

Dolgotrajna učinkovitost izolacijskih proizvodov iz ekstrudirane polistirenske pene

Ena izmed glavnih zahtev Evropske direktive o gradbenih proizvodih (CPD – European Construction Products Directive) je trpežnost proizvodov. S tem sta tesno povezani trajnost stavb in njihova poraba energije. Zato morajo termoizolacijski proizvodi dokazati, da so dovolj trpežni za čas njihove življenske dobe. Spodaj so navedeni načini spopadanja s tem zahtevnim vprašanjem v primerih tovarniško proizvedenih ekstrudiranih polistirenskih pen XPS, ki so skladne z Evropskimi standardi EN 13164. Toplotna izolacija XPS se uporablja v veliko konstrukcijah, ki so podvržene vplivom različnih sestavljenih obremenitev, kot so: vplivi vlage, vročine in drugi mehanski vplivi.

Trpežnost proizvoda je definirana kot zmožnost proizvoda, da obdrži zahtevane lastnosti glede na določen čas ali dlje časa, tj. pod vplivom predvidljivih dejanj in če je normalno vzdrževan.

Za potrditev ustreznosti glede na zahteve CPD mora imeti proizvod, ki je dan na trg, oznako CE. Le-ta potrjuje, da proizvod izpolnjuje pogoje za vse tehnične zahteve (hEN, ETA). Dodatno je obvezno, da proizvajalec navede učinkovitost proizvoda za karakteristike, ki so potrebne na podlagi tehničnih zahtev.

Koncept trpežnosti, ki je povezan s CE-označevanjem, pomeni trajnost karakteristik proizvoda, ki so povezane z enim ali več bistvenimi pogoji. Ta trpežnost je odvisna od časovnega poteka ali staranja enega ali več karakteristik materiala; pomeni odpornost proti spremembam v strukturi materiala, medtem ko je proizvod izpostavljen normalno predvidljivim zunanjim ali specifičnim vplivom.

Tabela 1: Ponazorilna predvidena delovna doba (oblikovna delovna doba) dejavnosti in gradbenih proizvodov [EOTA 1999]

Predvidena delovna doba dejavnosti (leta)		Delovna doba gradbenih proizvodov v ETAG, ETA in hEN (leta)		
Kategorija	Leta	Kategorija		
		Zlahka popravljiv ali zamenljiv	Težje popravljiv ali zamenljiv	Dolgotrajen ²⁾
Kratko	10	10 ¹⁾	10	10
Srednje	25	10 ¹⁾	25	25
Normalno	50	10 ¹⁾	25	50
Dolgo	100	10 ¹⁾	25	100

¹⁾ V posebnih ali upravičenih primerih, npr. za določene popravljene proizvode lahko predvidimo delovno dobo od 3 do 6 let (če se strinja EOTA TB ali CEN).

²⁾ Ko ni popravljiv "zlahka" ali "težje".

Termoizolacijski proizvodi so popravljivi ali pa jih lahko zamenjamo v veliko primerih. Obstajajo pa tudi izjeme, kot je npr. temeljna izolacija, kjer mora proizvod soditi najmanj v kategorijo "normalno", kar pomeni najmanj 50 let delovne dobe glede na Tabelo 1.

Ocena trpežnosti izolacijskih proizvodov

Oceno trpežnosti izolacijskih proizvodov lahko naredimo:

- s kratkotrajnimi laboratorijskimi testnimi metodami;
- z laboratorijskimi testnimi metodami za staranje;
- s testiranjem proizvodov v aplikacijah, ki so izpostavljene splošnim naravnim pogojem.

Laboratorijske testne metode

V naslednjih dveh karakteristikah, ki sta podrobno opisani v evropskih standardih za izdelke, govorimo o:

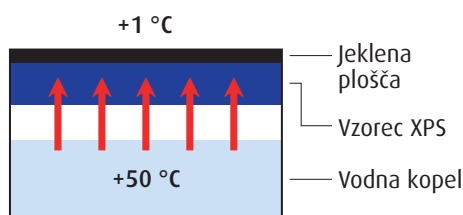
- temperaturni odpornosti proti preperevanju, razkrojanju in proti zmrzovalno-talnim ciklom;
- odpornosti tlačne trdnosti proti staranju in razkrojanju;

Temperaturna odpornost proti preperevanju, razkrojanju in proti ciklom zmrzovanja – taljenja

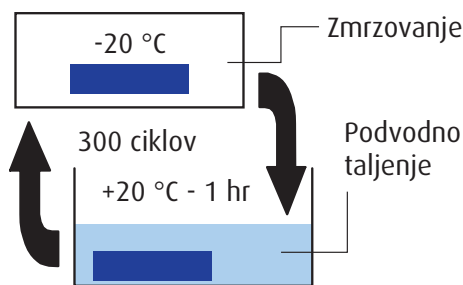
Eden najpomembnejših testov za ekstrudirani polistiren je test ciklov zmrzovanja – taljenja. Obsega dva ločena testa. Test za absorpcijo vode z difuzijo [EN 12088] in test za absorpcijo vode po ciklih zmrzovanja – taljenja [EN12091].

