



Универзитет у Београду – Грађевински
факултет www.grf.bg.ac.rs

Студијски програм:

**ГРАЂЕВИНАРСТВО ДИПЛОМСКЕ
АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**

Модул:

К

Година/Семестар:

I година / I семестар

Назив предмета (шифра):

**САВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ У
ГРАЂЕВИНАРСТВУ (М2К1СМ)**

Наставник :

Александар Савић

Наслов предавања:

ТЕРМОИЗОЛАЦИОНИ МАТЕРИЈАЛИ

Датум :

15.12.2020.

Београд, 2020.

Сва ауторска права аутора презентације и/или видео снимака су заштићена. Снимак или презентација се могу користити само за наставу на даљину студента Грађевинског факултета Универзитета у Београду у школској 2020/2021 и не могу се користити за друге сврхе без писмене сагласности аутора материјала.

Toplotna izolacija objekata može se posmatrati kroz tri zasebne celine:



OSNOVNI TEHNIČKI PODACI O TERMOIZOLACIONIM SVOJSTVIMA STANDARDNIH GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

- λ - koeficijent toplotne provodljivosti
- c - specifična toplota
- μ - faktor otpora difuziji vodene pare
- α_t - koeficijent toplotnog izduženja
- γ - zapreminska masa

SRPS U.J5.600:1998

OSNOVNI TEHNIČKI PODACI O TERMOIZOLACIONIM SVOJSTVIMA STANDARDNIH GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

SRPS U.A2.020

Termoizolacioni materijali imaju $\lambda < 0.3 \text{ W/(m}^\circ\text{K)}$

- **pravi termoizolacioni materijali:**
 $\lambda < 0.06 \text{ W/(m}^\circ\text{K)}$
- **termoizolacioni materijali sa konstrukcionim svojstvima:**
 $0.06 < \lambda < 0.3 \text{ W/(m}^\circ\text{K)}$

Pravilan izbor određenog termoizolacionog materijala je tesno povezan sa:

- **analizom svojstava termoizolacionih materijala u odnosu na svojstva ostalih materijala od kojih se izvode pojedini elementi konstrukcije,**
- **analizom položaja elementa konstrukcije u odnosu na okruženje i**
- **analizom termo - higrometrijskih uslova sredine.**

Da bi bili konkurentni na tržištu savremeni građevinski termoizolacioni materijali treba da zadovolje niz strogo postavljenih zahteva, u koje svakako spadaju:

- niska zapreminska masa, tj. visoka poroznost;
- zadovoljavajuće mehaničke karakteristike;
- malo upijanje vode;
- dobra termoizolaciona svojstva;
- zadovoljavajuća provodljivost pare i gasova;
- otpornost na dejstvo mraza;
- hemijska i biološka postojanost;
- otpornost na dejstvo požara;
- netoksičnost;
- prihvatljiva cena;
- mogućnost recikliranja.

Nepoznavanje svojstava termoizolacionih materijala u praksi može dovesti do:

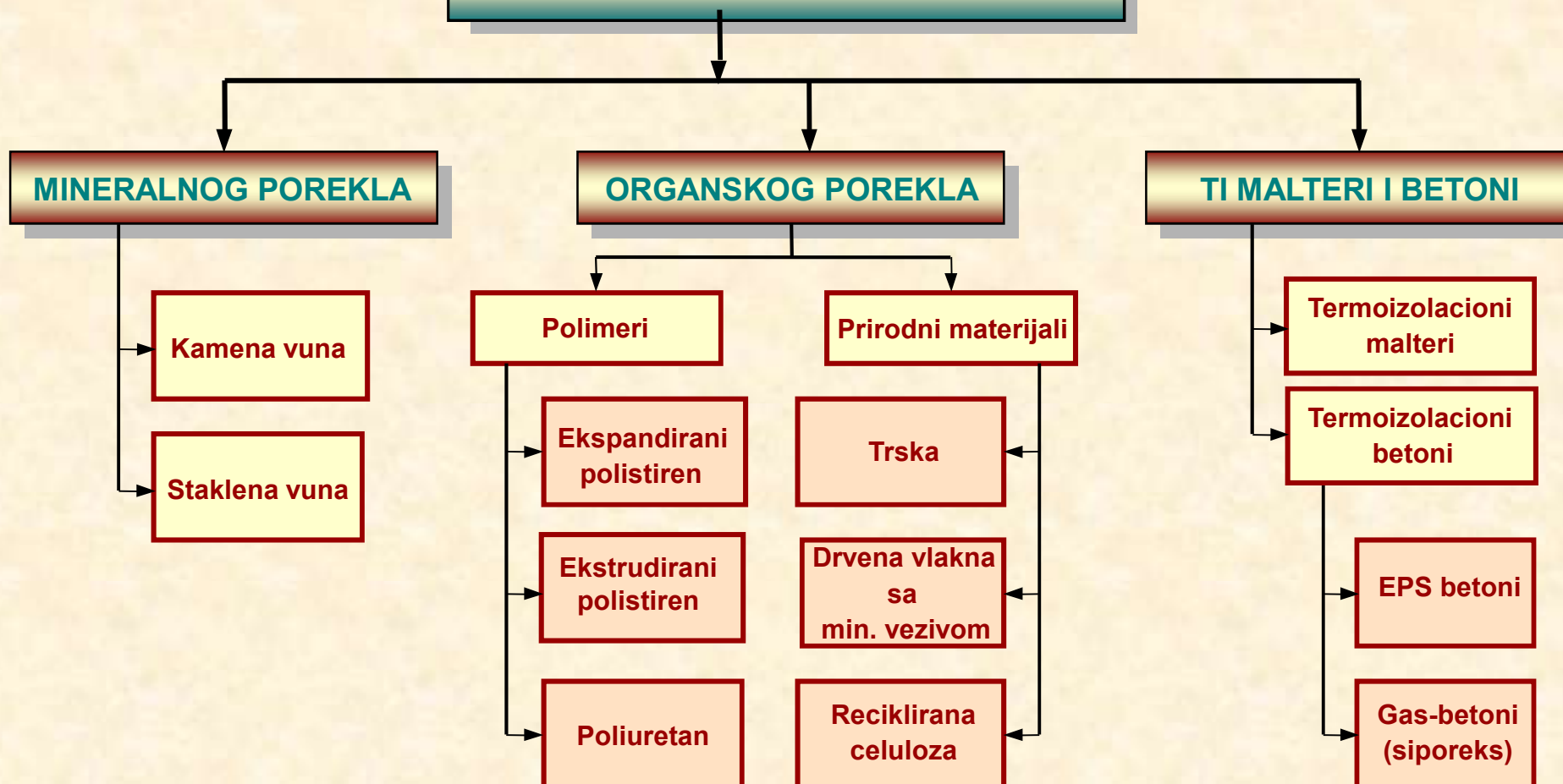
- **značajnog smanjenja efekata termoizolacije,**
- **pojave pratećih neželjenih efekata:**
 - **vlaga,**
 - **truljenje materijala,**
 - **buđ,**
 - **klobučenje, ljuštenje i otpadanje paronepropusnih završnih slojeva i**
 - **oštećenja usled dejstva mraza.**

KLASIFIKACIJA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA

- **prema poreklu sirovina za proizvodnju,**
- **prema vrednosti koeficijenta toplotne provodljivosti,**
- **prema vrednosti zapreminske mase i**
- **prema mestu i načinu primene.**

KLASIFIKACIJA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA NA OSNOVU POREKLA SIROVINE ZA PROIZVODNJU

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI

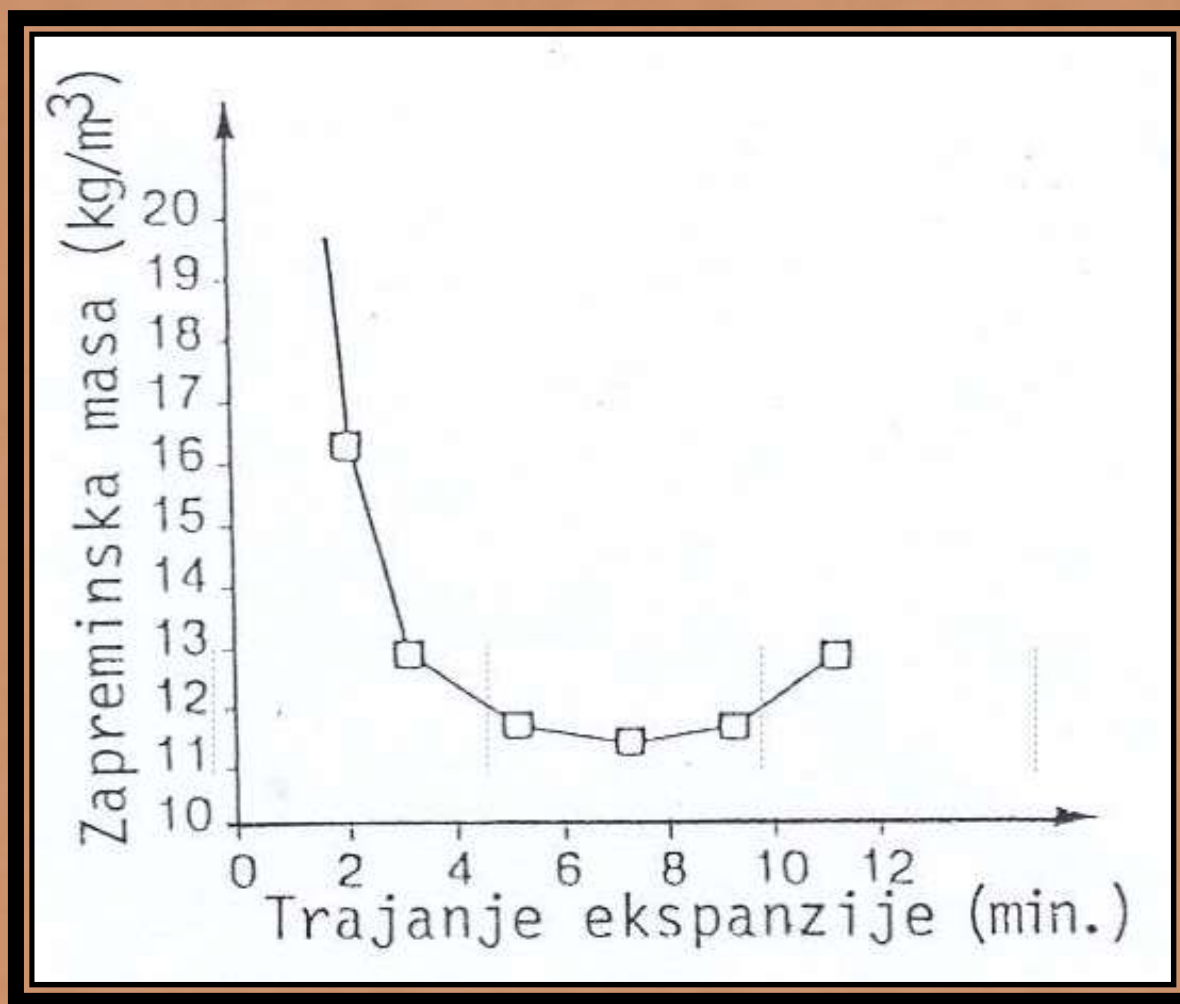


TERMOIZOLACIONI MATERIJALI ORGANSKOG POREKLA

Na bazi polimera

Materijal poznat pod opštim nazivom "Stiropor" predstavlja sintetički materijal tipa polistirena koji se javlja u dva osnovna modaliteta - kao ekspandirani i kao ekstrudirani polistiren.

U oba slučaja radi se o materijalu koji se dobija na bazi naftnih derivata, pri čemu su razlike između pomenutih modaliteta prevashodno rezultat različitih tehnoloških postupaka koji se primenjuju pri njihovom dobijanju. U oba slučaja osnova za dobijanje predmetnih materijala je ista; to su tvrde kompaktne granule polistirena, pri čemu se ekstrudirani polistiren može dobiti i od tzv. kristalnog polistirena.



Zavisnost zapreminske mase EPS-a od trajanja ekspanzije

Stiropor (EPS), kao što je već rečeno, predstavlja ekspanzirani termoplastičan materijal dobijen polimerizacijom stirena.

On se obično klasifikuje kao porozan materijal zatvorene - alveolarne strukture.

Kod EPS-a dobijenog u kalupima, veličina unutrašnjih ćelija je između 60 i 200 μm , dok se kod ekstrudiranog EPS ta veličina kreće između 150 i 500 μm .

Debljina zidova između ćelija zavisi od zapreminske mase i veličine ćelija.

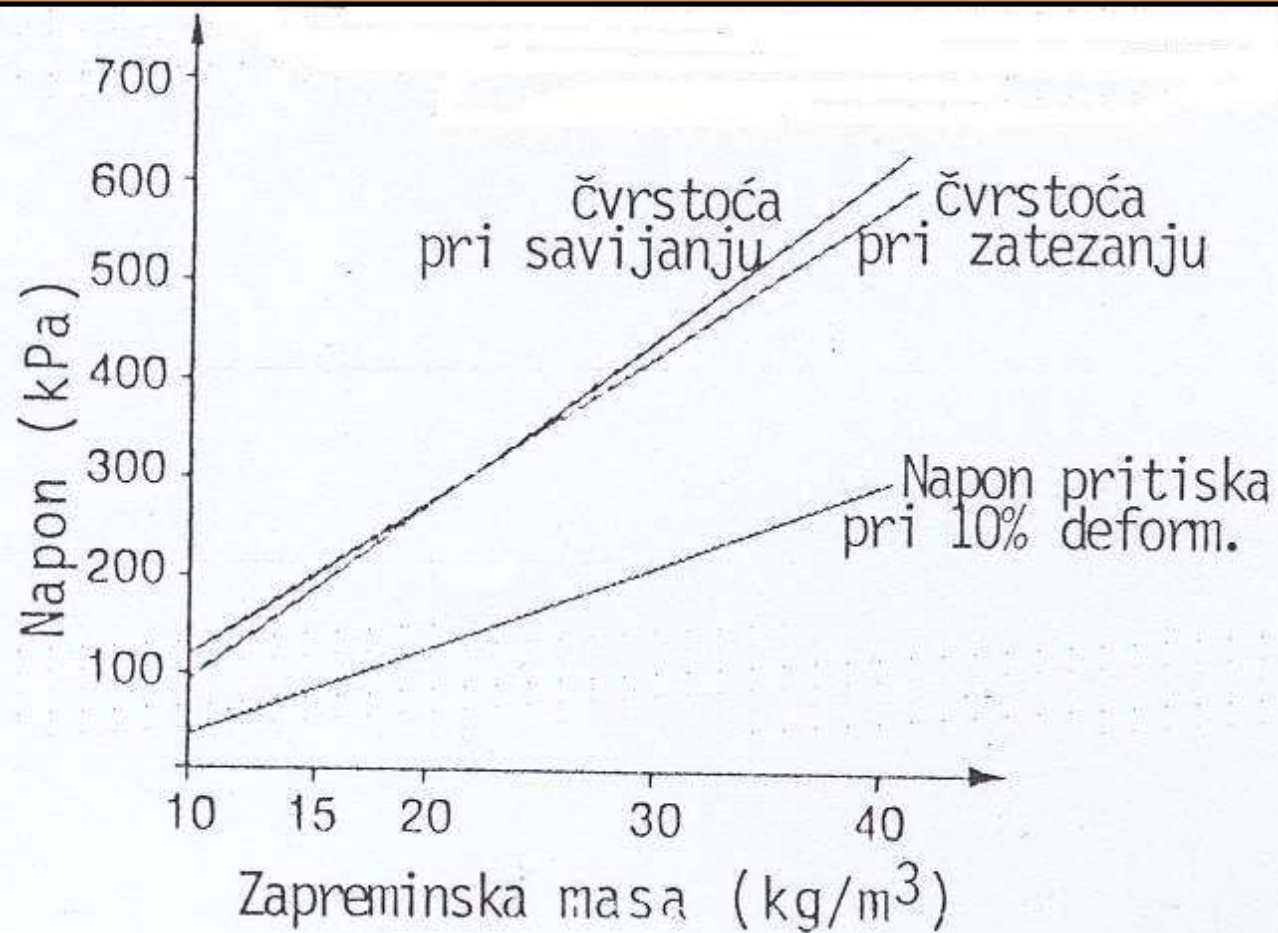
Tako, na primer, za zapreminsku masu od 15 kg/m^3 i veličinu ćelije od cca 100 μm , debljina zida iznosi oko 0,4 μm .

EPS u sebi sadrži 98% vazduha i 2% polistirena.

Njegova zapreminska masa je između 10 i 30 kg/m^3 - za EPS dobijen u kalupima, dok je za ekstrudirani EPS uobičajena vrednost zapreminske mase 33 kg/m^3 , mada ona može da ide i do 45 kg/m^3 .

Zapreminska masa (kg/m ³)	15	20	30	40
Napon pritiska pri 10% deformacije (MPa)	0,060- 0,110	0,100- 0,160	0,180- 0,250	0,260- 0,350
čvrstoća pri savijanju (MPa)	0,160- 0,220	0,210- 0,330	0,380- 0,520	0,570- 0,680
čvrstoća pri zatezanju (MPa)	0,160- 0,240	0,215- 0,330	0,350- 0,520	0,520- 0,660

Mehanička svojstva EPS-a

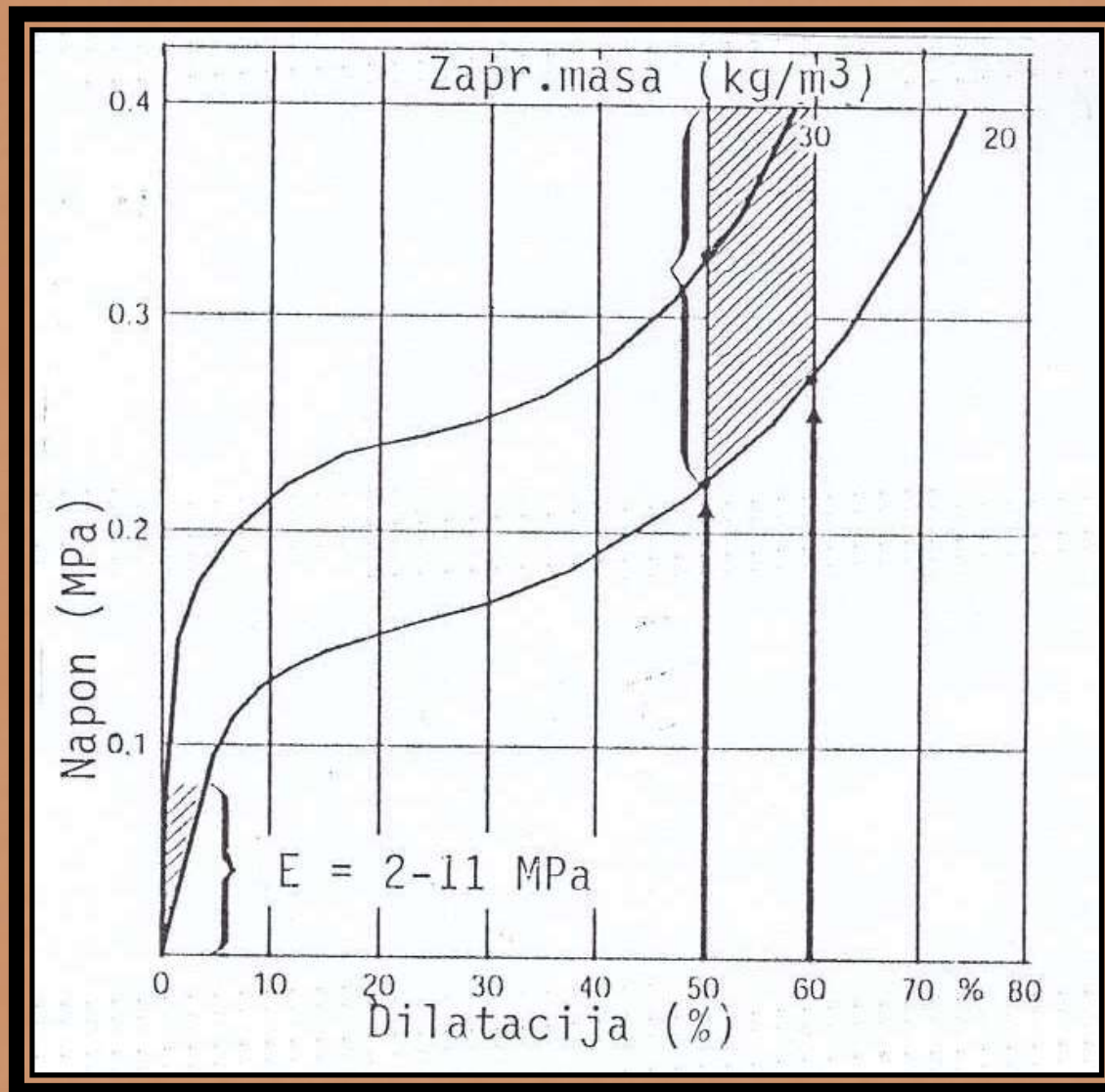


Mehaničke karakteristike stiropora u zavisnosti od zapreminske mase

Svojstva DELTASTYR-a

		DMS 2	DMS 3	DMS 4	DMS 5	DMS F
prividna gustina JUS G.S2.410	kg/m ³	15	20	25	30	17
prividna čvrstoća (10% def.) JUS G.S2. 813	N/mm ²	0.07-0.11	0.10-0.16	0.14-0.17	0.18-0.26	0.10-0.16
koeficijent toplotne provodljivosti JUS U.A2.020	W/mK	0.035-0.038	0.034-0.036	0.032-0.036	0.031-0.034	0.035
gustina difuznog toka JUS G.S2.815, ISO1663	g/m ² s	220-400	125-270	120-250	120-240	180-320
upijanje vode posle 7 dana JUS G.S2.818	%	1.0-3.0	1.0-2.3	0.8-2.1	0.8-2.1	1.0-2.0
upijanje vode posle 1 godine potopljenosti u vodi	%	3.0-5.0	2.0-4.0	1.8-3.8	1.5-3.5	3.0-4.0

DMS 1	Toplotna izolacija u građevinarstvu za površine bez opterećenja
DMS 2	- između dvostrukih zidova - ispod crepa i krovnoh pokrivača - ispod gipsanih i drvenih obloga
DMS 3	Primenjuje se kod toplotne izolacije ispod podova manjih opterećenja, bez neprohodnih krovova i terasa
DMS 4	Toplotna izolacija "plivajućih" podova, podova većih opterećenja, prohodnih ravnih krovova i terasa, podova hladnjača
DMS 5	Koristi se kao toplotna izolacija "plivajućih" podova industrijskih hala, podova sa velikim opterećenjem, podova hladnjača
DMS F	"Fasadni" stiropor, koji se primenjuje za obradu spoljašnjih zidova stambenih i industrijskih objekata



Radni dijagram stiropora

Fizička svojstva	Tipovi			
	1	2	3	4
Zapreminska masa kg/m ³ iznad do zaključno SRPS G.S2.410	13 16	16 20	20 25	25 30
čvrstoća pri pritisku pri 10% deformacije najmanje N/mm ² - SRPS G.S2.813	0,05	0,07	0,09	0,11
čvrstoća pri savijanju najmanje - N/mm ² SRPS G.S2.814	0,13	0,17	0,24	0,32
Propustljivost vodene pare najviše - g/m ² za 24 ^h SRPS G.S2.815	100	90	80	70
Faktor difuzije vodene pare	25	35	40	45
Koeficijent toplotne provodljivosti (λ) - W/m ^o K SRPS U.AZ.020	0,036	0,036	0,036	0,036
Računska vrednost λ za sve tipove SRPS U.J5.600	0,041	0,041	0,041	0,041
Temperaturno područje primene bez opterećenja	-40°C do +80°C			
Kratkotrajno delovanje visoke temperature	do +110°C			
Dimenzionalna stabilnost +80°C SRPS G.S2.816	-1%	-1%	-1%	-1%

Fizičko-mehanička svojstva EPS-a prema SRPS-u G.C7.201

EPS se, kao što se vidi, odlikuje:

-malom zapreminskom masom,

- relativno dobrim mehaničkim karakteristikama,

- odličnim izolacionim svojstvima,

- malom apsorpcijom vode (samo 0,05% težinski) i

-veoma malom propustljivošću vodene pare.

