Usporedba ekonomske isplativosti različitih termoizolacijskih materijala na hrvatskom tržištu

Mihalic, Zoran

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:122:177225

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

Završni rad br. 276/GR/2016

Usporedba ekonomske isplativosti različitih termoizolacijskih materijala na hrvatskom tržištu

Zoran Mihalic, 1920/601

Varaždin, rujan 2016. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 276/GR/2016

Usporedba ekonomske isplativosti različitih termoizolacijskih materijala na hrvatskom tržištu

Student

Zoran Mihalic, 1920/160

Mentor

Antonija Bogadi, dipl.ing.

Varaždin, rujan 2016. godine

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

UNIVERSITY NORTH

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Zoran Mihalić | MATIČNI BROJ: 1920/601

DATUM: | KOLEGIJ: Zavrsni radovi i instalacije u graditeljstvu

NASLOV RADA: Usporedba ekonomske isplativosth različitih termoizolacijskih materijala na hrvatskom trzistu

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Cost benefit analysis of various insulation materials on Croatian maket

MENTOR: Antonija Bogadi | ZVANJE: predavac

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. dr.sc. Božo Soldo, redoviti profesor
2. dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović
3. Antonija Bogadi, predavač
4.
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 276 /GR/2016

OPIS:
Pristupnik u Radu treba dati pregled toplinskoizolacijskih materijala dostupnih na hrvatskom trzistu te izvrsiti usporedbu njihovih cijena, toplinskoizolacijskih svojstava, okolnosti proizvodnje i dostupnosti. U Radu je potrebno odgovoriti na slijedeca pitanja:
1. U kolikoj mjeri domaca proizvodnja toplinskoizolacijskih materijala podmiruje potrebe domaceg trzista?
2. Koji su trendovi u potraznji toplinskoizolacijskih materijala na domacem trzistu?
Zakljucno je portebno u radu prezentirati usporednu analizu ekonomske isplativosti najtrazenijih toplinskoizolacijskih materijala u Hrvatskoj.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER
KOPRIVNICA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 29.9.2016

POTPIS MENTORA

Predgovor

Zahvaljujem se mentorici Antoniji Bogadi, dipl.ing., na pomoći, sugestijama i strpljenju tijekom izrade ovog završnog rada. Zahvalu upućujem i ostalim profesorima Sveučilišta Sjever te samom Sveučilištu.Također bi se ovim putem htio zahvaliti i gospodinu Silviu Novaku iz poduzeća Knauf Insulation i gospodinu Željku Šmigeljski iz poduzeća Mužek Kaminko d.o.o. što su svojim odgovorima pomogli u izradi radnje. Najviše se zahvaljujem obitelji koja je bila velika podrška tijekom studiranja.

Sažetak

Energetska učinkovitost najdjelotvorniji je način postizanja ciljeva održivog razvoja s obzirom da veća učinkovitost doprinosi smanjenju emisija štetnih plinova u okoliš, većoj industrijskoj konkurentnosti, otvaranju novih radnih mjesta i povećanju sigurnosti opskrbe energijom. Održivi razvoj je glavni cilj Europske unije koja se obvezala smanjiti ukupnu potrošnju energije za 20% do 2020. godine. Republika Hrvatska se tome istom cilju okrenula 2008. godine uvođenjem energetskih razreda zgrada.

Uvođenjem energetskih razreda zgrada te propisivanjem najvišeg dozvoljenog energetskog razreda za određenu vrstu zgrada, prisililo se investitore da grade zgrade koje će doprinjeti energetskoj učinkovitosti. Jedan od najbitnih faktora postizanja toga cilja je dobra toplinska zaštita ovojnice građevine koja se postiže ugradnjom posebno razvijenih suvremenih materijala za toplinsku zaštitu. Stoga je ključno poznavanje vrsta materijala za toplinsku zaštitu te tehnologiju i pravilnu uporabu istih.

S obzirom da se radi o akcijskom planu uštede energije za 20% do 2020. godine, što je kratki rok, Republika Hrvatska je u suradniji s Europskom unijom osnovala Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost s ciljem da potakne i sufinancira investitore koji će pridonjeti tome planu.

Ključne riječi rada: energetska učinkovitost, održivi razvoj, materijali za toplinsku zaštitu, fond za sufinanciranje.

Abstract

Energy efficiency is the most effective way of achieving sustainable development goals. Higher efficiency contributes to reduction of greenhouse gas emissions, higher industrial competitiveness, job creation and higher security in energy supply. Sustainable development is the main goal of the European Union which has set itself a 20% energy savings target by 2020. The Republic of Croatia has set the same goal in 2008 by introducing a Building Energy Rating (BER).

By introducing the Building Energy Rating and by setting the highest allowed energy class for a certain type of building, the investors are forced to construct buildings that will contribute to energy efficiency. One of the most important factors for achieving the goal is good thermal insulation of building envelope. This can be accomplished by installation of specially developed advanced materials for thermal insulation. Therefore it is essential to know the types of materials for thermal insulation as well as to be familiar with the technology and proper usage of those materials.

Due to the fact that the action plan of energy saving by 20 % is supposed to be conducted by 2020, which is a short term, The Republic of Croatia and The European Union have funded Environmental protection and energy efficiency fund in order to co-finance and encourage the investors to contribute to the plan.

Key words: energy efficiency, sustainable development, thermal insulation materials, co-financing fund.

Popis korištenih kratica

EPS	Ekspandirani polistiren
EPS G	Grafitni ekspandirani polistiren
XPS	Ekstrudirani polistiren
PUR	Poliuretan
CG	Čelijasto staklo
ETICS	External Thermal Insulation Composite System
MW	Mineralna vuna
HUPFAS	Hrvatska udroga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava
BRP	Bruto površina
OIE	Obnovljivi izvori energije
ISGE	Informacijski sustav za gospodarenje energijom

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Toplinsko izolacijski materijali 3

2.1. Osnovna svojstva i podjela....3
2.2. Organski toplinsko izolacijski materijali....5
2.3. Anorganski toplinsko izolacijski materijali....15
2.4. Položaj toplinsko izolacijskih materijala u konstrukciji 18

3. Analiza i usporedba tehničkih podataka i cijena....21
4. Proizvodnja toplinsko izolacijskih materijala u Republici Hrvatskoj....25
5. Propisi i poticaji za unapređenje toplinskih zaštita zgrada u Republici Hrvatskoj 28

5.1. Uvod....28
5.2. Program energetske obnove obiteljske kuće 30
5.3. Program energetske obnove višestambenih zgrada....34
5.4. Program energetske obnove nestambenih zgrada 35
5.5. Program energetske obnove zgrada javne nabave....36
5.6. Propisi....37

6. Zaključak 38
7. Literatura 39

Popis slika 40
Popis tablica 42
Popis grafikona 43
Prilozi 44

1. Uvod

Zgrade predstavljaju velike potrošače energije, s prosječnim učešćem od oko 50 % ukupne potrošnje energije u svijetu. Intenzivna upotreba fosilnih goriva za proizvodnju energije utječe na konstantno onečišćenje naše planete, pa se zgrade smatraju odgovornima za stvaranje velike količine uglikobog (IV) oksida u atmosferi. Zbog toga održivi razvoj građevina ima ključnu ulogu. Održivo graditeljstvo je pokret koji teži da stvori energetski efikasne građevine, prijateljski nastrojene prema okoliša, kao i gospodarenje prirodnim resursima. Ovo za sobom povlači aktivne i pasivne principe korištenja sunčeve energije i upotrebu ekološki prihvatljivih materijala koji u svojoj proizvodnji i primjeni minimalno zagađuju vodu, tlo i zrak.

U procesu pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji i usklađivanju hrvatskog zakonodavstva s europskom pravnom stečevinom, jedna od važnijih aktivnosti u području zgradarstva i energetske učinkovitosti je prijenos Direktive o energetskim svojstvima zgrade (Directiv 2002/91/EC on Energy Performance of Buildings). Europske inicijative s krajem 2008. godine, sadržane u paketu mjera za poticanje korištenja energije iz obnovljivih izvora i prerađenoj Direktivi o energetskim svojstvima zgrade (Directive 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings - recast) postavljaju sektor graditeljstva u ključnu ulogu energetske politike i politike zaštite okoliša u Europi. Ove se inicijative baziraju na ranije utvrđenim ciljevima Europske unije za razdoblje od 2007. do 2020. godine, a to su 20% smanjenje emisije stakleničkih plinova, 20% povećanje energetske učinkovitosti, povećanje udjela obnovljivih izvora energije na 20% u ukupnoj energetskoj potrošnji, te korištenje 10% udjela biogoriva u transportu.Temeljem odredbi Zakona o prostornom uređenju i gradnji u Republici Hrvatskoj doneseni su podzakonski akti koji detaljnije uređuju područje energetske učinkovitosti u graditeljstvu, a jedan od njih je i Tehnički propis o racijonalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada.

Da bi zadovoljili današnje propise i gradili u skladu sa suvremenim smjernicama energetske učinkovitosti, sve vanjske konstrukcije potrebno je toplinski zaštititi. Toplinska izolacija smanjuje toplinske gubitke zimi, pregrijavanje prostora ljeti, te štiti nosivu konstrukciju od vanjskih uvjeta i jakih temperaturnih naprezanja. Toplinski izolirana zgrada je ugodnija za stanovanje, produžuje joj se vijek trajanja i doprinosi zaštiti okoliša.

Dobro poznavanje toplinskih svojstva građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje energetski učinkovitih zgrada. Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sustavu elemenata, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti. Koeficijent toplinske vodljivosti λ (W/mK) je količina topline koja prođe u jedinici vremena kroz sloj materijala površine 1 m^2, debljine 1 m kod razlike temperature od 1 K. Vrijednost koeficijenta toplinske vodljivosti različita je za različite materijala, a ovisi o gustoći, veličini i povezanosti pora i stanju vlažnosti materijala. Bolju toplinsku izolaciju postižemo ugradnjom materijala niske toplinske vodljivosti, odnosno visokog toplinskog otpora. Toplinski otpor materijala povećava se s obzirom na debljinu materijala. Toplinsko izolacijske materijale karakterizira dobra toplinska izolacijska vrijednost već pri malim debljinama, mala gustoća te mala provodljivost topline λ=0.025 do 0.050 W/mK. Koeficijent prolaska topline U je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po 1 m^2 površine kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m^2K. Koeficijent (U) je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka (kWh/m^2), a time i potrošnju energije za grijanje. Znači, što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

Pri izboru materijala za toplinsku zaštitu treba osim toplinske vodljivosti uzeti u obzir i druge karakteristike materijala kao što su požarna otpornost, faktor otpora difuzije vodene pare, tlačna tvrdoća, stištjivost, trajnost, otpornost na vlagu i drugo. Također je važan i način proizvodnje materijala, te korištenje energije u proizvodnji, ali i ekonomska vrijednost. Na izbor materijala utječe i vrsta konstrukcije u koju ga ugrađujemo, tako da nije isto radi li se o izolaciji poda, podrumskog zida, nadzemnog zida, ravnog ili kosog krova. Osnovna podjela toplinsko izolacijskih materijala je na anorganske i organske materijale.

Prvo poglavlje završnog rada obuhvaća osnovna svojstva i neke od podjela toplinsko izolacijskih materijala, te se daje pregled istih s užim opisom proizvodnje i uporabe.

U drugome djelu se analizira cjena toplinsko izolacijskih materijala te njihova potrebana debljina za postizanje istih svojstava toplinske provodljivosti konstrukcije.

U trećem poglavlju se navode vodeći proizvođači u proizvodnji toplinsko izolacijskih materijala na prostorima Republike Hrvatske.

Na kraju završnog rada se daje kratki uvid u Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost putem kojeg Republika Hrvatska u suradnji s Europskom unijom potiče energetsku obnovu i gradnju energetsko učinkovitih građevina.

2. Toplinsko izolacijski materijali

2.1. Osnovna svojstva i podjela

Toplinske izolacije su građevinski materijali koji se ugrađuju u konstrukcije iz sljedećih razloga:

1. Toplinska zaštita

- smanjenje odvođenja topline iz zgrada (smanjenje toplinskih gubitaka),
- postizanje unutarnje površinske temperature iznad točke rošenja.

2. Toplinska stabilnost (ljetno razdoblje)

- zaštita konstruktivnih dijelova zgrade od velikih temperaturnih razlika, odnosno toplinskih naprezanja,
- postizanje ujednačene temperature unutarnjeg prostora, u vidu zaštite od pregrijavanja obodnih pregrada i topline u interijeru.

Zahtjevi koje moraju ispuniti su:

- visoka toplinsko izolacijska svojstva,
- čvrstoća, postojanost oblika,
- negorivost ili netoksičnost pri gorenju,
- vodonepropusnost – samo ekstrudirani polistiren i pjenasto staklo,
- postojanost na starenje, truljenje, vibracije,
- visoka paropropusnost
- kemijska neutralnost, ekološka prihvatljivost i oporabljivost.

