Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada

Martinjak, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:072462

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 259/GR/2016

Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada

Marko Martinjak, 4238/601

Varaždin, srpanj 2016. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 259/GR/2016

Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada

Student

Marko Martinjak, 4238/601

Mentor

Mirna Amadori, dipl.ing.građ.

Varaždin, srpanj 2016. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Marko Martinjak | MATIČNI BROJ: 4238/601

DATUM: 09. III. 2016. | KOLEGIJ: Elementi gradnje

NASLOV RADA: Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Use of materijals for sound and heat insulation of buildings

MENTOR: Mirna Amadori | ZVANJE: predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. dr.sc. Božo Soldo, izvanredni profesor
2. Mirna Amadori, predavač
3. Predrag Presečki, predavač
4. dr.sc. Matija Orešković, predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 259/GR/2016

OPIS

Pristupnik u radu treba detaljno opisati svrhu zvučne i toplinke izolacije u zgradama, te je potrebno navesti sve vrste takvih izolacija koje se danas upotrebljavaju, s navedenim konkretnim primjerima u praksi.

U radu je potrebno obraditi slijedeće podnaslove:

1. Uvod
2. Svrha toplinske izolacije zgrade
3. Svojstva i vrste materijala za toplinsku izolaciju zgrade
4. Svrha zvučne izolacije zgrade
5. Svojstva i vrste materijala za zvučnu izolaciju zgrade
6. Zaključak

ZADATAK URUČEN: 07.07.2016 | POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Predaja završnog rada (meki uvez)

URUČEN STUDENTSKOJ SLUŽBI

PREUZEO/LA

Završni ispit

OCJENA PISANOG URATKA

OCJENA USMENOG URATKA

KONAČNA OCJENA ZAVRŠNOG ISPITA

Br. pitanja	Pitanja članova povjerenstva kandidatu	Zadovoljio
1.		da ne
2.		da ne
3.		da ne
4.		da ne
5.		da ne

OBRAZLOŽENJE

POVJERENSTVO

1.

2.

3.

DATUM ZAVRŠNOG ISPITA

Predaja završnog rada (tvrdi uvez)

URUČEN STUDENTSKOJ SLUŽBI

PREUZEO/LA

Konačna ocjena završenog stručnog studija

KONAČNA OCJENA ZAVRŠENOG STRUČNOG STUDIJA ( )

DATUM URUČENJA POTVRDE

PRISTUPNIK

SVEUČILIŠTE SJEVER

Završni rad: Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada

Student: Marko Martinjak,

Mentor: Mirna Amadori, dipl.ing.građ.

Sažetak

U ovom radu kroz teoriju i primjere nastoji se objasniti zašto je za ugodan život u zgradama vrlo bitna toplinska i zvučna izolacija. Postoje različiti materijali koji se koriste u svrhu toplinske i zvučne izolacije, te oni mogu biti prirodni ili obrađeni različitim tehnološkim postupcima radi poboljšanja njihovih svojstava. Različiti materijali se koriste za različite namjene, te je zbog toga bitno dobro poznavati njihova svojstva i načine primjene. Potreba za poznavanjem toplinsko izolacijskih materijala proizlazi iz činjenice da je veliki udio troškova stanovanja povezan sa gubitcima energije. Stoga, ovaj rad, izdvaja različite materijale, a o kojima opisuje njihove prednosti i nedostatke. Rad je koncipiran u nekoliko cjelina. U uvodu je ukratko opisana važnost toplinske i zvučne izolacije. Druga cjelina opisuje svrhu toplinske izolacije, dok treća cjelina navodi podjelu toplinsko izolacijskih materijala, te opisuje različite odabrane toplinsko izolacijske materijale. Četvrta cjelina opisuje svrhu zvučne izolacije zgrade, dok peta navodi podjelu, svojstva i vrste zvučno izolacijskih materijala. Na kraju je zaključak koji je napisan kao osvrt na cjelokupni rad.

Ključne riječi: Toplina, hladnoća, materijali, izolacija, gubici, energija, ušteda

Abstract

In this thesis, using theory and examples, I attempted to explain why thermal and sound insulation are essential for a comfortable life in buildings. There are different materials that are used for heat and sound insulation, and they can be natural or processed with various technological processes in order to improve their properties. Different materials are used for different purposes, and therefore it is important to be familiar with their properties and modes of application. The need for knowledge of the thermal insulating material comes from the fact that a large proportion of housing costs is associated with energy losses. Therefore, this paper distinguishes different materials, and describes their advantages and disadvantages. The work is divided into several sections. The introduction briefly describes the importance of thermal and sound insulation. The second section describes the purpose of thermal insulation, while a third says about the division of thermal insulating material and describes various selected thermal insulation materials. The fourth unit describes the purpose of sound insulation of the building, while the fifth states classification, properties and types of sound-insulating material. In the end there is the conclusion which is written as a review of the entire work.

Key words: warmth, cold, materials, insulation, losses, energy, saving

Sadržaj

1. Uvod…… 1

2. Svrha toplinske izolacije zgrade…… 3

3. Svojstva i vrste materijala za toplinsku izolaciju zgrade…….. 4

3.1. Svojstva materijala za toplinsku izolaciju zgrade…….. 4

3.2. Podjela materijala za toplinsku izolaciju zgrade…… 6

3.3. Toplinsko izolacijski materijali…….. 9

3.4. Primjeri……... 24

4. Svrha zvučne izolacije zgrade……... 29

4.1. Pet pravila zvučne izolacije…… 29

5. Svojstva i vrste materijala za zvučne izolacije zgrade…….. 31

5.1. Svojstva materijala za zvučnu izolaciju zgrade…….. 31

5.2. Vrste (načini prenošenja buke) i zaštita od buke…… 31

5.3. Vrste materijala za zvučnu izolaciju zgrade……... 32

5.4. Primjeri……... 37

6. Zaključak……... 39

7. Literatura……..... 40

8. Popis slika…….. 41

1. Uvod

Čovjekovim precima potrebna je bila zaštita od vremenskih ne prilika te od grabežljivaca. U povijesti, pećine su im najčešće služile kao prirodni zakloni, ali se kroz povijest razvila i građevinska tehnika kojom su ljudi od izvornih ili prerađenih darova prirode gradili građevine koje su im služile za stanovanje.

Danas druge građevine služe čovjeku za rad i stanovanje, a to su obiteljske kuće i stambene zgrade te poslovne građevine. U tim građevinama život bi trebao biti što ugodniji, te se stoga trebaju zaštititi od prirodnih vanjskih utjecaja. Potrebno ih je izolirati pomoću toplinske, zvučne i hidro izolacije. Predmet ovog rada su toplinska i zvučna izolacija, a cilj je upoznati se sa njihovim vrstama, svojstvima te primjenom.

Da bi se zadovoljili današnji propisi i da bi se gradilo u skladu sa suvremenim smjernicama energetske učinkovitosti, sve vanjske konstrukcije treba toplinski zaštititi. Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje energetski efikasnih zgrada te za energetsku obnovu zgrada, koja bi trebala biti jedna od značajnijih aktivnosti u građevinarstvu u budućnosti.

Toplinskom izolacijom smanjuju se toplinski gubitci zimi, sprječava se pregrijavanje prostora ljeti, te se štiti nosiva konstrukcija od vanjskih utjecaja i jakih temperaturnih naprezanja. A osim što toplinska izolacija smanjuje potrošnju, toplinski izolirana zgrada je ugodnija, produljuje joj se životni vijek i pridonosi zaštiti okoliša.

Osim toplinske izolacije za ugodniji život u stambenom prostoru, te ugodniji rad u poslovnom prostoru važnu ulogu ima i zvučna izolacija.

U današnje vrijeme užurbanosti i buke, ljudi osobito čeznu za opuštanjem i mirom, koji je osnovna ljudska potreba. Stoga je vrlo važno zaštititi zgradu od izvora buke. Sastavni dijelovi dobro zvučno izolirane zgrade moraju smanjiti buku koja odjekuje unutar prostorije, smanjiti prijenos buke između prostorija te spriječiti prodor vanjske buke u samu zgradu.

Skladnom životu sa susjedstvom dosta pridonosi dobra zvučna izolacija , te je ona isto tako bitna kod pogona i industrijskih postrojenja kako bi se od buke zaštitili radnici te susjedstvo od buke. Zvučna izolacija dijeli se na zvučnu izolaciju od udarne buke (prenosi se konstrukcijom) i zvučnu izolaciju od prostorne buke (prenosi se zrakom zračnim valovima).

Osim toplinske i zvučne izolacije zgrade kojima se bavim u ovom radu postoji i hidroizolacija zgrade. Hidroizolacija u osnovi predstavlja različite tehničke postupke kojima štitimo sve one dijelove zgrade koji su privremeno ili stalno pod utjecajem vode ili vlage, bez obzira na njihov izvor.

2. Svrha toplinske izolacije zgrade

Ekološko graditeljstvo temelji se na dobroj toplinskoj izolaciji. S obzirom na energetsku krizu, gubitci zbog loše toplinske izolacije ne bi trebali biti dopustivi. Ali, nažalost, velika većina građevina izgrađenih do kraja 20. stoljeća, a dosta njih izgrađenih i početkom 21. stoljeća, nema dobru toplinsku izolaciju.

Toplinska izolacija u našim krajevima pojavljuje se tek osamdesetih godina 20. stoljeća u obliku takozvane termo žbuke, a što je u osnovi žbuka s malo umrvljenog stiropora, te je to tek nagovještaj „prave“ toplinske izolacije.