Test je obvezen za aplikacije, kot so obrnjene strehe ali izolacija pod talno ploščo, npr. izolacija perimetrov ali izolacija cest in železnice [EN 14934].

Sliki 1 in 2 shematično prikazujeta test, pogoje difuzije in testa za zmrzovanje.



Slika 1: Difuzijski test (shematično), 28 dni



Slika 2: Test zmrzovanja (shematično), 28 dni

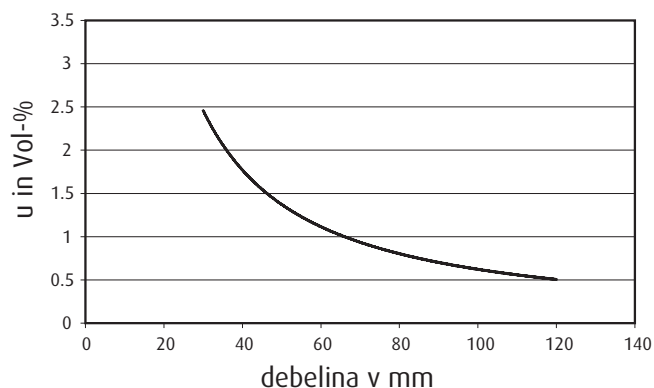
Po 28 dneh difuzijskega testa so vzorci uporabljeni za test zmrzovanja. Pogoji testa so bolj neprizanesljivi oz. težji kot vremenski pogoji v večini evropskih držav. Kljub temu so izsledki skladno s praktičnimi izsledki za daljše obdobje dobri. Testni pogoji prikazujejo kratkotrajno učinkovitost proizvoda pod vremenskimi pogoji.

Pogoji za absorpcijo vode z difuzijo in po ciklih zmrzovanja – taljenja so prikazani v Tabelah 2 in 3.

Tabela 2: Ravni absorpcije vode v povezavi z nominalno debelino d_N skladno z EN 13164 [EN113164] za ekstrudiran polistiren

Raven	Pogoj [m^3/m^3 (Vol - %)]		
	$d_N = 50 \text{ mm}$	$d_N = 100 \text{ mm}$	$d_N = 200 \text{ mm}$
WD(V)5	≤ 5	≤ 3	$\leq 1,5$
WD(V)3	≤ 3	$\leq 1,5$	$\leq 0,5$

Dejanske vrednosti testnih izsledkov različnih certificiranih ustanov v Evropi so prikazane na Sliki 3.



Slika 3: Absorpcija vode z difuzijo, tipične vrednosti za proizvode XPS (Roofmate)

Vrednosti s Slike 3 vodijo k deklaraciji WD(V)3 glede na EN 13164. Predvidevamo lahko, da je tak proizvod odporen na vodne vplive.

Tabela 3: Ravni odpornosti proti ciklom zmrzovanja in taljenja, absorpcije vode po ciklih zmrzovanja in taljenja za iztisnjeni polistiren glede na EN 13164

Raven	Pogoj [m^3/m^3 (Vol - %)]
FT 1	≤ 2
FT 2	≤ 1

Po ciklih zmrzovanja – taljenja redukcija tlačne trdnosti ne bi smela za več kot 10 % preseči začetne vrednosti pred testom zmrzovanja – taljenja. Pogoj zagotavlja, da se materialna struktura ekstrudirane pene med procesi zmrzovanja in taljenja ni poslabšala.

Dejanske vrednosti testov, ki so jih opravili pri Evropskih certificiranih organih, ne kažejo skoraj nobenega zmanjšanja tlačne trdnosti za proizvode XPS, kot je Styrofoam.

Dolgotrajnost tlačne trdnosti

Obstajajo aplikacije, kjer se nekaterih izolacijskih proizvodov ne da popraviti ali zamenjati ali pa so takšni posegi predragi, še posebej če so proizvodi nameščeni pod temelje ali znotraj drugih strukturnih delov gradbe.

V tem primeru sodi produkt v kategorijo “normalno”, ki je določena v Tabeli 1. Normalno pomeni življenjsko dobo najmanj 50 let.