Uvijet čvrstoće toplinsko izolacijskog materijala postavlja se samo kod određenih konstrukcija i to:

- velika tlačna čvrstoća kod konstrukcija iznad kojih su ceste, parkirališta, skladišni prostori,
- određena minimalna do srednja tlačna čvrstoća kod izvedbe podova, u ravnim krovovima, ovisno o položaju toplinske izolacije,
- kod toplinske izolacije kao ispune potkonstrukcije ne postavlja se zahtjev za tlačnu čvrstoću materijala.

Toplinsko izolacijski materijali često su izloženi promjeni topline i vlage, pri čemu ne smije dolaziti do promjene fizikalnih svojstava kao što su bubrenje, skupljanje i sl.. Ovisno o mjestu ugradnje u konstrukciji (izloženost), te zahtjevima o požarnoj zaštiti građevine, u konstrukciju se mogu ugrađivati negorivi i gorivi materijali. Kriteriji su određeni namjenom zgrade i pozicijom materijala (izloženost vatri). Ne gorivi ili slabo gorivi toplinsko izolacijski materijali su kamene i staklene vune i porobetonske ploče. Toplinsko izolacijski materijali su više ili manje vodoupojni, a jedini vodoneupojni materijali su ekstrudirani polistiren i pjenasto staklo.

Poželjno je paropropusnost (otpor difuzije vodene pare), naročito kod ugradnje materijala toplinske zaštite s vanjske strane, npr. mineralna vuna: $\mu \geq 1$. Visoka paronepropusnost poželjna je kod unutrašnjih pozicija toplinsko izolacijskih materijala (XPS: $\mu = 50 – 200$; CG: $\mu = 70000$ – apsolutna parna brana). Ovisno o izboru najpovoljnijeg toplinsko izolacijskog materijala za određene konstrukcije, on treba biti ugrađen na način koji je odgovarajući njegovim svojstvima te zaštićen od mogućeg propadanja.

Toplinsko izolacijski materijali prema podrijetlu dijele se na:

- organski toplinsko izolacijski materijali – prirodni
- organski toplinsko izolacijski materijali – umjetni
- anorganski toplinsko izolacijski materijali
- toplinsko izolacijski materijali složenog porijekla (višeslojni)

Specijalni toplinsko izolacijski materijali:

- transparentne toplinske izolacije za solarne kolektore
- refleksne folije za izolaciju zračenje topline (IC radijaciju)
- vakuumske izolacijske ploče
- nanogel materijali
- keramički termorefleksni premazi, itd...

Oblici toplinsko izolacijskih proizvoda:

- ploče (tvrde i polutvrde)
    - za toplinsku izolaciju zidova, podova i ravnih krovova (gdje toplinska izolacija treba imati propisanu čvrstoću)

- role (smotci, bale)
    - mekša struktura materijala (ali i manja čvrstoća) za kose krovove, lake konstrukcije i svuda gdje se prostor zapunjava toplinskom izolacijom, odnosno gdje materijal izolacije nije izložen tlačnom opterećenju

- rasuti materijali i posebni oblici
    - toplinsko izolacijska smjesa za upuhivanje u zatvoren prostor (šupljina između dva zida i sl.)
    - toplinsko izolacijska pijena za štrcanje na pripremljenu podlogu gdje se zapjeni i otvrdne
    - toplinsko izolacijska smjesa tekuće konzistencije za uljevanje u predviđeni prostor – kalup (toplinsko izolacijski paneli i sl.) gdje se zapjeni i otvrdne
    - toplinsko izolacijski nasipi (podni nasipi perlita ili granula ekspandiranog polistirena)

Dodatna površinska obrada ploča i rola toplinske izolacije izvodi se kao:

- jednostrana ili obostrana obrada, ovisno o potrebi kod ugradnje
- fenoliziranje površine mineralne vune (vjetrovna brana)
- kaširanje mineralne vune staklenim voalom (vjetrovna brana)
- kaširanje aluminijskom folijom ili polietilenskom folijom (parna brana)
- kaširanje bitumenskom ljepenkom (zaštita ili slabija parna brana)
- kaširanje natron papirom (zaštita)

2.2. Organski toplinsko izolacijski materijali

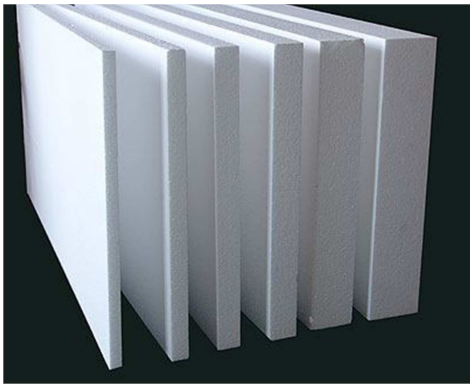
Organski materijali mogu poticati od živih organizama, biljaka i životinja ili od neživih organizama kao što su nafta i zemni plin.

Ekspandirani polistiren – EPS

Ekspandirani polistiren (EPS) koji je poznatiji kao stiropor je termo-izolacijski materijal karakterističnih fizikalno-kemijskih svojstava, izvanrednih toplinsko-izolacijskih i mehaničkih svojstava, niske cijene te jednostavne ugradnje pa je vrlo brzo osvojio svjetsko graditeljstvo i do danas je ostao na vodećem mjestu s udjelom većim od 40 %. EPS se u građevinarstvu prvenstveno koristi kao toplinska izolacija zidova, podova i krovova. Druga glavna namjena je

zvučna izolacija u konstrukcijama plivajućih podova, ali tada to obavezno mora biti elastificirani EPS.

Proizvodnja EPS-a provodi se u tri stupnja. U prvom se stupnju granule polistirena izlažu vodenoj pari u predekspanderu u kojemu struktura granule omekša, a lakohlapljivi ugljikovodik pentan prelazi u plinovito stanje. Uslijed toga granule ekspandiraju povećavajući svoj volumen 20 do 30 puta uz istovremeno smanjenje gustoće s oko 600 kg/m³ na 15 kg/m³ do 30 kg/m³. Predekspandirane granule transportiraju se pneumatskim transportom u paropropusne silose gdje dozrijevaju 8 - 24 sata. Ovo odležavanje predstavlja drugi stupanj u kojemu se odvija difuzija viška pentana iz predekspandiranih granula. U trećem stupnju se dozrele granule transportiraju u metalne kalupe, tzv. blok forme, u kojima, djelovanjem suhozasićene vodene pare, dolazi do konačne ekspanzije granula EPS-a te njihovog sljepljivanja u monolitnu formu koja se sastoji od zatvorenih čelija. Blokovi, proizvedeni na opisan način, se nakon perioda dimenzijskog stabiliziranja izrezuju u ploče najčešće debljine od 10 do 200 mm (slika 2.1) ili neke druge željene oblike pomoću uređaja za izrezivanje vrućom žicom.Ploče se izrađuju sa preklopom (falcani, slika 2.2) i bez preklopa . EPS ploče sa preklopom su nešto skuplje, ali smanjuju mogućnost nastajanja toplinskih mostova prilikom izgradnje. Mogu biti jednostrano ili obostrano kaširane s raznim materijalima za postizanje dodatnih karakteristika ili primjena, kao npr.: drvolitom (kombi ploče), hidroizolacijom, parnom branom, geotekstilom i drugo. Bitno je spomenuti i da je EPS teško zapaljiv i ne utječe na čovjekovo zdravlje i okoliš.



Slika 2.1 Različite debljine EPS ploča



Slika 2.2 EPS ploča s preklopom

Gustoća (kg/m³) najviše utječe na svojstva ploča EPS-a. Ploče EPS-a se najčešće proizvode u 6 različitih gustoća u rasponu od 12 kg/m³ do 30 kg/m³, pa se ovaj proizvod donedavno i deklarirao prema gustoćama. Danas prema Tehničkom propisu o uštedi topliske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, odnosno HRN EN 13163:2002 proizvodi se deklariraju prema tlačnoj čvrstoći (kPa). Svaki od ovih tipova proizvoda ima svoje područje primjene odnosno ugradnje, što je veoma važno. Nekadašnja je podjela na "meki i "tvrdi" EPS, dovodila

do nesporazuma i građevinskih šteta. Zato je kod projektiranja, primjene i kupnje potrebno obratiti pozornost na identifikacijske oznake proizvoda i preporuke za primjenu.

Obzirom da se propisi postrožuju svake godine, time se i povečava i debljina toplinske izolacije što povečava troškove izgradnje i zadaje probleme kod nekih tehničkih i arhitektonskih rješenja, zbog toga je razvijen grafitni EPS. Grafitni EPS (EPS G) je ekspandirani polistiren obogaćen reflekcijskim grafitnim česticama (koje mu daju sivu boju, pa se još naziva i sivi stiropor, slika 2.3) koje odbijaju toplinu na sličan način kao što zrcalo odbija svjetlost. Sastav EPS-a smanjuje prijenos topline, toplinsko izolacijske sposobnosti su poboljšane za 20% što pridonosi energetskoj učinkovitosti objekta. Poboljšana izolativnost znači da je potrebna manja debljina izolacije fasadnog ovoja zgrade, što je važno kod konačnog izgleda unutarnjih i vanjskih polica, terasa, balkona itd.



Slika 2.3 “Sivi“, grafitni EPS

Ekstrudirani polistiren – XPS

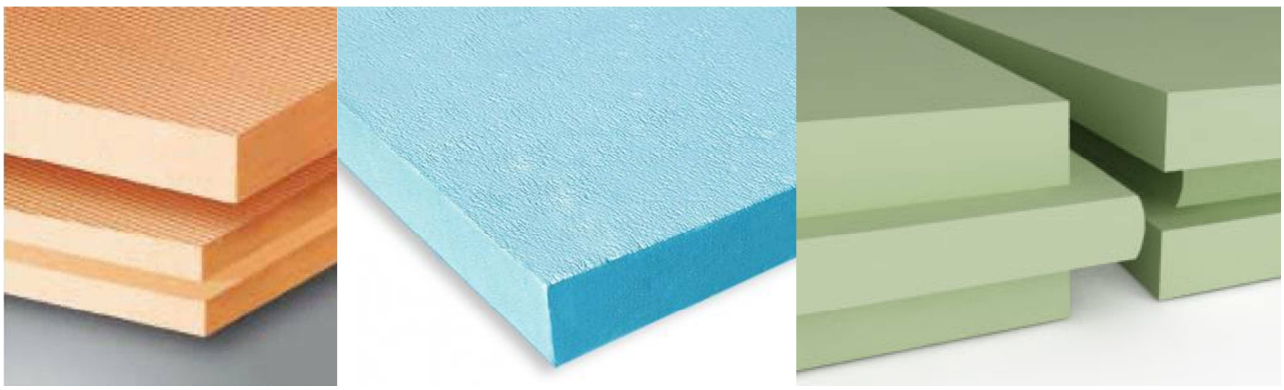
XPS je pjenjena plastika koja sadržava na milijune zatvorenih stanica u kojima je zrak i tako smanjuje prijenos topline, koristi se za toplinsku izolaciju zidova, podova i krovova. Zbog svoje veće cijene se koristi na mjestima koja zahtjevaju veću površinsku ili tlačnu čvrstoću (podovi na tlu, prohodni ravni krovovi, fasadni sokl, kolne konstrukcije i dr.), i na mjestima koja su izložena vlazi i vodi (obrnuti krovovi, ukopani zidovi i dr.). Najčešća je primjena u obliku ploča isto kao i EPS, raznih debljina, ali postoje i posebni elementi za zidove i stropove (kalupi za betoniranje zidova i oplata za betoniranje stropova, vidi sliku 2.4), ploče za postavu podnog grijanja, elementi za zadržavanje vode u zelenim krovovima, granule za ispunu u laganim betonima i glazurama i dr.



Slika 2.4 Oplata za zidove i stropove od XPS-a

Zbog drugačijeg postupka proizvodnje, ima zatvorene stanice i praktički ne upija vodu, stoga je, unatoč većoj cijeni u usporedbi s EPS-om, gotovo nepogrešiv izbor na mjestima gdje je toplinska izolacija u neposrednom dodiru s vodom, kao npr. toplinska zaštita podrumskih zidova, obrnuti ravnih krovova.

