najmanj 25 % vgrajene moči naprav za gretje, prezračevanje, hlajenje in toplo vodo z obnovljivimi viri energije.

Vse več investorjev izraža željo po gradnji nizkoenergetskih hiš in izrabi obnovljivih virov energije. Ogrevanje in priprava tople vode, npr. s toplotno črpalko, je pri gradnji stavb vse bolj razširjena. Vendar takšna izvedba dviguje strošek investicije, kar je lahko težava glede na že visoke stroške gradnje.

Tudi toplotna izolacija je velikokrat zanemarjena. Pri nepravilni vgradnji, se začnejo pojavljati visoki stroški, bivalna klima pa je neugodna. Vsakršno poseganje v izboljšavo toplotnega ovoja je drago in operativno zahtevno. V kolikor zanemarimo toplotno izolacijo v poletnih mesecih, pride do pregrevanja objekta ter pretirane uporabe klimatskih naprav.

Zato je pomembno, da se izvede projekt za izvedbo, saj bodo v tem primeru rešeni detajli tako s strani projektanta arhitekture, kot projektantov strojnih in elektro instalacij, kateri nam lahko privarčujejo povečanje stroškov gradnje pri odpravi napak.

Primerjava:

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) in projekt za izvedbo (PZI) za enostanovanjsko hišo z vrednostjo 250.000,00 eur, stane cca 10.000,00 eur, kar je 4 % vrednosti stavbe. V kolikor potrebnih izvedbenih detajlov s strani projektantov ni na voljo in se sami odločamo o gradnji hiše oz. izvedbo toplotne izolacije, lahko pride do nepredvidenih dodatnih del in izvedbenih težav, ki so v veliki meri neodpravljive ali investicijsko previsoke. V večini primerov sanacijo opustimo, vendar v tem primeru več ne zadovoljujemo osnovnega in najbolj pomembnega pogoja za dobro izolirano stavbo, ki je:

»Pogoj za dobro izolirano stavbo je sklenjen toplotni ovoj.«

12. UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI

1. Nadarevic Damir: Uvod v gradbeništvo, Seminarska naloga , Fgg-vsš, Maribor, 2007
2. Pravilnik o učinkoviti rabi energije, UL RS 93/2008
3. Remic Dušan: Visoke gradnje, ZARIS, Ljubljana, 2005
4. www.novolit.si/slo/o_eps.html
5. www.rockwool.si/izdelki+in+uporaba/proizvodni+proces/od+lave+do+kamene+volne
6. www.rockwool.si/izdelki+in+uporaba/lastnosti+kamene+volne
7. www.fragmat.si/download/clanki/STIROPOR%E2%80%93izolacijski%20material%20bod o%C4%8Dnosti.pdf
8. www.varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html
9. www.gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT18.htm
10. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT46.htm>
11. <http://www.tervol.si/node/340>
12. www.ravago.si/docs/clanek_Rockwool_kontaktne_fasade.pdf
13. [www.ursa.si/ files/posevne strehe slo 2009.pdf](http://www.ursa.si/files/posevne_strehe_slo_2009.pdf)
14. www.novolit.si/slo
15. www.norik.si/pdf/styrodur_c/cenik.pdf
16. www.knaufinsulation.si/files/ki_si/upload/Cenik09_Kamena_volna.pdf
17. www.knaufinsulation.si/files/ki_si/upload/Cenik09_KIUNIFIT035.gif
18. www.knaufinsulation.si/node/359
19. www.knaufinsulation.si/sl/products/ki-lds-2-silk
20. www.fragmat.si/slo/index.htm
21. www.ravago.si/gradbeni_styrofoam.php