Struktura zatvorenih ćelija ispunjenih vazduhom (1m³ materijala sadrži oko 3-6 milijardi sitnih zatvorenih ćelija), kao i hidrofobnost osnovnog polimera, čine da je EPS otporan prema delovanju vode.

Drugim rečima, zbog sistema zatvorenih ćelija EPS kapilarno ne upija vodu.

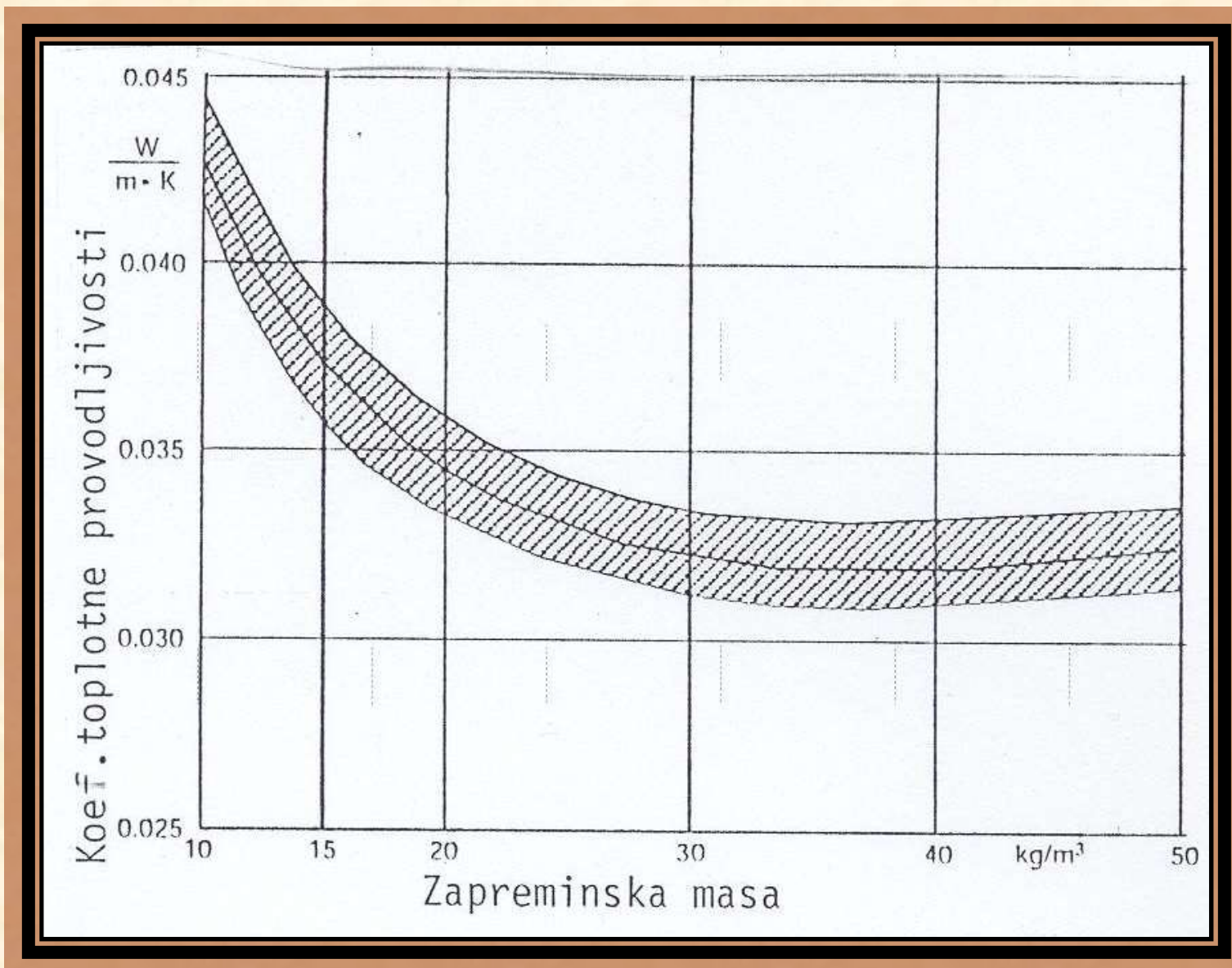
Voda prodire jedino u prostore između ćelija; zbog toga intenzitet upijanja zavisi od kvaliteta "zavarenosti" ćelija.

EPS, kao i svaka termoplastična masa, ima svojstva koja zavise od temperature.

Inače, EPS je slab provodnik toplote, s tim što njegova termička provodljivost varira u zavisnosti od zapreminske mase (funkcija nije linearna).

Naravno, termička provodljivost jako mnogo zavisi i od sadržaja vlage, pri čemu važi pravilo da se za svaki procenat apsorbirane vlage (zapreminski), koeficijent toplotne provodljivosti povećava za 3,8%, što znači da se termoizolaciona svojstva pogoršavaju.

Linearni koeficijent termičkog širenja EPS-a se kreće u granicama $5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ - $7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.



Zavisnost koeficijenta termičke provodljivosti stiropora λ od zapreminske mase

Apsorpcija vode pri potapanju EPS-a u trajanju od 28 dana iznosi 3-5% (zapreminskih), što za mnoge primene nije tako bitno.

Ova karakteristika EPS-a je praktično nezavisna od zapreminske mase, ali svakako zavisi od procesa proizvodnje, pošto voda može da penetrira samo kroz uske kanaliće između ćelija.

Što se tiče naknadnog skupljanja EPS-a (after shrinkage), ono je uglavnom posledica gubitka agensa za ekspanziju (pentana), pri čemu ono isto tako zavisi od:

-zapreminske mase materijala,

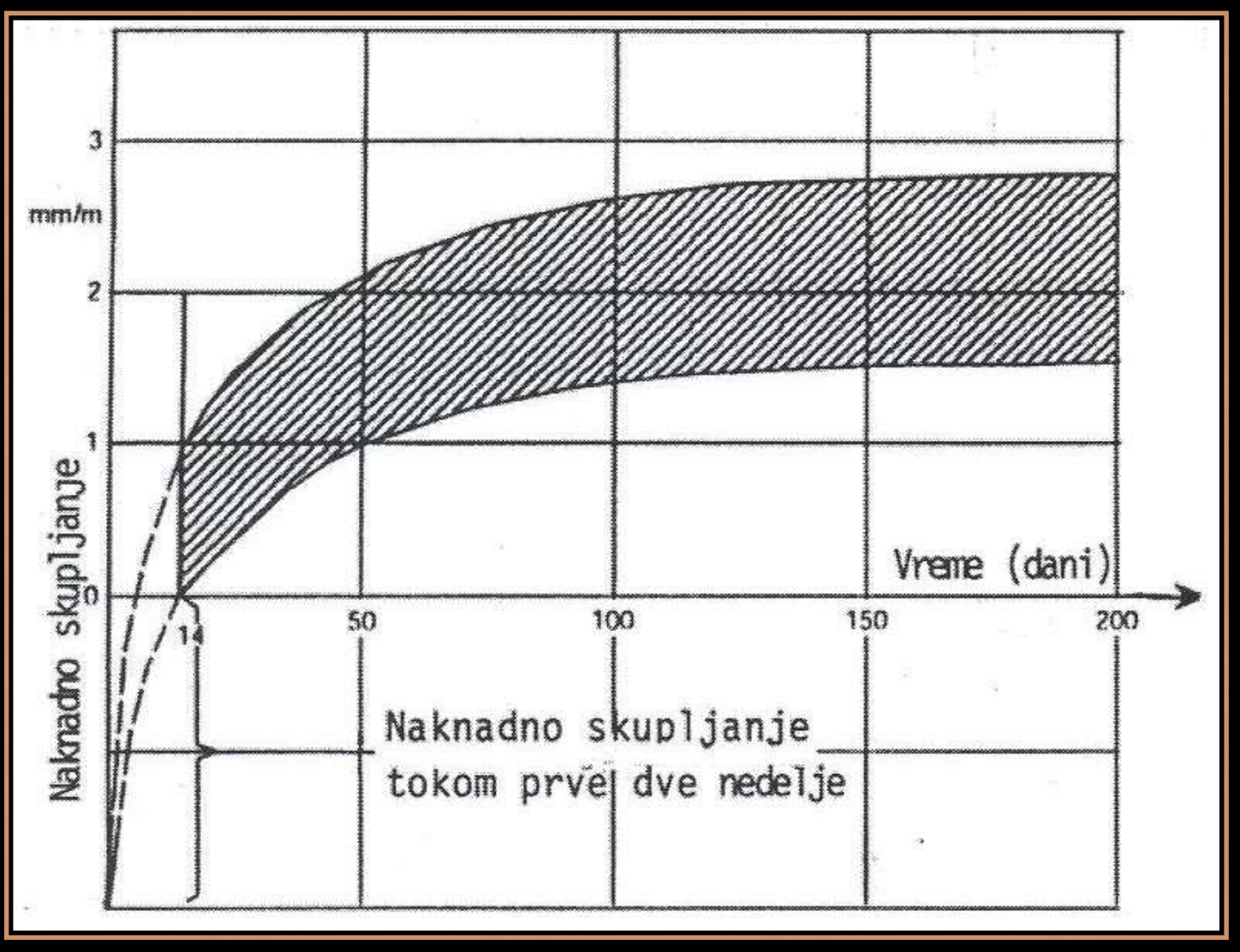
-vremena odležavanja,

-tipa strukture (sadržaja pentana) i dr.

Dimenzionalne promene EPS-a koje se manifestuju posle više od 24 h od ekspaniranja i nazivaju naknadnim skupljanjem imaju vrednosti 0,3-0,5% (za ploče), zavisno od zapreminske mase sirovine.

Ovde su prikazane ove dimenzionalne promene EPS-a od 14 dana nakon proizvodnje do 200 dana. Kao što se vidi, konačne vrednosti se dostižu posle 150 dana i kreću se u opsegu od oko 1,5-2,0 mm/m'.

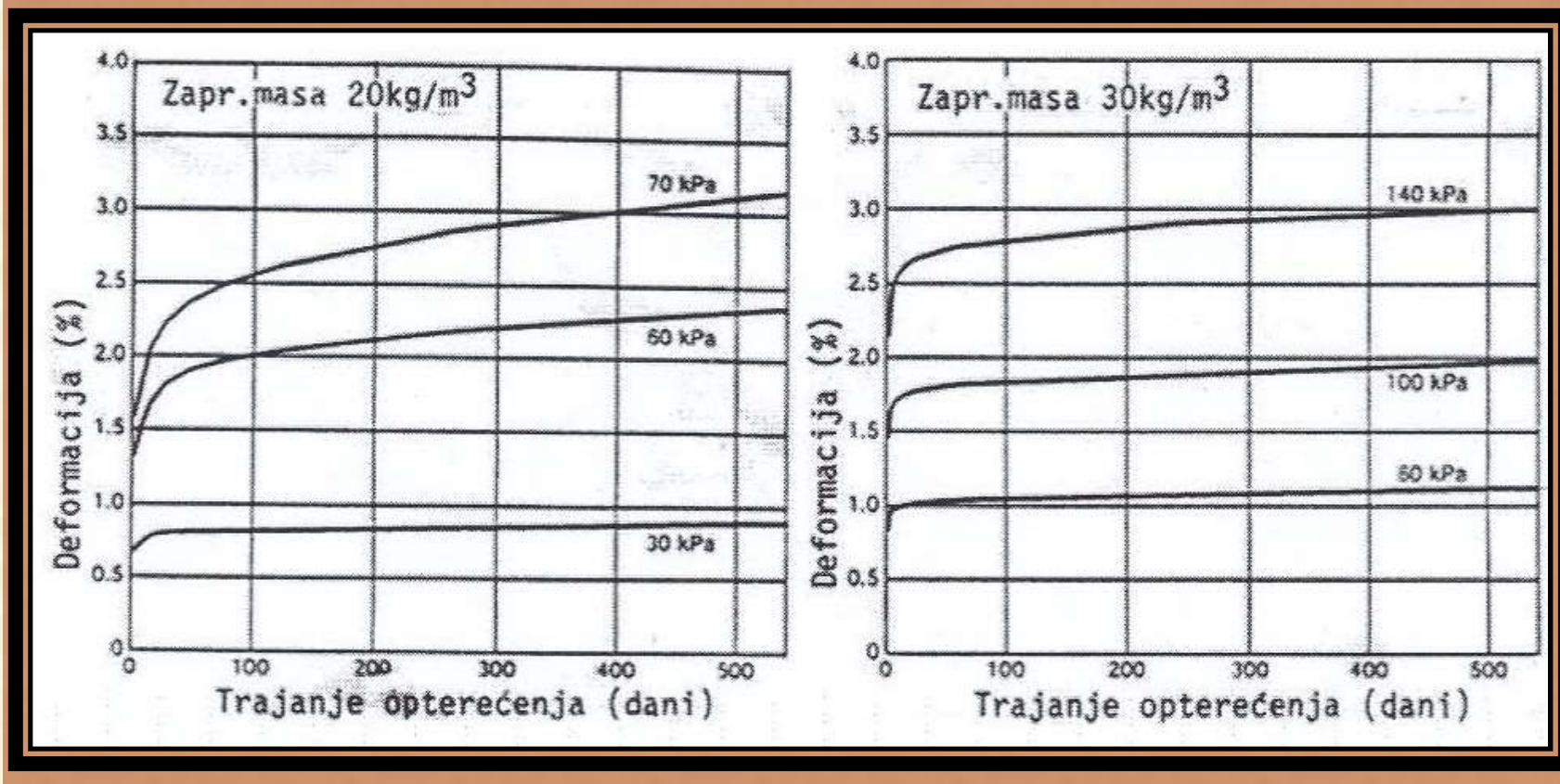
Ove dimenzionalne promene su, nasuprot dimenzionalnim temperaturnim promenama, nepovratne (ireverzibilne).



Deformacije skupljanja stiropora

Treba istaći da ukupno skupljanje na datom primeru panela EPS-a predstavlja sumu-zbir skupljanja u okviru bloka u kalupu, naknadnog (after shrinkage) skupljanja istog bloka i naknadnog (after shrinkage) skupljanja panela - ploče isečene iz predmetnog bloka.

Tako, na primer, za običan građevinski EPS dovoljno je odležavanje kod proizvođača u trajanju od 1 mesec, za fasadne ploče potrebno je 3 meseca, a za hladnjače čak 6 meseci.



Deformacije tečenja stiropora pod naponima pritiska

Hemijska svojstva EPS-a slična su svojstvima koja poseduje običan polistiren.

Naime, EPS je otporan na:

vodu, razblažene kiseline i baze, alifatične alkohole, glikole i poliglikole, a

neotporan je na:

aromatične ugljovodonike, hlorirane ugljovodonike, amine, amide, ketone i estere.

Agens	Otporan	Ograničeno otporan ⁽¹⁾	Neotporan ⁽²⁾
cement, kreč, malter, beton	x		
morska voda	x		
alkohol, soda, amonijak	x		
silikoni, sapuni, vešt. đubriva	x		
razblažene kiseline	x		
vazelin, jestivo ulje, benzin		x	
aceton, benzen, stiren, trihloretilen, cikloheksan			x
tečna goriva			x
bituminozni mastiksi sa rastvaračima, katran			x
bitumen, mastiksi, bituminizirane vodene ili uljane emulzije	x		
sredstva za beljenje (hlorna voda, hipohlorit, vodonikperoksid)	x		

Napomena: ¹⁾ površinsko nagrivanje; ²⁾ nagrivanje i razgradnja

Otpornost stiropora prema delovanju hemijskih agenasa

BIOLOŠKA OTPORNOST

EPS je otporan na gljivice i bakterije. Budući da nema hranljivu vrednost, on ne privlači mrave, termite i glodare.

On nije podložan truljenju niti drugim oblicima korozije, nije rastvoran u vodi, tako da ne daje u vodi rastvorne proizvode koji bi mogli da kontaminiraju vodu.

Kako proizvodnja stiropora datira oko 60-tak godina (od 1952. god.), za to vreme nisu primećeni nikakvi štetni uticaji na zdravlje ljudi.

OTPORNOST NA RADIJACIJU

Nakon kratkog izlaganja UV zracima, x zracima i γ zracima konstatovano je da stiropor postaje krt.

Ovaj proces svakako zavisi od vrste zračenja, njegovog intenziteta i vremena.

Tako, na primer, posle dužeg izlaganja UV zracima površina EPS postaje žuta i krta, što omogućava dalje oštećenje - npr. kišom i vetrom.

Radi svega ovoga u praksi se pristupa zaštiti EPS bojenjem, prevlakama, laminiranjem i dr.

TERMIČKA OTPORNOST

Što se tiče uticaja temperature na stiropor, praktično ne postoji donja granica za njegovu primenu - ugradnju.

Što se, pak, tiče povišenih temperatura, postoji podatak da se do 85°C stiropor ne razgrađuje, a da može podneti i kratkotrajne temperature preko 100°C (pri lepljenju bitumenom po toplom postupku).

Međutim, duža izlaganja visokim temperaturama dovode do njegovog omekšavanja i sinterovanja.

GORIVOST

Kao većina organskih materijala i stiropor je zapaljiv.

Pri njegovom sagorevanju proizvodi koji se oslobađaju su sledeći: ugljenmonoksid, ugljendioksid, voda i čađ.

EPS zbog male mase po jedinici zapremine oslobađa pri gorenju minimalnu količinu toplote i tako stvara mala požarna opterećenja.

Prilikom gorenja, primećuje se topljenje materijala bez kapanja.

Tom prilikom se prema važećim standardima beleži dužina izgorelog dela, vreme gorenja do momenta gašenja, brzina gorenja.

Posebni dodaci koji se dodaju za postizanje svojstva samogasivosti stiropora deluju po principu "lovca radikala", kao što je već napred rečeno.

Naravno, ponašanje prema gorenju zavisi od toga da li je stiropor proizveden bez dodataka ili sa specijalnim dodatkom za obezbeđenje samogasivosti.

U takvim slučajevima stiropor se označava oznakom "S".

Što se, pak, tiče toksičnosti produkata sagorevanja, ustanovljeno je da se pri gorenju EPS-a stvara mnogo manje opasnog ugljenmonoksida nego kod gorenja drvenih i sličnih proizvoda (iverica, lesanit i dr.).

TRAJNOST

Kao prvo, treba istaći činjenicu da su neosnovane tvrdnje o spontanom "nestajanju", "topljenju" (pri uobičajenim uslovima) ili "izgrizanju" stiropora od strane insekata.

Možda je to i bio razlog zbog koga se ovaj materijal nije do sada koristio u većem obimu u građevinarstvu.

Međutim, rezultati ispitivanja govore drugačije.

Kako je u mnogim građevinskim objektima u poslednjih dvadesetak godina široko korišćen ekspanzirani polistiren, vršena su ispitivanja u smislu praćenja promene svojstava na izvađenim uzorcima iz samih konstrukcija (fasade, zidovi, krovovi itd.).

Objekti su bili stari 10-20 godina.

Rezultati su pokazali minimalnu promenu zapreminske mase, kao i napona pritiska pri 10% deformacije.

Ovo je posledica izvesnog starenja materijala, mada, na osnovu važećih SRPS standarda, rezultati ispitivanja koji su pod takvim okolnostima dobijeni u potpunosti odgovaraju deklarisanim vrednostima.

Svakako, kod svih ovih slučajeva radilo se o ispravnoj primeni stiropora.