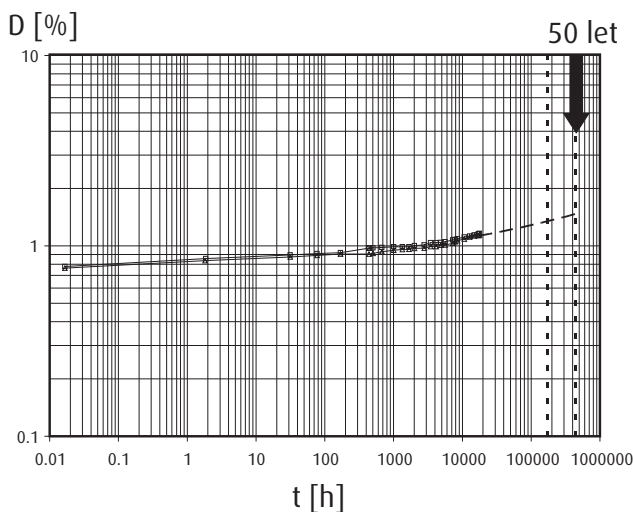
Ekstrudirana polistirenska pena se že dolgo uspešno uporablja pod cestnimi in železniškimi konstrukcijami pa tudi pod cementnimi ploščami, ki so močno obremenjene, npr. kot so temelji in industrijski podi.

Zelo pomembno je, da v takšnih primerih poznamo obnašanje (kompresijska trdnost) trajno obremenjenih proizvodov XPS. Ocena termoizolacijskih proizvodov sledi evropskim testnim standardom EN 1606.

Standard obsega merilno in računsko metodo za dolgoročno napoved plazenja materiala glede na Findleyjev pristop. Ta metoda opisuje viskozoelastično obnašanje celične plastične pene.

Za gradbene aplikacije, kot so termoizolacije temeljev, sta potrebni redukcija, tj. $\leq 2\%$ začetne debeline, in časovna ekstrapolacija 50 let. Na koncu morajo biti termoizolacijski proizvodi testirani 608 dni pod pritiski, kar bo povzročilo končne deformacije, manjše od 2% .

Slika 5 prikazuje krivuljo odpora za proizvod XPS, glede na EN 1606.



Slika 5: Deformacija odpora proizvoda XPS pod nenehno obremenitvijo 270 kPa (Graf: Dow Building Solutions)

Jasno je, da se po kratkem začetnem odgovoru na obremenitev preostali odporni del deformacije zmanjša. Prekinjene navpične črte na desni strani diagrama so pri 20. in 50. letih. Med 20. in 50. letom delovanja je torej odporna deformacija dejansko zanemarljiva.

Pena ostane strukturno odporna ves čas testiranja. To pomeni, da je ekstrudirani polistiren zelo trpežen in odporen proti nenehnim mehanskim obremenitvam.

Dolgotrajna učinkovitost pod pogoji končne uporabe – primeri

Uporaba XPS-a zunaj vodoodpornega sloja zahteva visoko mehansko odpornost in odpornost proti vlagi. V takih primerih je izolacijski proizvod izpostavljen kombiniranemu vplivu vročine, vlage in mehanskih obremenitev. Zato je dolgotrajna učinkovitost XPS-a ključnega pomena.

Proizvodi ROOFMATE XPS iz Dowa so bili testirani po 5-22 letih delovanja na različnih strešnih aplikacijah in izolaciji perimetrov na plasti pod talno vodo.



Slika 6: Primer plošč ROOFMATE XPS z zelene strehe (Foto: Dow Building Solutions)

Izsledki so povzeti v Tabeli 5.

Tabela 5: Izsledki dolgotrajne učinkovitosti ROOFMATE XPS na obrnjeni strehi in izolaciji perimetra (Dow Building Solutions)

Konstrukcija	Delovna doba [leta]	Debelina [mm]	Tlačna trdnost [kPa]	$\lambda_{10 \text{ measured}}$ [W/(mK)] ¹⁾	λ_{design} [W/(mK)] ²⁾
OS, obtež. s kamni	8	140	ni izmerjena	0,036	0,038
OS, obtež. s kamni	22	80	359	0,029	0,033
OS zelena streha	22	60	459	0,029	0,033
Perimeter pod plastjo talne vode	5	60	357	0,031	0,035

¹⁾ Naraven vzorec, odvzet z zgradbe

²⁾ Projektne vrednosti glede na nacionalne predpise v Avstriji, Nemčiji in v Švici

Slika 7: Presek izolacijske plošče Roofmate XPS po več kot 20 letih delovanja v obrnjeni strehi zunaj vodoodpornega sloja (Foto: Dow Building Solutions)

Vzorec, ki je prikazan na Sliki 7, je bil odvzet s strehe in razrezan na pol, da bi se lahko preverilo, ali se je struktura pene med delovanjem poslabšala. Zasledena ni bila nobena sprememba v sestavi celic. To pojasni, zakaj so značilnosti ekstrudirane pene Styrofoam dejansko nespremenjene.