Zgrade je potrebno dodatno toplinski izolirati jer osnovni konstrukcijski materijali, koji zgradi osiguravaju nosivost i krutost, provode više topline nego li je prihvatljivo. Osim što izolacija znatno pridonosi uštedi potrebne energije za grijanje, ona također štiti građevni element od pregrijavanja, sprječava kondenzaciju vodene pare (zbog koje dolazi do truljenja građevnog materijala, te stvaranja mikroorganizama, gljivica i pljesni) i pridonosi toplinskoj ugodnosti u prostoriji. Toplinska izolacija omogućuje akumulaciju topline u zidovima prostorija, odnosno njihovo zagrijavanje te se na taj način smanjuje razlika u temperaturama između unutrašnjih površina i zraka u prostorijama.

Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske provodljivosti. Bolju toplinsku izolaciju postižemo ugradnjom materijala niske toplinske provodljivosti, odnosno visokog toplinskog otpora. Toplinski otpor materijala povećava se s obzirom na debljinu materijala.

Svrha toplinske izolacije, dakle, je poboljšanje toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade kojima je moguće postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 40-80%.

3. Svojstva i vrste materijala za toplinsku izolaciju zgrade

3.1. Svojstva materijala za toplinsku izolaciju zgrade

Pri izboru primjerenog materijala za toplinsku izolaciju zgrade treba poštivati nekoliko kriterija. Glavna karakteristika, tj. svojstvo za odabir materijala jest toplinska provodljivost. Što je manja toplinska provodljivost (mala vrijednost λ), to je bolji toplinsko-izolacijski materijal, te se takvi materijali zovu toplinski izolatori, a oni s velikom vrijednošću toplinske provodljivosti λ nazivaju se vodiči topline. Vrijednost toplinske provodljivosti λ vrlo je promjenjiva, čak i kod jednog te istog materijala. Ona ovisi o gustoći, odnosno poroznosti, kemijskom sastavu materijala, sadržaju vlage u materijalu i o njegovoj temperaturi.

Toplinska provodljivost (1) je svojstvo građevnih materijala da provode toplinu. Toplinska provodljivost nekog materijala λ, definira se kao količina topline koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala površine presjeka 1 m 2 i debljine 1 m okomito na njegovu površinu pri razlici temperature 1 K.

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \cdot \frac{d}{t} \qquad [\mathrm{W/m*K}] \qquad (1)$$

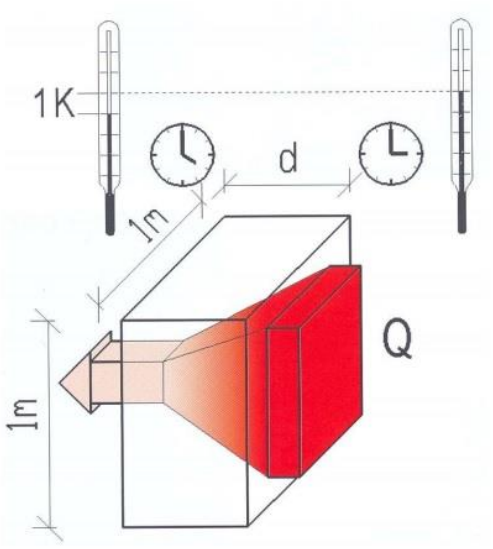
Gdje je: Q [J] - količina topline, A [m^2] površina, ΔT [K] razlika temperature, d [m] debljina materijala, t [s] vrijeme prolaza topline.

Drugo svojstvo materijala koje je bitno kao mjerilo za toplinske gubitke kroz element zgrade je koeficijent prolaska topline U (2) . Koeficijent prolaska topline U mora biti što manji da bi bio dobar pokazatelj toplinski izolirane zgrade.

Koeficijent prolaska topline U (2) (slika 3.1.1.) je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m^2 površine kod razlike temperature od 1K, izraženo u W/m^2K.

$$\phi = A \cdot U \cdot (T1 - T2) \qquad [\mathrm{W/m^{2*}K}] \qquad (2)$$

Gdje je: Φ - količina prenesene topline u 1 sekundi (W), U - koeficijent prolaska topline (W/m^2K), T_1 – viša temperatura s jedne strane strukture (K), T_2 - niža temperatura s druge strane strukture (K) i A - površina kroz koju toplina protječe (m^2).



Slika 3.1.1. Koeficijent prolaska topline U

Još jedno važno svojstvo materijala je toplinski otpor R, a izražava otpor materijala prolasku topline. To je suprotna vrijednost koeficijentu prolaska topline, a mjerna jedinica je [m^{2*}K/W].

Što je veći koeficijent prolaska topline, to je lošija toplinska izolacija materijala. Što je veći toplinski otpor, to je bolja toplinska izolacija.

Pri odabiru toplinsko izolacijskih materijala, osim navedenih svojstava, važno je obratiti pozornost i na druga svojstva kao što su protupožarna otpornost, difuzija vodene pare, gustoća materijala, stišljivost, trajnost, osjetljivost na vodu i vlagu. Pored svih navedenih svojstava toplinska izolacija može biti i dobar zvučni izolator.

Protupožarna otpornost toplinsko izolacijskih materijala je sposobnost toplinsko izolacijskih materijala da zaštiti druge materijale koji se nalaze iza nje od zapaljenja, karbonizacije i drugih šteta u nekome zadanome vremenu.

Difuzija vodene pare je kada se vodena para kreće iz prostora s višim pritiskom vodene pare prema prostoru s nižim pritiskom vodene pare. Najpovoljniji fizikalni proces pretpostavlja da vodena para prođe kroz građevni dio bez zaustavljanja i bez navlaživanja materijala. To je moguće ako su materijali paropropusni.

Stišljivost je stupanj promjene volumena materijala uslijed opterećenja materijala.

Osjetljivost na vodu i vlagu je sposobnost materijala da ne mijenja svoja svojstva i oblik prilikom djelovanja vode i vlage.

Trajnost materijala se definira kao sposobnost materijala da se suprotstavi promjenama svojstava.

Gustoća materijala ρ je masa tijela podijeljena s njegovim volumenom. Gustoća je određena materijalom tijela te ne ovisi o njegovom obliku i veličini.

Izbor materijala povezan je s predviđenim mjestom i načinom ugradnje. Osim navedenih svojstava često je bitan čimbenik pri odlučivanju i cijena materijala. Ponuda toplinsko - izolacijskih materijala na tržištu posljednjih je godina vrlo bogata. Osim uobičajenih i iskušanih klasičnih toplinsko-izolacijskih materijala na tržište dolaze i novi, tj. alternativni toplinsko izolacijski materijali koje proizvođači često predstavljaju kao ekološke materijale.

3.2. Podjela materijala za toplinsku izolaciju zgrade

U prošlosti, ljudi su tražili i primjenjivali različite prirodne materijale kako bi boravak u svojim staništima učinili što povoljnijim. To su uglavnom bili materijali biljnog podrijetla poput slame, trske, granja, a potom i materijali veće gustoće – zemlja tj. blato, glina, kamen…

I danas se materijali za toplinsku izolaciju zgrade svode na slične grupe materijala, no razvojem moderne tehnologije neki od tih materijala su „evoluirali“ te se na primjer sada umjesto običnog kamenog bloka koriste različiti oblici mineralnih vuna – kamena, staklena i drvena.

Toplinsko izolacijski materijali mogu se podijeliti s obzirom na podrijetlo, fizikalno-kemijske karakteristike, prema nastajanju te prema uporabnom obliku.

S obzirom na podrijetlo materijali mogu biti organski ili anorganski. Pritom organski materijali mogu potjecati od živih organizama, biljka i životinja, ili od neživih organizama (nafte,zemnog plina), a materijali anorganskog podrijetla su pretežno niskomolekularne tvari, ali u toj grupi ima i anorganskih polimera (npr.gline, koja je u ekspandiranom stanju i toplinsko izolacijski materijal). Anorganski i organski materijali imaju predstavnika u skupini najčešće upotrebljavanih klasičnih toplinsko-izolacijskih materijala. Od anorganskih materijala, na prvome je mjestu po opsegu uporabe toplinska izolacija od mineralnih vlakana, staklena i kamena vuna, a od organskih materijala najvažniji su pjenasti materijali, na primjer ekspandirani i ekstrudirani polistiren te pjenasti poliuretan.

S obzirom na fizikalno-kemijske karakteristike toplinsko izolacijski materijali mogu se podijeliti na vlaknaste i porozne (ćelijaste) materijale. To je podjela prema kriteriju mehanizma ostvarivanja toplinskog otpora. Toplinsko-izolacijsko svojstvo ćelijastih materijala ostvaruje zatvoreni zrak (eventualno neki drugi plin) unutar manje ili više zatvorenih ćelija (pora) njihove strukture. Ćelijasti su materijali, ovisno o udjelu zatvorenih ćelija u strukturi, manje skloni kapilarnom upijanju vode, hidrofobni su, a ujedno su mehanički čvršći. Vlaknasti materijali ostvaruju toplinsko izolacijsku sposobnost zrakom vezanim unutar vlaknaste strukture. Tu se ne može govoriti o zatvorenom zraku te takvi materijali dobro apsorbiraju zvuk. Vlaknasti materijali lako upijaju vodu u otvorenu strukturu između vlakanaca, pri čemu gube toplinsko izolacijska i zvučna svojstva, te ne pružaju otpor prolasku vodene pare. Mehaničke su čvrstoće pri usporedbi sa materijalima s ćelijastom strukturom, pri sličnim gustoćama, kod vlaknastih materijala bitno niže.

Prema nastajanju toplinsko izolacijski materijali dijele se na prirodne i sintetske. Polimeri su skupno ime za prirodne i sintetske tvari i materijale te predstavljaju velike molekule od dijelova koji se ponavljaju povezanih u dugačke lance. Prirodni materijali predstavljaju materijale koji su dobiveni iz prirode. Primjer je čitav niz organskih materijala biljnog i životinjskog podrijetla (slama, trstika, ovčja vuna i dr.), ali i anorganskih materijala, minerala koji su se stotinama godina praktično u nepromijenjenoj formi primjenjivali u graditeljstvu kao izolacijski materijali. Danas ovi materijali sudjeluju sa manje od 1 posto u

ukupnoj potrošnji izolacija u građevinarstvu, i to u formi prirodno modificiranih tvorevina, jer su podložni raznim impregnacijama i doradama, dodacima protiv truljenja, gorenja itd.