		Opeka	Beton	Malter	Gips kartonske ploče	Drvo	Iverica	Durisol	Azbest-cementne ploče	Keramika	Krovni filc	Laki metali	Čelik, gvožđe, limovi	Staklo, plastika armirana staklom	Stiropor	Tekstil	Dekoratívni plastični laminati	Karton	PVC folija	Polietilenska folija
A	1. Epoksi smole	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	2. Poliuretanske smole	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B	3. Polimerne disperzije	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	4. Bitumenske emulzije	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	5. Organski lepkovi u obliku pasta	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	6. Organski lepkovi u obliku pudera	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Način spajanja EPS-a sa drugim građevinskim materijalima

		Opeka	Beton	Malter	Gips kartonske ploče	Drvo	Iverica	Durisol	Azbest-cementne ploče	Keramika	Krovni filc	Laki metali	Čelik, gvožđe, limovi	Staklo, plastika armirana staklom	Stiropor	Tekstil	Dekorativni plastični laminati	Karton	PVC folija	Polietilenska folija	
C	7. Kontaktni lepkovi	●	●	●	●	●	●	∅	∅	∅	○	●	●	●	●	●	●	●	●	∅	○
D	8. Lepkovi na bazi bitumena koji vezuju na hladno	●	●	●	∅	○	∅	∅	∅	○	●	∅	●	○	∅	○	○	○	○	∅	○
E	9. Lepkovi na bazi bitumena koji vezuju na toplo	●	●	∅	∅	●	●	●	●	●	●	●	●	∅	●	∅	∅	∅	∅	○	○
	10. Disperzije	○	∅	∅	∅	∅	∅	○	∅	∅	○	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	●	○	○
F	11. Rastvori	○	∅	∅	∅	∅	∅	○	∅	∅	○	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	●	∅	○
	12. Trake, filmovi	○	∅	∅	∅	∅	∅	○	∅	∅	○	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	●	∅	●

● - uobičajena upotreba

∅ - neuobičajena upotreba, ali postoji mogućnost upotrebe

○ - nemoguće korišćenje

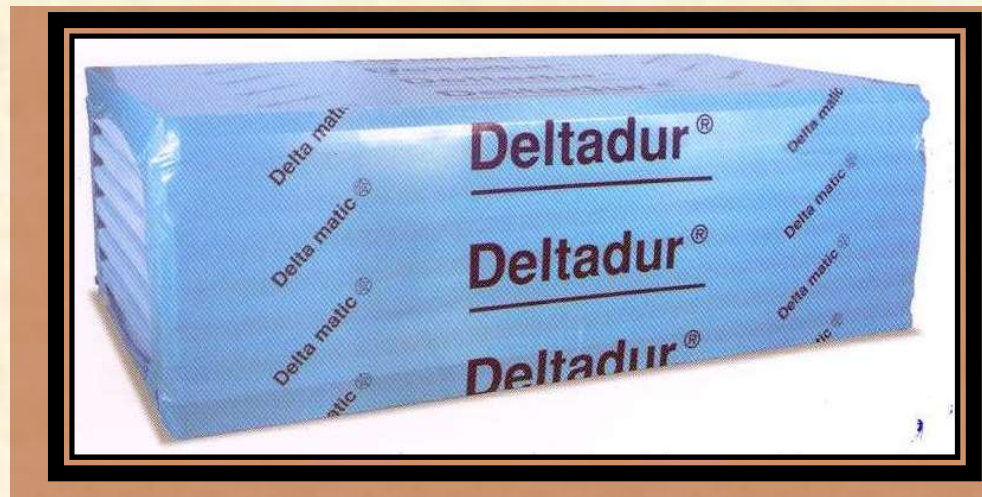
Način spajanja EPS-a sa drugim građevinskim materijalima

EKSTRUDIRANI POLISTIREN DELTADUR (XPS)

Osnovna svojstva



- **dominantna je zatvorena poroznost,**
- **mala paropropustljivost i**
- **izrazito malo upijanje vode.**



Proizvodnja ekstrudiranog polistirola (XPS) spada u kontinualne, „in line“ tehnologije, što znači da se XPS proizvodi bez vremenskih prekida na jednoj proizvodnoj liniji. Automatizovana i sinhronizovana proizvodnja sirovinu sa početka proizvodne linije pretvara u finalni upakovani proizvod. Sam proces se sastoji iz dva osnovna dela: ekstruzije i obrade ploča.

Proces proizvodnje DELTADUR-a se sastoji iz:

- ekstruzije i**
- obrade tabli**

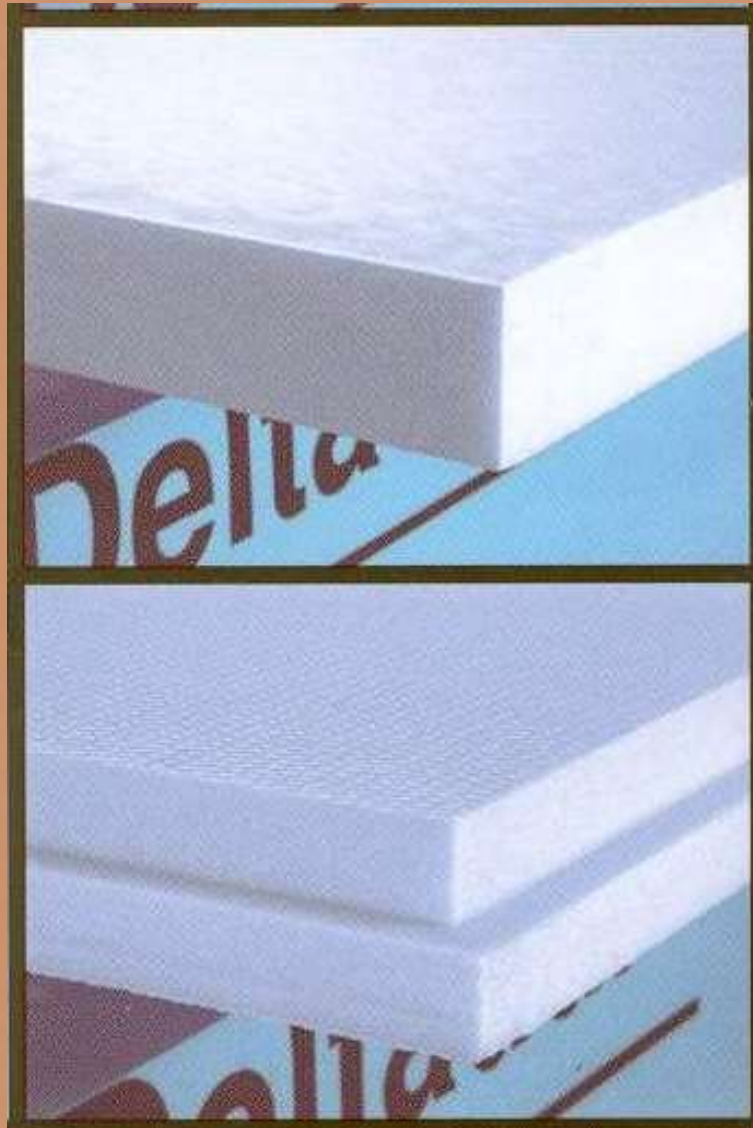
Proces počinje u uređaju za doziranje granuliranih i praškastih komponenti.

Smeša se dalje u prvom ekstruderu greje i topi, pri tome se uvodi pogonski gas (u prvoj fazi freon, a kasnije CO₂). Homogenost smeše ima značajnog uticaja na kvalitet proizvoda (100% zatvorenost ćelija).

Dalje, u drugom ekstruderu vrši se hlađenje i temperiranje rastopa i definitivna homogenizacija u tzv. statičkom mikseru, koji je sastavni deo ekstrudera.

Pothlađena masa ulazi u široku diznu sa tačno određenim parametrima temperature i pritiska. Iz dizne masa prelazi u kalibrator koji joj daje formu trake. Traka se hladi da bi očvrsla, jer samo čvrsta traka može dobro da se seče i obrađuje.













Pre otpreme materijal mora da odleži najmanje 7 dana.

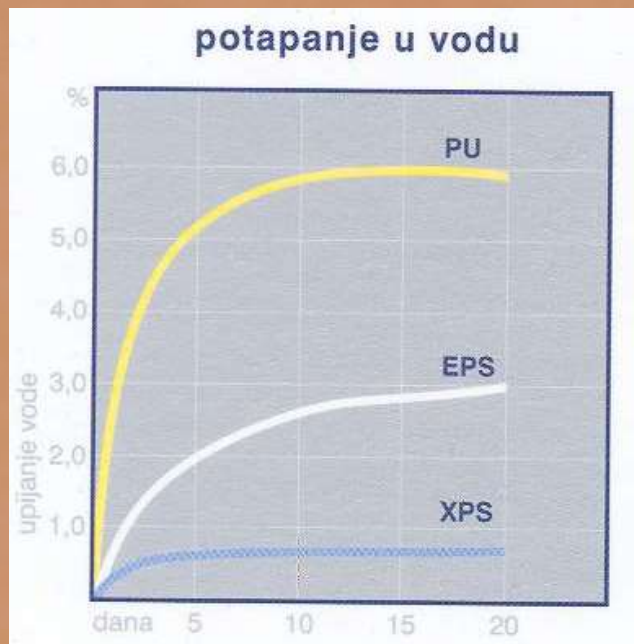


STIRODUR – fizičko-mehanička svojstva

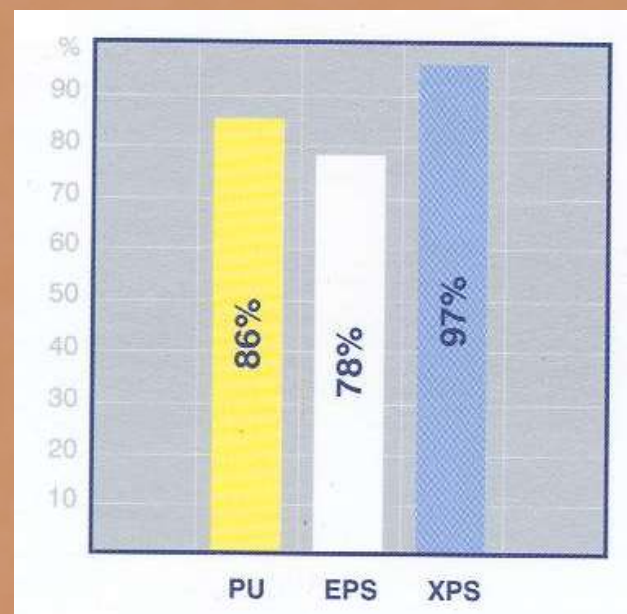
Gustoća	kg/m ³	25	28	28	33	33	35 ^①	45 ^①	53 420
Koeficijent toplotne vodljivosti	W/(m·K)								
Rač. vrednost		0,028	0,030	0,030	0,027	0,028	0,027	0,027	52 612
Nazivna vrednost		0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	18 164
Koeficijent lineranog temperaturnog istezanja	K ¹								
uzdužno		80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶
poprečno		60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶	60 · 10 ⁻⁶
Zapaljivost		Klasa B1, teško zapaljiva, PA-III 2.198							4102
Faktor otpora difuziji vodene pare ^②	-	160-100	160-100	160-100	200-80	200-80	200-100	200-100	52 615
Upijanje vode pri promenama temperatura nakon 28 dana	vol. %	0,3							53 434
			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Čvrstoća prijanjanja na beton	N/mm ²		0,25-0,60	0,25-0,60					

Čvrstoća na smicanje	N/mm ²		0,3	0,3					
Tlačna čvrstoća kod 10% stišljivosti ^①	N/mm ²	0,15-0,20 ^⑤	0,30 ^⑤	0,30 ^⑤	0,30 ^①	0,25	0,50	0,70	53 421
Dopuštena trajna tlačna čvrstoća nakon 1000 sati. Opterećenje pri 23°C. Stišljivost < 2% ^③	N/mm ²	0,1	-	-	0,16	-	0,24	0,30	ISO 7850
Dopuštena trajna tlačna čvrstoća na 20 godina. Opterećenje pri 23°C. Stišljivost < 2% ^③	N/mm ²	0,04	-	-	0,06	-	0,12	0,16	
Dopušteni pritisak kod opterećenja u saobraćaju ^{③④}	N/mm ²	0,08	-	-	0,13	-	0,18	0,25	
Granična temperatura upotrebe	°C	75	75	75	75	75	75	75	

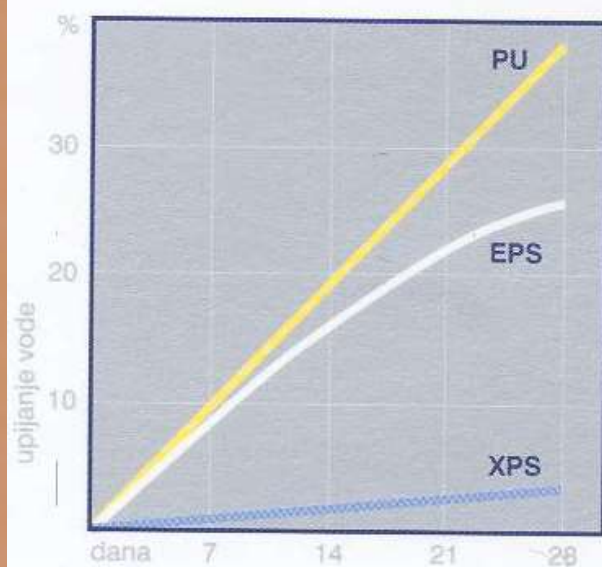
Osobine	3300 E	3300 ES	3500 ES	3700 ES	4000 ES	4500 ES	Standard
Oblikovanje ivica	 	 	 	 	 	 	
Gustina (ρ), [kg/m ³]	33	33	35	37	40	45	DIN 53 420 JUS G.S2.410
Dimenzije [mm] dužina širina debljina	1250 600 20-80	1250 600 30-80	1250 600 30-80	1250 600 30-80	1250 600 30-80	1250 600 30-80	JUS G.S2.810
Koeficijent toplotne provodljivosti (λ)* [W/(m·K)] d ≤ 50 mm d = 60 mm d = 70 mm d = 80 mm	 0.035 0.035 0.040 0.040	 0.035 0.035 0.040 0.040	 0.035 0.040 0.040 0.040	 0.035 0.040 0.040 0.040	 0.035 0.040 0.040 0.040	 0.035 0.040 0.040 0.040	DIN V 4108-4
Otpornost na vatru - klasa zapaljivosti	B1	B1	B1	B1	B1	B1	DIN 4102 JUS U.J1.055
	Teško zapaljivo						
Faktor otpora difuziji vodene pare (μ)*	200-80	200-80	200-80	200-80	200-80	200-80	DIN V 4108-4
Zapreminsko upijanje vode posle 28 dana [%]	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	DIN 53 434 JUS G.S2.818
Čvrstoća na pritisak pri 10% stišljivosti [N/mm ²]	0.30	0.30	0.50	0.55	0.60	0.70	DIN 53 421 JUS G.S2.813
Granična temperatura primene [°C]	75	75	75	75	75	75	



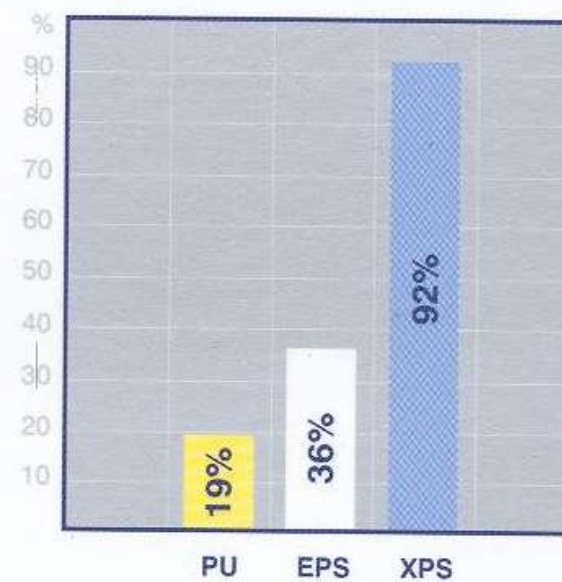
Očuvanje toplotnog otpora R posle testa



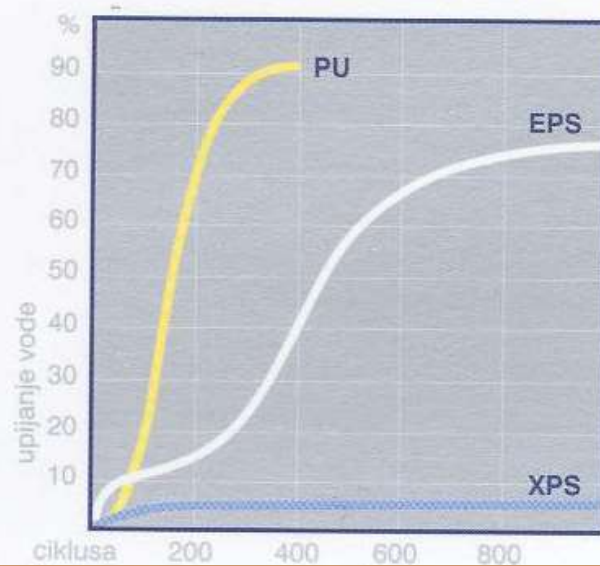
difuzija vodene pare



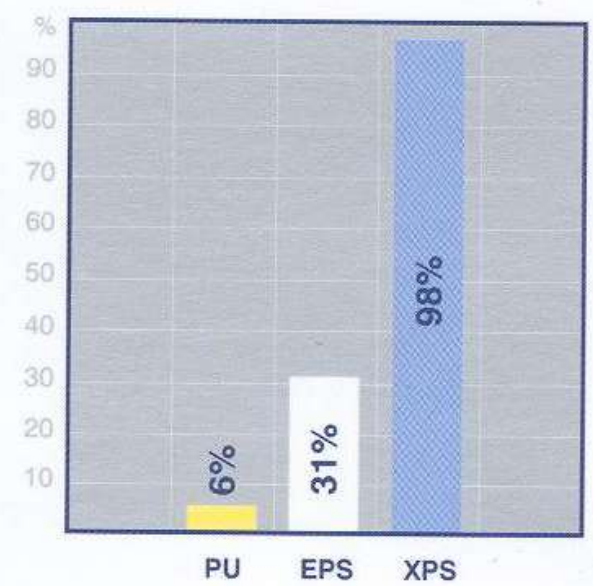
Očuvanje toplotnog otpora R posle testa



ciklično zamrzavanje



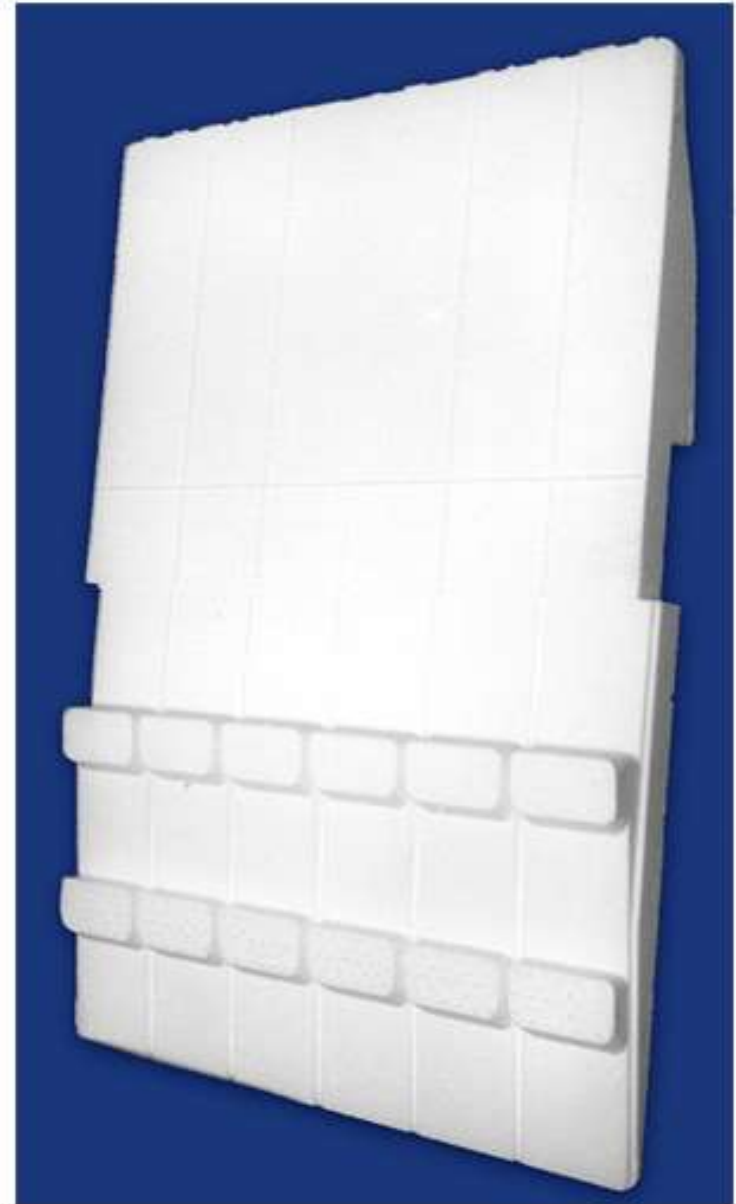
Očuvanje toplotnog otpora R posle testa



Komparacija fizičko-mehaničkih svojstava

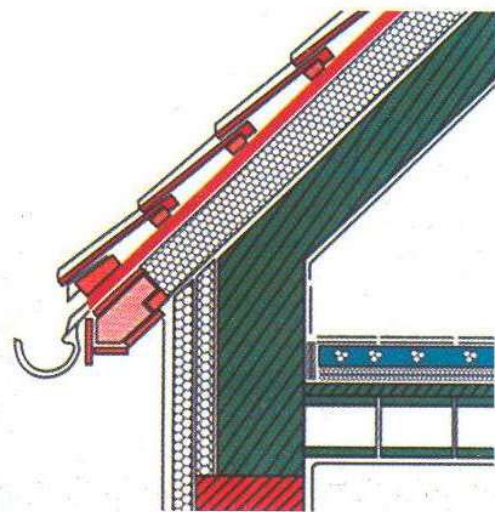
	γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	u_v [%] vol.	$\sigma_{p10\%}$ [MPa]
<i>DELTA</i>STYR	15 – 30	na 10° 0.031-0.036	0.8 – 3,0	0.07 – 0.26
<i>DELTA</i>DUR	33 - 45	na 10° 0.035 zavisno od debljine	< 0.2	0.3 – 0.7

