



TOPLOTNOIZOLACIJSKI MATERIALI

Učinkovita raba energije

TOPLOTNA ZAŠČITA ZGRADB

Pri danes uveljavljenih postopkih gradnje je potrebno ovoj zgradbe dodatno toplotno izolirati, kajti osnovni konstruktivni materiali, ki zagotavljajo zgradbi nosilnost in trdnost, prevajajo več toplote, kot je sprejemljivo. Naloga toplotne izolacije je zmanjšanje toplotnih izgub in posredno stroškov za energijo, pa tudi zaščita nosilne konstrukcije pred zunanjimi vremenskimi vplivi (npr. dež, intenzivne spremembe temperature in sončnega sevanja) in njihovimi posledicami (kot so zamakanje konstrukcije, zmrzovanje v notranjosti nosilnih zidov, pregrevanje). Izboljšana toplotna zaščita ovoja zgradbe ima tudi neposreden vpliv na človekovo počutje v bivalnem prostoru, saj so tako notranje površine sten toplejše, kar prispeva k toplotnemu ugodju v stavbi.

Pri odločanju o izboru primerne materiala za toplotno zaščito stavbe upoštevamo veliko kriterijev. Gotovo je najbolj izpostavljena lastnost materiala toplotna prevodnost λ [W/mK]. Čim manjša je toplotna prevodnost, toliko boljši je toplotnoizolacijski material. Na doseženo toplotno zaščito stavbe vpliva debelina in toplotna prevodnost toplotnoizolacijskega materiala. Merilo za toplotne izgube skozi element ovoja zgradbe je toplotna prehodnost k [W/m²K], ki mora biti čim manjša, če želimo dobro toplotno izoliran ovoj stavbe.

Pri presoji razpoložljivih materialov je poleg toplotne prevodnosti pomembno upoštevati še druge kriterije, kot so protipožarna odpornost, difuzijska prepustnost, tlačna trdnost, stisljivost, trajnost, občutljivost na navlaževanje. Vedno bolj se zavedamo tudi pomena okoljskih kriterijev. Za zdravje ljudi in varovanje okolja je pomembna vsebnost škodljivih snovi, ekološka neoporečnost proizvodnega postopka, čim manjša raba energije pri proizvodnji, kratke transportne poti, razpoložljivost surovin ter primernost za ponovno uporabo oziroma odstranitev. Odločitev o izbiri materiala je povezana s predvidenim mestom in načinom vgradnje. Pogosto pa je pomemben faktor pri odločanju tudi cena materiala.

Ponudba toplotnoizolacijskih materialov na tržišču je v zadnjih letih tudi pri nas bogatejša. Poleg uveljavljenih in preizkušenih

klasičnih toplotnoizolacijskih materialov na tržišče prihajajo tudi novi, t.i. alternativni toplotnoizolacijski materiali, ki jih proizvajalci pogosto predstavljajo kot ekološke materiale.

RAZDELITEV TOPLOTNOIZOLACIJSKIH MATERIALOV

Toplotnoizolacijske materiale lahko razdelimo glede na kemijsko sestavo in strukturo. Tako anorganski materiali kot organski imajo predstavnika v skupini najpogosteje uporabljenih klasičnih toplotnoizolacijskih materialov. Med anorganskimi materiali je na prvem mestu po obsegu uporabe toplotna izolacija iz mineralnih vlaken, to je steklena in kamena volna, med organskimi materiali so najpomembnejši penjeni materiali, na primer ekspanzirani in ekstrudirani polistiren ter penjeni poliuretan.

Glede na fizikalno-kemijske lastnosti lahko razdelimo toplotnoizolacijske materiale na vlaknate in porozne materiale. Med vlaknate materiale sodijo snovi iz (umetnih) mineralnih vlaken, rastlinskih in živalskih vlaken. Med porozne materiale sodijo anorganske snovi, naravne organske in sintetične organske snovi.

Z uporabniškega vidika je pomembna razdelitev na "tradicionalne" in tako imenovane "ekološke" ali "alternativne" toplotnoizolacijske materiale, ki se je v praksi uveljavila, čeprav ni povsem posrečena in ji mestoma lahko celo oporekamo.