Može se očekivati da će se pojedine prirodne materijale ponovno češće upotrebljavati zahvaljujući ekološkim povoljnostima pridobivanja i primjene. Kao ekološki toplinsko izolacijski materijal označuje se materijal odnosno proizvod koji se odlikuje time da u cijelom životnom krugu, od proizvodnje preko uporabe do odstranjivanja, što manje zagađuje okoliš. Materijali nastali preradom sirovina nekim od reakcija sinteze su sintetski materijali. Danas su najzastupljeniji u toplinsko izolacijskoj tehnici u graditeljstvu sintetski polimeri, plastika i elastomeri, te vlaknasti materijali, vune, kao prerađevine metala.

Energija potrebna za proizvodnju toplinsko-izolacijskih materijala razlikuje se ovisno o materijalima. Niske vrijednosti odnosa potrebne energije u proizvodnji i postignute toplinske vrijednosti postižu mineralna vuna, celuloza, pluto, kokos, srednju vrijednost ima ekstrudirani i ekspandirani polistiren, drvene ploče od strugotina i perlit, dok među energetski rasipne u fazi njihove proizvodnje pripadaju pjenasto staklo i drvene vlaknatice. I nakon uklanjanja toplinsko-izolacijski materijali moraju što manje zagađivati okoliš, a dobro je ako se mogu odložiti na odlagališta bez opasnosti emitiranja štetnih tvari u površinu zemlje. Mogućnost reciklaže, djelomične ili u cijelosti, dodatna je prednost.

Prema uporabnom obliku toplinsko izolacijski materijali dijele se na vezane i nevezane rasute materijale. Uporabni oblik toplinsko izolacijskih materijala potrebno je poznavati zbog projektiranja načina i mjesta ugradnje na zgradama. Pritom će se vezani materijali u obliku krutih ploča predviđati za ugradnju mehanički opterećenih konstrukcija, npr.krovova, a ne vezani materijali ili rasuti materijali samo u primjenama koja dopuštaju njihova fizikalna svojstva. Nasuti materijali zahtijevaju formiranje dodatne oplate koja će odrediti formu izolacijskog materijala.

3.3. Toplinsko izolacijski materijali

U ovom poglavlju opisane su razne vrste materijala (mineralna vuna, polistiren ili stiropor, poliuretanska pjena, drvena vlakna, ekspandirani perlit, ekspandirana glina, vermikulit, pluto, pjenasto staklo, porofen, pamuk, slama, ovčja vuna, konoplja, aerogel), njihova svojstva te primjena koji se koriste za toplinsku izolaciju zgrada.

3.3.1. Mineralna vuna

Mineralna vuna je vlaknasti, anorganski i sintetski materijal, mineralnog porijekla za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju u graditeljstvu, industriji i brodogradnji.

Pod mineralnom vunom se podrazumijevaju staklena vuna (slika 3.3.1.) i kamena vuna (slika 3.3.2.). Razlika između njih je u sirovini od koje se dobivaju, tehnološkom postupku i krajnjim osobinama materijala. Glavna sirovina od koje se dobiva staklena vuna je kvarcni pijesak s dodatkom recikliranog stakla. Kamena vuna se dobiva od kamenih minerala, dolomita, bazalta i dijabaza s dodatkom koksa.

Mineralna vuna dobiva se ili propuhivanjem pare (zraka) kroz užarenu šljaku visokih peći ili prelijevanjem mase dijabaza (na temp. od 1600-1700 °C) preko brzo rotirajućih, šamotnih diskova. Dobivene fine staklaste niti slažu se u "vunu". Gustoća ove vune se kreće između 40-50 i 200-300 kg/m^3, a ovisi o stupnju zbijenosti. Priprema se u rastresitom stanju, u vidu filca, jastuka (u rolama, na mekoj podlozi ili jednostavno proširenih na pergamentu) i u obliku polutvrdih ploča uz dodatak veziva, fenolnih smola. Ove su ploče zbog tih smola otporne samo do temperatura od 250 °C. Inače neobrađena vuna podnosi temperature do 800 °C. Mineralna je vuna, u bilo kojem vidu, premekana za direktnu podlogu hidroizolaciji. Ako se ugrađuje u vertikalnom položaju, mora se osigurati pridržavanje (osim za ploče).

Vlakna mineralne vune posjeduju neznatnu postojanost (brzo se razlažu). Ispitivanja biopostojanosti nedvojbeno pokazuju da se vlakna danas proizvedene staklene i mineralne vune biološki razlažu već nakon 40 dana. Vlakna kamene i staklene vune koje su se ranije proizvodile trebale su oko nekoliko stotina dana za potpunu razgradnju.

Koeficijent toplinske provodljivosti λ se kreće od 0,035-0,045 [W/m*K].



slika3.3.1. Staklena vuna



slika3.3.2. Kamena vuna

3.3.2.Polistiren ili stiropor (ekspandirani i ekstrudirani)

Osim kamene i staklene vune, na našem tržištu najviše se koristi stiropor.
Zbog dobrih toplinsko izolacijskih svojstava, te vrlo niske cijene i jednostavne ugradnje istog, danas je to jedan od najviše korištenih izolacijskih materijala u građevini.

Ekspandirani polistiren (slika 3.3.3.) ima koeficijent toplinske provodljivosti λ između 0,035 i 0,04 [W/m*K]. Pravilno ugrađen to je postojan materijal, neotrovan, otporan na anorganske kiseline i soli, no ne na organska otapala te na ultraljubičasto zračenje i temperature više od 80°C.

Dodaci mu smanjuju gorivost tako da se plamen po njemu ne širi. Svježe proizveden materijal dimenzijski je nestabilan i prije uporabe mora odležati. Vodoupojnost je mala, osim u slučajevima kad je izložen dugotrajnom djelovanju vodene pare pri promjeni temperature i tlaka. S ekološkog stajališta potrebno je znati da je sirovina naftni derivat.

Noviji proizvodni postupci ekspandiranja ne temelje se više na okolišu štetnim plinovima već na pentanu. Ekspandirane granule povezuju se u prisutnosti zasićene pare pri 110-120°C u blokove. Recikliranje za sada još nije uvedeno. Za proizvodnju kubičnog metra materijala potrebno je 400 do 1000 kWh energije. Prednost materijala je njegova niska cijena.

Ekstrudirani polistiren (slika 3.3.4.) zbog drugačijeg postupka proizvodnje, ima zatvorene stanice i praktički ne upija vodu. Stoga je, unatoč većoj cijeni u usporedbi s ekspandiranim polistirenom, gotovo nepogrešiv izbor na mjestima gdje je toplinska izolacija u neposrednom dodiru s vodom (toplinska zaštita podrumskih zidova, obrnuti ravni krov). Proizvodni postupak je manje ugodan za okoliš nego proizvodnja ekspandiranog polistirena, potrebno je nešto više energije, a u proizvodnji se rabe ozonskim slojevima štetni plinovi. Ekstrudirani polistiren je za razliku od uobičajeno bijeloga ekspandiranoga polistirena obojen (svijetloplavo, svijetlozeleno, ružičasto) u karakterističnu boju pojedinog proizvođača.



Slika 3.3.3. Ekspandirani polistiren



Slika 3.3.4. Ekstrudirani polistiren

3.3.3. Poliuretanske pjene

Poliuretanska pjena (Slika 3.3.5.) je ćelijasti, organski i sintetski materijal.

Sirovina za proizvodnju dolazi iz naftno prerađivačke industrije, pri čemu kao nusprodukt nastaju otrovni plinovi. Donedavno su se u proizvodnji tvrdih pjena rabili potisni plinovi štetni za ozonski plašt. U novijim postupcima za proizvodnju tvrdih pjena upotrebljavaju se potisni plinovi pentan i izopentan te CO2 kao potisni plin za proizvodnju mekih pjena. Ispuštanje štetnih kemijskih tvari nakon ugradnje je zanemarivo; slabost je razvijanje otrovnih plinova pri gorenju. Primarna energija za proizvodnju je između 750 i 1030 kWh/m3 . Cijenom se poliuretanska pjena svrstava u skuplje materijale, u skupinu ekstrudiranog polistirena ili pjenastog stakla. Poliuretanska pjena upotrebljava se, prije svega, u industriji i kod nekih postupaka sanacije krovova. Otporna je na temperaturne promjene (do 100-150°C), vlagu i plijesan, ali i na ultraljubičasto zračenje. Zbog načina ugradnje i spajanja s drugim materijalima ili slojevima problematično je njezino uklanjanje.

Koeficijent toplinske provodljivosti λ se kreće od 0,024 – 0,030 [W/m*K].



Slika 3.3.5 Poliuretanska pjena

3.3.4.Drvena vlakna

Ploče od drvenih vlakana (slika 3.3.6.) su organski, prirodni modificirani materijal.

Od drvenih vlakana s dodatkom mineralnih veziva oblikuju se izolacijske ploče. Unatoč nešto slabijoj toplinskoj provodljivosti ti proizvodi imaju veliku čvrstoću, ne gore, lako se omotavaju i stoga imaju široko područje primjene. Preradom drvenih otpadaka i dodavanjem ljepila izrađuju se drvene tvrde ili meke ploče koje se često upotrebljavaju u kombinaciji s nasutim izolacijskim materijalima.

Koeficijent toplinske provodljivosti λ se kreće oko 0,09 [W/m*K].