PRIMENA

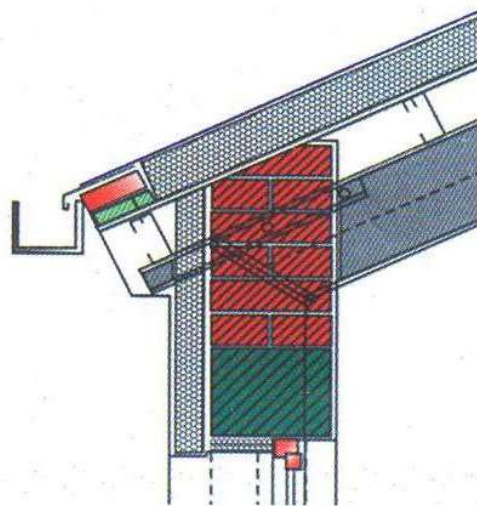


Kosi krov sa specijalno oblikovanim podmetačima od stiropora

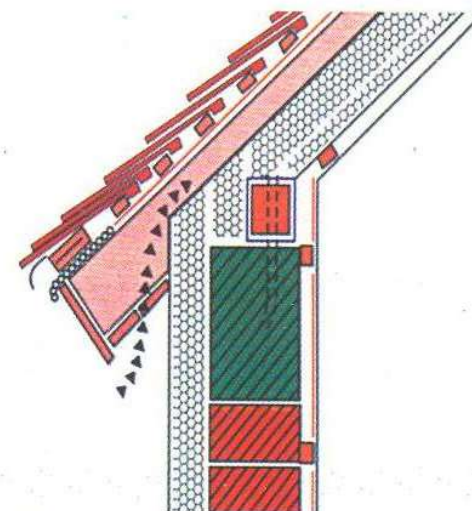
DETALJI PROJEKTA TOPLOTNE ZAŠTITE



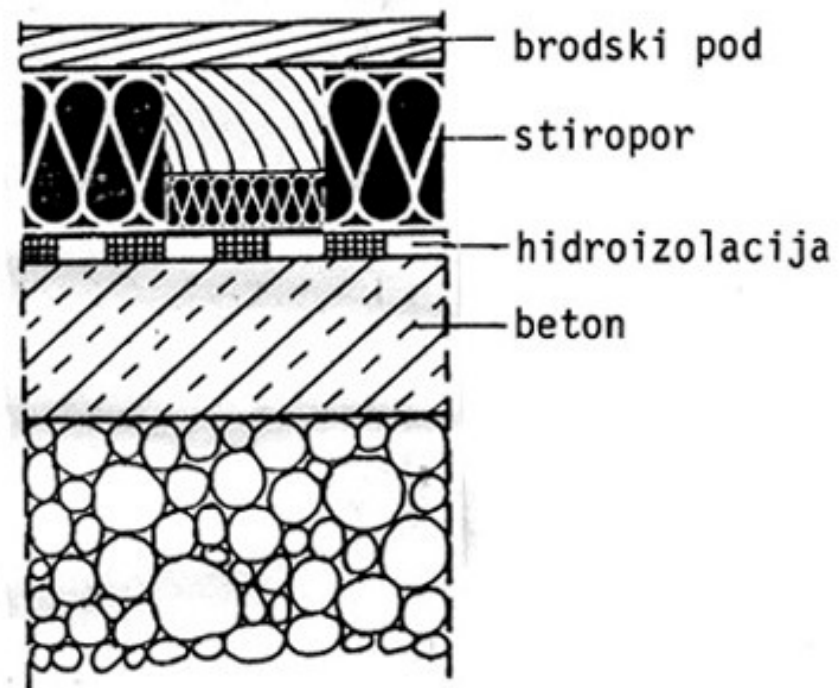
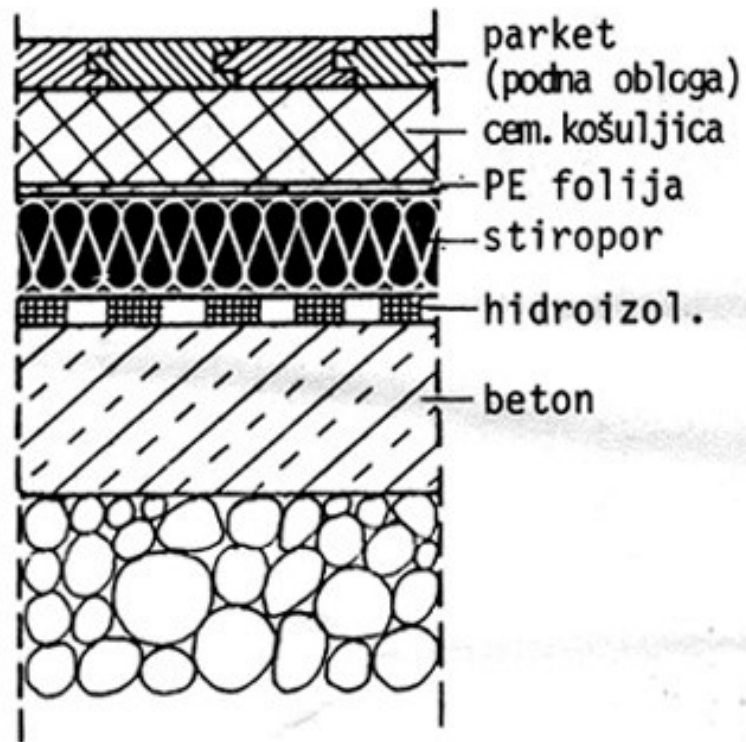
Izolacija klasičnog kosog krova



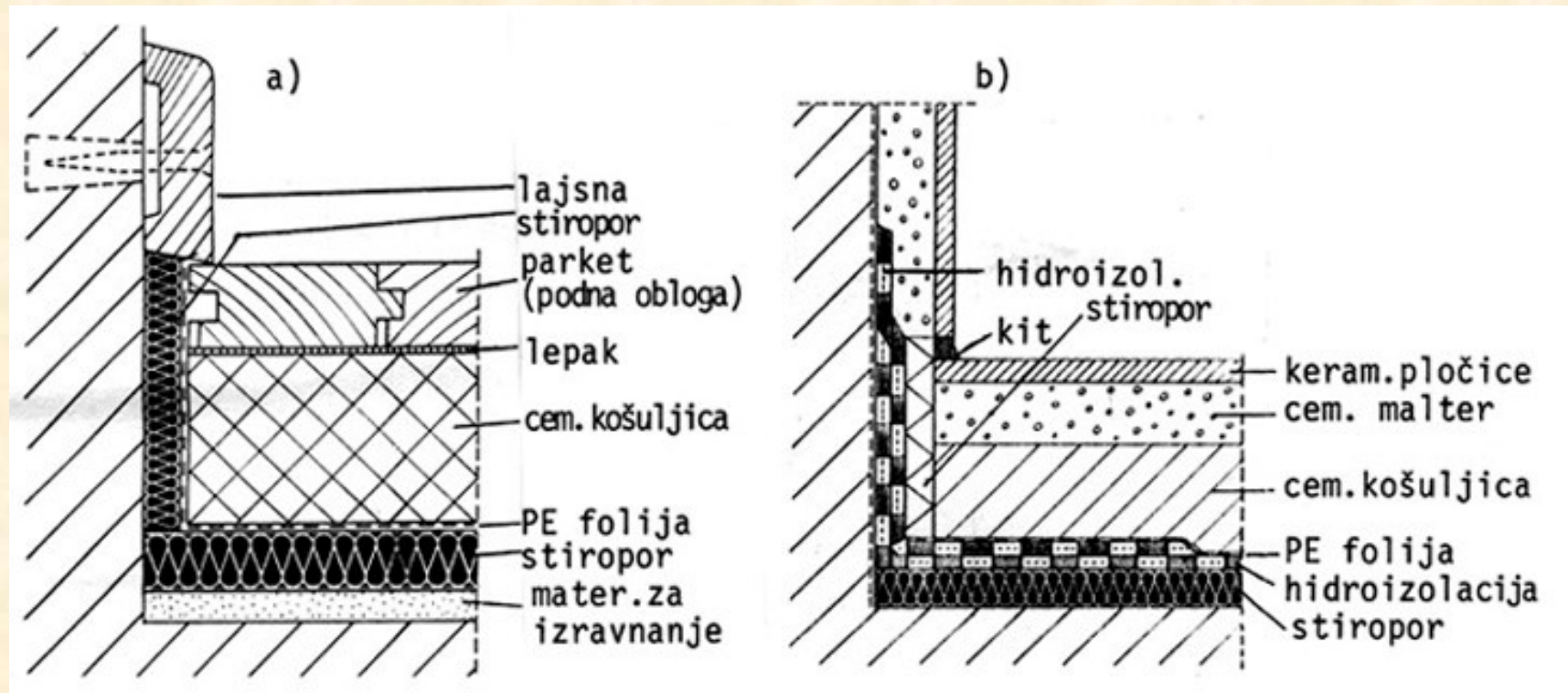
Izolacija laganog krova



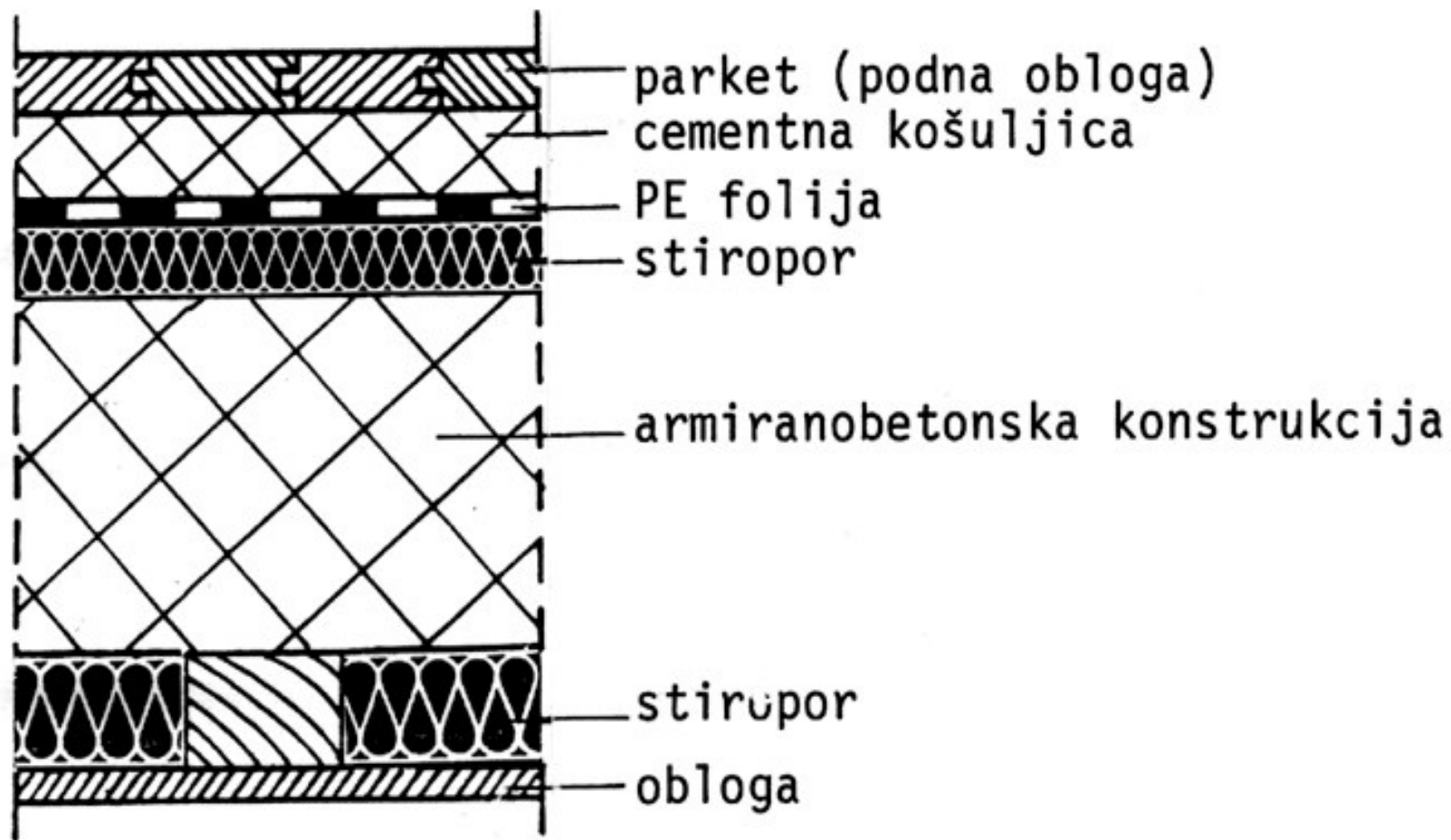
Izolacija "vetrenog" kosog krova



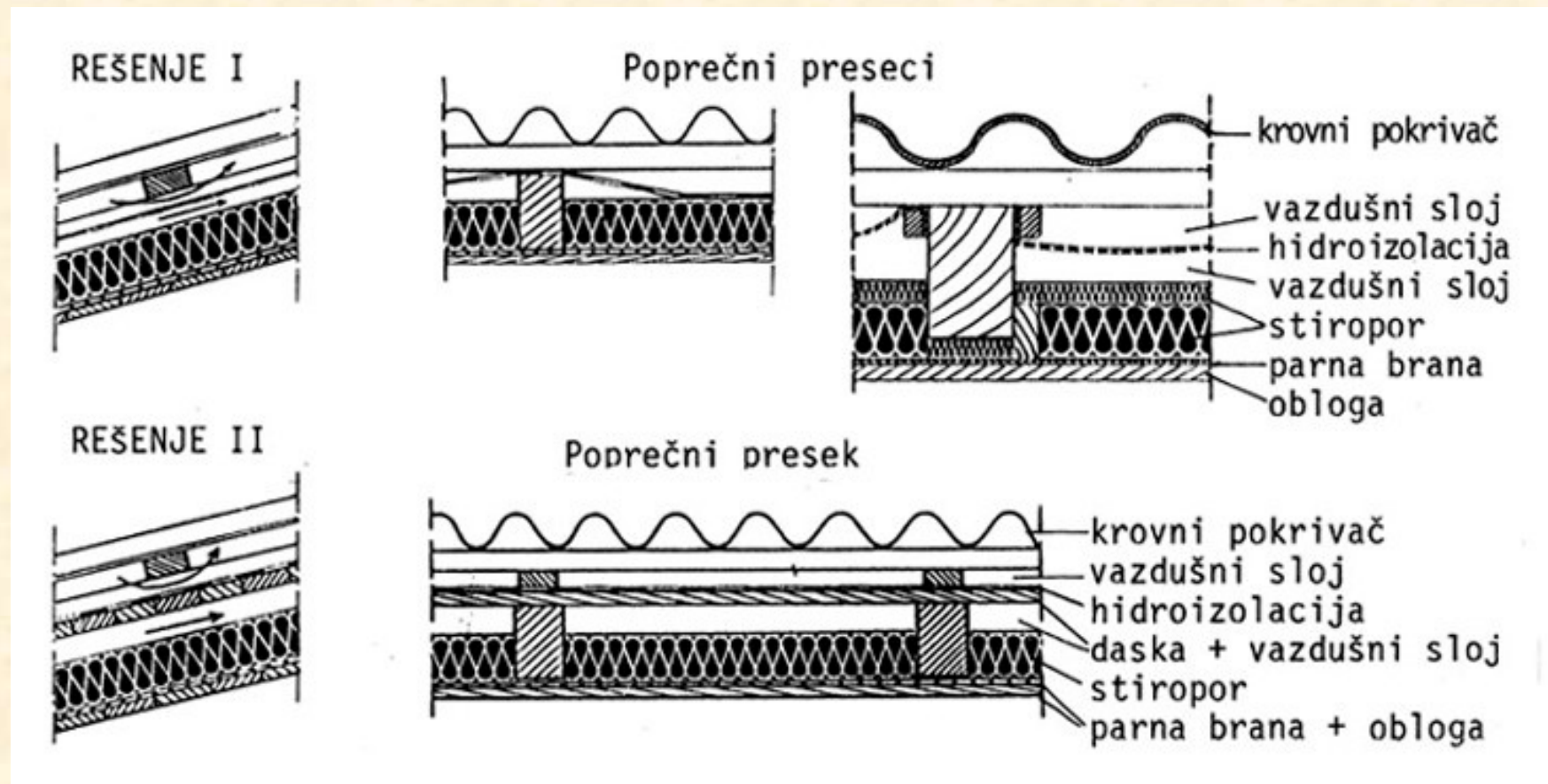
Rešenja podova na tlu



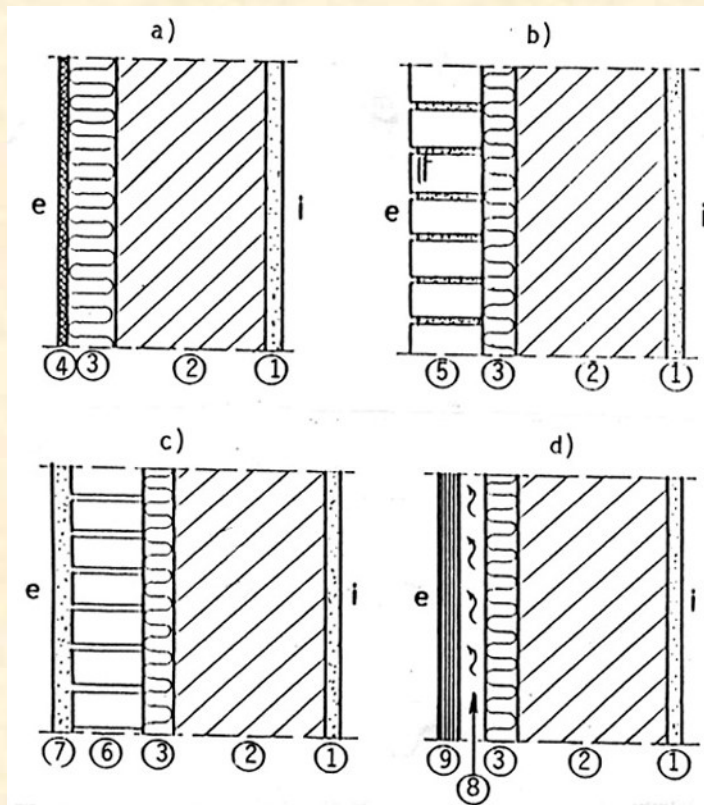
Plivajući podovi u suvim prostorijama (a) i u mokrim čvorovima (b)