Proizvodnja XPS-a spada u kontinuirane, "in line" tehnologije, što znači da se XPS proizvodi bez vremenskih prekida na jednoj proizvodnoj liniji. Automatizirana i sinkoronizirana proizvodnja sirovina sa početka proizvodne linije pretvara u finalni ukupan proizvod. Sam proces se sastoji iz dva osnovna djela: ekstrudiranja i obrade ploča. Ekstrudiranjem na temperaturi i pod tlakom rastopimo plastiku, u rastopljenu plastiku pod tlakom ubrizgavamo tekući plin. Kako se mijenja tlak u plinu on prelazi iz tekućine te se pretvori u paru i na taj način zapjeni plastičnu masu. U proizvodnji se rabe ozonskim slojevima štetni plinovi i potrebno je nešto više energije, stoga je proizvodni postupak manje ugodan za okoliš nego proizvodnja EPS-a. XPS je za razliku od običnog bijelog ekspandiranog polistirena obojen, (svjetloplavo, svjetlozeleno, ružičasto, i druge boje, vidi sliku 2.5) u karakterističnu boju pojedinog proizvođača.



Slika 2.5 Različite boje XPS ploča

Poliuretan – PUR

Poliuretanska pjena zatvorenih stanica ima nevjerojatnu učinkovitost pri toplinskoj izolaciji. Struktura zatvorenih stanica pjene osigurava neprobojnost vlage kroz cijeli presjek nanesenog sloja izolacijske pjene, te se tako može koristiti i kao hidroizolator.

Sirovina za poliuretan dolazi iz naftnoprerađivačke industrije, pri čemu kao nusprodukt nastaju otrovni plinovi fosgen i isooktan. Donedavno se u proizvodnji tvrdih pjena rabili potisni plinovi štetni za oznoski omotač. U novijim postupcima za proizvodnju tvrdih pjena upotrebljavaju se potisni plinovi panten i izopanten te CO_2 kao potisni plin za proizvodnju mekih pjena. Ispuštanje štetnih kemijskih tvari nakon ugradnje je zanemarivo, veći je problem što se razvijaju štetni plinovi prilikom gorenja. Poliuretan , u normalnim uvjetima eksploatacije , ne pušta paru ili toksične dimove . Cijenom se PUR pjena svrstava u skuplje materijale, u skupinu XPS ili pjenastog stakla. PUR pjena upotrebljava se, prije svega, u industriji i kod nekih postupaka sanacije krovova. Otporna je na temperaturne promjene do 100 – 150 °C, vlagu i pljesan, ali i na ultraljubičasto zračenje. Kratkoročno izdržavaju temperature i do 250 °C, tako da su ploče iz poliuretanske tvrde pjene pogodne i za obradu bitumenom (odnosno kao podloga). Zbog načina ugradnje i spajanja s drugim materijalima ili slojevima, problematično je njeno uklanjanje. Moguća je realizacija pjena različite gustoće, u prosjeku od 30 - 100 kg/m^3 i ima dovoljnu čvrstoću za otpornost na tlak od 150 kPa, što omogućava materiji postojanost na habanje. Poliuretan je fiziološki inertan , nerastopiv i nije razgradiv . Osim što se koristi u mnogim manufakturama uobičajenog korištenja , koristi se i u medicinske svrhe.

PUR se može kaoristiti kao pjena za štrcanje po površini ili u šupljine te u kalupe da se dobiju PUR blokovi (vidi sliku 2.6). Blokovi se kasnije režu u polutvrde ploče 100 x 50 cm, otporne na temperaturu i samogasive. Ploče se često kaširaju aluminijskim folijama ili krutim limovima (paneli od poliuretana), ivericama i sl.



Slika 2.6 Štrcani poliuretan i paneli od poliuretana

Radi svoje strukture zatvorenih stanica PUR pjena se praktično može koristiti za izoliranje svega što je potrebno toplinski izolirati. Pogodan je za sve konstrukcije, za vanjsku i unutarnju izolaciju. Može se rabiti za izoliranje uporišnih stupova, za izoliranje temelja, podruma, toplinsku izolaciju pročelja građevinskih objekata, a može se koristiti i za specijalne zadatke toplinske izolacije (npr. za izoliranje spremnika ili cjevovoda). Poliuretan visoke gustoće koji se nanosi u kontinuiranoj debljini na licu mjesta od strane specijaliziranih tvrtki sa strojevima visoke tehnologije , tvori istodobno toplinsku , zvučnu i hidro izolaciju.

Ovčja vuna

Ovčja vuna ima primjenu kao toplinska izolacija od života prvih ljudi u pećinama. Mongolska nomadska plemena još i danas oblače zidove svojih nastambi u pletene obloge od ovčje vune. Danas je njena upotreba prilagođena suvremenim konstrukcijama i zahtjevima, ali je osnovna sirovina ostala ista. Radi se o potpuno prirodnom, organskom, visokoefikasnom, biorazgradivom i ekološkom materijalu.

Ovčja je vuna hidroskopna i stoga će apsorbirati i osloboditi vodenu paru ne narušavajući njezinu toplinsku efikasnost. Kod hladnog vremena ovčja vuna apsorbira toplinu iz vlage u zraku što joj omogućuje da se smanji gubitak topline iz zgrade,a za toploga vremena oslobađanje vlage ima učinak hlađenja vlakana kojima se smanjuje protok topline u zgradi.

Proizvodnja od ovčje vune je jednostvna, vuna se nakon strizanja ispire kako bi se odvojio lanolin, suši i miješa s poliesterom za postojanost forme. Udio poliestera u konačnom materijalu je oko 15%. Opranu i osušenu vunu treba zatim tretirati boraksom lako dostupnom kemikalijom koja će je učiniti potpuno otpornom na kukce i požar. Boraks nije toksičan za ljude, mogu se dodavati i drugi insekticidi i fungicidi, ali oni smanjuju ekološku komponentu. Prešanjem nastaje gust materijal (vidi sliku 2.7) koji se može rezati, krojiti po mjeri i ugrađivati na isti način kao i kamena vuna. Za završno prešanje vune u role ili bale potrebna je tehnologija, no prešanje, iako olakšava ugradnju, nije nužno. Vuna se nipošto ne smije tretirati vapnom jer dolazi do kemijske reakcije, tj. vapno “pojede” vunu. Kao i sve vlaknaste izolacije, zanimljiva je glodavcima za gnježđenje, pa je potrebno posvetiti pažnju kod rješavanja detalja.

Ovčja je vuna uobičajeno dostupna u zamotuljcima (vidi sliku 2.7) u širini od 400 mm ili 600 mm te u tri debljine: 50 mm,75 mm i 100 mm. Pogodna je za toplinsku izolaciju tavana, potkrovlja,drvenih zidova i drvenih podova.Može se lako rezati oštrim nožem ili škarama i ne zahtjeva nikakvu zaštitnu opremu za instalaciju. Prilagođava se obliku potkrovlja, greda i čavala što ostaje trajno. Vunu je moguće i ožbukati, ali je prije toga potrebno napraviti

laganu konstrukciju od letvica na koju će se žbuka primati. Vunu koja je u pramenovima jednostavno se može ručno natiskati između slojeva lamperije, gips-ploča ili nekih drugih materijala. Kada se ispravno ugradi zadržava svoju nisku gustoću i toplinska svojstva te ima vijek trajanja više od 50 godina. Izolacijska su svojstva ovčje vune ista kao i mineralne vune, pa se mineralna vuna može zamijeniti ovčjom bez ikakva smanjenja toplinskih svojstava, nažalost visoka kvaliteta i prirodno porijeklo dolaze i s visokom cijenom. Ovčja vuna je 2-3 puta skuplja od mineralne vune jednake dimenzije, ali donosi i neke bitne prednosti.



Slika 2.7 Prešana vuna i vuna u bali

Pamuk – pamučna vata

Pamuk izolacija je sve popularniji kao ekološki povoljna opcija za izolaciju.

Toplinska izolacija od pamuka kao i od ovčje vune pruža alternativu mineralnoj i sataklenoj vuni, koje mogu iritirati kožu dok se ugrađuju i nije pronađen povećani rizik od raka za one koji ju ugrađuju. Pamuk izolacija se sastoji od 85% recikliranog pamuka (stara odjeća i otpadni tekstil) i 15% plastičnih vlakana koji su bili tretirani sa boraksom iz istih razloga kao i ovčja vuna te se pakira u smotuljke, ploče ili u rastresitom stanju (vidi sliku 2.8). Zbog udjela poliestera, ovaj materijal nije potpuno prirodan, ali je ekološki jer se proizvodi od otpada i u potpunosti ga je moguće reciklirati za proizvodnju nove izolacije. Kao rezultat svojeg recikliranog sadržaja, ovaj proizvod koristi minimalnu količinu energije za proizvodnju. Međutim, pamuk izolacija košta oko 15% do 20% više od staklene i kamene vune. Pamuk izolacija je također netoksični, a može se ugrađivati bez korištenja respiratorne ili kožne zaštite.



Slika 2.8 Pamuk izolacija u roli i ugradnja u rastresitom stanju

Izolacija od pamuka se najčešće koristi za izolaciju zidova, stropova i podova. Ugradnja pamučne izolacije je jednaka kao i kod ovčje, staklene i kamene vune, jedino se malo teže reže što bi neki izvođači mogli smatrati kao razlog za povečanje cijene ugradnje.

Lan , kokosova vlakna, slama, drvena vuna, ekspandirano pluto

Zbog slabe ili gotovo nikakve raširenosti ovih toplinsko izolacijskih materijala na našem području, biti će navedene samo njihove osnovne karekteristike. Kao predstavnike inovativnih i tradicionalnih ekoloških toplinsko izolacijskih materijala bitno ih je spomenuti. Ovi se materijali u svjetu koriste lokalno, prema podrjetlu i izvoru sirovine za proizvodnju.

Lanene izolacijske ploče i bale se proizvode na isti način kao i od ovčje vune. Lanena izolacija sastoji se od lanenog konca i tekstilnih vezivnih vlakana. Godišnje uzgoj usjeva je neiscrpan resurs koji ne doprinosi globalnom zatopljenju, štoviše tijekom svog rasta pretvara stakleničkog plina ugljičnog dioksida u kisik. Lanena izolacija se koristi u građevinarstvu za disanje zida, ventilirane kose krovove i za izolaciju stropova i podova. Problem toplinske izolacije od lana je što je trenutno samo povremeno dostupan od inozemnih izvora i što se koriste pesticidi i gnojiva koja dodatno doprinose globalnom zatopljenju.



Slika 2.9 Lanene izolacijske ploče

Slama je obnovljivi materijal koji se može proizvoditi (uzgajati) svake godine. Energija potrebna za proizvodnju ovog materijala dolazi od sunca kao obnovljivog izvora energije. Kada objekt prestane biti u funkciji, slama se i nakon dugog niza godina može kompostirati ,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. Kvaliteta zraka u kućama od slame bitno je bolja, jer ne ispušta nikakva isparavanja. Osim toga, za razliku od betona, slamnati zidovi dišu, što rezultira bitno svježijim zrakom u prostorijama. Glavni problem je što tipičan zid od slame ima dva do tri puta niži koeficijent prolaska topline *U* od modernih građevinskih materijala i mnogo niži od trenutačnih građevinskih propisa, pa se samim time više ne koristi.



Slika 2.10 Slam kao toplinsko izolacijski materijal

Kokosova se vlakna mogu izraditi kao ploče koje imaju dobre toplinsko izolacijske karakteristike. Ploče imaju dobru tlačnu čvrstoću te su pogodne za zaštitu od ljetnoga pregrijavanja. Ploče ne napadaju miševi i ostali glodavci. Upotrebljavaju se za toplinsku izolaciju krovova i zidova, brtvljenje prozora i vrata te zvučnu zaštitu u mokrom i suhom estrihu.



Slika 2.11 Ploče od kokosovih vlakana

Drvena vuna je proizvod napravljen od drvenih vlakna povezanih cementom u tanke ploče. Drvena vlakna su iznimno dobar toplinski izolator, te su načinjena od prirodnog i obnovljivog materijala, drveta. Uz sve to, ploče su lagane i jednostavne za rukovanje, te se sve više i češće primjenjuju kao toplinski izolator, pogotovo zbog tog ekološkog aspekta. Izrađena je od prirodnog obnovljivog materijala drveta, te se smatra kvalitetnim ekološkim rješenjem koje bi moglo zamijeniti neke druge materijale koji imaju štetan utjecaj na okoliš. Takva prešana drvena vuna, za razliku od suhog neobrađenog drva, teško gori, te se koristi kad je potrebna kvalitetna protupožarna efikasnost. Otporna je i na udarce, no, isto tako, šteti joj duže vremensko izlaganje vlazi. Njihova gustoća najčešće se kreće od 200 do 500 kg/m^3, a može se postići gustoća od čak 1000 kg/m^3 kod tvrdih ploča. Ploče od drvene vune imaju dobra toplinsko izolacijska svojstva kao i parupropusnost i zvučnu izolaciju. Sama rezana drvena vlakna imaju puno širu primjenu od same toplinske izolacije. Zbog niske cijene proizvodnje upotrebljava se svugdje i u velikim količinama ako je potrebno.