Z oznako ekološki toplotnoizolacijski material označujemo material oziroma izdelek, ki se odlikuje po tem, da v celotnem življenjskem krogu, od proizvodnje preko uporabe do odstranitve, kar najmanj obremenjuje okolje. Energija potrebna za proizvodnjo se pri toplotnoizolacijskih materialih zelo razlikuje. Kot merilo za vgrajeno energijo uporabimo potrebno energijo na doseženo enoto toplotne upornosti toplotnoizolacijske plasti. Nizke vrednosti dosegajo mineralna volna, celuloza, pluta, kokos, srednjo vrednost vgrajene energije, glede na doseženo toplotno vdornost, imajo ekstrudirani in ekspanzirani polistiren, lesne plošče iz oblancev in perlit, med energetske potratne v fazi njihove proizvodnje sodijo penjeno steklo in lesene vlaknenke.

Tudi po odstranitvi morajo toplotnoizolacijski materiali čim manj obremenjevati okolje, ugodno je, če jih lahko odlagamo na deponije brez nevarnosti oddajanja škodljivih snovi za podtalnico. Možnost delne ali celovite reciklaže predstavlja dodatno prednost.

KLASIČNI TOPLOTNOIZOLACIJSKI MATERIALI

Mineralna vlakna

Izolacija iz mineralnih vlaken (kamena in steklena volna) je kemijsko nevtralna, ne trohni, se ne stara, obstojna je pri visokih temperaturah. Kameno volno proizvajajo iz bazalta in diabaza z dodanim koksom pri temperaturi taljenja okoli 1600°C, steklena volna nastaja pretežno iz kremenčevega peska z možnostjo dodajanja recikliranega stekla v elektropočeh pri temperaturi okoli 1350°C. Z razpihavanjem nastajajo vlakna, ki jih povežejo z dodajanjem veziva. V tej fazi dobi mineralna volna značilno barvo, steklena volna je rumena in kamena volna je sivozelena. Mineralno volno proizvajajo jo v obliki plošč, v zvitkih, jo kaširajo na različne nosilce (stekleni voal, lepenka, aluminijska folija). Toplotna prevodnost mineralne volne je dobra, v območju med 0.03 in 0.045 W/mK, kar jo uvršča med najboljše toplotne izolatorje. Težavo predstavlja hitro naraščanje toplotne prevodnosti pri navlaževanju, zato je potrebno posebno pozornost posvetiti skladiščenju, kakovostni izvedbi parnih ovir in zapor in preprečiti vstop vode v konstrukcijo ovojne stavbe.

Z ekološkega vidika predstavlja slabost sorazmerno veliko energije potrebne pri proizvodnji, okoli 460 kWh na kubični meter, vendar lahko raba primarne energije tudi precej odstopa. Ker mineralna volna dosega majhno toplotno prehodnost, je potrebna vgrajena energija na enoto toplotne upornosti toplotno izolacijske plasti srednja (kamena volna) do majhna (steklena volna). Razgradljivost materiala je slaba, zato si stroka že prizadeva za uvajanje postopkov recikliranja. Mineralna volna je lahko zaradi drobnih vlaken, ki jo sestavljajo, kancerogena. Indeks kancerogenosti KI se v Nemčiji uveljavlja kot merilo za kancerogenost vlaknastega materiala. Njegova vrednost je odvisna od kemijske sestave vlaken. Manj škodljivi materiali imajo KI 40 in več. Kljub temu velja, da je pri delu z mineralno volno potrebno upoštevati zaščitne ukrepe. Posebej po vgradnji na notranji strani drobna vlakna odstranimo tako, da prostore prezračimo. Mineralna volna je široko uporaben in cenovno ugoden material.