Slika 3.3.6. Ploča od drvenih vlakana

3.3.5. Ekspandirani perlit, ekspandirana glina, vermikulit

Perlit, vermikulit i ekspandirana glina su nasipni toplinsko izolacijski materijali. Ekološki nisu sporni, njihova je prednost negorivost. Za proizvodnju je potrebno mnogo energije. Pri ugradnji u vertikalne konstrukcije dolazi do slijeganja nasutog materijala. Takvi se materijali mogu upotrebljavati kao punila toplinsko izolacijskih žbuka.

Ekspandirani perlit (slika 3.3.7.) - Perlit je ćelijasti, anorganski, prirodno modificirani materijal. To je eruptivni aluminijsko-silikatni kamen, koji se mehanički usitnjava i kratko zagrijava na 1000 °C. Pri tome se voda sadržana u stijenju pretvara u vodenu paru i napuhuje materijal i povećava njegov obujam za 15 do 20 puta. Nastali proizvod je bijeli granulat veličine zrna i do 6 mm. Pojedinačna zrna se sastoje od ćelija, koje su odgovorne za toplinsko izolacijska svojstva. Perlit izolacijski materijali koriste se uglavnom kao izolacijski materijal za zasipavanje, rijetko u obliku ploča. Ekspandirani perlit nije zapaljiv, ali je osjetljiv na vlagu. Perlit izolacijske ploče se sastoje od ekspandiranog perlita, koji je obrađen s organskim i/ili neorganskim vlaknima i vezivima. Vlakna se pripreme te se oblikuju zajedno s ekspandiranim perlitom vlažnim postupkom u izolacijske ploče. Gotove ploče su osjetljive na vlagu i smiju se ugrađivati samo tamo gdje su prema građevinsko-nadzornim propisima dopušteni normalno zapaljivi materijali. Koeficijent toplinske provodljivosti λ kreće se od 0,045-0,070 [W/m*K].

Ekspandirana glina (slika 3.3.8.) ima visokovrijedna građevinska i fizička svojstva. Ona značajno umanjuje gubitke topline, istovremeno akumulira toplinu i odlična je kao zvučni izolator. Zbog sposobnosti difuzije vodene pare djeluje kao regulator vlage i tako stvara ugodnu klimu u prostoriji. Osim što ne gori, otporna je i na smrzavanje.

Vermikulit (slika 3.3.9) se izrađuje od zdrobljenog škriljevca, izloženog zagrijavanju do 100 ºC. Vezana voda tijekom zagrijavanja ispari, pa stoga zrna nabreknu. Materijal je otporan na djelovanje lužina i kiselina, kemijski je neutralan, teško goriv i otporan na truljenje. Upotrebljava se kao nasip u podnim konstrukcijama i za izradu laganih žbuka i betona.



Slika 3.3.7 Ekspandirani perlit



Slika 3.3.8. Ekspandirana glina



Slika 3.3.9. Vermikulit

3.3.6.Pluto

Pluto (slika 3.3.10.) je organski, prirodni modificirani materijal.

Pluto je vrlo dobar toplinski izolator, a dobiva se od kore hrasta plutnjaka. Gustoća mu je 200 - 250 kg/m^3. Plutene ploče se proizvode mljevenjem kore i ekspandiranjem čestica pluta u autoklavima i zatim rezanjem blokova ekspandiranog pluta u ploče raznih duljina. Drugi način proizvodnje ploča je prešanje plutenih čestica povezanih bitumenom ili drugim ljepilom. Osim u pločama, pluto se isporučuje i u česticama ili ekspandiranim granulama u rastresitom stanju ili zalijepljenim na neku traku (obično bitumensku). Ploče se zbog svog lijepog izgleda mogu upotrebljavati i za oblaganje zidova, pa čak i podova (jako prešane ploče) u trostrukoj funkciji: kao toplinski i zvučni izolator i kao ukrasna površina.

Koeficijent toplinske provodljivosti λ se kreće od 0,045-0,060 [W/m*K]



Slika 3.3.10.Pluto

3.3.7.Pjenasto staklo

Pjenasto staklo (slika 3.3.11.) je ćelijasti materijal, anorganski, sintetski materijal.

Pjenasto je staklo dobar toplinski izolator, paropropustan je, ne upija vodu, postojan na kemikalije, ne gori i ima visoku tlačnu čvrstoću. Za njegovu je proizvodnju potrebno mnogo energije i cijena mu je visoka. Novu generaciju toplinsko-izolacijskih materijala predstavljaju prozirne toplinske izolacije. Osim male toplinske provodljivosti, koja smanjuje toplinske gubitke, omogućavaju iskorištavanje sunčeva zračenja za grijanje masivnog zida iza prozirne toplinske izolacije i tako doprinose poboljšanju toplinske bilance zgrade.

Koeficijent toplinske provodljivosti λ se kreće od 0,04-0,06 [W/m*K].



Slika 3.3.11. Pjenasto staklo

3.3.8.Porofen

Porofen (slika 3.3.12.) je tvrda pjena fenolformaldehidne smole. Za toplinske izolacije, naročito kod ravnih krovova, primjenjuju se sa gustoćom od 45 kg/m^3 na više. Treba upozoriti na štetnost formaldehida i fenola kao hlapljive tvari.



Slika 3.3.12. Porofen

3.3.9. Pamuk

Pamuk (slika 3.3.13.) je vlaknasti, organski, prirodni modificirani materijal, koji dolazi kao ploče ili je u rolama.

Pamuk je kao toplinsko-izolacijski materijal na tržištu prisutan tek nekoliko godina. Dobar je toplinski izolator i cjenovno prihvatljiv. Za poboljšanje protupožarne otpornosti dodaju mu se borove soli. Tradiciju uporabe ima u Pakistanu i Egiptu, jer je tamo kao materijal jeftin i dostupan. Koeficijent toplinske provodljivosti λ je 0,040 [W/m*K].



Slika 3.3.13. Pamuk

3.3.10. Slama

Slama (slika 3.3.14.) je vlaknasti, organski, prirodno modificirani materijal. Dolazi u zbijenim blokovima od slame.

Slama je obnovljivi materijal koji se može proizvoditi (uzgajati) svake godine. Energija potrebna za proizvodnju ovog materijala dolazi od Sunca – obnovljivog izvora energije. Kada objekt prestane biti u funkciji, slama se i nakon dugog niza godina može kompostirati ili koristiti u povrtlarstvu za malčiranje. Nema problema s otpadom.

Slama gori, ali ožbukani slamnati zidovi su manje skloni požaru nego tradicionalne drvene kuće. Budući da je slama u balama vrlo gusto stisnuta, u njoj nema dovoljno kisika da bi se zapalila. Slama predstavlja izrazito zdravu alternativu modernim građevinskim materijalima. Slama je prirodan materijal i nema štetnih utjecaja. Ne uzrokuje alergije jer se ne radi o sijenu, pa ne sadrži pelud (slama je od žitarica, a sijeno je pokošena livada, pa sadrži pelud poljskog cvijeća).

Kvaliteta zraka u kućama od slame bitno je bolja, jer ne ispušta nikakva isparavanja, kao što su primjerice formaldehidi koje često ispuštaju moderni materijali. Osim toga, za razliku od betona, slamnati zidovi dišu, što rezultira bitno svježijim zrakom u prostorijama. Koeficijent toplinske provodljivosti λ je 0,045 [W/m*K].



Slika 3.3.14. Slama

3.3.11. Ovčja vuna

Ovčja vuna (slika 3.3.15.) je organski, prirodno modificirani materijal. Dolazi u formi rola meke vune i kao rastresita vlakna za ispunu.

Prikupljena prirodna vuna isprana je nekoliko puta da bi se uklonio lanolin, te se zatim miješa sa poliesterom koji pomaže da zadrži svoj oblik. Zamotuljak vune općenito sadrži 85% vune pomiješane sa 15% poliestera. Ovčja vuna je prirodno vlakno dobiveno od potpuno obnovljivog izvora. Čišćenje, izlaganje zraku i toplinska obrada vezivanja tijekom proizvodnje troši minimalnu energiju. Ona koristi samo 14% energije koja se inače koristila za proizvodnju izolacije od mineralne vune.

Ovčja vuna je higroskopna i stoga će apsorbirati i osloboditi vodenu paru, ne narušavajući njezinu toplinsku učinkovitost. Kod hladnog vremena, ovčja vuna apsorbira toplinu iz vlage u zraku, što joj omogućuje da se smanji gubitak topline iz zgrade. U toplo vrijeme, oslobađanje vlage ima učinak hlađenja na vlakna koja smanjuju protok topline u zgradi. Vuna ima višu vatrootpornost od celuloze i celularno plastičnih izolatora. Topi se kada dođe u dodir sa izvorom plamena, ali bi se trebala sama i ugasiti. Tretirana je sa neopasnim vatrootpornim sredstvom kako bi poboljšala svoju vatrootpornost, zapaljivost i površinu širenja plamena. Koeficijent toplinske provodljivosti λ se kreće od 0,040-0,045 [W/m*K].



Slika 3.3.15. Ovčja vuna

3.3.12.Konoplja

Vlakna konoplje (slika 3.3.16.) imaju jedinstvenu sposobnost: ona mogu upiti vlagu i ponovno je otpustiti – to je najveća prednost konoplje nad ostalim izolacijskim materijalima. Zahvaljujući visokoj propusnosti i provođenju vlage konoplja ima sposobnost očuvanja zdrave mikroklime kuće čime kuću prirodno štiti od bakterija, plijesni i drugih mikroorganizama koji izazivaju alergije i mnoge druge zdravstvene probleme.