Slika 2.12 Drvena vuna u rastresitom stanju i u pločama

Ekspandirano pluto ne sadrži nikakve druge tvari, samo pluto. Pluto je jedinstvena, 100% prirodna, obnovljiva sirovina koja posjeduje zaista izuzetne karakteristike i koju možemo reciklirati. Ekspandirano pluto se proizvodi tako da se granule pluta stave pod vrlo vruću paru i jak pritisak. Oblikuju se u kocke, koje se zatim hlade tjedan dana. Nakon toga se kocke dimenzija 1000 x 500 x 300 mm režu na željene debljine. Ekspandirano pluto (crno pluto) jednostavno je za obradu i rezanje. Zahvaljujući svim iznimnim značajkama i tehnologiji, pluto se upotrebljava u gotovo svim prostorima kućanstva, a ujedno odgovara potrebama u komercijalnim i poslovnim prostorima, kao i u prostorima gdje su potrebne tvrde podne obloge.



Slika 2.13 Ploča od ekspandiranog pluta

2.3. Anorganski toplinsko izolacijski materijali

Tvari i materijali anorganskog podrijetla su pretežno niskomolekularne tvari, ali u toj grupi ima i anorganskih polimera, naprimjer glina, koja je u ekspandiranom stanju i toplinsko izolacijski materijal.

Mineralna vuna – staklena i kamena vuna

Staklena i kamena vuna ubrajaju se u mineralne vune, riječ mineralna vuna znači vlakna, napravljena od minerala. Prvi puta je mineralnu vunu proizveo Edward Parry 1840. u Walesu, iz šljake visokih peći, ali je imala štetno djelovanje na radnike, pa je proizvodnja ubrzo ugašena ali se nakon toga počinje proizvoditi 1871. u Njemačkoj. Iznimna svojstva proizvoda od mineralne vune omogućuju odličnu kombinaciju toplinske i zvučne izolacije, združena s izvrsnim protupožarnim svojstvima. Otporna je na starenje i raspadanje, te na mikroorganizme i kukce. Koristi se u svim vanjskim konstrukcijama za toplinsku zaštitu, te u pregradnim zidovima za zvučnu zaštitu. Jedino mjesto gdje se ne preporuča je za izolaciju podrumskih zidova pod zemljom. Mineralna vuna je nekoliko desetaka puta paropropusnija od ostalih fasadnih izolacija i zahvaljujući tom svojstvu zidovi kuće dišu i ujedno ne dolazi do pojave po zdravlje opasnih plijesni i gljivica.

Staklena vuna (vidi sliku 2.14) se proizvodi fibrizacijom, to jest, tako da se kremeni pijesak, reciklirano staklo i potrebne aditive u peći rastapaju u tekuće staklo. Nakon toga se u procesu fibrizacije velikom brzinom razdvaja tekuće staklo u milijune vlakana, koja se nakon toga poprskaju otopinom veziva i oblikuju na tekućoj traci. Takav poluproizvod nakon toga se na traci transportira kroz peć za sušenje, a zatim se reže na željenu dimenziju. U nekim slučajevima na površinu staklene vune se kaširaju dodatni materijali za kaširanje - obloge.

Kamena vuna (vidi sliku 2.15) se proizvodi na sličan način kao i staklena vuna, razlika je u načinu izrade vlakana: staklena vlakna se izrađuju uljevanjem topljenog stakla u rotore, dok se kamena vlakna, naljevanjem istopljene kamene smjese na rotacione valjke i koriste se druge sirovine za proizvodnju. Kao sirovine za proizvodnju kamene vune upotrebljavaju se prirodni i umjetni silikatni materijali. Od prirodnih materijala upotrebljava se kamen diabaz i dolomit, a u manjoj mjeri i bazalt, dok se od umjetnih materijala koriste tzv. briketi koji se dobivaju preradom otpada iz tehnološkog procesa uz dodatak cementa.

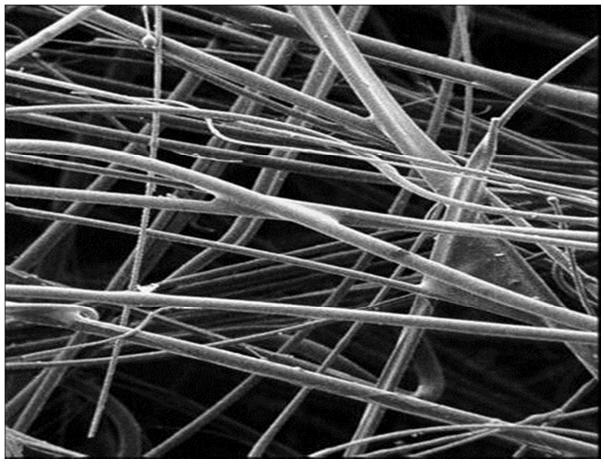


Slika 2.14 Staklena vuna



Slika 2.15 Kamena vuna

Osnovna razlika između staklene i kamene vune je u svojstvima vlakana. Vlakna od staklene vune su elastičnija i približno 10 puta duža (vidi sliku 2.16) . Proizvoda od kamene vune imaju veću gustoću (30 do 200 kg/m^3) od staklene vune (11 do 45 kg/m^3) pa time i veću čvrstoću na tlak. Povratna elastičnost vlakana omogućava sabijanje na 5 puta manji obujam, što podrazumjeva manji obujam u transportu i skladištenju. Ugradnja je jednostavnija, jer nije potrebno precizno rezanje materijala na ugradbenu mijeru i samim time nakon ugradnje praktično ne ostaju praznine i nepopunjena mjesta, koja predstavljaju toplinske mostove.



Staklena Vuna



Kamena vuna

Slika 2.16 Vlakna staklene i kamene vune

Sva vlakna odgovarajućih dimenzija (određene duljine i određenog promjera) mogu dospjeti u ljudski organizam i na taj se način štetno odraziti na naše zdravlje. Stoga postoji opravdana sumnja da na isti način mogu uzrokovati rak. Vlakna staklene i kamene vune se u plučima rastvaraju na sve kraća i kraća vlakna (za razliku od azbesta, koja postaju sve tanja) pa sve do trena kad izgube svojstva vlakna i samim time nisu opasna po zdravlje ljudi. Međunarodna organizacija za istraživanje raka ili IARC (engl. the International Agency for Research on Cancer) je objavila rezultate istraživanja kancerogenosti mineralne vune u listopadu 2002. Prema njihovom istraživanju kamena vuna, staklena vuna i mineralna vuna dobivena od šljake visokih peći spadaju u grupu ne kancerogenih materijala za ljude.

Staklena pjena – čelijasto staklo CG

Čelijasto staklo je bilo izumljeno 1930- ih u Francuskoj, a toplinsko izolacijski materijali od istog su se počeli proizvoditi u ranim 1940-ima. Čelijasto staklo se proizvodi od kvarcnog pijeska i dolomita s dodatkom kalcija i natrij-karbonatom, u nekim se slučajevima koristi i reciklirano staklo. Kao sredstvo za pjenjenje se koristi ugljik. Grubi se materijali tope na temperaturi od 1400 °C kako bi se stvorilo staklo, koje se nakon toga hladi i melje za dobivanje staklene prašine. Staklena prašina se zagrijava na 1000 °C u specijalnim kalupima uz dodavanje ugljika, ugljik oksidira i formira plinovite mjehuriće koji formiraju zatvorene staklene čelije. Gotovi blokovi se hlade i režu u željene dimenzije ploča (vidi sliku 2.17).

S obzirom na veliku cijenu proizvodnje i ugradnje, CG drži 1% svjetskog tržišta. Usprkos toga što ima i malo proizvođača CG izolacionih materijala, proizvodi su generalno dobro poznati i dostupni u svijetu.

Osim dobrih toplinsko izolacijskih svojstava i zatvorenih čelija, velika tlačna čvrstoča i nepropusnost vodene pare, su tipična svojstva CG-a, te vodootpornost, otpornost na smrzavanje, kiseline, gljivice i truljenje.

Ploče od CG-a se koriste za izolaciju svih građevinskih dijelova koji su opterečeni vodom (ravni krovovi, zidovi podruma, industrijski podovi), te se primjenjuje za izolaciju cijevovoda.



Slika 2.17 Proizvodi od čelijastog stakla

2.4. Položaj toplinsko izolacijskih materijala u konstrukciji

Za pravilnu ugradnju toplinsko izolacijskih materijala kao i sam izbor materijala potrebno je dobro poznavanje izolacijskih materijala, njihovih svojstva i mogućnosti te prednosti i mana u pojedine konstrukcije. Nijedan toplinsko izolacijski materijal nije pogodan za sve vanjske konstrukcije.

Za toplinsku izolaciju poda na tlu i poda prema negrijanom prostoru najčešće se koriste ploče EPS-a (vidi sliku 2.18), XPs-a, PUR ploče te vrlo tvrde ploče mineralne vune koje moraju biti dobro zaštićene od vlage. Mineralna vuna se koristi samo kod neprohodnih krovova i to isključivo tvrde ploče kamene vune, dok se EPS, XPS (vidi sliku 2.19), CG, PUR tvrde ploče koriste za toplinsku izolaciju ravnih masivnih prohodnih ili neprohodnih krovova. Najčešće korišteni materijal za izvedbu toplinske izolacije inverznih krovova su ploče od XPS-a ili pjenastog stakla, dok se za klasičnu izvedbu koriste ostali uobičajene toplinske izolacije s naglaskom na tvrdoću, osobito kod terasa i prohodnik krovova. Toplinska izolacija kosog krova se izvodi najčešće od mekih ploča mineralne vune (Vidi sliku 2.20) i rijeđe od prskane PUR pjene, dok su tvrde ploče EPA-a i XPS-a neprikladne zbog svoje neprilagodljivosti oblika krovnoj konstrukciji. Uvijek se izvodi u dva sloja, sloj između rogova, te ispod rogova, s obaveznom branom s unutarnje, grijane strane konstrukcije.

Za lagane zidove prema negrijanom prostoru koriste se filc ili meke ploče mineralne vune, te prskana PUR pjena. Toplinska izolacija vanjskih zidova se izvodi tvrdim fasadnim pločama mineralne vune, polistirena te lamelama mineralne vune. Najčešće se izvodi ETICS sustav (vidi sliku 2.21) kontaktne toplinske fasade. To su sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju na osnovi EPS-a ili mineralne vune, u skladu s normom HRN EN 13499 (EPS) i HRN EN 13500 (MW), te je važno naglasiti da se podnožje zida mora izvesti vodoneupojnim materijalom za toplinsku

zaštitu, odnosno XPS-om ili CG-om. Toplinska izolacija provjetravane obloge zida izvodi se fasadnim hidrofobiziranim pločama kaširanim staklenim voalom, dok je najbolji izbor mineralna vuna (staklena ili kamena). Polistiren se preporuča u vanjskom zidu samo za ETICS sustave.



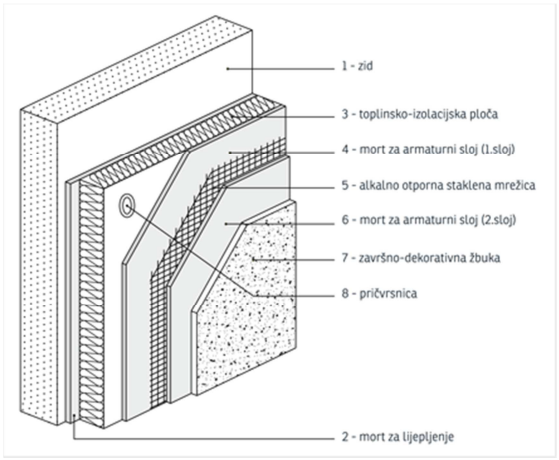
Slika 2.18 Pod izoliran EPS pločama



Slika 2.19 Ravni krov izoliran XPS pločama



Slika 2.20 Kosi krov izoliran mineralnom vunom



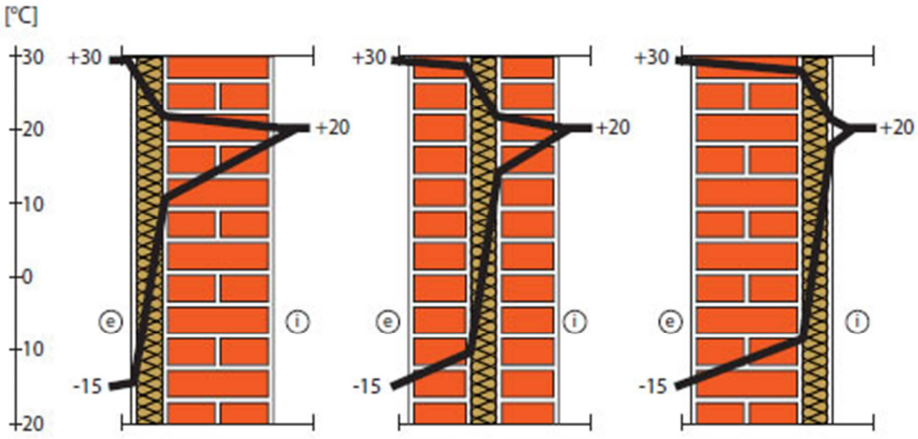
Slika 2.11 ETICS sustav

Položaj toplinske izolacije u građevnom dijelu može biti (vidi sliku 2.22):

- bliže vanjskoj strani zida
- unutar konstrukcije
- bliže unutarnjoj strani
- u cijeloj debljini građevnog dijela

Toplinsku izolaciju treba izvesti dodavanjem novog toplinskoizolacijskog sloja s vanjske (ne grijane strane) strane konstrukcije a iznimno s unutarnje strane (vidi sliku 2.22). Izvedba toplinske izolacije s unutarnje strane (grijane strane) nepovoljna je s građevinsko-fizikalnog stajališta, a često je i skuplja zbog potrebe dodatnog rješavanja problema difuzije vodene pare, strožih zahtjeva u pogledu sigurnosti protiv požara, gubitka korisnog prostora i drugo. Postava

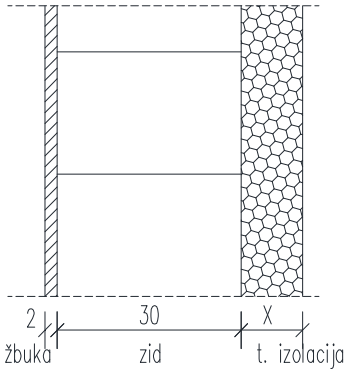
toplinske izolacije s unutarnje strane konstrukcije je fizikalno lošija, jer iako postižemo poboljšanje izolacijske vrijednosti konstrukcije, značajno mjenjamo toplinski tok u zidu i osnovna nosiva konstrukcija postaje hladnija. Zbog toga treba posvetiti posebnu pažnju izvedbi parne brane kako bi se izbjeglo nastajanje kondenzata i pojava plijesni.