Jedan od mogućih načina izvođenja poda iznad pasaža



Klasična rešenja toplotne zaštite kosih krovova

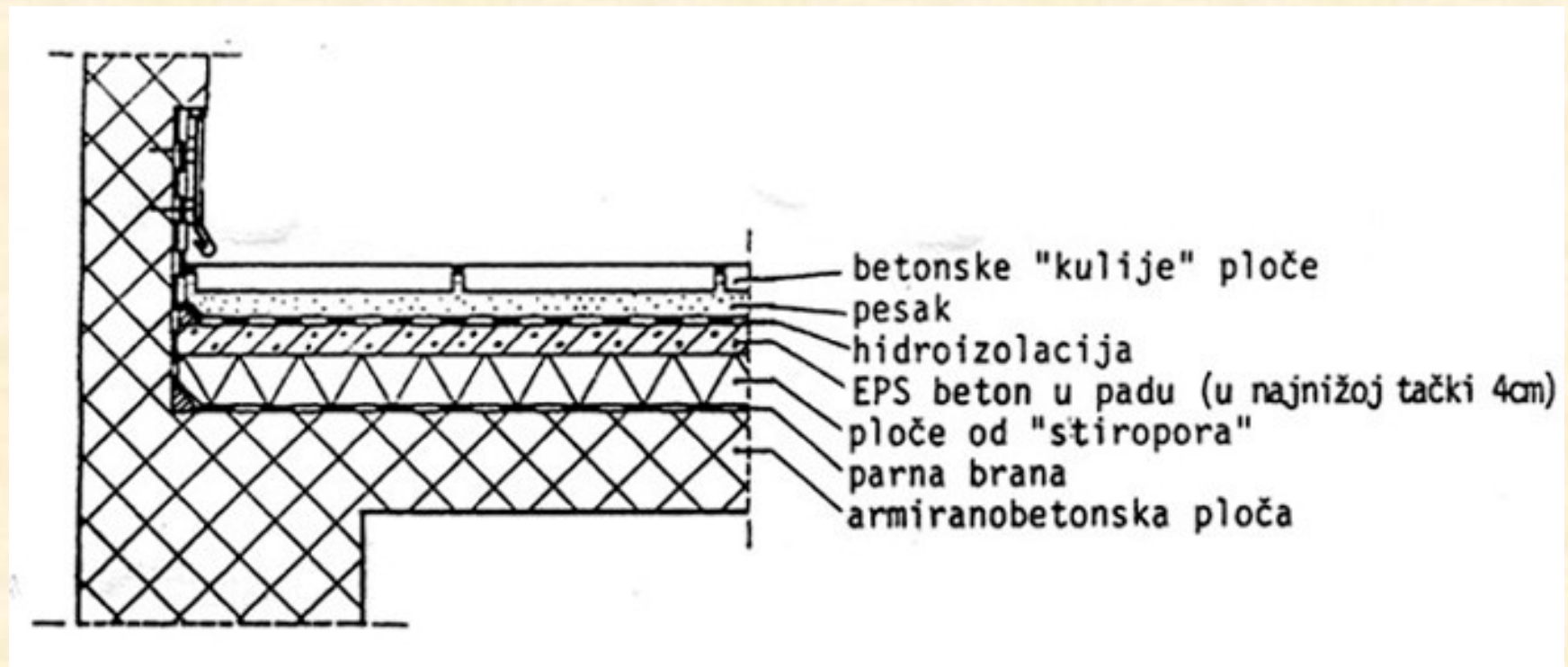


LEGENDA

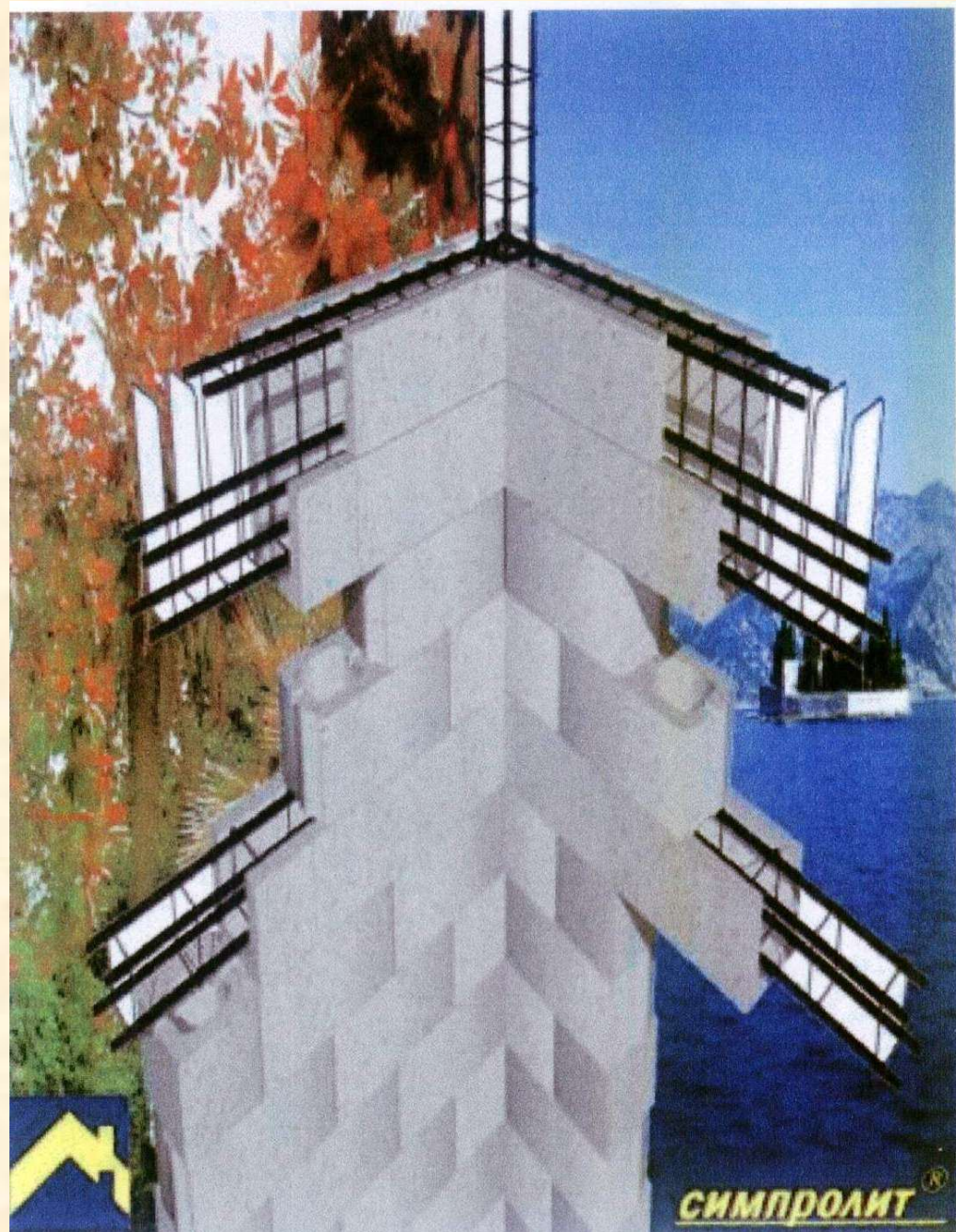
- 1 - unutrašnji malter debljine 1,5-2,5cm
- 2 - unutrašnji zid
- 3 - sloj stiropora (debljina prema termičkom proračunu)
- 4 - završna (tankoslojna) zaštita fasade
- 5 - zid od fasadne opeke
- 6 - spoljašnji zid (može da bude od opeke ili od betona)
- 7 - spoljašnji fasadni malter ukupne debljine do 3cm
- 8 - vazdušni sloj za ventilaciju (debljina 4-6cm, odnosno prema termičkom proračunu)
- 9 - fasadna obloga (kamene ploče, profilisani lim i dr. sa odgovarajućom nosećom konstrukcijom)

Napomena: Kod rešenja b) i c) moguće je da prostor između zidova bude samo delimično ispunjen slojem stiropora. Drugim rečima, moguće je da i u tim slučajevima postoji vazdušni sloj za ventilaciju kao u slučaju zida pod d).

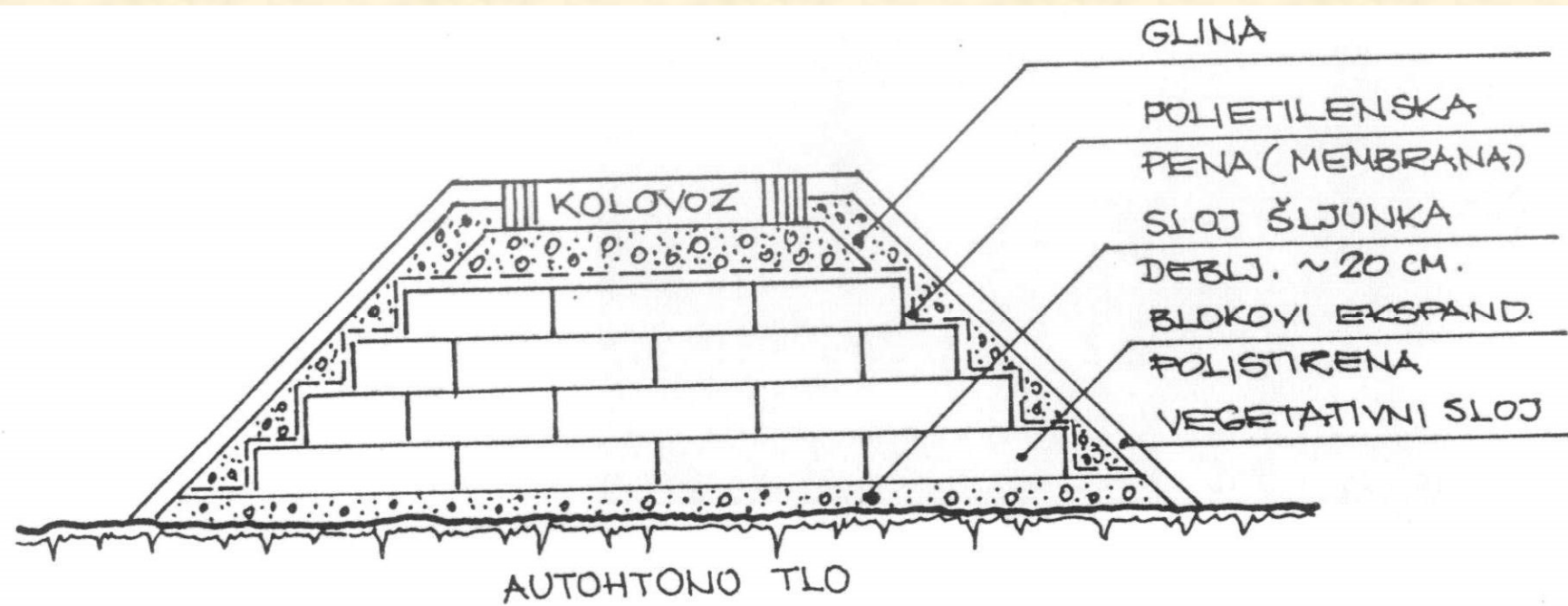
Načelna rešenja fasadnih zidova "utopljenih" stiroporom



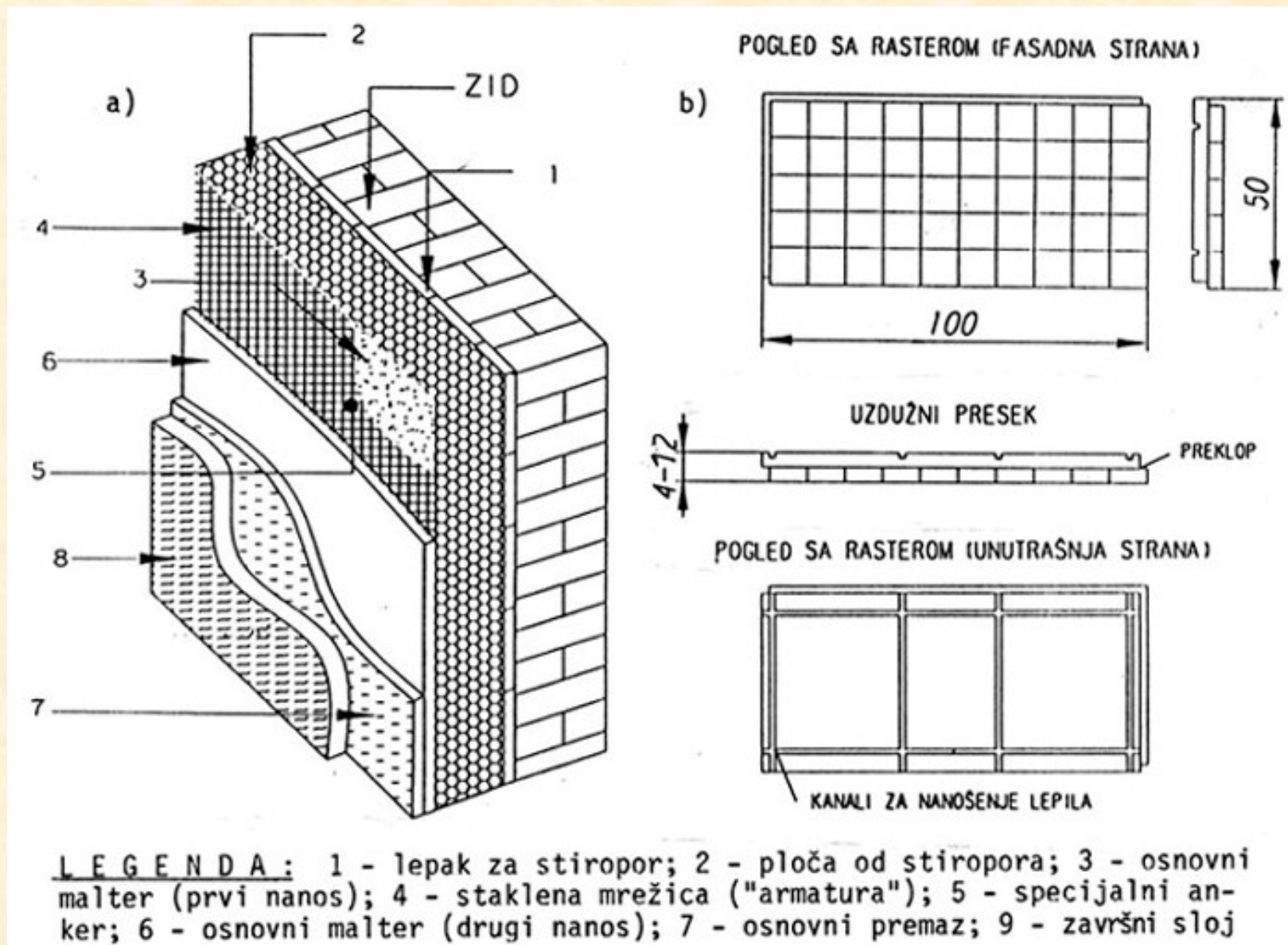
Primer primene EPS betona u okviru rešenja ravnog krova - terase



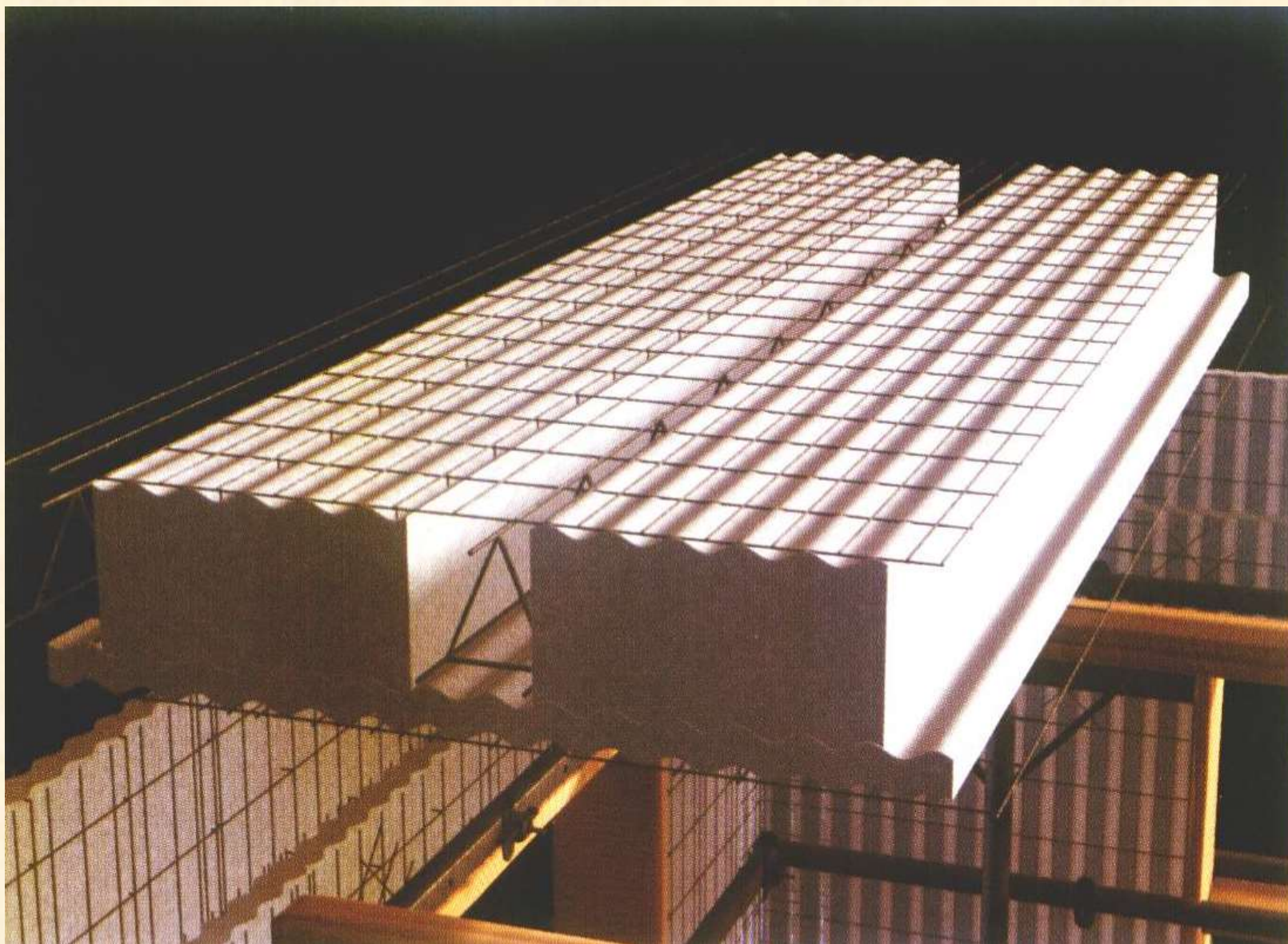
***Blokovi za zidanje
SIMPROLIT u armiranim
zidovima***



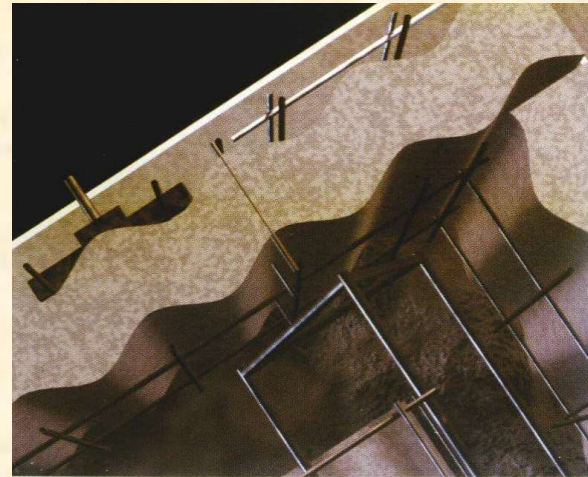
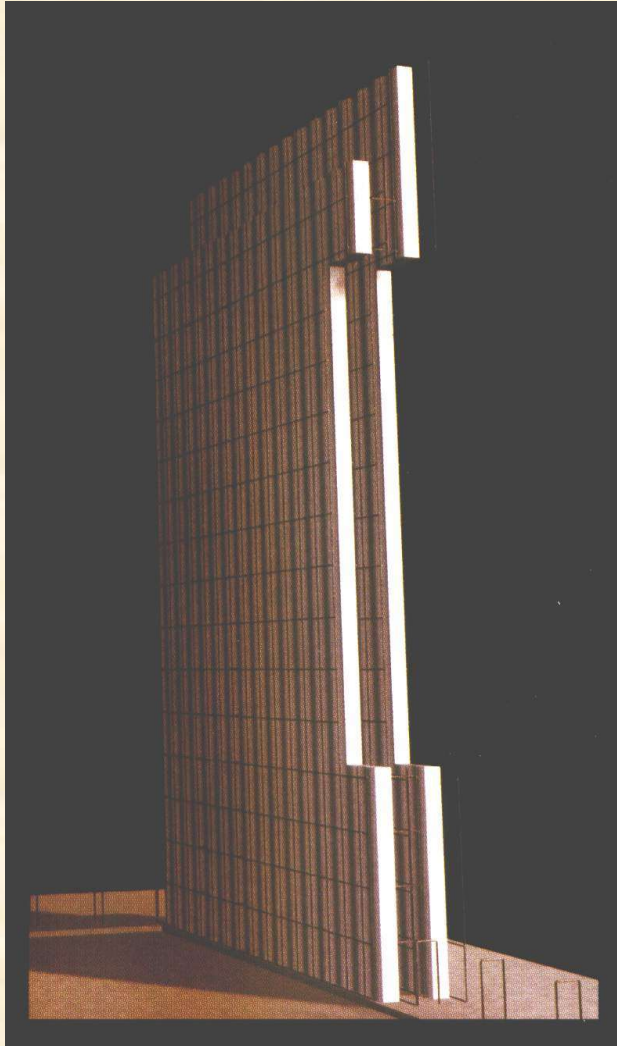
Primena stiropora u putogradnji (izrada nasipa)



Sistem DEMIT fasade (a) sa pratećim pločama od stiropora (b)



Primer međupratne konstrukcije sa “izgubljenom” oplatom od stiropora



***Primer spoljašnjeg panela sa stiroporom kao termoizolacijom i
“izgubljenom” oplatom***



Ispitivanje athezije stiropora



Visina kapilarnog upijanja SIMPROLITA



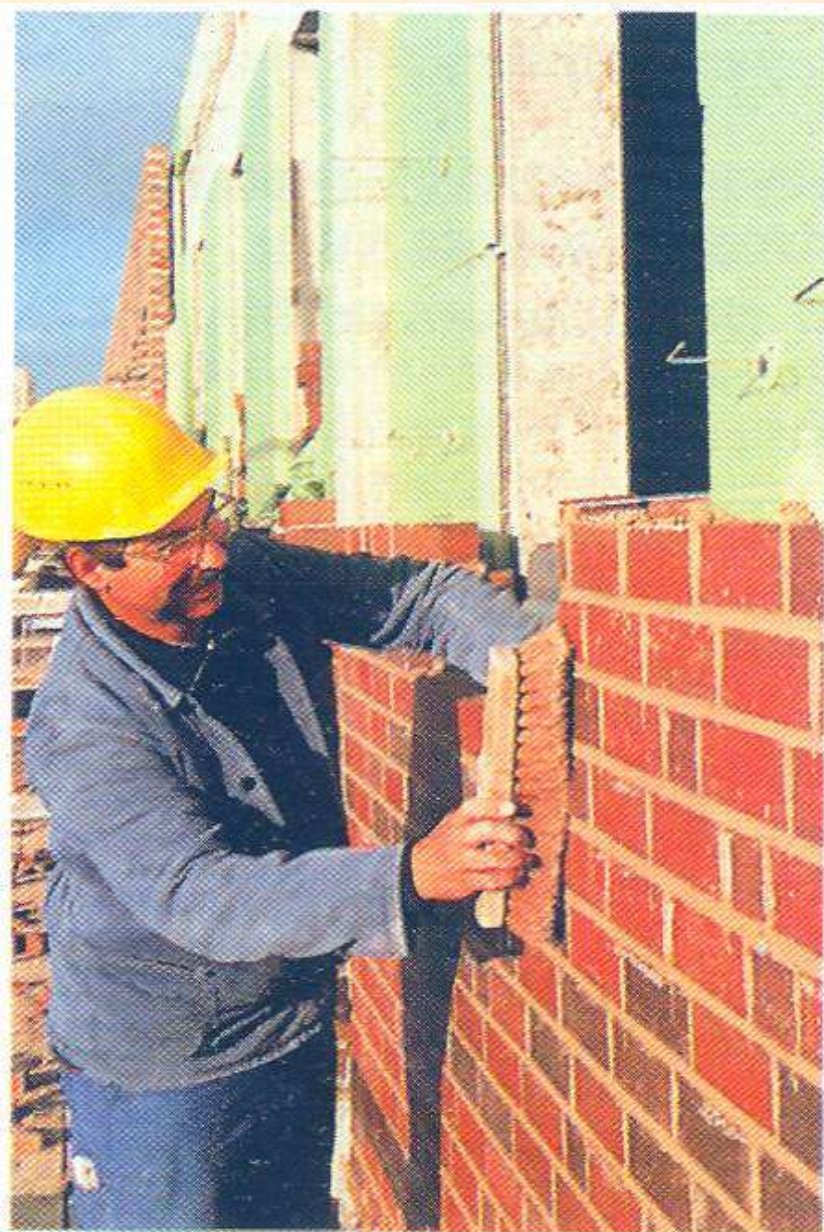
Toplotno izolovana parking terasa iznad jednog tržnog centra