Izolacija od konoplje savršen je materijal kada je riječ o difuziji vodene pare i to zahvaljujući sposobnosti apsorpcije pare i za vremena kada je u zraku prisutna ili vrućina ili velika vlažnost. Visoka sposobnost upijanja i preraspodjele vlage razlozi su zbog čega izolacija od konoplje ima sposobnost zadržati vlastiti oblik u vrlo vlažnim uvjetima, a da pritom ne mijenja svoja toplinsko izolacijska svojstva

Koeficijent toplinske provodljivosti λ je 0,040 [W/ m*K].



Slika 3.3.16. Vlakna konoplje

3.3.13.Aerogel

Izolaciju aerogelom (slika3.3.17.) proizvela je NASA i smatra se najboljim i najjačim izolatorom uopće. Potpuno je vodootporan i vrlo dobro propušta paru. Gustoća mu je vrlo niska, fleksibilan je i otporan na gaženje, a jednostavno se može rezati i lijepiti. S obzirom na to da je to polimer, ne stari i nema plijesni pa je potpuno neškodljiv za okoliš. Bez ikakvih se dorada može primjenjivati i više puta. Otkako se aerogel pojavio na tržištu, taj se novi toplinski materijal uvelike primjenjuje u zapadnoj Europi, ponajviše u kemijskoj i naftnoj industriji jer kao izolator služi za različita tehnološka postrojenja. Inače su sve mogućnosti primjene tog materijala još nepoznate. Sve većem broju različitih proizvođača materijal otvara raznovrsne mogućnosti, a za njega se zanimaju i oni koji rade s visokokaloričnim pećima, stručnjaci iz građevinarstva, ali i raznovrsni industrijski proizvođači. Koeficijent toplinske provodljivosti λ mu je 0,013 [W/m*K].



Slika 3.3.17. Aerogel

3.4. Primjeri

Toplinski izolirati možemo vanjske zidove, zidove prema ne grijanom prostoru (garaži, tavanu, stubištu), ravne i kose stropove iznad grijanog prostora, stropove prema tavanu, stropove iznad vanjskog zraka, zidove prema tlu, podove na tlu. Osim toga dobra toplinska svojstva bi trebali imati prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja te stjenke kutija za rolete.

Primjer 1: Toplinska izolacija vanjskog zida mineralnom kamenom vunom

Osnovne prednosti ploča od kamene vune su poboljšana toplinsko-izolacijska svojstva, manja težina, laganija manipulacija te dobra mehanička svojstva. Sve to omogućava jednostavnu i učinkovitu postavu izolacije. Izolacijske ploče predstavljaju nosivi element fasade, na kojeg se kao vanjska zaštita postavlja armirani sloj polimerno-cementnog ljepila sa završnim slojem.

Postupak postavljanja ploča od kamene vune:

Na ploče se zidarskom žlicom nanosi sloj ljepila i to po rubovima i točkasto na nekoliko mjesta u sredini ploče (slika3.4.1.). Pokrivenost ploče ljepilom mora biti min. 40% njene površine. Polaganje ploča (slika 3.4.2.) izvodi se s pomakom približno pola ploče i vezom na ’češalj’ na uglovima objekta. Prethodno je na dobro pripremljen zid (čista, suha i ravna podloga) potrebno na dnu postaviti rubni profil. Visina rubnog profila mora biti minimalno 30,00 cm iznad razine tla (zona prskanja). Dio zida između razine tla i do rubnog profila potrebno je izolirati ekstrudiranim polistirenom.

Po završetku procesa vezanja ljepila, odnosno kad ljepilo preuzme svojstvo nosivosti, ploče se kroz liniju ljepila dodatno mehanički pričvršćuju mehaničkim spojnicama (”tiplima”, ”sidrima”) sa 6-8 kom/m^2, po sistemu slova ”W”, uz poštivanje razmaka od ruba ploče koji bi trebao biti cca 5,00 cm (slika3.4.3.). Uz rubove objekta u širini cca 1,00 m potrebno je postaviti dvostruko gušći raspored tipli budući da na tim dijelovima udari vjetra imaju najveći učinak. Zatim se na sve kuteve objekta, kao i sve kuteve oko špaleta otvora postavljaju kutni profili s armaturnom mrežicom. Oko svakog otvora dodatno se postavljaju manje trake armaturne mrežice po dijagonali. Nakon toga se preko cijele površine fasade nanosi sloj ljepila u koji se utapa tekstilno-staklena alkalno otporna mrežica uz odgovarajuće poštivanje duljine preklopa. Nakon toga nanosi se još jedan sloj ljepila za izravnavanje (slika 3.4.4.), te

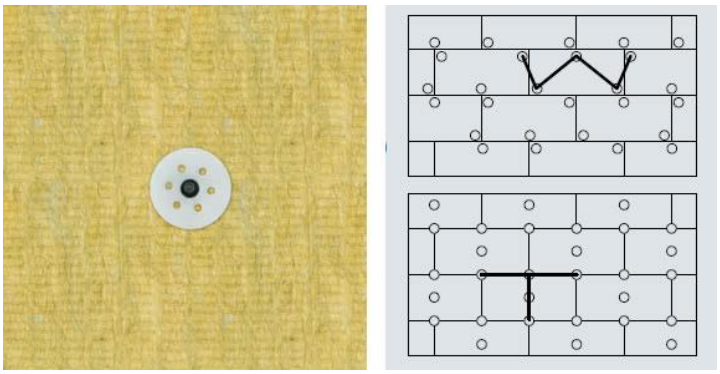
se po završetku sušenja, prije samog nanošenja završnog sloja, površina impregnira u boji tog sloja. Način nanošenja i debljina završnog sloja (slika 3.4.5.) ovise o traženoj granulaciji fasade, načinu zaribavanja ovisi o površini fasade. Kod vanjskih zidova treba izbjegavati postavu paronepropusnog sloja s vanjske strane zida jer će on zaustaviti difuziju vodene pare kroz zid na nepovoljnom mjestu (hladna zona) gdje će doći do unutarnje kondenzacije vodene pare i navlaživanja zida. Vanjska paronepropusna obloga treba biti odvojena od zida ventiliranim slojem.



Slika 3.4.1. Građevinsko ljepilo na ploči od kamene vune



Slika 3.4.2. Vanjski zid – polaganje ploča od kamene vune; 1-nosivi zid, 2 -ploča od kamene vune, 3 –građevinsko ljepilo, 4 –mrežica, 5 građevinsko ljepilo, 6 -završni sloj, 7 –tiple, 8 – zona prskanja izolirana ekstrudiranim polistirenom



Slika 3.4.3. Učvršćivanje ploča od kamene vune mehaničkim spojnicama



Slika 3.4.4. Sloj ljepila u debljini 3,00 mm u koji se utapa tekstilno-staklena alkalno otporna mrežica, nakon toga nanosi se još jedan sloj ljepila za izravnavanje



Slika 3.4.5. Završni sloj



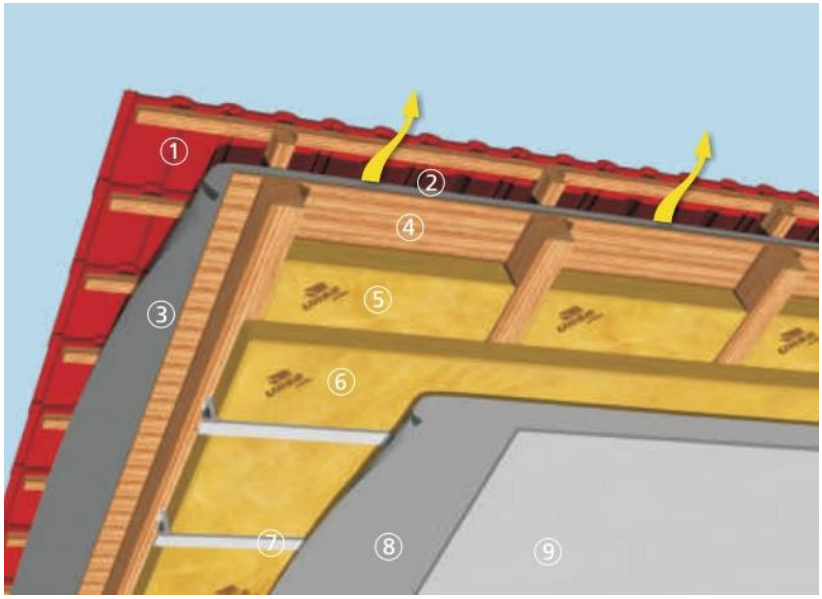
Slika 3.4.6. Detalj: toplinska izolacija vanjskog zida mineralnom kamenom vunom

Primjer 2 : Izolacija kosog krova mineralnom staklenom vunom

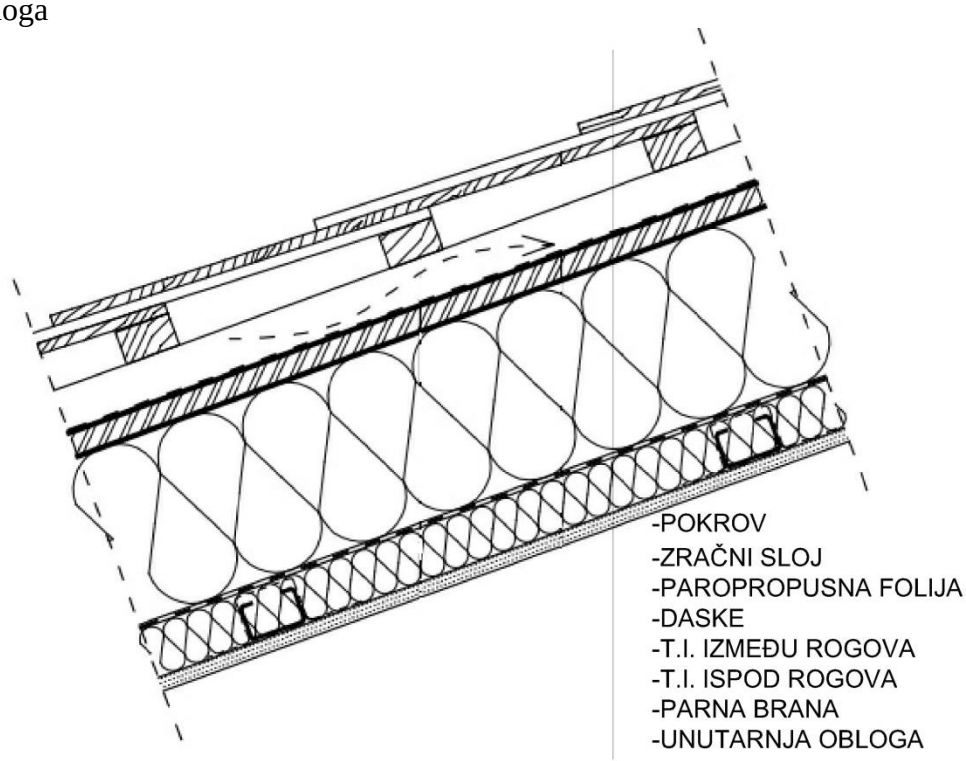
Krov je građevinski element koji je najizloženiji različitim vanjskim utjecajima. Ujedno je element omotača zgrade kroz kojeg prolazi veliki dio toplinske energije. Zato je vrlo važno da krov ima dobru toplinsku izolaciju, kao i nepropusnost za zrak, a da je ujedno dovoljno difuzijski otvoren.