Slika 2.22 Položaj toplinske izolacije i prikaz prodora topline

3. Analiza i usporedba tehničkih podataka i cijena

Analizom i usporedbom tehničkih podataka i cijena toplinsko izolacijskih materijala dobiti ćemo jasniju sliku zašto određeni materijali dominiraju na domaćim i Europskim tržištima. Za analizu biti će uzet primjer vanjskog nosivog zida stambene građevine smještene u kontinentalnom dijelu Hrvatske, koji je izrađen od šuplje blok opeke debljine 30 cm, s unutarnje strane ožbukan vapneno-cementnom žbukom debljine 2 cm i s vanjske strane izoliran toplinsko izolacijskim materijalom (vidi sliku 3.1). Promjenom vrste i debljine toplinsko izolacijskog materijala, i pritom ne prelazeći najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline U, time ćemo dobiti potrebnu debljinu toplinske izolacije prema vrsti, a s time i uvid u cijenu iste.



Slika 3.1

Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja Republike Hrvatske, na temelju članka 17. stavak 2. i članak 20. stavka 3. Zakona o gradnji (NN, broj 153/2013) ministrica graditeljstva prostornog uređenja, donijela je Tehnički propis o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti zgrada. U tome tehničkom propisu, u prilogu B (vidi u prilozima) je navedeni popis najvećih dopuštenih vrijednosti koeficijenata prolaska topline U, građevnih dijelova zgrade koje treba ispuniti pri projektiranju novih i rekonstrukciji postojećih zgrada i utvrđene vrijednosti tehničkih svojstava nekih građevnih proizvoda s kojima se mogu provoditi dokazni proračuni propisani ovim propisom. Iz priloga B, Tablica 1 uzimamo najveću dopuštenu vrijednost koeficijenta U (W/m²K) za vanjske zidove građevina smještenih u kontinentalnom dijelu Hrvatske, koja iznosi U=0,30 (W/m²K).

Zbog široke ponude toplinsko izolacijskih materija na tržištu u analizu je uvršteni samo dio asortimana. U tablici 3.1 su navedeni tehnički podaci toplinsko izolacijskih materijala koji ulaze u analizu, podaci su uzeti od certificiranih proizvođača pa se time i smatraju vjerodostojnima. Cijene se odnose za m² izračunate debljine toplinske izolacije,te su stvarne i važeće, ali podložne promjenama.

Izračun vrijednosti koeficijenata prolaska topline U, prema vrsti toplinsko izolacijskog materijala:

Izračun je izvršen u računalnom programu „EnCert-HR 2010“

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **EPS-a**, **U=0,30 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 ekspandirani polistiren (EPS) 0,039, d=10(cm), λ=0,039 (W/mK), r=6 (m), m'=1,5 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **EPS G**, **U=0,29 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 ekspandirani polistiren, grafitni (EPS G) 0,031, d=8(cm), λ=0,031 (W/mK), r=4,8 (m), m'=1,2 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **ovčje vune**, **U=0,30 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 Ovčja vuna 0,040, d=10(cm), λ=0,04 (W/mK), r=0,1 (m), m'=2,2 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **pamuka**, **U=0,30 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 Pamučna vata 0,040, d=10(cm), λ=0,04 (W/mK), r=0,15 (m), m'=4 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **PUR pjene**, **U=0,28 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 7.04 - tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165, d=7(cm), λ=0,025 (W/mK), r=4,2 (m), m'=2,1 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **XPS-a**, **U=0,29 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 7.03 - ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164, d=8(cm), λ=0,03 (W/mK), r=12 (m), m'=2 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **Mineralne vune**, **U=0,30 W/m²K**

1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 7.01 - mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162, d=10(cm), λ=0,04 (W/mK), r=0,12 (m), m'=3 (kg/m2)

Ožbukani zid debljine 30 cm sa toplinsko izolacijom od **Čelijastog stakla CG**, **U=0,29 W/m²K**

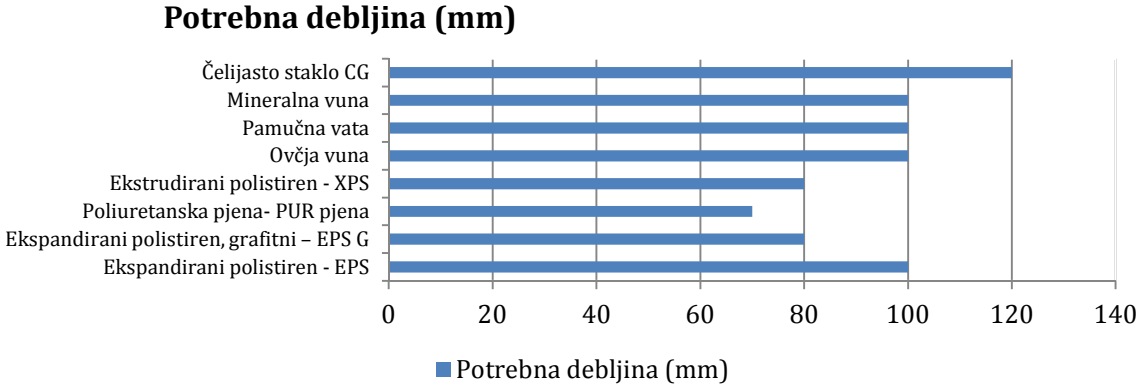
1 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800), d=2(cm), λ=1 (W/mK), r=0,7 (m), m'=36 (kg/m2)
2 1.08 - šuplji blokovi od gline (1100), d=30(cm), λ=0,48 (W/mK), r=3 (m), m'=330 (kg/m2)
3 7.06 - čelijasto (pjenasto) staklo (CG) prema HRN EN 13167, d=12(cm), λ=0,045 (W/mK), r=1200000000 (m), m'=12 (kg/m2)

Naziv materijala	Potrebna debljina (mm)	Gustoća (kg/m³)	Toplinska vodljivost λ (W/mK)	Cijena (kn/m²)
Ekspandirani polistiren - EPS	100	15	0,039	34,10
Ekspandirani polistiren, grafitni – EPS G	80	15	0,032	42,32
Poliuretanska pjena- PUR pjena	70	30	0,025	116,00
Ekstrudirani polistiren - XPS	80	25	0,030	84,80
Ovčja vuna	100	22	0,040	205,40*
Pamučna vata	100	40	0,040	108,60*
Mineralna vuna	100	30	0,040	71,90
Čelijasto staklo CG	120	100	0,045	396,00*

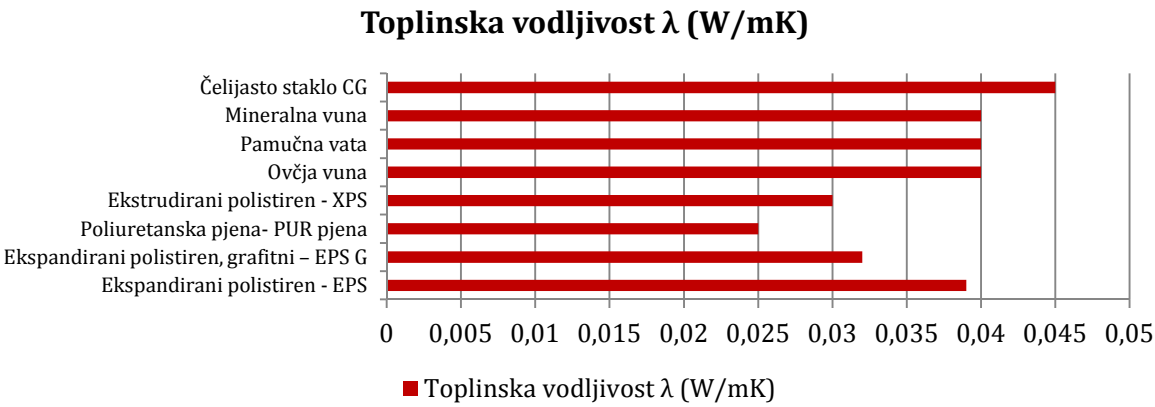
(Tablica 3.1 Tehnički podaci i cijena)

*Cijena u inozenstvu

Pregledom tablice 3.1 je jasno zašto se najviše koristi mineralna vuna i ekspandirani polistiren. Odličan omjer toplinske vodljivosti, potrebne debljine i cijena, daje veliku prednost tim materijalima na hrvatskom tržištu. Također se vidi da za postizanje dobre toplinske zaštite vanjskog zida s koeficijentom prolaska topline U=0,30 W/m²K treba u prosjeku oko 10 cm toplinske izolacije, s time da treba imati na umu da slojevi na mjestu vertikalnih i horizontalnih serklaža ne zadovoljavaju tu debljinu. Zbog veće toplinske provodljivosti armiranog betona od šuplje opeke, potrebno je u prosjeku podebljati toplinsku izolaciju za 2 cm.



(Grafikon 3.1 Omjer potrebne debljine toplinske izolacije)

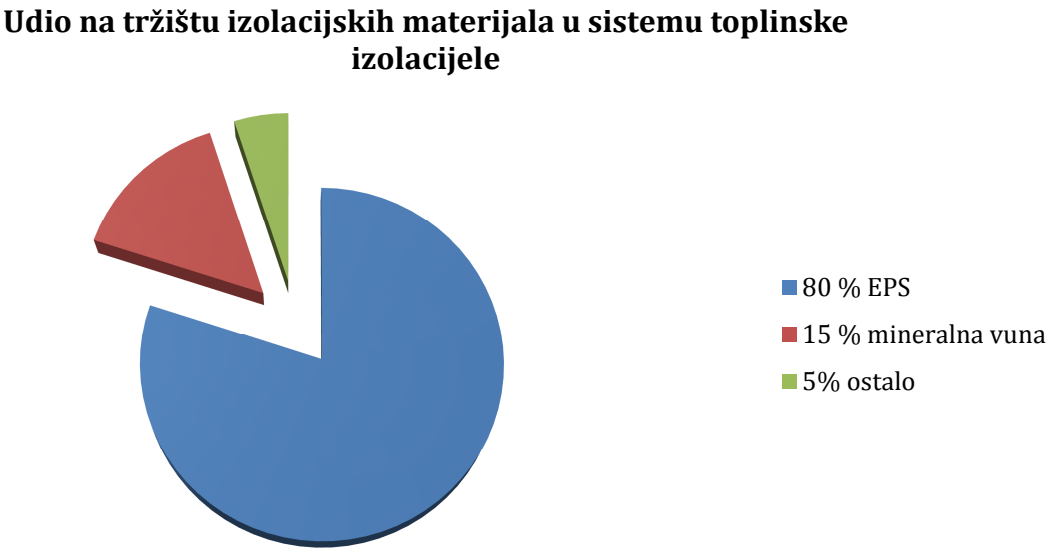


(Grafikon 3.2 Omjer toplinske vodljivosti)

4. Proizvodnja toplinsko izolacijskih materijala u Republici Hrvatskoj

Na Hrvatskom tržištu se pojavljuje veli broj proizvođača toplinsko izolacijskih materijala i sustava. Ti isti proizvođači su osnovali HUPFAS (Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava) s ciljem da se uputi sve sudionike u izgradnji na pravilnu ugradnju i uporabu toplinsko izolacijskih materijala u zgradama, da se standartizira ugradnja toplinsko fasadnih sustava, te da se podigne svijest i znanje o prednostima ugradnje toplinsko fasadnih sustava.
S ciljem pravilne izvedbe pa i pravilnog projektiranja ETICS suastava, HUPFAS je izdao i priručnik „Smjernice za izradu ETICS sustava“ .