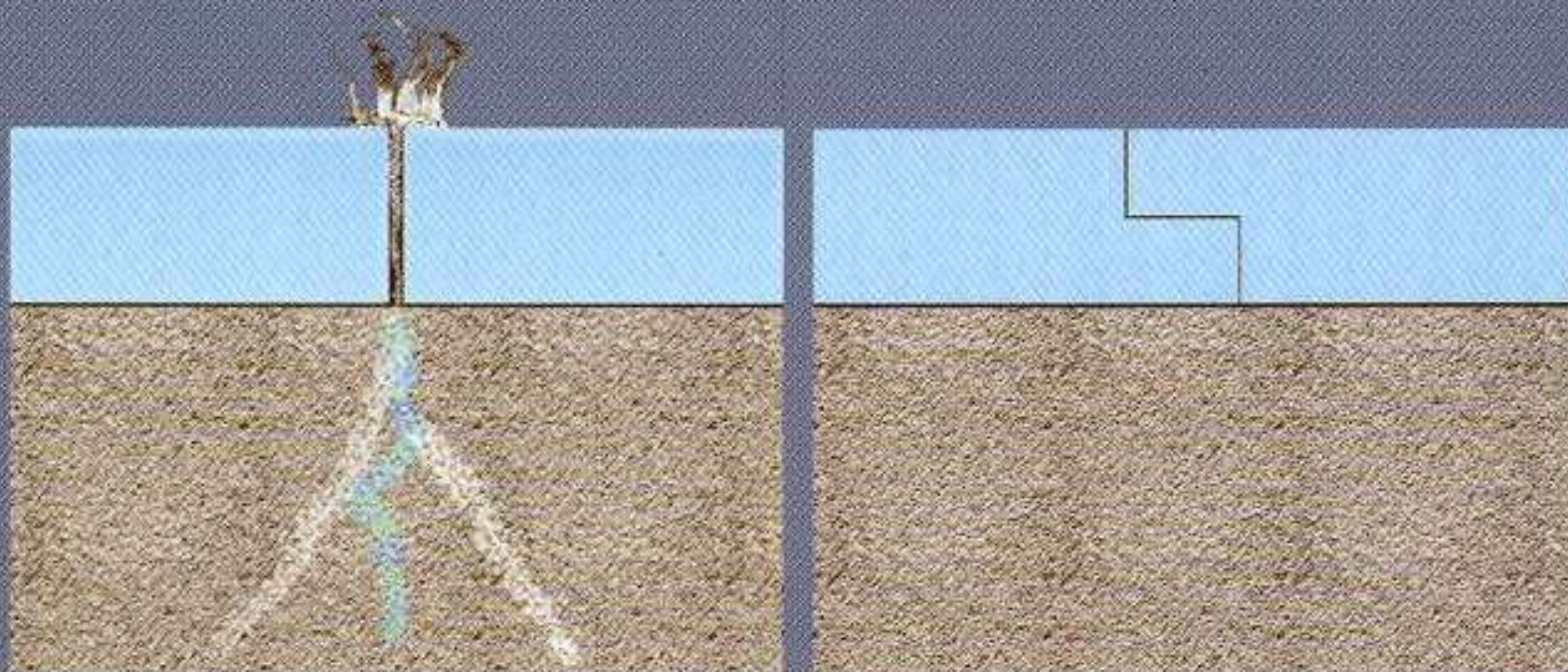
Toplotna izolacija ispod podne ploče



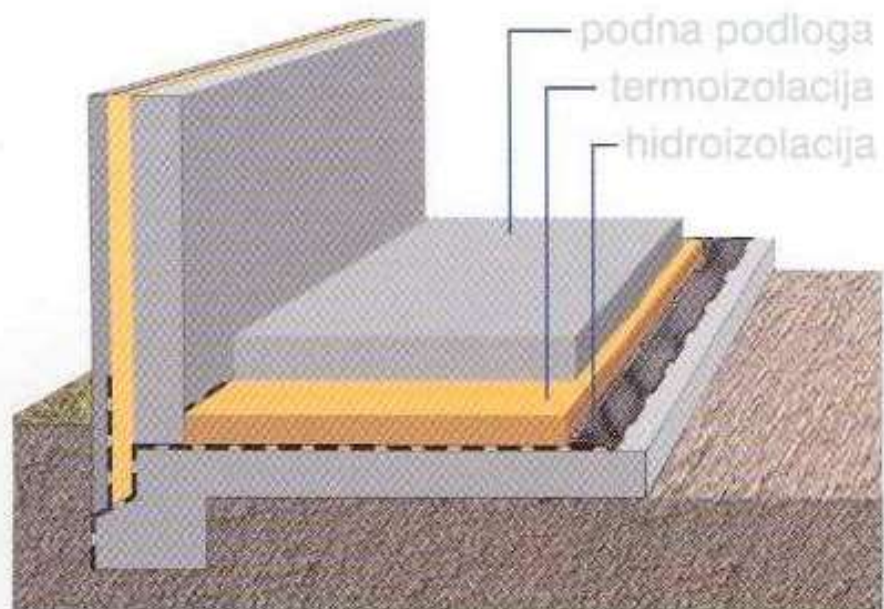
Toplotna izolacija spoljnjeg podrumskog zida



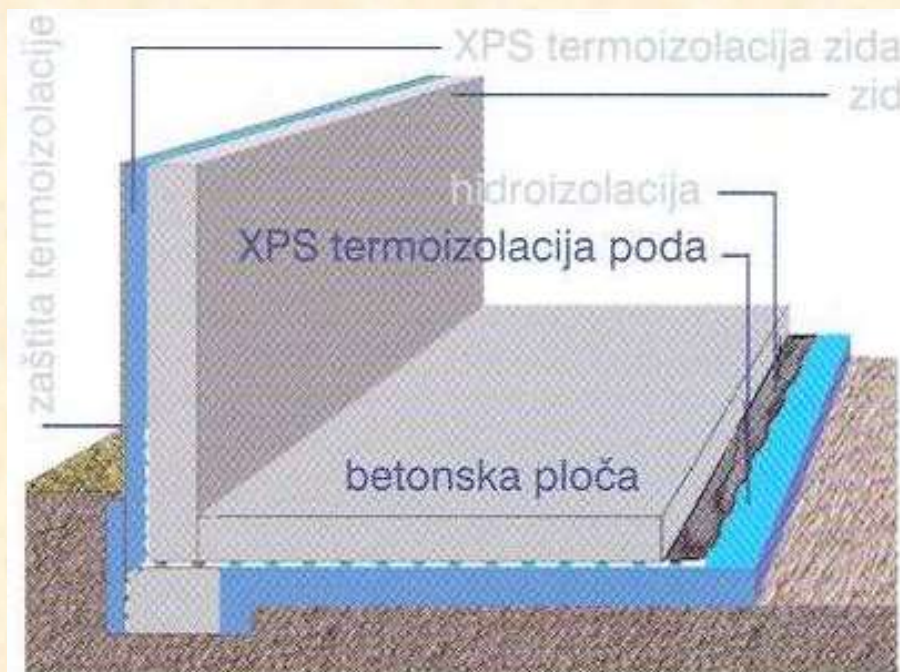
Toplotna izolacija između dva masivna zida



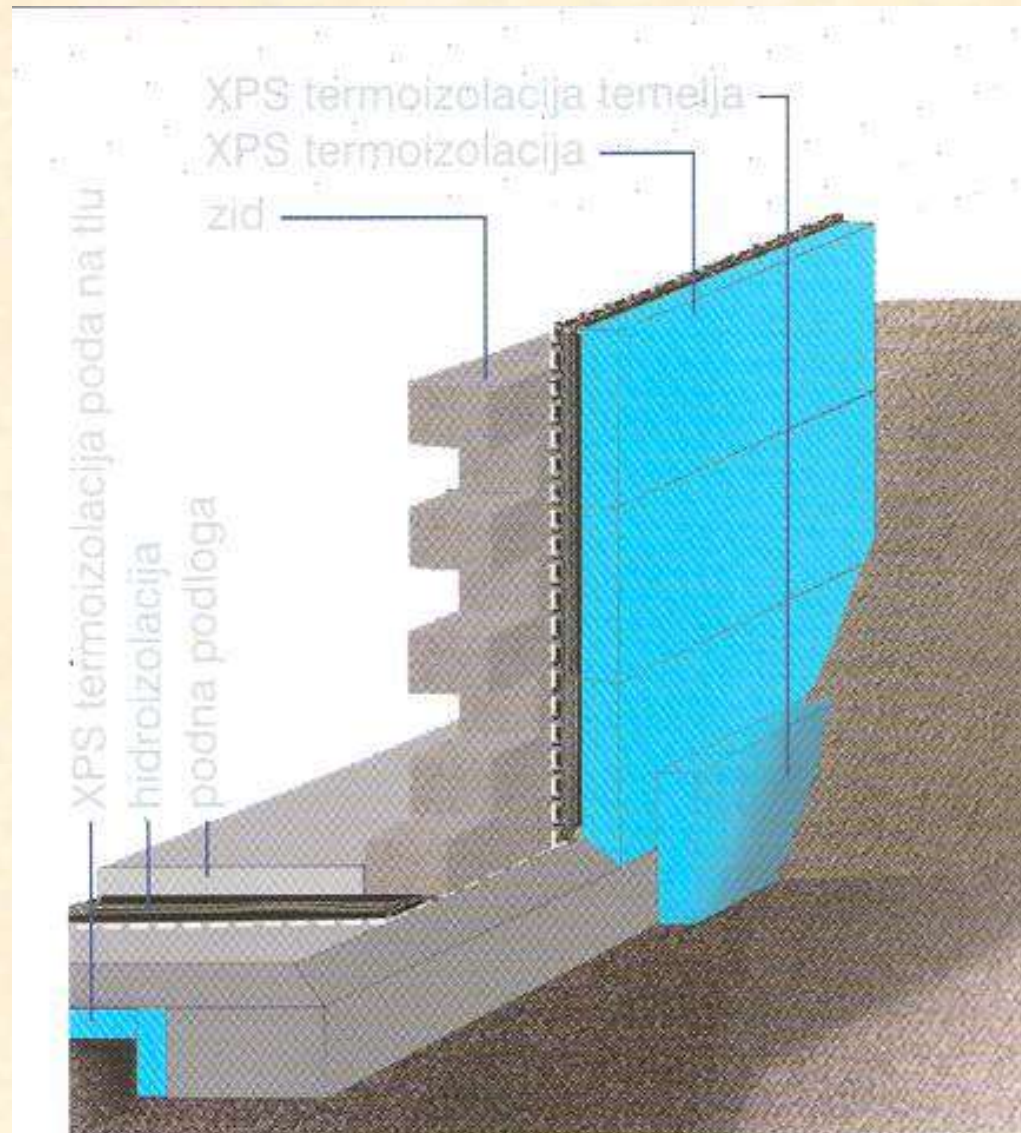
Sprečavanje kondenzacije vodene pare kroz zazor između ploča i njenih posledica, upotrebom ploča Deltadur[®]ES sa profilisanim ivicama.



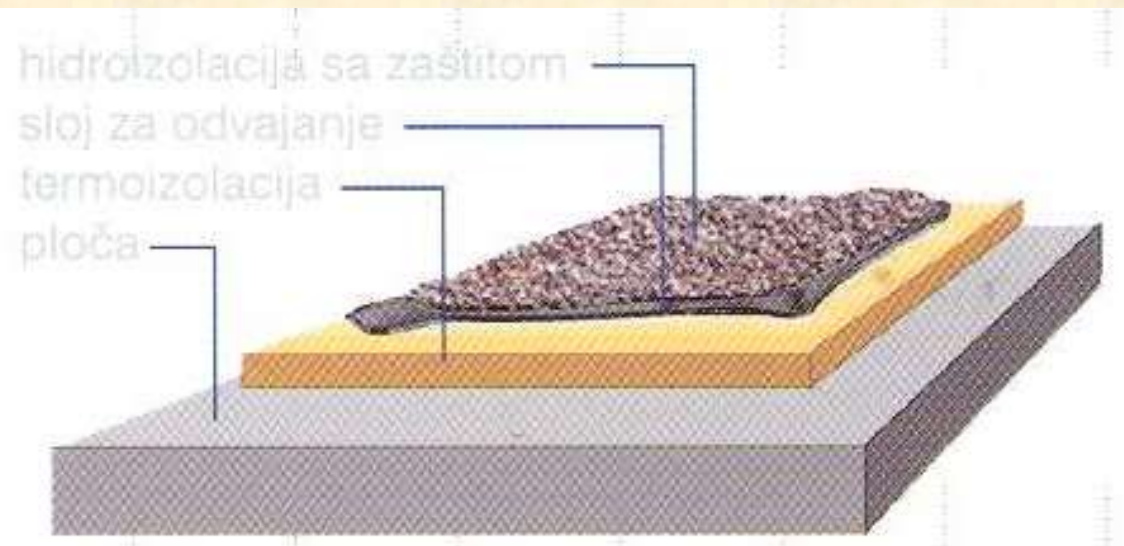
Klasična konstrukcija poda na tlu



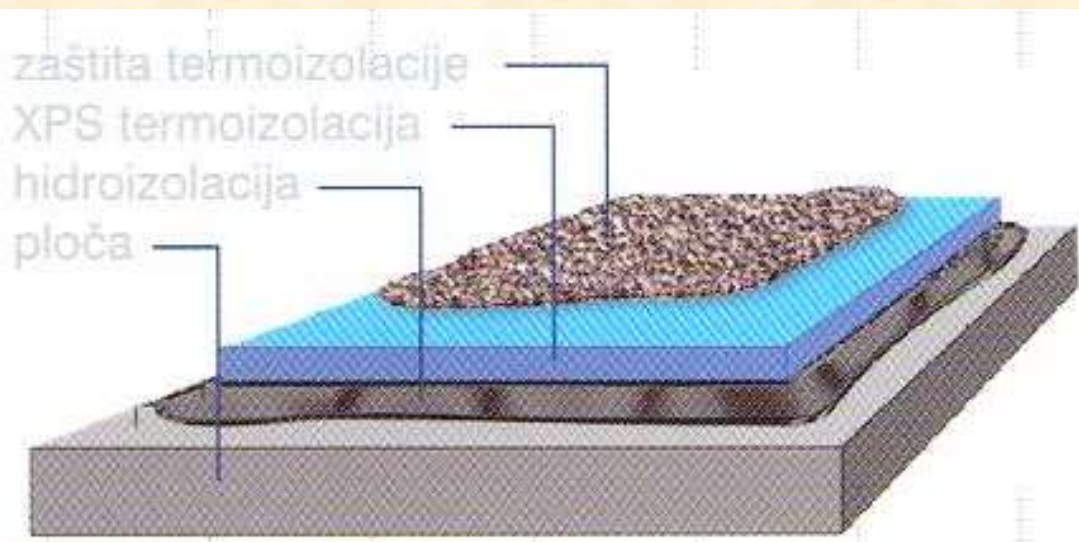
XPS toplotna izolacija poda na tlu



Toplotna izolacija ukopanih prostorija



Klasična konstrukcija ravnog krova



Inverzna konstrukcija ravnog krova

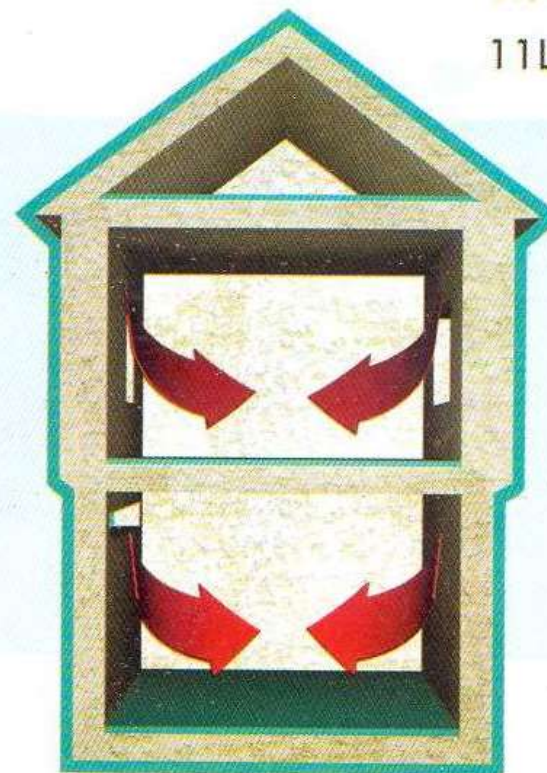
Potrošnja ulja za loženje za kuću u III klimatskoj zoni
korisne površine 160 kvadratnih metara, u jednoj
sezoni loženja

4.960 L.
31L/ M.KV.

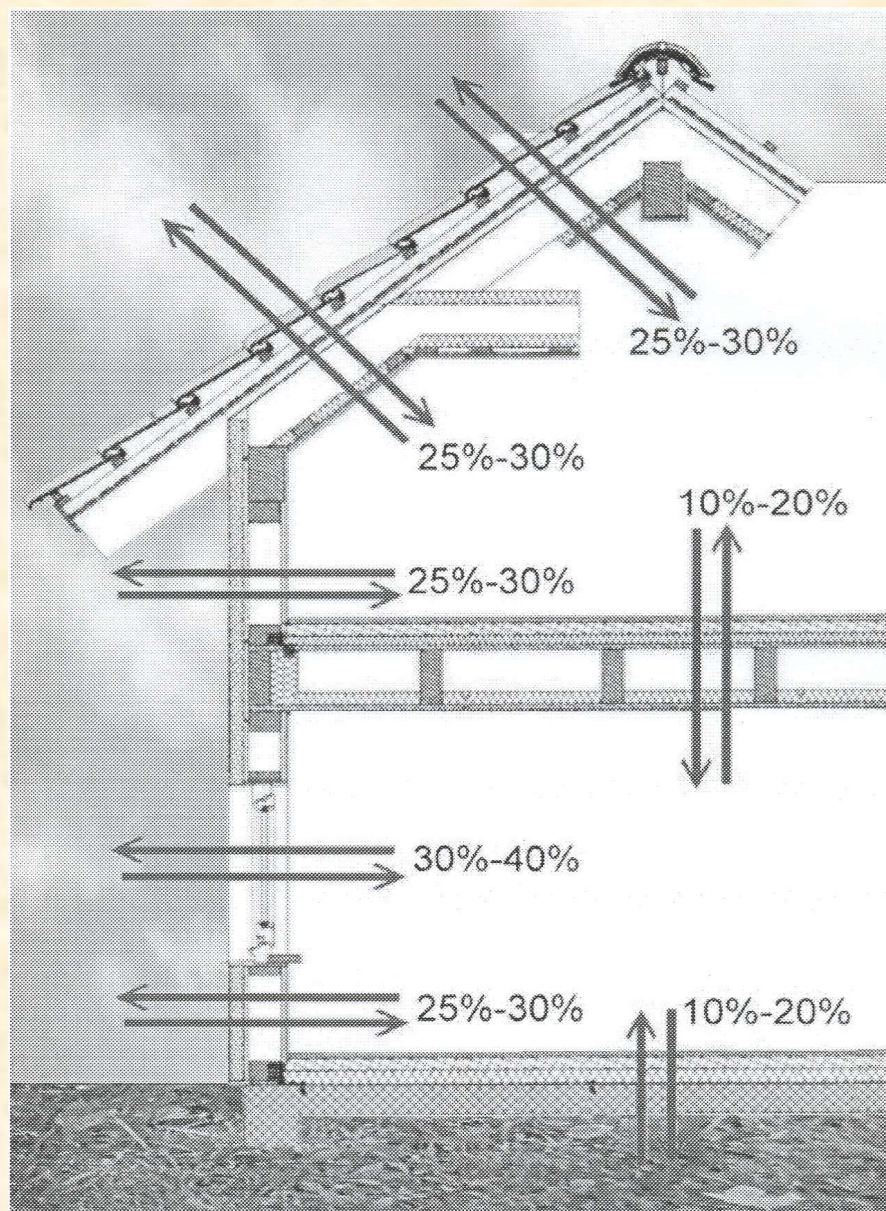


NEIZOLOVANI OBJEKAT

1.750 L.
11L/ M.KV.



IZOLOVANI OBJEKAT



**SHEMA APROKSIMATIVNIH GUBITAKA TOPLOTE
KROZ POJEDINE DELOVE OBJEKTA**
(KROVOVI, PLAFONI, PROZORI, PODOVI, SPOLJAŠNJI ZIDOVI)

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA

- **Poliuretanske peno-plastične mase se dobijaju kao rezultat složenih reakcija, koje se odvijaju u mešavini polaznih komponenata :**
 - **poliestara,**
 - **diizocijanida,**
 - **vode,**
 - **katalizatora i**
 - **emulgatora.**

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA

Osnovna svojstva

➤ fizičko - mehanička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	μ [-]	$\sigma_{p10\%}$ [MPa]	σ_z [MPa]
30 - 50	0.030-0.037	40 - 50	0.200 – 0.400	0.300 – 0.700

- Po svojim fizičkim svojstvima sličan je stiroporu, a po mehaničkim EEPS-u.

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA

Proizvodi i njihova primena

- **Poliuretanski termoizolacioni materijali najčešće se proizvode kao:**
 - **krute ploče obložene limovima (tzv. "sendvič" sistemi) i**
 - **rasprskavajuće pene, koje se direktno nanose na površine elemenata konstrukcije koje se termički izoluju (tzv. "poliuretan - sprej" tehnika).**

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA



Troslojni termoizolacioni panel

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLIURETANA



Primena "poliuretan - sprej" tehnike

**TERMOIZOLACIONI MATERIJALI
MINERALNOG POREKLA**

KAMENA (MINERALNA) VUNA



KAMENA (MINERALNA) VUNA

- Kamena ili mineralna vuna sastoji se od staklastih vlakana i stvrdnutih kapi silikatnog rastopa.
- Dobija se topljenjem mešavine prirodnih mineralnih stena.
- Osnovne sirovine su stene magmatskog porekla:
 - bazalt,
 - dijabaz,
 - gabro,
 - andezit.