Krovište prije ugradnje izolacije mora biti odgovarajuće pripremljeno. To znači da je pod krovnim pokrovom odgovarajuće izveden sloj za prozračivanje, a pod njim je smještena paropropusna folija. Izolacija razrezana na primjereno široke ploče prema veličini prostora između rogova, ugrađuje se između rogova. Debljina izolacije prvog sloja jednaka je visini roga. Na rogove se pričvršćuju metalni držači i C - profili suho-montažne konstrukcije. Iza C - profila ugrađuje se drugi sloj izolacije. Izolacija u debljini od 20 - 30 cm je odlično ekonomsko i ekološko rješene, jer se na taj način znatno smanjuju troškovi za grijanje kuće preko zime i rashlađivanje u toku ljeta. Na C - profil obostrano ljepljivom trakom ljepi se

parna brana. Ona u određenoj mjeri propušta vlagu iz zraka, ali samo u količinama koje nisu opasne za kondenzaciju u izolaciji. Svi uzdužni spojevi i spojevi s obodnim zidovima moraju biti dobro pričvršćeni i biti zalijepljeni. Na kraju se izvede završni sloj, npr. pričvrste se gips-kartonske ploče.(Slika 3.4.7.)



Slika 3.4.7. Izolacija kosog krova mineralnom staklenom vunom; 1-pokrov, 2 -zračni sloj, 3 –paropropusna folija, 4 –daske s razmakom min 1cm, 5 –toplinska izolacija između rogova, 6 –toplinska izolacija ispod rogova, 7 –podkonstrukcija unutarnje obloge, 8 –parna brana, 9 –unutarnja obloga



Slika 3.4.8. Detalj kosog krova izoliranog mineralnom staklenom vunom

4. Svrha zvučne izolacije zgrade

Kao što sam već napisao izvrsna zvučna izolacija između stanova važan je preduvjet za skladan suživot sa susjedima. Međutim, tu je želju u sve naseljenijim gradovima teško ispuniti. Pogonima i industrijskim postrojenjima također treba posvetiti pažnju prilikom zaštite od buke. Kako treba zaštititi osobe na radnim mjestima tako i susjedstvo od prihvaćanja buke. Za ispunjenje tih zahtjeva potrebni su učinkoviti zvučno izolacijski materijali i konstrukcije.

Budući da buka nastaje u unutrašnjosti prostorija (npr. govor, hodanje, glazba, sanitarne instalacije) kao i u vanjskom prostoru, osim izolacije prijenosa zvuka između različitih stanova ili ureda, velika se vrijednost polaže u prvome redu na zaštitu od vanjskih zvukova zbog pojačane buke u okolišu.

4.1. Pet pravila zvučne izolacije

4.1.1. Pravilo mase

Svaki zvučni val (buka) teže će uzrokovati podrhtavanje neke prepreke, ako je ona inertnija, što znači da ima veću masu, odnosno težinu. Što, drugim riječima, znači da će se teži zid teže i natjerati da „vibrira“ odnosno da podrhtava pod utjecajem buke. Pravilo mase je samo korisno u situacijama gdje je problem buke povezan s postojećim pregradama male mase. U tim slučajevima, lakše je postići veće povećanje mase s istim materijalima nego kod teških masivnih zidova.

4.1.2. Pravilo odvajanja (odsutnost krutih veza)

Zvučna izolacija može se poboljšati, ako između dva sloja povezanih što manjom fizičkom vezom stvorimo zračni džep između ta dva sloja. Zračni džep će oslabiti jedan dio zvuka prolaskom kroz njega, a ostatak zvuka može se na primjer smanjiti umetanjem izolacije od apsorbirajućeg materijala, te umetanjem elastičnih materijala između slojeva.

4.1.3. Pravilo apsorpcije

Apsorbirajući materijali, svojim svojstvom apsorpcije prihvaćaju zvuk te se tako dio zvuka gubi unutar strukture samog materijala i ne prenosi se dalje. Jedna od koristi dodavanja ovih materijala u šupljine je i snižavanje vrijednosti rezonantne frekvencije cijelog sustava. Apsorpcijski materijali, tek u kombinaciji s ostalim elementima i pravilima zvučne zaštite, igraju važnu ulogu u ukupnom smanjenju razine prenesenog zvuka.

4.1.4 Pravilo rezonancije

Može se lako dogoditi da ako ostvarimo prethodna tri pravila smanjenja buke, da se poveća rezonancija sustava.

Svaki mehanički sustav ima vlastitu frekvenciju osciliranja. U momentu kada se frekvencija zvuka poklopi sa frekvencijom osciliranja sistema, onda se dešava pojava da se amplituda oscilacija linearno povećava tokom vremena. Jačina zvuka razmjerna je upravo amplitudi oscilacija.

Postoje dva osnovna pravca u rješavanju problema rezonancije, a to su prigušenje i pomicanje rezonantne točke. Prigušenje možemo ostvariti korištenjem elastičnih materijala koji smanjuju, odnosno prigušuju amplitudu osciliranja. Pomicanjem rezonantne točke rezonantna frekvencija može se pomaknuti na niže vrijednosti.

4.1.5. Pravilo provođenja zvuka

Ovo se pravilo odnosi na neizravno provođenje zvuka kroz konstruktivne elemente, koji zapravo nemaju veze s neposrednim pregradnim elementom. Zvuk se u susjednu prostoriju osim izravno kroz pregradni zid, prenosi i vibriranjem kroz strop i pod, odnosno provođenjem longitudinalnih valova kroz konstruktivne elemente poda i stropa, odnosno vrata i prozora. Čak, veoma često veći dio buke prolazi upravo ovim kanalima. Na taj način, zvučna izolacija će nam biti onoliko dobra koliko je dobra najlošija karika u ovom lancu. Zapravo, nikakvim dodatnim poboljšanjem zvučne izolacije pregradnog zida nećemo dobiti nikakav dalji učinak, ako ne presiječemo kanale kojima se zvuk širi provođenjem kroz stropnu, odnosno podnu konstrukciju. Ovo se može izvoditi umetanjem mehaničkih prepreka (barijera), kanala, prigušivača oscilacija i vrlo je važno pravilo ove naknadne radove uraditi na strani izvora buke.

5. Svojstva i vrste materijala za zvučnu izolaciju zgrade

5.1. Svojstva materijala za zvučnu izolaciju zgrade

Sve izvore buke nije moguće izolirati, što ne bi bilo ni prirodno da se zaštitimo od svih primanja zvukova. Stoga se sprječavaju neusklađeni i složeni zvučni valovi. Metoda koja se najčešće rabi za određivanje zvučne izolacije je zvučna izolacijska moć R_w, a brojčano se izražava u decibelima [dB].

Zvučna izolacijska moć R_w je fizikalna veličina koja opisuje građevinsku konstrukciju (zid, međukatnu konstrukciju, vrata, prozor i sl.) u pogledu zvučne izolacije od prostorne buke. Zvučna izolacijska moć R_w određuje se u laboratorijskim uvjetima, a na uzorku kojem je površina 10-tak četvornih metara ili više.

Pri tome je važno upamtiti da zvučna izolacijska moć R_w za neki materijal iskazan u dB ne pokazuje koliko buke taj materijal propušta, već iskazuje za koliko dB on smanjuje njezinu razinu. To znači da vanjsku ulaznu buku od 110 dB jednostruko staklo d = 4 mm (R_w = 30 dB) smanjuje za 30 dB i u prostor nam ulazi buka od 80 dB.

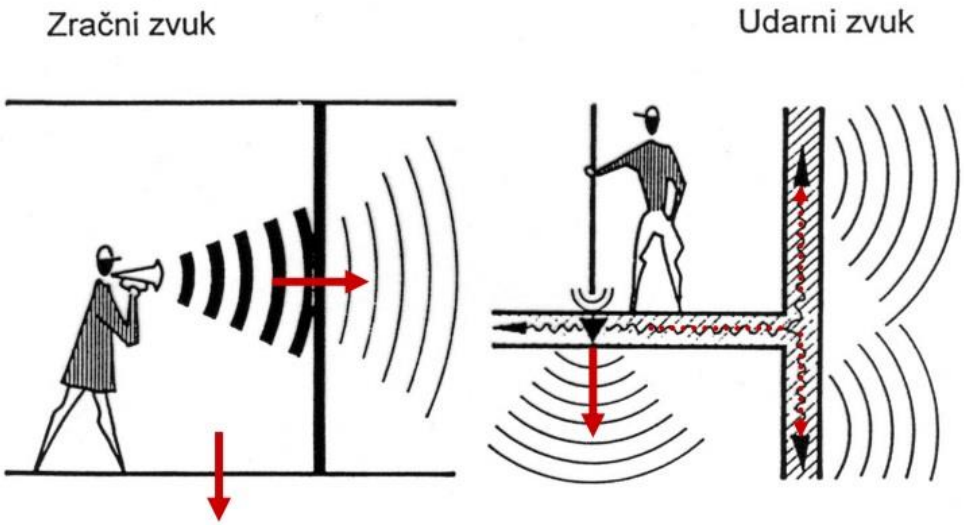
5.2. Vrste (načini prenošenja buke) i zaštita od buke

Prije razmatranja tehničkih sredstava za zvučnu zaštitu potrebno je u grubo sistematizirati vrste buke, odnosno načine njenog prenošenja.