Iako HUPFAS okuplja 19 proizvođača toplinsko izolacijskih sustava samo neki od njih imaju proizvodnju toplinsko izolacijskih materijala na našim prostorima.



Grafikon 4.1

Podaci iz grafikona 4.1 su jasan pokazatelj zašto na području Republike Hrvatske ima više proizvođača toplinsko izolacijskih materijala od polistirena nego li proizvođača mineralne vune. Treba imati na umu da transport toplinske izolacije od polistirena ima veliki udio u cijeni samog proizvoda zbog toga je i uvoz istih puno skuplji nego li domaća proizvodnja.

Proizvodnja toplinske izolacije od polistirena u Republici Hrvatskoj

v, a od 2000. godine je osnovna djelatnost tvrtke: proizvodnja ekspandiranog polistirena za toplinsku izolaciju u graditeljstvu te proizvodnja ambalaže od polistirena za primjenu u industriji i poljodjelstvu.

Udio u hrvatskom tržištu u ukupnosti proizvodnje je oko 30 posto i time danas zapošljava preko 60 radnika. Proizvodni kapacitet za rad u dvije smjene je oko 2100 tona godišnje, od toga oko 1800 tona otpada na termoizolacijski materijal i oko 400 tona na ambalažu. Omjer je to 70% prema 30% u korist termoizolacijskih materijala. 85 % proizvoda je namjenjeno za domaće tržište dok se oko 15 % plasira na tržištu Europske unije. Zbog ne isplativosti transporta, glavni kupci su u radijusu od 250 km pa je time Slovenija najveći uvoznik njihovih proizvoda.
Plastform proizvodi samo EPS i EPS G dok im je sporedna djelatnost prodaja XPS, KOMBI ploče, hidroizolacija i osnovni materijali za izradu fasada.

Mužek Kaminko d.o.o sa sjedištem u Petrovskom u Krapinsko-zagorskoj županiji zapošljava preko 40 radnika. Proizvodni kapacitetom od oko 150 000 m³ EPS toplinske izolacije se svrstavaju na treću poziciju u proizvodnji EPS-a u Republici Hrvatskoj.
Više od 50 % proizvoda izvoze u Austriju i Sloveniju a ostalo je namjenjeno za domaće tržište. Ulaskom Hrvatske u europsku uniju izvoz im se povećao za 15 %.
Trenutno nemaju u planu proizvodnju nekih drugih toplinsko izolacijskih materijala.

Značajni proizvođači toplinsko izolacijskih materijala od polistirena u Republici Hrvatskoj su također Lim-mont d.o.o. i Kumal S d.o.o., koji koriste EPS kao toplinsko izolacijski materija za izradu termo izolacijskih panela te Termo line, Amus d.o.o. i Kamenović d.o.o. koji proizvode EPS ploče.

Proizvodnja mineralne vune u Republici Hrvatskoj

Knauf Insulation je prva tvornica toplinske, zvučne i protupožarne izolacije od kamene vune u Republici Hrvatskoj. Tvornica u Novom Marofu puštena je u pogon 1980. godine i do dana današnjeg su lider na hrvatskom tržištu po pitanju proizvodnje izolacije na osnovi mineralne vune.

Kapacitet proizvodnje mineralne vune u tvornici Novi Marof na godišnjoj bazi je 44 000 tona. Kao dokaz kvalitete i konkurentnosi tih proizvoda na tržištu EU i domaćem tržišu govori i podatak da je više od 80% proizvodnje namjenjeno izvozu, time se i zaključuje da zadovoljavaju sve potrebe domaćeg tržišta.

Na osnovi ovčje vune za sada ne planiraju nikakvu proizvodnju. Baza im je proizvodnja mineralne vune i već samo radi činjenice da su svi kapaciteti popunjeni, nema potrebe za dodatnim „traženjem“ poslova.

Knauf Insulation također u svojoj paleti proizvoda, osim kamene vune, nudi i staklenu vunu, ekstrudirani polistiren i drvenu vunu (heraklit) kao toplinsko izolacijske materijale. Unutar koncerna ima i proizvodnja izolacija na osnovi konoplje, ali je ta proizvodnja zbog male potražnje unazad nekoliko godina zaustavljena.

Kao inovacija u proizvodnji mineralnih vuna je proizvodnja na ekološkoj osnovi bez kemijskih veziva poznatija kao Ecose Technology®.

Knauf Insulation ima više od 30 proizvodnih pogona u više od 35 zemalja te zapošljavaju više od 5.000 ljudi.

Rockwool Adriatic dio je Rockwool Grupe koja je vodeći svjetski proizvođač kamene vune. Rockwool investicijom od 100 miliona eura 2006. godine započinje gradnju tvornice mineralne vune u Potpićnu u Istri. Pokusnim radom započinje 2008. godine a službeno je otvorena 2012. godine i zapošljava preko 140 radnika.

Godišnji kapacitet proizvodnje kamene vune iznosi 140 000 tona što pokriva tržište Hrvatske, Slovenije, Bosne i Hercegovine, Srbije i Crne Gore.

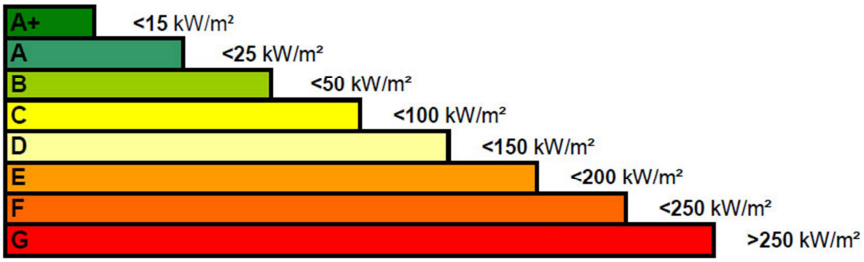
Rockwool Grupa počela je s proizvodnjom kamene vune 1937. godine. Danas Grupa ima više od 10.600 zaposlenika i posluje u više od 37 zemalja širom svijeta.

5. Propisi i poticaji za unapređenje toplinskih zaštita zgrada u Republici Hrvatskoj

5.1. Uvod

Povećanje učinkovitog korištenja energije i korištenje obnovljivih izvora energije, važan je dio svih strategija na globalnoj i nacionalnoj razini. Sadašnje stanje potrošnje energije u zgradarstvu je realan potencijal za povećanje učinkovitosti, korištenje obnovljivh izvora energije i alternativnih energetskih sustava. Cijene energije i energenata će zbog globalnih i lokalnih razloga u narednom razdoblju rasti što će utjecati na porast troškova stanovanja i poslovanja. Zbog velike potrošnje energije u zgradama koja u ukupnoj energetskoj bilanci konstantno raste, a istoremeno najvećeg potencijala energetskih i ekoloških ušteda, energetska učinkovitost danas postaje prioritet suvremene arhitekture i energetike. Ovo je područje prepoznato kao područje koje ima najveći potencijal za smanjenje ukopne potrošnje energije na nacionalnoj razini, čime se direktno utječe na ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi, duži životni vijek zgrade, te doprinos zaštiti okoliša. Akcijski plan za energetsku učinkovitost, niz direktiva i poticajnih mehanizama, te obavezna energetska certifikacija zgrada, svakako govore u prilog važnosti upravljanja energijom u zgradama. Povećanjem energetske učinkovitosti utječe se na povećanje standarda života u zgradama, pokreču se ulaganja u građevinskom sektoru i gospodarski razvoj, potiče se industrija i zapošljavanje, a sveukupni doprinosi smanjuju potrošnju energije, zaštiti okoliša i većoj konkurentnosti cijele nacionale ekonomije.

Uvođenjem podjele zgrada u energetske razrede prema godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje (vidi sliku 5.1), donosi niz ključnih promjena u graditeljstvu, koje mogu odigrati značajnu ulogu kako u povećanju standarda gradnje i osmišljavanju suvremenog energetskog koncepta novih zgrada te osuvremenjivanju postojećih zgrada, tako i u značajnom doprinosu smanjenju energetske potrošnje u sektoru zgradarstva, kao najvećem pojedinačnom potrošaču energije.



Slika 5.1 Energetski razredi zgrada

Zgrade u Republici Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Zbog karekteristike gradnje i nedostatka propisa o toplinskoj zaštiti, u razdoblju najveće stambene izgradnje od 1950. do 1980. godine, izgrađeno je niz stambenih i nestambenih zgrada koje su danas veliki potrošač energije s prosječnom godišnjom potrošnjom energije za grijanje od preko 200 kWh/m^2 čime su svrštene u kartegoriju F. Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO_2 u atmosferi te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata. Energetska učinkovitost u zgradama uključuje niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano.

Toplinska zaštita zgrada jedna je od najvažnijih tema zbog velikog potencijala energetskih ušteda. Naime, poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 30 do 60%. Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti u zgradi se smanjuje potrošnja energije ali i povećava ugodnost boravka u prostoru te trajnost zgrade. Odabir mjera, naravno, ovisi o energetskom stanju i vrsti zgrade, načinu njenog korištenja te o lokaciji, a idealno je primijeniti više mjera kako bi se osigurao njihov sinergijski učinak i kako bi uštede u potrošnji energije bile što značajnije.

Mjere energetske učinkovitosti u zgradarstvu:

- energetski pregled zgrade i energetski certifikat koji pokazuje energetsko stanje pojedine zgrade ili njenog dijela
- povećanje toplinske zaštite zgrade (postavljanje toplinske izolacije te energetski učinkovite stolarije)
- povećanje učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije
- povećanje učinkovitosti sustava rasvjete i električnih uređaja
- korištenje obnovljivih izvora energije

Mjere postizanja energetskih ušteda u kućanstvima su jedna od bitnih smjernica europske ali i nacionalne energetske politike prema Strategiji energetskog razvoja Hrvatske te trenutno aktualnom 3. nacionalnom akcijskom planu za energetsku učinkovitost. Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost provodi programe energetske obnove koje je donijela Vlada Republike

Hrvatske te sufinancira mjere energetske učinkovitosti u zgradama s ciljem smanjenja potrošnje energije na nacionalnoj razini te smanjenja emisija CO_2.

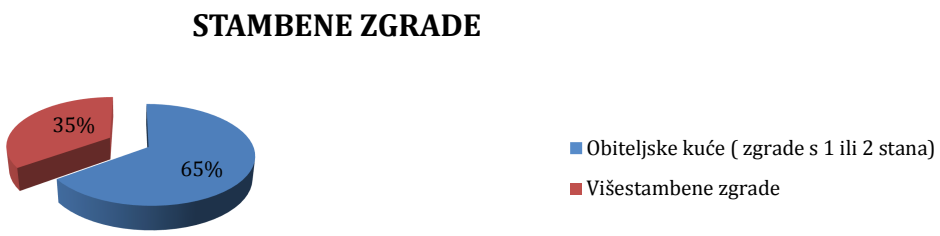
Programi obnove zgrada doneseni su za zgrade različite namjene te se tako provode:

- Program energetske obnove obiteljskih kuća
- Program energetske obnove višestambenih zgrada
- Program energetske obnove nestambenih zgrada komercijalne namjene
- Programi energetske obnove zgrada javne namjene

Cjelovitom obnovom postiže se standard zgrade gotovo nulte energije (Nearly Zero Energy Building) a to je zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva i kod koje se vrlo značajni udio energetskih potreba podmiruje iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini. Zgrada gotovo nulte energije biti će standard gradnje/obnove počevši od 1. siječnja 2019. za javne zgrade, od 1. siječnja 2021. za sve zgrade. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja izradilo je Plan za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije do 2020. godine.

5.2. Program energetske obnove obiteljskih kuća

Ukupni broj stanova u Hrvatskoj prema popisu stanovništva iz 2001. godine iznosi 1,88 milijuna ili 133,3 milijuna m² stambene izgradnje. Iz tog je podatka jasno vidljiv energetski potencijal zgrada u Republici Hrvatskoj. Ako pretpostavimo da su stambene zgrade s jednim ili dva stana obiteljske kuće, udio obiteljskih kuća u stambenoj gradnji iznosi prosječno 65%.