Ekspandirani polistiren

ima toplotno prehodnost med 0.035 in 0.04 W/mK. Pravilno vgrajen je obstojen material, nestrupen, odporen na anorganske kisline in soli, ne pa na organska topila ter na UV sevanje in na temperature preko 80°C. Dodatki mu zmanjšujejo gorljivost, tako da se plamen po njem ne širi. Sveže izdelan material je dimenzijsko nestabilen in mora pred uporabo odležati. Vodovpojnost je majhna, razen v primerih, ko je izpostavljen dolgotrajnemu delovanju vodne pare pri spreminjanju temperature in tlaka. Z ekološkega vidika je potrebno upoštevati, da je surovina naftni derivat. Novejši proizvodni postopki ekspandiranja ne temeljijo več na okolju škodljivih plinih (CFC, HCFC), pač pa na pentanu. Ekspandirane

granule povezujejo ob prisotnosti nasičene pare pri 110-120°C v bloke. Recikliranje za zdaj še ni vpeljano. Za proizvodnjo kubičnega metra materiala je potrebno od 400 do 1000 kWh energije. Prednost materiala je njegova nizka cena.

Ekstrudiran polistiren

ima zaradi drugačnega proizvodnega postopka zaprte celice in praktično ne vpija vode. Zato je kljub nekajkrat višji ceni v primerjavi z ekspandiranim polistirenom skoraj nepogrešljiv na mestih, kjer je toplotna izolacija v neposrednem stiku z vodo (toplotna zaščita kletnih sten, obrnjena ravna streha). Proizvodni postopek je okolju manj prijazen kot pri ekspandiranem polistirenu, potrebno je še nekoliko več energije, pri proizvodnji pa uporabljajo ozonski plasti škodljive CFC pline. Ekstrudiran polistiren je za razliko od navadno belega ekspandiranega polistirena obarvan (svetlo modro, svetlo zeleno, roza) v značilni barvi posameznega proizvajalca.

Poliuretanske pene

imajo še nekoliko boljše toplotnoizolacijske lastnosti, med 0.02 in 0.035 W/m²K. Surovina za proizvodnjo izhaja iz naftno predelovalne industrije, pri čemer kot stranski produkt nastajajo strupeni plini (fosgen, isooktan). Pri proizvodnji trdnih pen so do nedavnega uporabljali potisne pline, ki so škodljivi za ozonski plašč. V novejših postopkih uporabljajo za proizvodnjo trdnih pen potisni plin pentan in izopentan ter CO₂, ki se kot potisni plin uporablja v glavnem za proizvodnjo mehkih pen. Izhajanje škodljivih kemijskih snovi po vgradnji je zanemarljivo, a proizvodnja surovin je vezana na različna okoljska tveganja, slabost predstavlja razvijanje strupenih plinov pri gorenju. Primarna energija za proizvodnjo je med 750 in 1030 kWh/m³. Cenovno se poliuretanska pena uvršča med dražje materiale, v skupino ekstrudiranega polistirena ali penjenega stekla. Poliuretansko peno uporabljajo predvsem v industriji in pri nekaterih postopkih sanacije streh. Odporna je na temperaturne spremembe (do 100 - 150°C) in vlago ter plesen, na pa tudi na UV sevanje. Zaradi načina vgrajevanja in sprejemanja z drugimi materiali ali plastmi je problematično njeno odstranjevanje.

ALTERNATIVNI TOPLOTNOIZOLACIJSKI MATERIALI

Sodobni trendi kažejo, da graditelji ne želijo le zmanjšati rabe energije v zgradbi in tako manj obremenjevati okolje, temveč želijo tudi vgrajevati okolju prijazne materiale. Tako so na trgu na voljo različni toplotnoizolacijski materiali iz bolj ali manj naravnih surovin in recikliranih izdelkov. Pri teh izdelkih je poleg nekaterih izpostavljenih okoljskih prednosti potrebno vzeti v zakup tudi določene slabosti v primerjavi s klasično uporabljenimi materiali.

Toplotna izolacija iz celuloze, starega papirja, lesnih odpadkov, ekspandirane glinice, perlita, vermikulita, trstike, lanu, slame, kokosa, plute, bombaža ali ovčje volne ima v povprečju nekoliko slabšo toplotno prevodnost kot klasični materiali. Prav tako še ni zanesljivih podatkov o trajnosti vseh teh materialov. Pri nekaterih, posebno organskih materialih, so potrebni dodatki za izboljšanje protipožarne odpornosti, vendar

kljub temu ti materiali ne dosegajo protipožarne odpornosti klasičnih izolacijskih materialov. Praviloma je cena alternativnih materialov višja kot pri uveljavljenih proizvodih.