Razlikujemo dva tipa buke (Slika 5.2.1.)

- udarna buka ili topot – prenosi se konstrukcijom (krutim medijem)

- prostorna buka – prenosi se zrakom (putem zračnih valova)



Slika 5.2.1. Dva tipa buke (prostorna buka i udarna buka)

Da bi se spriječilo prenošenje topota konstrukcijom potrebno je na odgovarajućim mjestima izvesti dilatacije, odnosno interpolirati sloj za prigušenje tako da se kruta veza prekine. U slučaju tvrdih podova, ispod podloga se postavlja sloj nekog mekog materijala (također i između podloge i zida jer dilatacija treba biti konsekventna), kod strojeva se koriste razni podlošci, elastične veze ili plivajuća postolja itd. Način zaštite je najjednostavnije izraziti negacijom: ne smije se dopustiti kruta veza između izvora buke ili dijela konstrukcije po kojemu se vrši udaranje i ostalih dijelova konstrukcije.

Prostornu buku ponekad trebamo reducirati u samom prostoru u kojem nastaje ili u susjednim prostorijama (onoj sa izvorom buke). U prvom slučaju, ako nije moguće eliminirati buku u samom izvoru buke, nastoji se naročitim reljefom ili obradom obodnih površina spriječiti refleksiju (jeku) i postići odgovarajući stupanj resorpcije zvuka.

5.3. Vrste materijala za zvučnu izolaciju zgrade

Isto kao buka i zvučni se izolatori dijele na one koji prigušuju buku u zraku te na izolatore udarnog zvuka. Obje vrste izolacije međusobno su povezane ali se i isključuju:tako npr. beton svojom masom dobro prigušuje buku koja se širi zrakom, ali je izuzetno slab izolator udarne buke. Za potpuno prigušenje oba oblika buke nužna je promišljena izvedba konstrukcije i ciljana primjena pravilne kombinacije izolatora.

Zaštita od prostorne buke

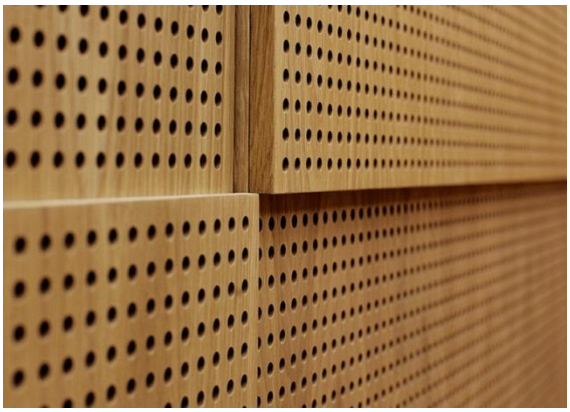
Protiv prostorne buke u kategoriju zaštita ubrajaju se:

- reljefne ploče za oblogu zidnih i stropnih površina (slika 5.3.1.) – karakteriziraju ih visoka apsorpcijska svojstva, poboljšanje kvalitete zvuka, kontrola jeke, eliminacija iskrivljavanja zvuka



Slika 5.3.1. Reljefne ploče za oblogu zidnih i stropnih površina

- mekane ili perforirane ploče (slika 5.3.2.) (metalne i iz drugih materijala uz eventualnu interpolaciju meke ispune)



Slika 5.3.2. Mekane ili perforirane ploče

- zvučna izolacija geometrijom prostora (slika 5.3.3.) (npr. Koncertna dvorana V. L.)



Slika 5.3.3. Zvučna izolacija geometrijom prostora

- antiakustičke žbuke (koje mogu doprinijeti i zvučnoj izolaciji susjednih prostora).

Obzirom da zvučno-izolacijska moć zida raste relativno sporo, povećanjem njegove mase nastoji se (obično asimetričnom) podjelom tog zida i interpolacijom nekog pogodnog materijala postići uz istu masu povoljnija akustička svojstva. Kod obodnih konstrukcija koje sadržavaju vrata ili prozore, akustička izolacijska vrijednost cijele konstrukcije zavisi pretežno od akustičkih karakteristika prozora ili vrata. Zbog toga treba paralelno poboljšavati i izolacijsku moć prozora, a ne samo zida i nastojati dimenzije otvora ostaviti na neophodnim minimuma.

Dobra toplinska izolacija nekog zida ili drugog konstruktivnog elementa ne znači da je element i dobro zvučno izoliran. Međutim materijali koji se koriste za toplinsku izolaciju mogu se koristiti i za zvučnu izolaciju, a to su materijali od mineralnih vlakana (mineralna vuna - staklena i kamena, drvena vlakna, slama, ekspandirana glina, pluto te je njihov opis naveden u poglavlju 3.3.

Ukupna energija koja se u obliku zvučnog tlaka predaje nekom pregradnom elementu raspoređuje se jednim dijelom na energiju odbijenog zračnog vala, drugim dijelom na apsorbiranu energiju i trećim dijelom na prenesenu energiju. Kod zvučne izolacije, cilj nam je da smanjimo prenesenu energiju, odnosno da se čitav pokušaj prebaci što je više moguće u područje apsorbiranog, odnosno reflektiranog zvuka, iako ovo drugo nije baš preporučljivo u mnogim slučajevima.

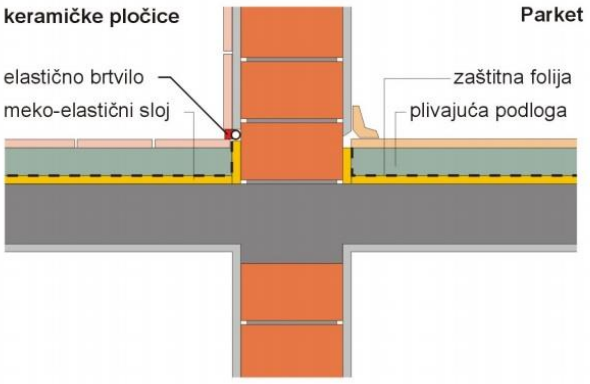
Zaštita od udarne buke

Iz zvučnog izvora buka se širi zrakom titranjem zračnih čestica, u svim smjerovima – poput kuglastih valova. Pri velikoj energiji izvora to se titranje može prenijeti i na konstrukcijske elemente. Što su konstrukcijski elementi masivniji, bolje upijaju i neutraliziraju zračnu buku. Tanji i lakši elementi mogu preuzeti titranje i dalje ga širiti kroz konstrukciju.

Buka od udarca u bilo koji konstrukcijski element širi se velikom brzinom kroz gusti i kruti materijal, a tvrdi spojevi sa susjednim elementima olakšavaju njeno širenje kroz razne materijale. Tako se cijelom zgradom nezadrživo širi zvuk koraka po stubištu, koračanje po opločenom podu, bučno zatvaranje vrata, šum vode u cijevima, pa čak i zvuk ventilatora kad susjed uključi napu.

Udarna buka može se prigušiti ili potpuno ukloniti na nekoliko načina, a najvažnije konstrukcijsko rješenje u zgradama je izrada plivajućeg poda gdje je cementni estrih potpuno odvojen od ostalih elemenata konstrukcije.

Plivajući pod (slika 5.3.4.) se sastoji od krute podloge koja leži na mekanom elastičnom sloju. Pri takvoj izvedbi zvučni se izolator postavlja preko međukatne ploče i po cijelome obodu, a pri tome ne smije postojati ni najmanja kruta veza između plivajućeg sloja i nosive međukatne konstrukcije.



Slika 5.3.4. Plivajući pod

Postizanje zadovoljavajuće vrijednosti izolacije udarnog zvuka postiže se i izvedbom mekog završnog sloja poda te izvedbom spuštenog stropa.

Mekani završni sloj poda (slika5.3.5.) (razne vrste tepiha, sintetički podovi sa slojem spužvaste gume i sl.) apsorbiraju dio energije udara. Na taj način manji dio energije prelazi u nosivu međukatnu konstrukciju čime se smanjuje razina zvuka udara u prijamnoj prostoriji.



Slika 5.3.5. Mekani završni sloj poda

Da bi dobili što bolju izolaciju od zvuka udara spušteni strop (slika 5.3.6.) mora biti nepropustan za zrak i male krutosti kako bi njegova kritična frekvencija bila što veća. Iz razloga vibriranja nosive međukatne konstrukcije izazvane udarcima, stvara se zračni zvuk u sloju zraka između konstrukcije i spuštenog stropa tako da spušteni strop mora dobro izolirati zračni zvuk. Ugradnja apsorbirajućeg materijala (npr. Mineralna vuna) u ovaj međuprostor poboljšava izolacijsku moć stropa. I ovjes kojima je spušteni strop pričvršćen za međukatnu konstrukciju mora biti što elastičniji kako bi se što više spriječilo direktno prenošenje vibracija sa konstrukcije na spušteni strop.