Grafikon 5.1 Zastupljenost obiteljskih kuća u ukupnoj stambenoj izgradnji

Vlada Republike Hrvatske, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja i Ministarstvo zaštite okoliša i prirode donijeli su 27. ožujka 2014. godine Program energetske obnove obiteljskih kuća kojeg provodi Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Cilj je Programa povećanje energetske učinkovitosti postojećih kuća, smanjenje potrošnje energije i emisija CO_2 u atmosferu te smanjenje mjesečnih troškova za energente, uz ukupno poboljšanje kvalitete života. Istovremeno, planiranje ovakvih zahvata podrazumijeva i angažman lokalnih tvrtki i stručnjaka odnosno potiče gospodarsku aktivnost.

U 2015. godini su donešene i izmjene Programa kojima se omogućila prijava svim građanima Republike Hrvatske i to izravno u Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Također, izmijenjena je i definicija obiteljske kuće te je pojednostavljena procedura prijave za poticaj. Za poticaj se od 2015. godine mogu prijaviti kuće bruto podne površine do 600 m_2 ili najviše 3 stambene jedinice kojima je više od 50% površine namijenjeno stanovanju.

U 2016. godini je program sufinanciranja dodatno prilagođen zbog korištenja sredstava europskih fondova u okviru operativnog programa konkurentnost i kohezija. Svi podaci koji će biti navedeni temelje se na objavljenom natječaju za 2015. godinu. S obzirom na kašnjenje u donošenju Državnog proračuna Republike Hrvatske za 2016. godinu, Financijski plan Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost donesen je tek 24. ožujka 2016. godine jer on čini sastavni dio konsolidiranog državnog proračuna. Prema informacijama iz Fonda trenutno je u izradi Plan raspisivanja javnih poziva i natječaja za 2016. godinu unutar kojeg se nalazi i natječaj za energetsku obnovu obiteljskih kuća te se njegov raspis očekuje krajem ove godine.

Državni poticaji koji se povlače iz europskih fondova prema natječaju iz 2015. godine obuhvaćaju:

- zamjenu vanjske stolarije
- toplinsku zaštitu ovojnice grijanog prostora (vanjskog zida, krova, stropa, ukopanih dijelova i poda)
- ugradnju kondenzacijskog plinskog kotla
- ugradnju sustava za korištenje obnovljivih izvora energije (sunčanih toplinskih pretvarača - kolektora (solarni paneli), kotlova na biomasu, dizalica topline i fotonaponskih pretvarača/panela)

Ti poticaju u potpunosti pokrivaju troškove izrade potrebne dokumentacije za natječaj, a ostali mogući iznosi za sufinanciranje su izraženi u tablici 5.1.

Vrste mjera	Iznos sufinanciranja (prema natječaju iz 2015.)		
	40%	60%	80%
	SVA OSTALA PODRUČJA	BRDSKO-PLANINSKA PODRUČJA, 2. SKUPINA OTOKA	PODRUČJE POSEBNE DRŽAVNE SKRBI, 1. SKUPINA OTOKA
Toplinska zaštita ovojnice	do 30.000 kn	do 45.000 kn	do 60.000 kn
Zamjena vanjske stolarije	do 30.000 kn	do 45.000 kn	do 60.000 kn
Ugradnja plinskih kondenzacijskih kotlova	do 12.000 kn	do 18.000 kn	do 24.000 kn
Ugradnja sustava za korištenje obnovljivih izvora energije	do 12.000 kn	do 18.000 kn	do 24.000 kn
UKUPNO	do 84.000 kn	do 126.000 kn	do 168.000 kn

Tablici 5.1 iznos državnih poticaja za energetsku obnovu

Uzmimo za primjer drugu mjeru energetske obnove, zamjena vanjske stolarije. Nova stolarija za kuću, recimo da iznosi 100.000 kn, kuća se nalaze u ostalim područjima Lijepe Naše, što znači da subvencija iznosi 40%, a najviše 30.000 kn. 40% od 100.000 kn je 40.000 kn, ali je 30.000 kn maksimum koji se može ostvariti za to područje.

2015. godine uvjeti za dobivanje državnih poticaja za energetsku obnovu su bili:

- obiteljska kuća mora biti legalna sa svom dokumetnacijom kojom se dokazuje trenutno izvedeno stanje kao legalno
- vlasnik, ili barem jedan od suvlasnika obiteljske kuće mora imati prijavljeno prebivalište na toj adresi
- obiteljska kuća mora biti do 600 m² BRP
- najmanje 50% BRP obiteljske kuće mora biti namijenjeno za stanovanje
- obiteljska kuća smije imati najviše tri stambene jedinice
- obnovom se ne smije promijeniti neto građevinska površina
- mora se na vrijeme predati kompletna i uredna dokumentacija na natječaj
- podnostelj zahtjeva mora biti fizička osoba i ujedno vlasnik, ili suvlasnik
- dokumentacija se mora predati unutar roka koji je predviđen natječajem

U sklopu manifestacije “Energetski dani” u Gradskoj vijećnici Grada Rijeke 7.6.2016. održane su prezentacije “Mogućnosti sufinanciranja energetske obnove obiteljskih kuća i višestambenih zgrada” te “Kako do poticaja za energetsku obnovu svoga doma”. Na prezentacijama su iznesene nove informacije vezane za pravila prijave za najavljene natječaje za energetsku obnovu obiteljskih kuća i višestambenih zgrada.

Sufinanciranje ide direktno iz europskih strukturnih fondova (za period 2016. – 2020.), osigurano je 70 milijuna eura za višestambene zgrade, te 30 milijuna eura za obiteljske kuće.To znači da je za slijedeće četiri godine osigurano oko 220 milijuna kuna za provedbu energetske obnove obiteljskih kuća, te 520 milijuna kuna za energetsku obnovu višestambenih kuća. Također je iznesen podatak da je samo prošle godine potrošeno 508 milijuna kuna za energetsku obnovu obiteljskih kuća, te ukoliko se ne nađe neki novi način financiranja iz europskih fondova , ovo će biti zadnji natječaj za obnovu do 2020.

Na prezentaciji su također spomenuti novi uvjeti za dobivanje poticaja:

- glavni uvjet i za višestambene zgrade i za obiteljske kuće je da moraju zadovoljiti minimalnu 50% uštede toplinske energije za grijanje
- na natječaj se mogu prijaviti zgrade energetskog razreda C i lošije (za primorsku Hrvatsku)
- cjelovita energetska obnova – obavezno se moraju obnoviti sve fasade. Kod zgrada koje su pod konzervatorskom zaštitom i kojima je uvjetovano da se fasade prema ulici ne smiju energetski obnavljati – neće se moći prijaviti na natječaj
- objekt mora biti nastanjen tokom cijele godine
- objekti koji planiraju u sklopu energetske obnove izvršiti i nadogradnju objekta, nisu podložni prijavi na natječaj
- za zgrade koje imaju poslovne prostore ili koje iznajmljuju prostore (podstanarstvo) još nisu do kraja definirani uvjeti. Naime, uvjeti europskih fondova su strožiji te ne smije postojati mogućnost dobivanja financijske dobiti na temelju sufinanciranja

Točni uvjeti natječaja biti će objavljeni prije objave samog natječaja, ali se ne očekuje da će se mijenjati od uvjeta prikazanih na prezentacijama.

5.3. Program energetske obnove višestambenih zgrada

S ciljem obnove što većeg broja zgrada i smanjenja potrošnje energije u kućanstvima ,Vlada Republike Hrvatske je 2014. godine donijela Program energetske obnove višestambenih zgrada. Višestambena zgrada se definira kao građevina koja ima više od 50% BRP namjenjene za stanovanje, ima minimalno 3 stambene jedinice i njome upravlja upravitelj.

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost suvlasnicima zgrada nudi mogućnost sufinanciranja energetskih pregleda i certificiranja, izrade projektne dokumentacije za projekt obnove te sufinancira mjere povećanja energetske učinkovitosti odnosno energetsku obnovu zgrade. Dodatno, suvlasnici zgrade mogu dobiti sredstva i za ugradnju uređaja za individualno mjerenje potrošnje toplinske energije u skladu sa odredbama Zakona o tržištu toplinske energije.

Projekte za sufinanciranje zgrade Fondu prijavljuje upravitelj zgrade u ime i za račun suvlasnika, u skladu sa Zakonom o vlasništvu i drugim stvarnim pravima koji ujedno i organizira provedbu projekta. Upravitelj zgrade i predstavnik vlasnika za energetsku obnovu svojih zgrada moraju dobiti potrebnu pisanu suglasnost ostalih suvlasnika. Prema članku 30. Zakona o energetskoj učinkovitosti odluku o sklapanju ugovora o izvođenju radova na energetskoj obnovi za višestambenu zgradu donose suvlasnici zgrade temeljem nadpolovične većine glasova suvlasnika koja se računa po suvlasničkim dijelovima i po broju suvlasnika.

Za sufinanciranje se može prijaviti i više upravitelja zajedno za povezane višestambene zgrade koje predstavljaju jedinstvenu arhitektonsku i energetsku cjelinu, a kojima upravlja više upravitelja. U slučaju zajedničke prijave nužno je odrediti nositelja ponude koji sklapa ugovor s fondom. Nositelj ponude mora biti upravitelj ovlašten po punomoći od ostalih upravitelja, ovjerenim kod javnog bilježnika. Programom energetske obnove se pozornost primarno usmjerava na višestambene zgrade građene prije 1987. godine te na njihovu obnovu na niskoenergetski standard i postizanje energetskog razreda B, A ili A+. Raspoloživa sredstva Fonda iznose 1.400.000,00 kuna po pojedinoj ponudi.

Na natječaj za europska sredstva će se moći prijaviti zgrade D razreda ili lošije ako su smještene na kontinentu, odnosno C razreda i lošije ako se nalaze u primorju. Moguća će biti obnova samo cjelovitih zgrada, a ne pojedinačnih ulaza te će projekti, kako bi se kvalificirali za sufinanciranje, morati ostvariti više od 50% ušteda energije potrebne za grijanje.

5.4. Program energetske obnove nestambenih zgrada

Definiciju komercijalnih zgrada svaka država određuje u skladu sa svojim posebnostima i specifičnostima. Komercijalne nestambene zgrade u Hrvatskoj se definiraju kao zgrade pretežno poslovnog i uslužnog karaktera (više od 50% brutto podne površine namijenjeno je poslovnoj i/ili uslužnoj djelatnosti), uključujući uredske i trgovačke zgrade (trgovine, veletrgovine, prodajne centre, maloprodajna skladišta), hotele i ostale turističke objekte, restorane, ugostiteljske lokale, banke i slično.

Nestambene zgrade nisu tako dobro statistički obrađene i evidentirane kao stambene zgrade. Podaci o današnjoj nestambenoj izgradnji dostupni su putem izdanih građevnih dozvola, pa se može analizirati odnos novoizgrađenog stambenog i ne stambenog fonda zgrada. U razdoblju od 1996. do 2008. godine zabilježen je pad broja izdanih dozvola za stambene zgrade i porast broja izdanih građevnih dozvola za nestambene zgrade, pa je danas prosječni odnos 60% stambena i 40% nestambena izgradnja. Nestambene zgrade vrlo se razlikuju po potrošnji energije u ovisnosti o starosti te u ovisnosti o tipologiji i načinu korištenja zgrade, tj. namjena zgrade te je za procjenu energetskog potencijala važna analiza po tipovima energetske potrošnje. U Hrvatskoj je u 2010. godini evidentirano 36,5 milijuna m^2 korisne površine komercijalnih nestambenih zgrada što je 5% od ukupne površine svih zgrada, a pretpostavlja se kako troše nešto manje od 7% ukupne neposredne potrošnje energije.

Energetska obnova postojećih komercijalnih nestambenih zgrada usmjerena je prvenstveno na zgrade izgrađene prije 1987. godine čija je potrošnja energije za grijanje čak i veća od 300 kWh/ m^2 (iako je prosjek 220-250) zbog loše ili nikakve toplinske izolacije. Međutim, uz obnovu postojećih, nužno je poticati i da gradnja novih zgrada bude u skladu sa niskoenergetskim ili pasivnim standardima.

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost razvio je program sufinanciranja temeljen na programu vlade kojim su gospodarskim subjektima na raspolaganju bespovratna sredstva ili beskamatni zajmovi te sufinancira troškove građenja i stručni nadzor za:

- obnovu vanjske ovojnice
- centralizaciju i modernizaciju sustava grijanja uz primjenu OIE
- centralizaciju i modernizaciju sustava hlađenja i ventilacije uz primjenu OIE
- centralizaciju i modernizaciju sustava PTV-e uz primjenu OIE
- modernizaciju sustava rasvjete (nužna učinkovitost veća za 20%)

- mjere smanjenje potrošnje vode
- ugradnju centralnog nadzornog i upravljačkog sustava
- gradnju novih niskoenergetskih ili pasivnih zgrada (energetskog razreda A i bolje)

Pravo na sredstva Fonda sukladno natječaju mogu ostvariti jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave, javne ustanove, trgovačka društva i fizičke osobe (obrtnici). Sredstva Fonda dodjeljuju se putem pomoći, subvencija i zajma te mogu iznositi od 40% do 80% ukupno opravdanih troškova. Maksimalni iznos pomoći i subvencija iznosi 1.400.000,00 kuna, a zajma 7.000.000,00 kuna po ponudi.