Celulozni kosmiči

Med t.i. ekološkimi toplotnoizolacijskimi materiali so najbolj popularni celulozni kosmiči. Njihova prednost je v tem, da gre za reciklirani izdelek, ki ga dobimo s predelavo starega časopisa. Toplotnoizolacijske lastnosti izolacije iz starega papirja so odlične, cena je zmerna. Celulozni kosmiči so obdelani z borovimi solmi, kar je potrebno upoštevati pri izbiri deponij. Kemikalije uporabljene pri sodobnih tiskarskih postopkih ne predstavljajo omembe vredne obremenitve okolja.

Veliko alternativnih materialov, predvsem organskega izvora, proizvajalci obdelajo z borovimi vezivi, da bi zmanjšali njihovo gorljivost. Borove spojine pa so strupene, zato je pri delu potrebno uporabljati zaščitna sredstva. Teh materialov zato tudi ne kaže kompostirati, kar sicer priporočajo nekateri proizvajalci.

Pluta

in ekspandirana pluta sta toplotnoizolacijska materiala z že daljšo tradicijo uporabe. Njuna prednost so dobre izolacijske lastnosti, ne trohni in ne gnije, delo z njima je sorazmerno enostavno. Slabost so dolge transportne poti, saj pluto uvažajo iz Portugalske, Španije ali Afrike. Za pridobivanje plute so potrebne velike plantaže zaradi okoli 10 letnega časovnega razmaka med dvema luščenjema plute. V nekaterih primerih gre že za reciklirane izdelke iz plutovinastih zamaškov. Težavo predstavlja dimenzijska nestabilnost izdelkov. Cena izdelkov je močno povezana z njihovo kakovostjo.

Ovčja volna

Ovčjo volno lahko enostavno uporabljamo v strešnih konstrukcijah, podih ali kot izolacijo cevi. Z ekološkega vidika je njena slabost pomanjkanje osnovne surovine za širšo uporabo. Velik del volne uvažajo z Nove Zelandije, kar pomeni dolge transportne poti. Po izolacijskih lastnostih je ovčja volna primerljiva s konvencionalnimi materiali. Potrebni so dodatki za zmanjšanje gorljivosti oziroma posebna obdelava vlaken, da dosežemo samougasljivost. Ni priporočljivo izbrati ovčje volne, ki je obdelana z borovimi soli.

Bombaž

je v vlogi toplotnoizolacijskega materiala na tržišču prisoten šele nekaj let. Je dober toplotni izolator in cenovno ugoden. Za izboljšanje protipožarne odpornosti mu dodajajo borove soli. Tradicijo uporabe ima v Pakistanu in Egiptu, kjer je material poceni in dostopen. Bombaž je praviloma obdelan s pesticidi, kar je z vidika okoljske prijaznosti nezaželeno.

Materialom iz organskih naravnih vlaken živalskega ali rastlinskega izvora dodajajo biocide za zaščito pred mrčesom, kar lahko pri občutljivih ljudeh sproži alergije. Zaradi omenjenih dodatkov ti materiali niso primerni za kompostiranje. Tudi naravna organska vlakna lahko, tako kot mineralna, prodirajo v pljuča in škodujejo zdravju, vendar zaradi omejenega obsega uporabe organskih vlaknastih materialov še

nimamo ustreznih podatkov o posledicah.

Trstika

je že v preteklosti služila kot toplotnoizolacijski material. Danes iz nje oblikujejo izolacijske plošče. Trstiko veliko uporabljajo pri obnovi stavb kulturne dediščine. Na podoben način uporabljajo tudi **slamo in lan** ter izolacijo iz **kokosovih vlaken**. Slednja sodi po toplotnih lastnostih med boljše, ne gnije in obdelana z dodatki sodi med normalno vnetljive materiale.