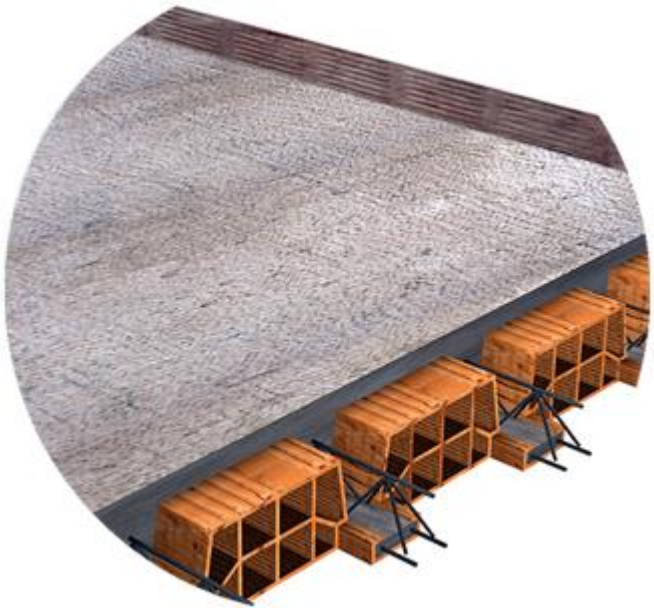


Slika 5.3.6. Spušteni strop

5.4. Primjer

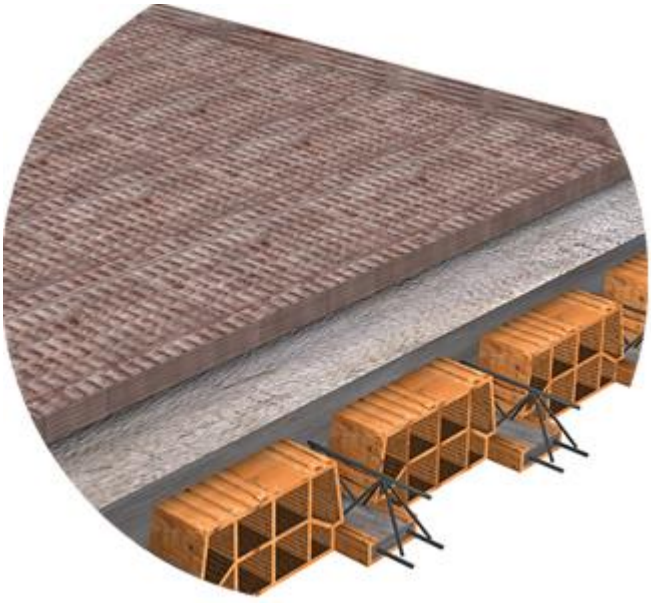
Zaštita od udarne buke - plivajući pod na fert stropu

Po obodu zidova se postavljaju rubne trake od kamene vune. One sprečavaju prenošenje udarnog zvuka sa podne konstrukcije na zid i dalje u ostale prostorije.(Slika 5.4.1.)



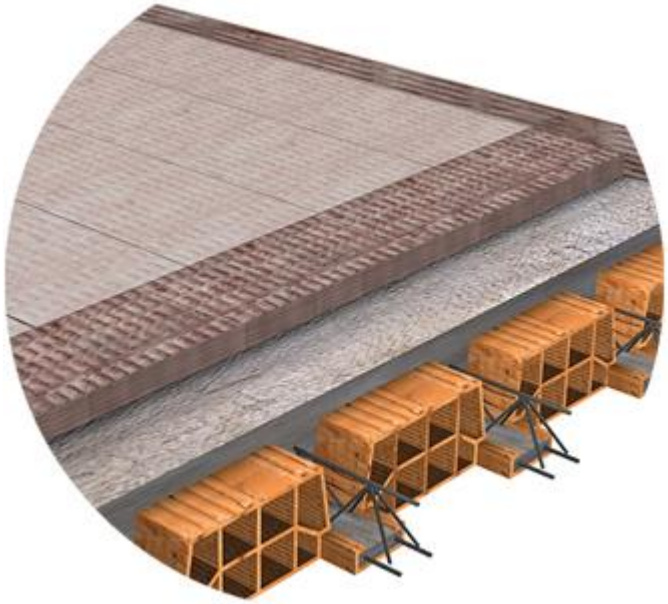
Slika 5.4.1. Rubne trake od kamene vune po obodu zida

Nakon toga se ploče od kamene mineralne vune, polažu tijesno jedna do druge.(Slika 5.4.2.)



Slika 5.4.2. Polaganje ploča od kamene mineralne vune

Preko zvučne izolacije (kamena mineralna vuna) se postavlja parna sa preklopom od 10-15cm.(Slika 5.4.3.)



Slika 5.4.3. Postavljanje parne brane preko zvučne izolacije

Preko parne brane se nanosi sloj mokrog estriha (min. debljine 4cm), a zatim završna podna obloga po želji (parket, laminat, keramičke pločice i sl.). (Slika 5.4.4.)



Slika 5.4.4. Završna podna obloga na sloju estriha

6. Zaključak

Poznavanje toplinsko i zvučno izolacijskih materijala vrlo je važno kod projektiranja i izgradnje stambenih i poslovnih građevina. Kvalitetna toplinska izolacija, preduvjet je energetski efikasne gradnje. Postavljanjem toplinske izolacije s vanjske strane građevine izbjegavaju se toplinski gubitci, što znači veliki uštede za energiju. Isto tako postavljanjem toplinske izolacije dobiva se osjećaj ugode u nekom objektu. Osjećaj ugode, dobiva se i pravilnim odabirom zvučno izolacijskih materijala, budući da je mir prijeko potreban u današnjem užurbanom načinu života.

7. Literatura

Knjiga:

[1] Peulić, Đuro, Konstruktivni elementi zgrada I-II, Zagreb, Tehnička knjiga, 1975

[2] Mikoč M.: Građevni materijali, Građevinski fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2006.

Internet izvori:

[3] http://www.gradimo.hr/izolacijski-materijali

[4] https://hr.wikipedia.org/wiki/

[5] http://www.ig-gradnja.com/

[6] http://www.enu.fzoeu.hr/

[7] http://www.gradnja.org/

[8] http://www.casopis-gradjevinar.hr/

[9] http://www.ursa.com.hr/

[10] http://www.knaufinsulation.hr/

[11] http://www.rockwool.hr/

[12] http://www.mapei.com/

[13] http://www.energetskocertificiranje.com.hr/

[14] http://www.zelena-gradnja.hr/

[15] http://www.zvucnaizolacija.com/edukacija.htm

[16] http://zprofilprodaja.hr/termoizolacija/

[17] http://adaptacija-stana.net/

[18] http://www.ecopur.hu/

8. Popis slika

Slika 3.1.1. Koeficijent prolaska topline U…….. 5
Slika3.3.1. Staklena vuna……. 10
Slika3.3.2. Kamena vuna……. 10
Slika 3.3.3. Ekspandirani polistiren……. 12
Slika 3.3.4. Ekstrudirani polistiren…….. 12
Slika 3.3.5 Poliuretanska pjena…… 13
Slika 3.3.6. Ploča od drvenih vlakana…….. 14
Slika 3.3.7 Ekspandirani perlit……. 16
Slika 3.3.8. Ekspandirana glina…… 16
Slika 3.3.9. Vermikulit……. 16
Slika 3.3.10.Pluto……. 17
Slika 3.3.11. Pjenasto staklo…… 18
Slika 3.3.12. Porofen……... 19
Slika 3.3.13. Pamuk……. 19
Slika 3.3.14. Slama……... 20
Slika 3.3.15. Ovčja vuna…….. 21
Slika 3.3.16. Vlakna konoplje…….. 22
Slika 3.3.17. Aerogel…… 23
Slika 3.4.1. Građevinsko ljepilo na ploči od kamene vune…….. 25
Slika 3.4.2. Vanjski zid – polaganje ploča od kamene vune…… 25
Slika 3.4.3. Učvršćivanje ploča od kamene vune mehaničkim spojnicama……. 26
Slika 3.4.4. Sloj ljepila u debljini 3,00 mm u koji se utapa tekstilno-staklena alkalno otporna mrežica, nakon toga nanosi se još jedan sloj ljepila za izravnavanje……. 26
Slika 3.4.5. Završni sloj…… 26
Slika 3.4.6. Detalj: toplinska izolacija vanjskog zida mineralnom kamenom vunom…… 27
Slika 3.4.7. Izolacija kosog krova mineralnom staklenom……. 28
Slika 3.4.8. Detalj kosog krova izoliranog mineralnom staklenom vunom……. 28
Slika 5.2.1. Prostorna i udarna buka…… 32
Slika 5.3.1. Reljefne ploče za oblogu zidnih i stropnih površina…… 33
Slika 5.3.2. Mekane ili perforirane ploče……. 33
Slika 5.3.3. Zvučna izolacija geometrijom prostora……. 34
Slika 5.3.4. Plivajući pod……. 35

Slika 5.3.5. Mekani završni sloj poda…….. 36
Slika 5.3.6. Spušteni strop…… 36
Slika 5.4.1. Rubne trake od kamene vune po obodu zida…… 38
Slika 5.4.2. Polaganje ploča od kamene mineralne vune……. 38
Slika 5.4.3. Postavljanje parne brane preko zvučne izolacije…….. 39
Slika 5.4.4. Završna podna obloga na sloju estriha……..... 39

UNIVERSITY NORTH

Sveučilište Sjever

VŽ KC

MMI

SVEUČILIŠTE SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, MARKO MARTINJAK *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Upotreba mat. za zvučnu i toplinsku izol. zgrada *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Marko Martinjak

(vlastoručni potpis)

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

Ja, MARKO MARTINJAK *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Upotreba mat. za zvučnu i toplinsku izol. zgrada *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Marko Martinjak

(vlastoručni potpis)