5.5. Program energetske obnove zgrada javne namjene

Prema podacima iz Nacionalnog informacijskog sustava za gospodarenje energijom (ISGE), u Republici Hrvatskoj je u 2010. godini evidentirano ukupno 13,8 milijuna m² korisne površine zgrada javnog sektora, od toga je grijane korisne površine 43,9%. Vlada Republike Hrvatske je stoga u listopadu 2013. godine usvojila Program energetske obnove zgrada javnog sektora za razdoblje 2014. – 2015. godine kojim je bilo predviđeno da se do kraja 2015. godine obnovi oko 200 zgrada javne namjene ukupne površine oko 420 tisuća m^2. Procijenjena vrijednost investicija je bila 400 milijuna kuna i temelji se na obnovi prvenstveno zgrada građenih prije 1987. godine, s prosječnom potrošnjom toplinske energije za grijanje 220-250 kWh/m^2. Provedbom mjera energetske učinkovitosti odnosno energetskom obnovom se planiralo smanjiti potrošnju energije u zgradama javnog sektora od 30 do 60%, odnosno na 150 kWh/m^2 godišnje i smanjiti emisiju CO_2 za oko 20.500 tona godišnje.

Za provedbu Programa bila je zadužena Agencija za pravni promet i posredovanje nekretninama dok je Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost osigurao sredstva za financiranje i sufinanciranje provedbe Programa.

Zgradama je bilo omogućeno sufinanciranje cjelokupne energetske obnove zgrade: financiranje opravdanih troškova za provedbu energetskog pregleda i izradu certifikata te projektnih zadataka u potpunom iznosu (100%), te sufinanciranje energetske obnove temeljem Ugovora o energetskom učinku i to sufinanciranje u iznosu do 40% opravdanih troškova.

5.6. Propisi

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost osnovan je na temelju odredbi članka 60. stavka 5. Zakona o zaštiti okoliša (NN 82/94 i 128/99) i članka 11. Zakona o energiji (NN 68/01). Zakon o Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost objavljen je u "Narodnim novinama" br. 107/03), a primjenjuje se od 01. siječnja 2004. godine. Prema odredbama Zakona o zaštiti okoliša Fond se osniva radi osiguranja dodatnih sredstava za financiranje projekata, programa i sličnih aktivnosti u području očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unapređivanja okoliša.

Fond za zaštitu okoliša i eneretsku učinkovitost je reguliran navedenim zakonima i aktima:
Zakon o Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (NN 107/03, 144/12),
Statut Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (NN 193/03, 73/04, 116/08, 101/09, 118/11, 67/13, 70/14, 155/14),
Pravilnik o načinu praćenja namjenskog korištenja sredstava Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost i ugovorenih prava i obveza (NN 183/04, 29/14),
Pravilnik o postupku objavljivanja natječaja i o odlučivanju o odabiru korisnika sredstava Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (NN 153/11, 29/14, 155/14).

Bitno je napomenuti da se svi navedeni podaci temelje na objavljenom natječaju za 2015. godinu. Natječaj za 2016. godinu može i ne mora biti drugačiji od prošlogodišnjeg, ali je najavljeno iz Ministarstva da će biti izmjena. Uvjeti natječaja za ovu godinu još nisu objavljeni, a očekuju se do kraja rujna 2016. godine!

6. Zaključak

Tehnologija proizvodnje anorganskih i organskih materijala za toplinsku izolaciju omogućila je korisnicima raznoliku paletu dostupnih proizvoda na tržištu. Poznavanje tih istih materijala u smislu tehničkih i mehaničkih svojstava kao i pravilne ugradnje u građevnu konstrukciju ključni su za postizanje maksimalne toplinske zaštite s minimalnim ulaganjima.

Omjer cijene, kvalitete i tehničkih karekteristika polistirena i mineralnih vuna je jasni pokazatelj zašto baš ti materijali drže glavnu poziciju na tržištu materijala za toplinsku izolaciju, dok su ekološki materijali poput ovčje vune još uvjek skuplji izbor. Trenutni trendovi tržišta u bogatijim zemljama Europske unije, ipak ukazuju na to da ekološki materijali za toplinsku izolaciju su sve češći izbor investitora.

Nagli porast potrošnje energije krajem 20. i početkom 21. stoljeća izazvao je reakciju vodećih svjetskih sila koje su zadale za cilj očuvanje, održivo korištenje, zaštitu i unapređivanje okoliša. Republika Hrvatska u suradnji s Europskom unijom financijskim sredstvima pomaže investitorima realizirati taj pothvat kroz fondove za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

Povećanje upotrebe ekoloških materijala bi još znatnije doprinjelo zaštiti okoliša. Nažalost ekonomsko stanje u Republici Hrvatskoj ne ostavlja investitorima mnogo prostora u odabiru skupljeg materijala, ujedno i ekološki prihvatljivijeg, nad onim koji je jeftiniji. To se može promjeniti samo uvođenjem strožijih propisa o upotrebi materijala za toplinsku izolaciju i/ili uvođenjem dodatnih financijskih olakšica tipa; dodatna sufinanciranja ekoloških materijala ili ukidanjem plaćanja vodnog i komunalnog doprinosa na volumen toplinske ovojnice građevine.

U Varaždinu, 30.09.2016.

Zoran Mihalic

Sveučilište
Sjever

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni 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, Zoran Mihalic pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom „Usporedba ekonomske isplativosti različitih termoizolacijskih materijala na hrvatskom tržištu“ te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Zoran Mihalic

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način. Ja, Zoran Mihalic neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom „Usporedba ekonomske isplativosti različitih termoizolacijskih materijala na hrvatskom tržištu“ čiji sam autor.

Student:
Zoran Mihalic

7. Literatura

[1] M. Andrassy, I. Balen, I. Boras, D. Dović, Ž. Hrs Borković, K. Lanić, D. Lončar, B. Pavković, V. Soldo, B. Sučić, S. Svaić; Priručnik za energetsko certificiranje zgrada, Zelina, 2010.

[2] Vesna Kosorić, Ekološka kuća, Beograd,2008.

[3] Ranko Keindl, Toplinsko i zvukoizolacijski građevinski materijali i proizvodi za zgrade, Tehničko veleučilište u Zagrebu, stručno usavršavanje ovlaštenih arhitekata, Zagreb 13. - 14. veljače 2010.

[4] http://www.gradimo.hr/ , pristupljeno rujan 2016.

[5] http://www.kumal.hr/ ,pristupljeno rujan 2016.

[6] http://www.arhiteko.hr/ ,pristupljeno rujan 2016.

[7] Izolacije, Građevinar 59, 2007.

[8] Džepni priručnik – sve o izolaciji, Ursa insulation, S.A. Madrid (spain) 2009.

[9] Izolacije, Građevinar 57, 2005.

[10] Građevni materijali, Građevinar 63, 2011.

[11] Margit Pfundstein, Roland Gellert, Martin Spitzner, Alexander Rudolphi; Insulating Materials: Principles, Materials, Applications, Aumuller Druck, Regensburg, 2008.

[12] http://energetska-obnova.hr/ ,pristupljeno rujan 2016.

[13] www.fzoeu.hr ,pristupljeno rujan 2016.

Popis slika

Slika 2.1 Različite debljine EPS ploča
Izvor: http://molerski-gipsani-radovi.rs/ 6
Slika 2.2 EPS ploča s preklopom
Izvor: http://www.jub.hr/sites/www.jub.si..... 6
Slika 2.3 “Sivi“, grafitni EPS
Izvor: http://www.ikoma.hr 7
Slika 2.4 Oplata za zidove i stropove od XPS-a
Izvor: www.tfsystem.com , http://liteform.com/ ,..... 8
Slika 2.5 Različite boje XPS ploča
Izvor: www.onlinestavebniny.sk , www.emajstor.hr , www.norik.si.....8
Slika 2.6 Štrcani poliuretan i paneli od poliuretana
Izvor: www.spfszigeteles.hu, www.ferrari-montaznehale.com..... 9
Slika 2.7 Prešana vuna i vuna u bali
Izvor: www.archiexpo.com, www.naturalinsulations.co.uk..... 11
Slika 2.8 Pamuk izolacija u roli i ugradnja u rastresitom stanu
Izvor: www.caragreen.com, www.energy.gov..... 12
Slika 2.9 Lanene izolacijske ploče
Izvor: www.ecoactivehouse.com , www.archiexpo.com..... 12
Slika 2.10 Slam kao toplinsko izolacijski materijal
Izvor: www.ecohouseagent.com,www.confluencearchitecture.com.....13
Slika 2.11 Ploče od kokosovih vlakana
Izvor: http://www.preethamgranites.com..... 13
Slika 2.12 Drvena vuna u rastresitom stanju i u pločama
Izvor: www.boticarioperfume.com , www.thenaturalbuildingcentre.co.uk..... 14
Slika 2.13 Ploča od ekspandiranog pluta
Izvor: http://www.gradjevinarstvo.rs.....15
Slika 2.14 Staklena vuna
Izvor: www.decorinportal.com.....16
Slika 2.15 Kamena vuna
Izvor: www.sinanovic-fasade.hr.....16
Slika 2.16 Vlakna staklene i kamene vune
Izvor: www.globalspec.com, www.knaufinsulation.rs.....16

Slika 2.17 Proizvodi od čelijastog stakla

Izvor: www.industry.foamglas.com..... 18

Slika 2.18 Pod izoliran EPS pločama

Izvor: www.austrotherm.rs..... 19

Slika 2.19 Ravni krov izoliran XPS pločama

Izvor: www.arhitekti-hka.hr..... 19

Slika 2.20 Kosi krov izoliran mineralnom vunom

Izvor: ww.mojepotkrovlje.rs.....19

Slika 2.21 ETICS sustav

Izvor: www.hupfas.hr..... 19

Slika 2.22 Položaj toplinske izolacije i prikaz prodora topline

Izvor: www.webgradnja.hr..... 20

Slika 3.1..... 21

Slika 5.1 Energetski razredi zgrada

Izvor: www.arhingreen.rs..... 25

Popis tablica

Tablica 3.1 Tehnički podaci i cijena.....23
Tablici 5.1 Iznos državnih poticaja za energetsku obnovu.....29

Popis grafikona

Grafikon 3.1 Omjer potrebne debljine toplinske izolacije 23
Grafikon 3.2 Omjer toplinske vodljivosti 24
Grafikon 4.1 Udio na tržištu izolacijskih materijala u sistemu toplinske izolacije 25
Grafikon 5.1 Zastupljenost obiteljskih kuća u ukupnoj stambenoj izgradnji 27

Prilozi

PRILOG B

POPIS NAJVEĆIH DOPUŠTENIH VRIJEDNOSTI KOEFICIJENATA PROLASKA TOPLINE, U, GRAĐEVNIH DIJELOVA ZGRADE KOJE TREBA ISPUNITI PRI PROJEKTIRANJU NOVIH I REKONSTRUKCIJI POSTOJEĆIH ZGRADA I UTVRĐENE VRIJEDNOSTI TEHNIČKIH SVOJSTAVA NEKIH GRAĐEVNIH PROIZVODA S KOJIMA SE MOGU PROVODITI DOKAZNI PRORAČUNI PROPISANI OVIM PROPISOM

Tablica 1. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [W/(m²·K)], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada

Redni broj	Građevni dio	U [W/(m²·K)]			
		$\Theta_{int,set,H} \geq 18$ °C		$12°C < \Theta_{int,set,H} < 18$ °C	
		$\Theta_{e,mj,min} \leq 3$ °C	$\Theta_{e,mj,min} > 3$ °C	$\Theta_{e,mj,min} \leq 3$ °C	$\Theta_{e,mj,min} > 3$ °C
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetravanom tavanu	0,30	0,45	0,50	0,60
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,60	1,80	2,50	2,80
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora, prozirnih elemenata ovojnice zgrade (U_g)	1,10	1,40	1,40	1,40
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0,25	0,30	0,40	0,50
5.	Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,30	0,40	0,50
6.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0 °C	0,40	0,60	0,90	1,20
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,40[1)]	0,50 [1)]	0,65 [1)]	0,80 [1)]
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetravanom prostoru	2,00	2,40	2,90	2,90
9.	Stjenke kutija za rolete	0,60	0,80	0,80	0,80
10.	Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.)	0,60	0,80	1,20	1,20
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12.	Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,0	3,0	3,0	3,0

Napomena: $\Theta_{e,mj,min}$ je srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade.

[1)] Kod podova na tlu zahtjev vrijedi do dubine poda prostorije 5 m od vanjskog zida, zida prema tlu ili negrijanog prostora, osim u slučaju projektiranja podnog grijanja.