Lesna vlakna

Iz lesnih vlaken z dodanimi mineralnimi vezivi oblikujejo izolacijske plošče. Kljub nekaj slabši toplotni prevodnosti imajo ti izdelki visoko trdnost, so negorljivi, lahko jih ometavamo in imajo zato široko področje uporabe. S predelavo lesnih odpadkov in dodajanjem lepil izdelujejo lesne vlaknenke, trde ali mehke plošče, ki jih pogosto uporabljamo v kombinaciji z nasutimi izolacijskimi materiali.

Perlit, vermikulit in ekspandirana glina

so nasipni toplotnoizolacijski materiali. Ekološko niso sporni, njihova prednost je negorljivost. Za proizvodnjo je potrebno veliko energije. Pri vgrajevanju v vertikalne konstrukcije lahko pride do sesedanja nasutega materiala. Tovrstne materiale lahko uporabljamo tudi kot polnilo za toplotnoizolacijske omete.

Penjeno steklo

je dober toplotni izolator, je paronepropustno, ne vsrkava vode, obstojno je na kemikalije, negorljivo in ima visoko tlačno trdnost. Po drugi strani je za njegovo proizvodnjo potrebno veliko energije, tudi njegova cena je visoka.

Novo generacijo toplotnoizolacijskih materialov predstavljajo **prosojne toplotne izolacije**. Poleg majhne toplotne prevodnosti, ki zmanjšuje toplotne izgube, omogočajo izkoriščanje sončnega sevanja za ogrevanje masivne stene za prosojno toplotno izolacijo in tako prispevajo k izboljšanju toplotne bilance zgradbe.

ZAKLJUČEK

Trendi 90. let kažejo na to, da je tudi pri razvoju oblikovanja grajenega okolja pomemben trajnostni pristop ob poudarjeni skrbi za okolje in človeka. Področje toplotnoizolacijskih materialov je z vidika vključevanja t.i. ekoloških materialov v zgradbo še posebej zanimivo, saj so se v zadnjem času na tržišču pojavili novi, alternativni izolacijski materiali, da bi zadostili težnjam po okolju prijazni gradnji. So obetavni, vendar po vsestranski presoji njihovih lastnosti in vplivov na zdravje ljudi ter okolje še ne moremo trditi, da v celoti izpolnjujejo naša pričakovanja. Pri odločanju glede izbora materiala, njegove zanesljivosti in cene je pomembno tudi poznavanje posledic naše odločitve za okolje. Optimalnega toplotnoizolacijskega materiala torej nimamo, zato mora odločitev o izbiri materiala temeljiti na vsakokratni presoji prednosti in slabosti.

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

Tabela 1: Lastnosti klasičnih in alternativnih toplotnoizolacijskih materialov

Anorganski TI materiali		Organski TI materiali	
TI iz mineralnih vlaken	Penjeni TI materiali	TI iz rastlinskih in živalskih vlaken	Penjeni TI materiali
steklena volna	penjeno steklo	kokosova vlakna, slama	ekspandir. in ekstrudir. polistiren
kamena volna	vermikulit	TI iz lesnih vlaken	penjeni poliuretan
	perlit	bombaž, ovčja volna, celulozna TI, papirna TI	penjeni polietilen
	ekspandirana glina	pluta	prosojne toplotne izolacije

Tabela 2: Razdelitev toplotnoizolacijskih materialov (TI) po kemijski sestavi in strukturi

Zbirka informativnih listov "ZA UČINKOVITO RABO ENERGIJE"

Naročnik in izdajatelj: Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije

Izvajalec projekta: Gradbeni inštitut ZRMK - Gradbeni center Slovenije

Uredniški odbor: Matjaž Malovrh, Dubravka Oberžan, Jožef Pogačnik, dr. Marjana Šijanec Zavrl, Katja Repič

Oblikovanje in tehnična obdelava: Informa Echo d.o.o.

Ponatis oz. razširjanje delov teksta informativnih listov je možen samo z dovoljenjem izdajatelja.

Po mnenju Ministrstva za šolstvo in šport Republike Slovenije, št. 403-24/99-21, z dne 01.06.1999 se za to publikacijo plačuje davek od prometa proizvodov po tar. št. 3 tarife davka od prometa proizvodov in storitev.