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Korektori sastava i topitelji su:

- **stene sedimentnog porekla**
 - **krečnjaci**
 - **krečnjaci sa primesom dolomita**
 - **dolomiti**
 - **glina**

- **topioničke zgure**
 - **zgura kupolastih peći**
 - **zgure Simens-Martinovih peći**
 - **zgura visokih peći**

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Osnovna svojstva

➤ hemijska svojstva

- hemijski sastav (%):

SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	TiO_2	K_2O
42-44.5	9-22.5	14-16.5	6.5-7.2	7-9.2	2.5-3	1-1.4	0.4-0.6

- hemijski inertan materijal,
- postojana na uticaj vode, vodene pare i različitih jedinjenja izuzev fluora

KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička i mehanička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	α_T [K ⁻¹]	μ [-]	u_v [%]	$\sigma_{p,10\%}$ [MPa]	f_z [Pa]
45-160	0.035-0.041	5×10^{-5}	≥ 1.1	> 100	0.003-0.050	0.01-0.03

- Debljina vlakana 5 – 7 μm
- Izrazito velika poroznost (92 – 97%),
- Dominantna otvorena poroznost,
- Izrazito velika sposobnost upijanja vode,
- Propustljivost vlage,

KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička i mehanička svojstva

- Postojanost na visokim temperaturama ($t \geq 250^{\circ}\text{C}$),
- Dobra apsorpcija zvuka,
- Mala otpornost na dejstvo mraza.

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Svojstva kamene vune	Klasa	
	I	II
Zapreminska masa pri zbijenosti od 0.08kN/m ² , [kg/m ³]	max. 150	max. 220
Sadržaj staklastih kapljica većih od 0.5mm, [%]	max. 10	max. 30
Prosečna debljina vlakana, [mm]	max 0.007	
Koeficijent toplotne provodljivosti za: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0°C, [W/(mK)] ▪ 100°C, [W/(mK)] ▪ 300°C, [W/(mK)] 	0.041 0.058 0.098	0.058 0.081 0.139
Maksimalna dozvoljena vlažnost, [%]	3	
Dozvoljena (radna) temperatura u ekspl.uslovima, [°C]	600	

KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ Prednosti

- mala zapreminska masa,
- nizak koeficijent toplotne provodljivosti,
- širok temperaturni interval primene (do +700°C),
- negorivi materijal (klasa A1, DIN 4102),
- prilikom topljenja ne oslobađa štetne gasove i
- biorazgradljivost.

KAMENA (MINERALNA) VUNA

➤ Nedostaci

- veliko upijanje vode i veoma velika propusnost vodene pare,
 - drastično smanjenje efekta termoizolacije (+1% u_v → +20% λ)
 - mala otpornost na dejstvo mraza,
 - sklonost ka pojavi buđi i
 - mogućnost pojave korozije metala u prisustvu vlage.

U cilju sprečavanja prekomernog upijanja vode termoizolacija od kamene vune se hidrofobizira, tj. dodatno impregnira silikonskim uljem.

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

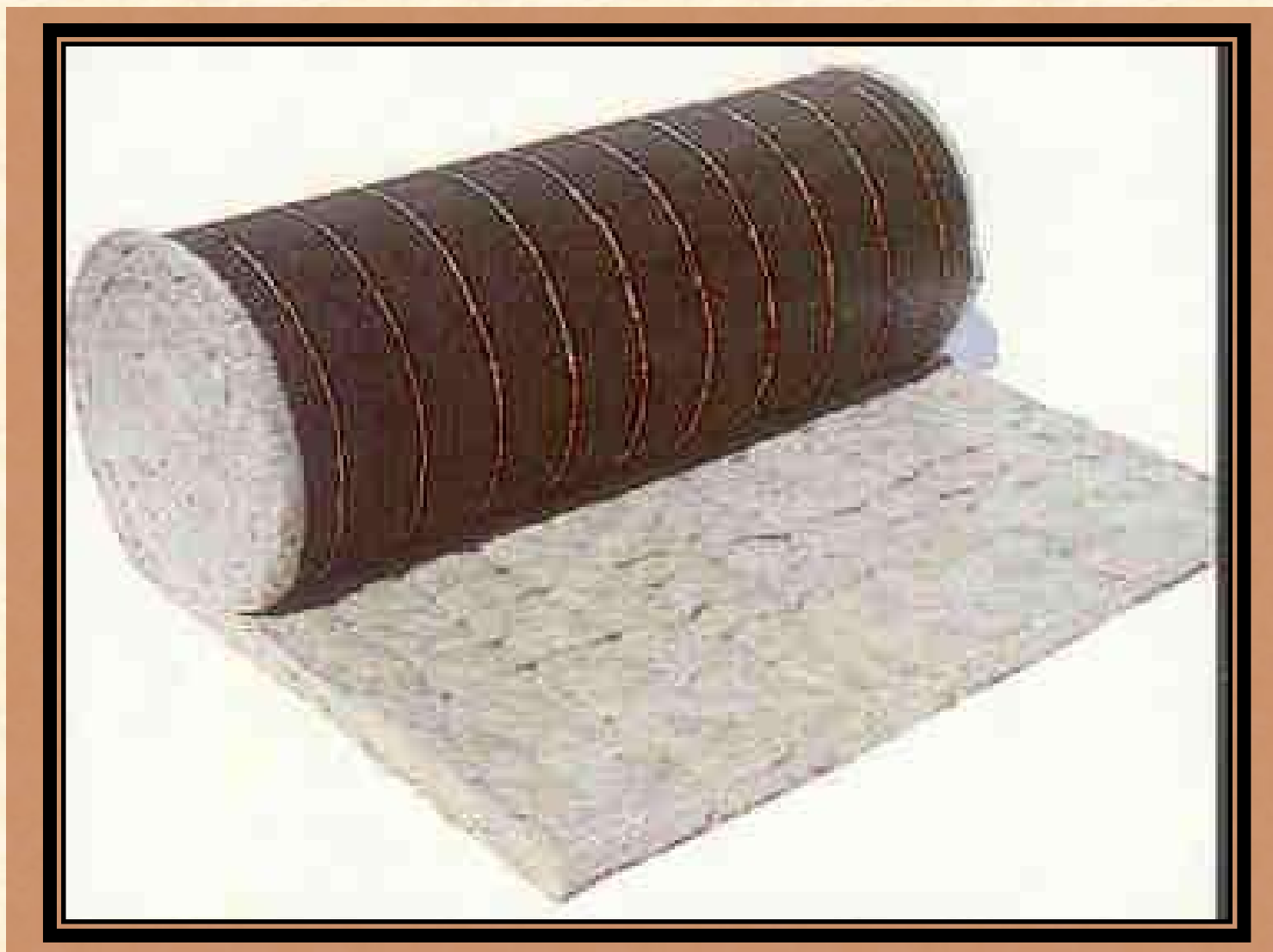
- **Proizvodi od neimpregnirane kamene vune**
 - **jastuci, obični ili upakovani u PVC foliju i**
 - **prošiveni ili neprošiveni filc za podlogu od:**
 - **kartona,**
 - **bitumeniziranog papira,**
 - **staklenog voala,**
 - **pocinkovanog pletiva,**
 - **aluminijumske folije i dr.**

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Neimpregnirana kamena vuna u rinfuznom obliku

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na bitumeniziranom papiru

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na aluminijumskoj foliji

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na staklenom voalu

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Prošiveni filc na pocinkovanom pletivu

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena

- Za termoizolaciju u slučajevima kada nisu opterećeni na pritisak:
 - međuspratnih konstrukcija, u slučajevima kada se primenjuju spuštene plafoni,
 - pregradnih zidova,
 - potkrovlja i kosih krovova.
- Za protivpožarnu zaštitu industrijskih peći, kotlova, cisterni itd. do radne temperature od 700°C.

KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ **Proizvodi od impregnirane vune:**

- **meke ploče,**
- **polutvrde ploče i**
- **tvrde ploče.**

Debljina ploča se kreće od 2 – 10cm.

Za impregnaciju se koriste organske smole i ulja u količini do 6%.

Eksploataciona temperatura do 250°C.

Tamno žute do smeđe boje.

KAMENA (MINERALNA) VUNA



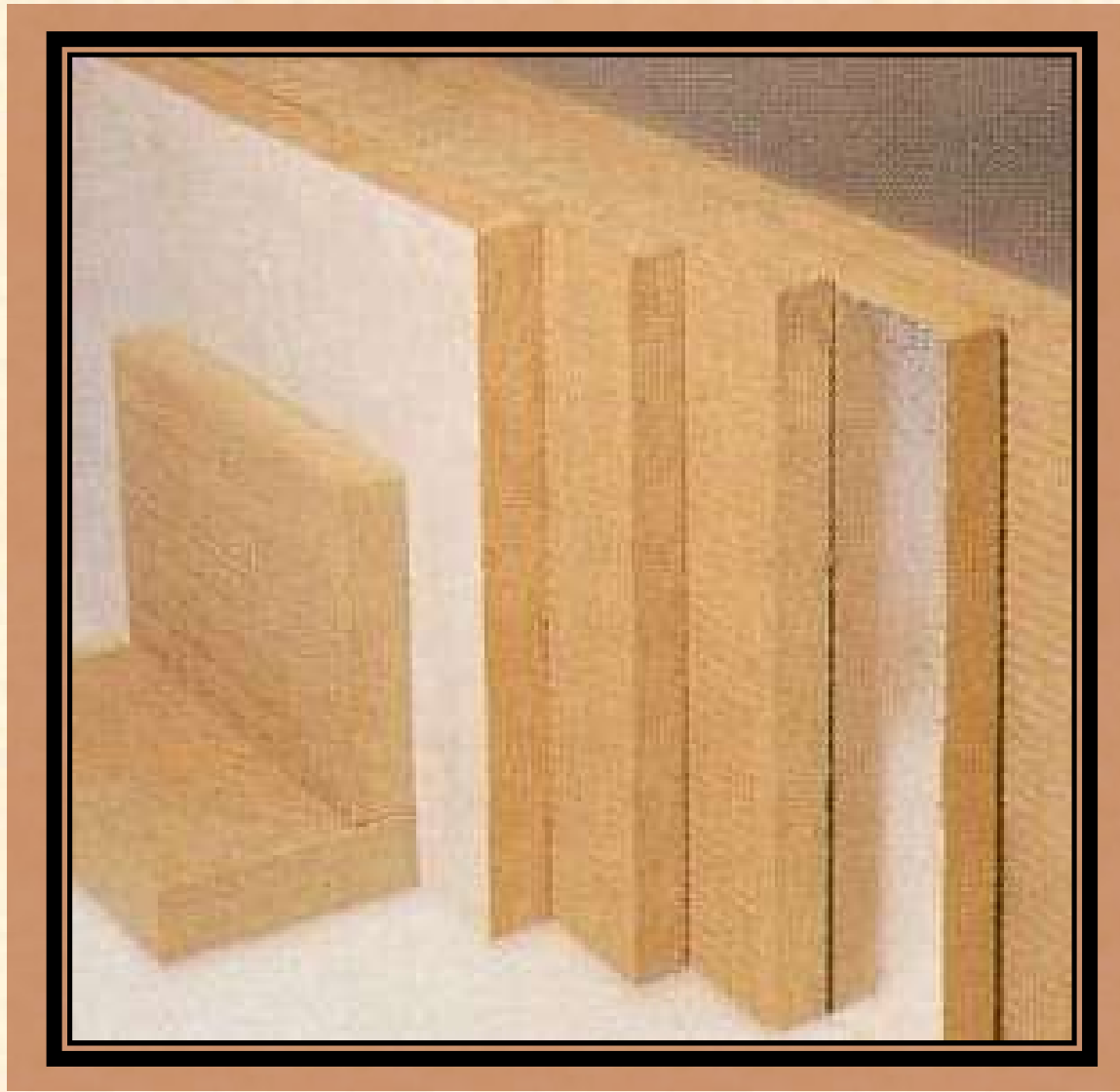
Impregnirane meke ploče ($\gamma = 35\text{kg/m}^3$)

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Impregnirane polutvrde ploče ($\gamma = 75\text{kg/m}^3$)

KAMENA (MINERALNA) VUNA



Impregnirane tvrde ploče ($\gamma = 150\text{kg/m}^3$)

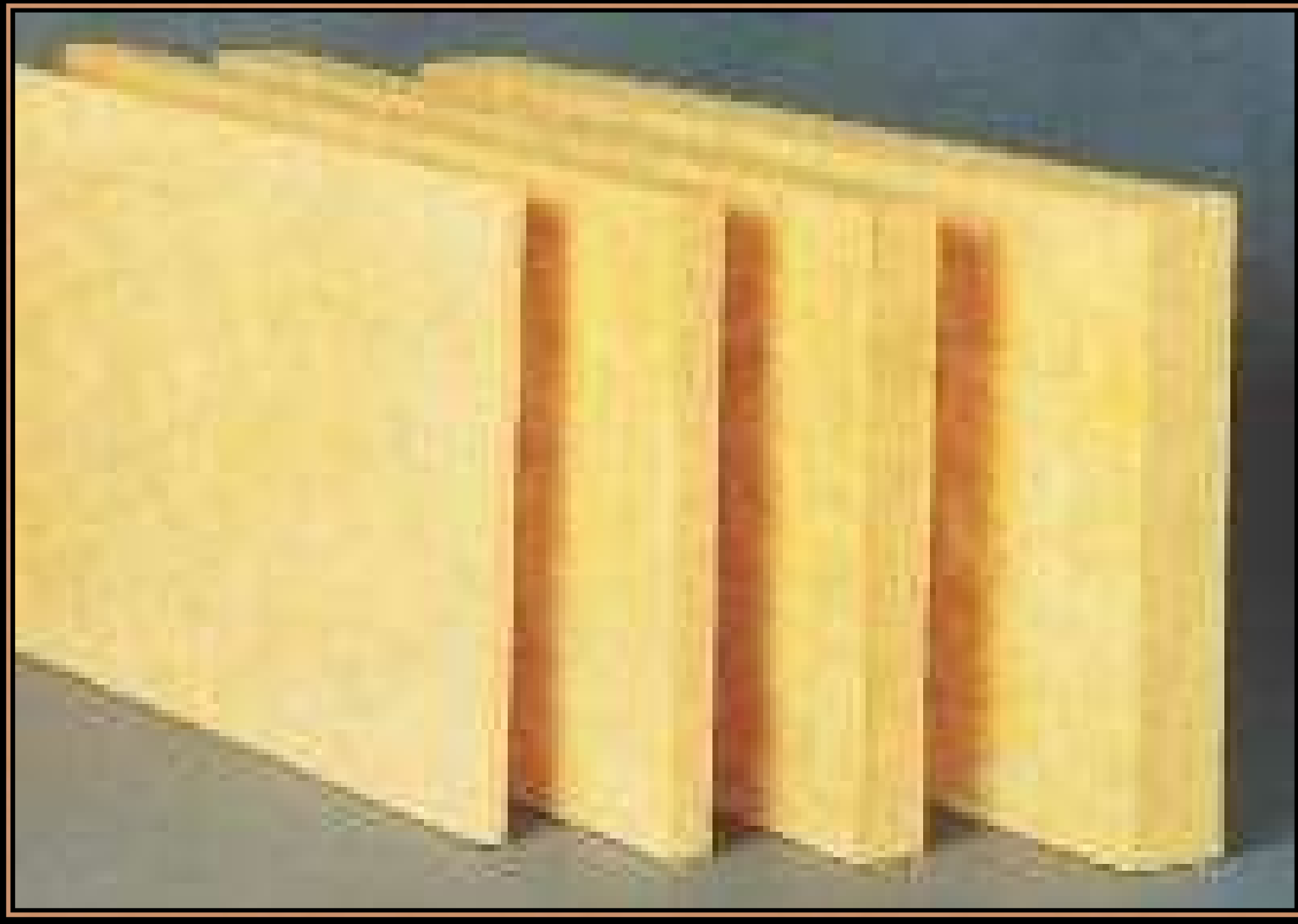
KAMENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena

- Za termoizolaciju i u slučajevima kada su opterećene na pritisak :
 - pregradnih zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija,
 - u sklopu rešenja fasadnih zidova kao ventilisanih, neventilisanih ili kontaktnih sistema,
 - ravnih i kosih krovova.

STAKLENA (MINERALNA) VUNA



STAKLENA (MINERALNA) VUNA

- **Staklena vuna se sastoji iz tankih i elastičnih staklenih niti.**
- **Dobija se sličnom tehnologijom kao i kamena vuna.**
- **Najčešće je svetlo-žute boje.**
- **Osnovne sirovine za proizvodnju:**
 - **stakleni krš (30 - 60% čak i 80%),**
 - **sirovine za proizvodnju stakla.**

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

Osnovna svojstva

➤ hemijska svojstva

- hemijski sastav (%):

SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	Br_2O_3
58.5	16	4	0.2	6	11.8	3.5

- hemijski inertan materijal,
- postojana na uticaj vode, vodene pare i različitih jedinjenja

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	α_T [K ⁻¹]	μ [-]	u_v [%]	$\sigma_{p,10\%}$ [MPa]	f_z [Pa]
< 130	< 0.041	5×10^{-5}	≥ 1	> 100	-	-

- Debljina vlakana $\geq 1 \mu\text{m}$,
- Izrazito velika poroznost (95 – 97%),
- Dominantna otvorena poroznost,
- Izrazito velika sposobnost upijanja vode,
- Propustljivost vlage,

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

➤ fizička svojstva

- Posедуje svojstvo negorivosti,
- Dobra apsorpcija zvuka,
- Mala otpornost na dejstvo mraza.

Termoizolacioni proizvodi od mineralne vune, u koju spadaju impregnirana staklena i kamena vuna, nisu štetni po ljudsko zdravlje.

Međutim, "sirova" - rastresita staklena vuna predstavlja potencijalnu opasnost po ljudsko zdravlje i svrstana je u grupu materijala "2B".

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

- **Proizvodi od impregnirane staklene vune**
 - različite vrste filceva i
 - ploča od staklene vune:
 - meke,
 - polutvrde,
 - tvrde.

Mogu se zalepiti na aluminijumsku foliju, natron papir ili staklenu mrežicu, a mogu biti i hidrofobizirani u cilju smanjenja upijanja vode.

STAKLENA (MINERALNA) VUNA



Proizvodi od impregnirane staklene vune

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

Proizvodi i njihova primena

➤ **Primena:**

▪ **Za termoizolaciju :**

- pregradnih zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija,
- u sklopu rešenja fasadnih zidova kao ventilisanih, neventilisanih ili kontaktnih sistema,
- ravnih i kosih krovova.

STAKLENA (MINERALNA) VUNA

- U odnosu na kamenu mineralnu vunu, staklena vuna:
 - Ima slična fizičko - mehanička svojstva,
 - Ima veću poroznost,
 - Ima vlakna veće dužine,
 - Ima veću hemijsku otpornost,
 - Ne izaziva koroziju metala.

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI ORGANSKOG POREKLA

Na bazi prirodnih materijala

PLOČE OD TRSKE



PLOČE OD TRSKE

➤ **Ploče od trske dobijaju se:**

- **presovanjem neljuštenih trščanih stabljika i**
- **prošivanjem žicom, upravno na pravac stabljika, na svakih 14 do 16 cm.**

Za prošivanje se koristi čelična ili pocinkovana žica debljine 1.6 mm.

Debljina ploča se kreće od 3 do 10 cm.

Koriste se za toplotnu izolaciju međuspratnih konstrukcija i podova, zidova i krovova.

PLOČE OD TRSKE

Osnovna svojstva

- **fizičko - mehanička svojstva**
 - **Zapreminska masa**
175 do 250 kg/m³,
 - **koeficijent toplotne provodljivosti**
0.045 – 0.073 W/(mK)
 - **Čvrstoća pri pritisku pri deformaciji od 2% 15**
kN/m²
 - **Čvrstoća na savijanje uzoraka**
cca 3MPa.

PLOČE OD TRSKE

➤ Prednosti:

- prirodan i ekološki podoban termoizolacioni materijal,
- laka obrada,
- dobra athezija sa malterom.

➤ Nedostaci:

- mogućnost oštećenja od glodara,
- truljenje,
- goriv materijal,
- teško pričvršćivanje ekserima.

Ograničenja: $u_v \leq 18\%$ i $\varphi \leq 70\%$

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA



PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

- **Dobijaju se očvršćavanjem mešavine drvene strugotine ili drvene vune i mineralnog veziva.**
- **Proces proizvodnje se sastoji od:**
 - **pripremanja cementne paste**
 - **mešanje cementne paste sa drvenom strugotinom**
 - **presovanje pripremljene mase u kalupima (pritisak od 0.05 MPa),**
 - **zaparivanje ploča u komorama za ubrzano očvršćavanje.**

Debljina ploča se kreće od 2.5 do 10 cm.

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

Osnovna svojstva

- **fizičko - mehanička svojstva**
 - **Zapreminska masa**
TI ploča: 300 – 350 kg/m³
konstruktivnih ploča: 400 – 600 kg/m³,
 - **Koeficijent toplotne provodljivosti**
0.08 do 0.14 W/(mK).
 - **Čvrstoća pri pritisku**
0.4 – 1.2 MPa
 - **Upijanje vode**
60 do 70%

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

➤ Ostala svojstva:

- prirodan i ekološki podoben termoizolacijski materijal,
- polusagoriv materijal,
- protivpožarna otpornost od 30 minuta,
- dobra adhezija sa malterom,
- lako se mehanički obrađuju.

Ograničenja: $u_v \leq 20\%$ i $t \leq 70^\circ\text{C}$

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA

- **Primenjuju se za toplotnu izolaciju zidova, krovova, plafona i podova.**
- **Mogu se koristiti i kao "izgubljena" oplata pri izvođenju betonskih radova.**
- **U praksi se primenjuju i kombinovane-slojevite ploče u kojima je jedan od slojeva stiropor.**

PLOČE NA BAZI DRVENE VUNE ILI STRUGOTINA OD DRVETA I MINERALNIH VEZIVA



"Tarolit" + "Stiropor" + "Tarolit"

TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE



TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE

- Sredinom prošlog veka u Skandinaviji i Americi se počela koristiti termoizolacija na bazi reciklirane novinske hartije.
- Proces proizvodnje se sastoji od:
 - mlevenje i usitnjavanje starih novina u vlaknaste komadiće i
 - dodavanje borne soli.

Dobijeni proizvod se isporučuje u PVC ambalaži, koja ga štiti od vlage.

TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE

Osnovna svojstva

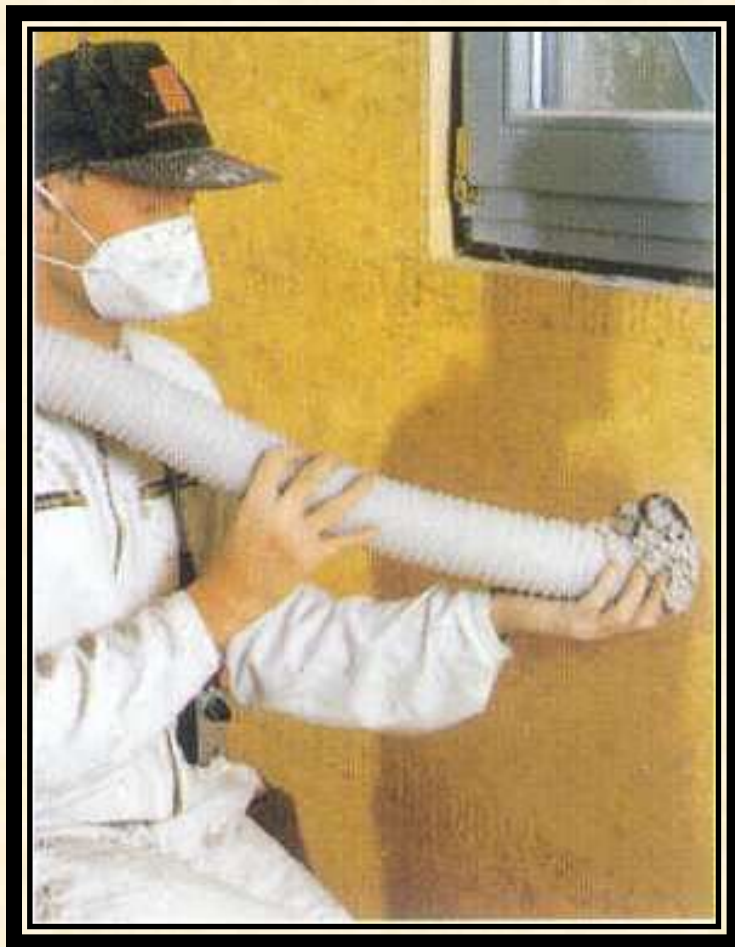
➤ fizička svojstva

- Zapreminska masa
 $25 - 60 \text{ kg/m}^3$,
- Koeficijent toplotne provodljivosti
 $< 0.04 \text{ W/(mK)}$.
- Faktor otporu difuzije vodene pare
 $1 - 2$

TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE

- **Primenjuju se za toplotnu izolaciju zidova, krovova i međuspratnih konstrukcija, ali u kombinaciji sa vodonepropusnim i paropropusnim folijama.**
- **U praksi su moguća dva postupka izvođenja ovakve toplotne izolacije:**
 - **uduvavanjem materijala i**
 - **nasipanjem.**

TERMOIZOLACIJA NA BAZI CELULOZE



Izvođenje termoizolacije zida postupkom "udivavanja" i postupkom "nasipanja"

ZAKLJUČAK

- **Ulaganja u toplotnu zaštitu su ekonomski opravdana zbog uštede energije za grejanje.**
- **Na tržištu ima puno različitih termoizolacionih materijala (u dovoljnim količinama), a efekti njihove primene prvenstveno zavise od:**
 - **izbora odgovarajućeg termoizolacionog materijala,**
 - **debljine sloja odabranog termoizolacionog materijala i**
 - **pravilnog ugrađivanja u element konstrukcije (kosi i ravni krovovi, spoljni i pregradni zidovi, podovi, itd.).**

Uporedni pregled osnovnih svojstava analiziranih termoizolacionih materijala

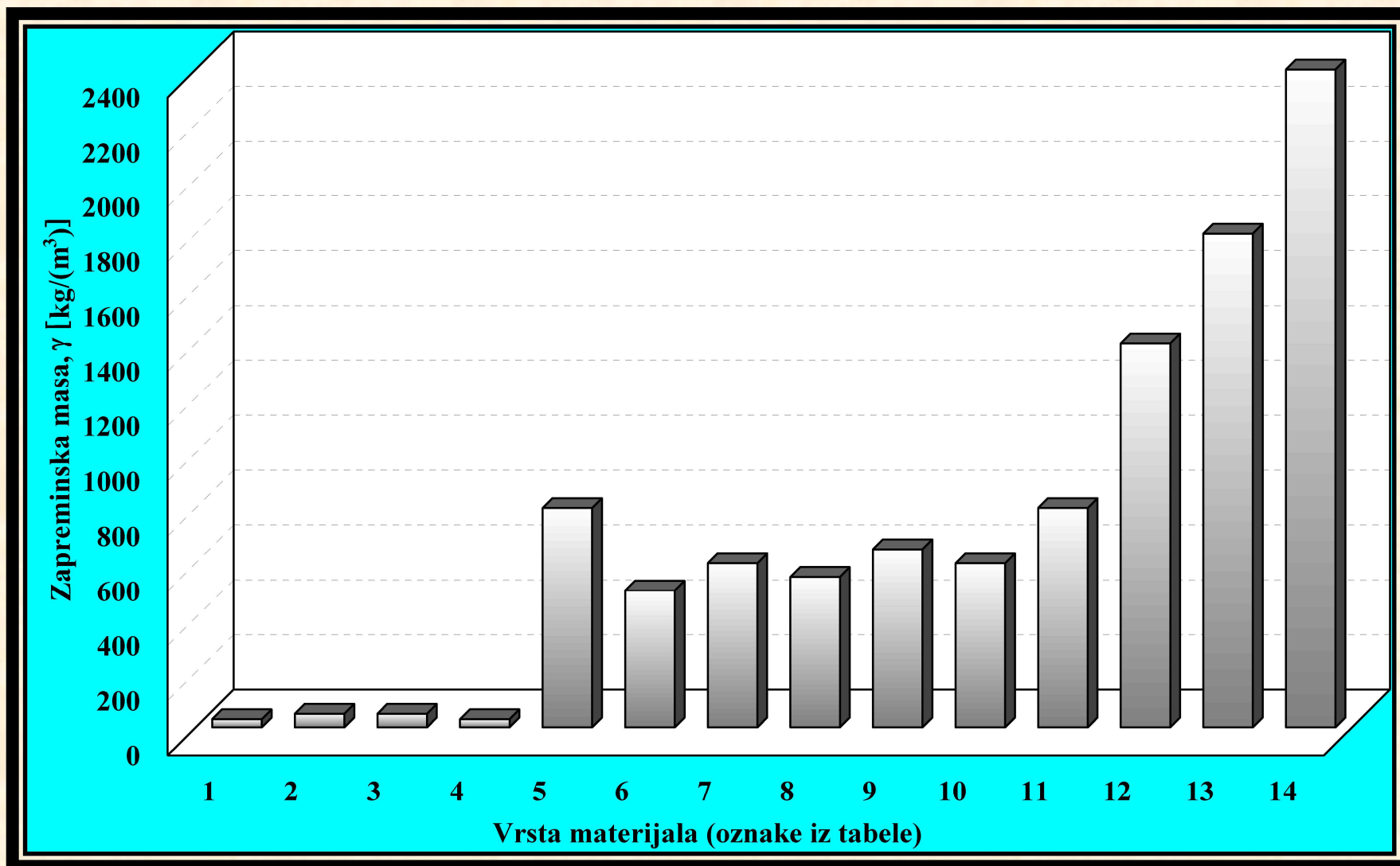
R. broj	Materijal	γ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	μ [-]	d_{ekv} [cm]	
1	Ekspandirani polistiren (EPS)	30	$\lambda < 0.06$	0.032	60	1.0
2	Kamena vuna	50		0.035	>1.1	1.1
3	Staklena vuna	50		0.037	>1	1.2
4	Poliuretani	30		0.035	40	1.1
5	Ploče od trske	180		0.046	2	1.4

Uporedni pregled osnovnih svojstava analiziranih termoizolacionih materijala

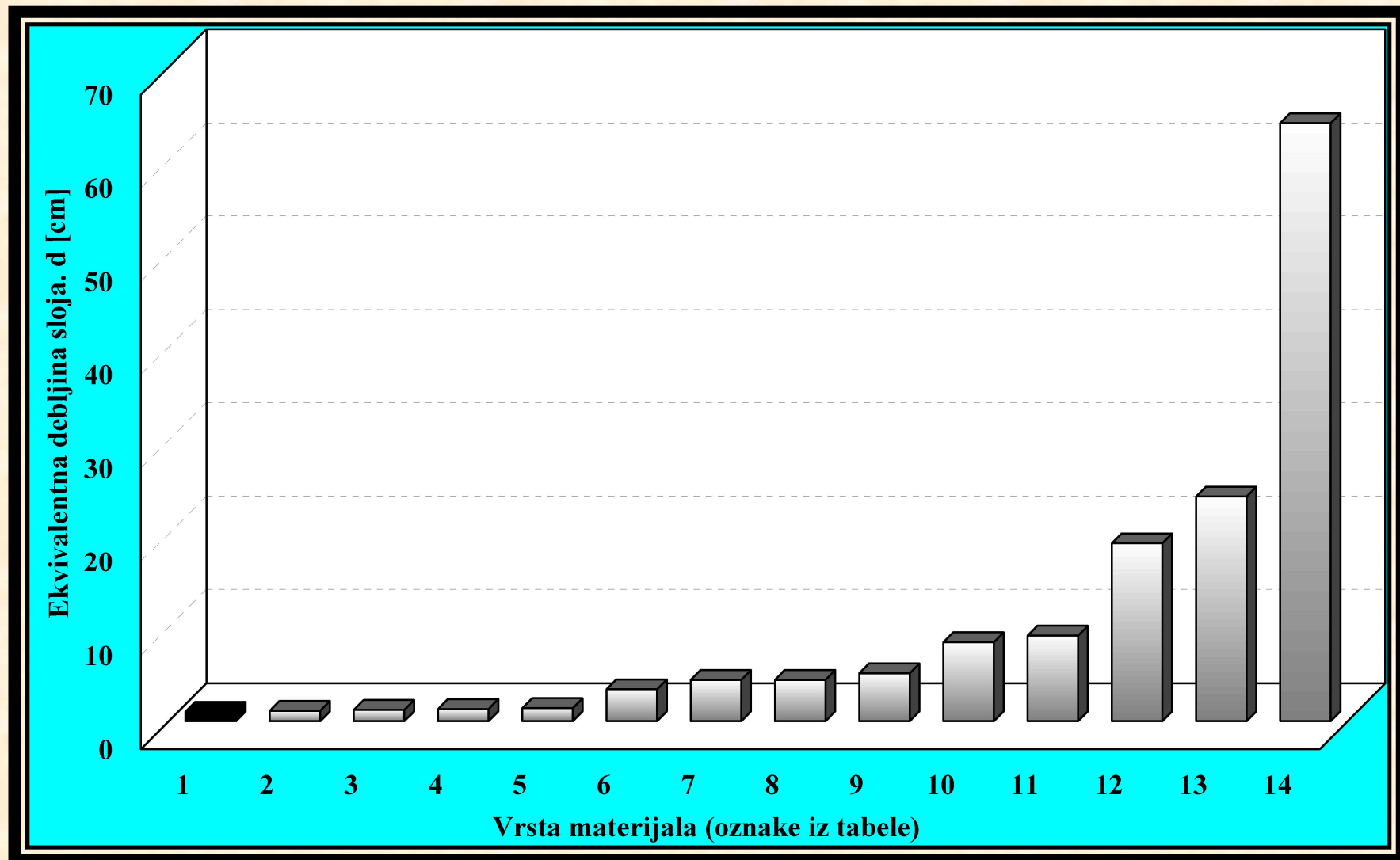
R. broj	Materijal	γ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	μ [-]	d_{ekv} [cm]	
6	Perlitni malter	500	$0.06 < \lambda < 0.30$	0.110	4	3.4
7	Drvo	600		0.140	70	4.4
8	Drvo beton	550		0.140	10	4.4
9	EPS beton	650		0.162	-	5.1
10	Siporeks blokovi	600		0.270	5	8.4
11	Keramzit beton	800		0.290	3	9.1

Uporedni pregled osnovnih svojstava analiziranih termoizolacionih materijala

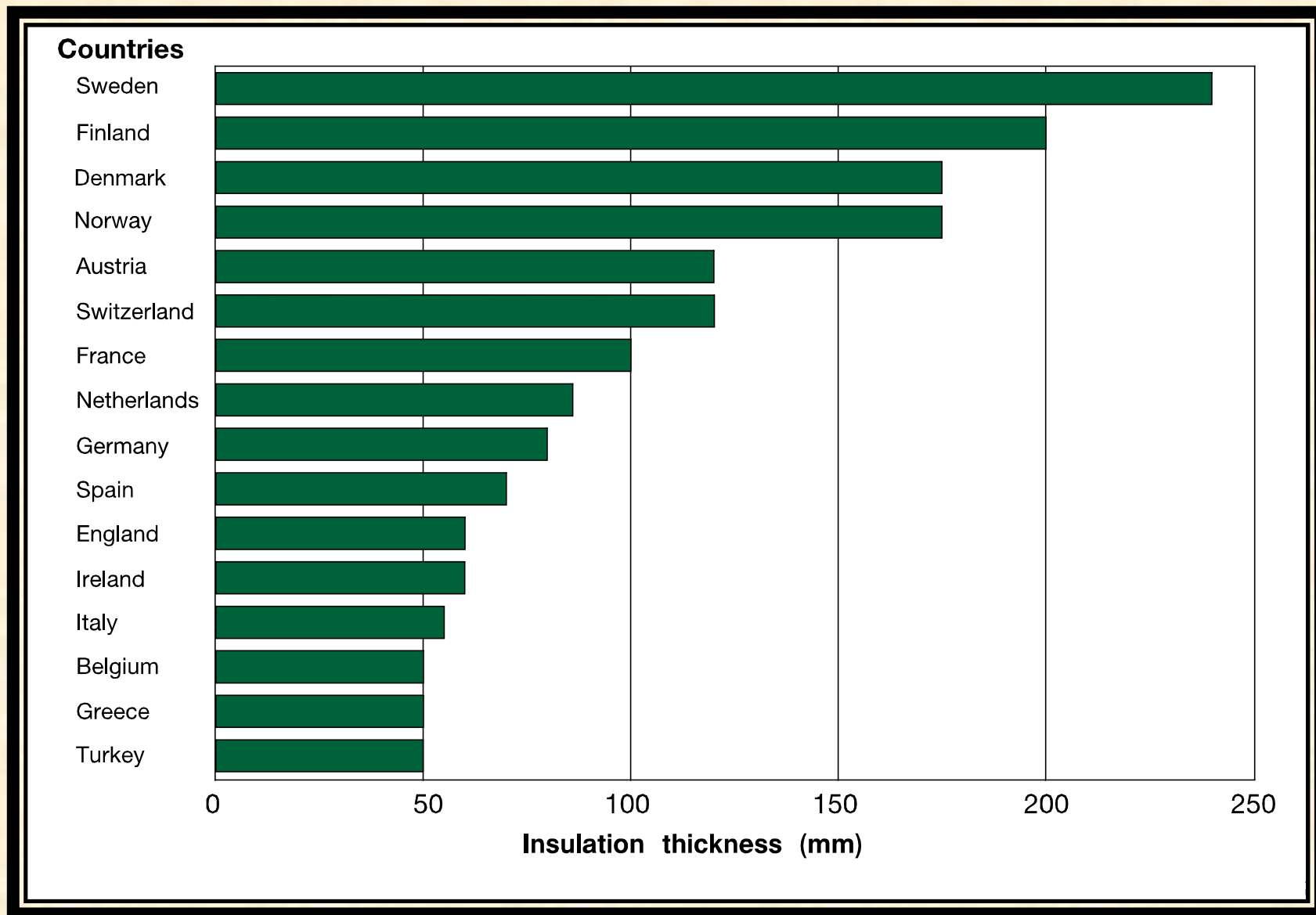
R. broj	Materijal	γ [kg/m ³]	λ [W/(mK)]	μ [-]	d_{ekv} [cm]	
12	Šuplja opeka	1400	$\lambda > 0.30$	0.610	6	19
13	Puna opeka	1800		0.760	12	24
14	Beton	2400		2.040	60	64



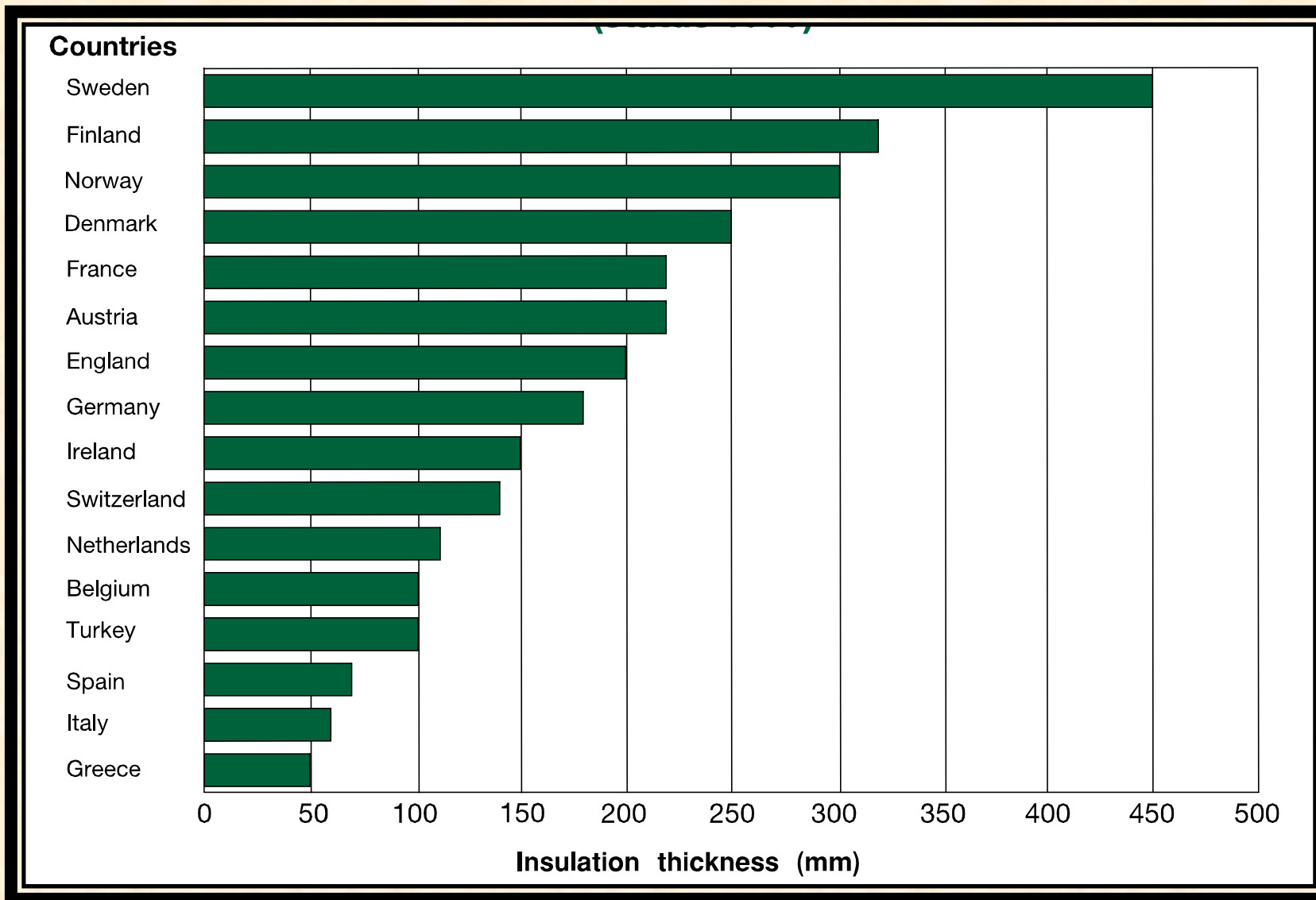
Zapreminska masa analiziranih materijala



Potrebna debljina sloja materijala za ostvarivanje istog otpora provođenju toplote (u odnosu na EPS)



Debljine termoizolacionih slojeva u fasadnim zidovima za Evropu (1999 godina)



Debljine termoizolacionih slojeva u krovovima za Evropu (1999 godina)

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI ORGANSKOG POREKLA

Na bazi polimera

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLISTIROLA

Polistiren (polistirol) se dobija polimerizacijom monomera "stirola".

Stirol je bezbojna tečnost, nerastvorljiva u vodi, ali rastvorljiva u organskim rastvaračima (špiritus, eter itd.)

U toku procesa dobijanja polistirena dodaju se različiti aditivi i pentan kao sredstvo za ekspanziju.

Polimerizacijom se dobijaju kompaktne granule polistirena, prečnika 0.2-3mm.

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI NA BAZI POLISTIROLA

Granule prečnika 0.2-1mm koriste se za dobijanje ambalaže za pakovanje.

Krupnije granule (1-3mm) koriste se za dobijanje materijala za termoizolaciju:

- **ekspandiranog polistirena (EPS) i**
- **ekstrudiranog ekspandiranog polistirena**

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)



EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

- Procesom ekspandiranja proizvode se:
 - nevezane granule EPS-a,
 - oblikovani EPS.

Proces proizvodnje nevezanih granula EPS-a sastoji se u zagrevanju kompaktnih granula polistirena pomoću vode temperature 98⁰C ili pregrejane vodene pare $T = 110^0\text{C}$.

Tom prilikom dolazi do povećanja zapremine materijala za 50-60 puta i stvaranja tzv. alveolarne strukture – zatvorenih ćelija prečnika 60-200 μm .

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)



- **Proizvodnja oblikovanog EPS-a (blokovi, ploče itd.) vrši se u kalupima različitog oblika.**
- **Proizvodi se u dve varijante :**
 - **obični EPS**
 - **EPS sa smanjenom gorivošću, odnosno "samogasiv" (ima oznaku "S").**

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Osnovna svojstva

➤ fizička svojstva

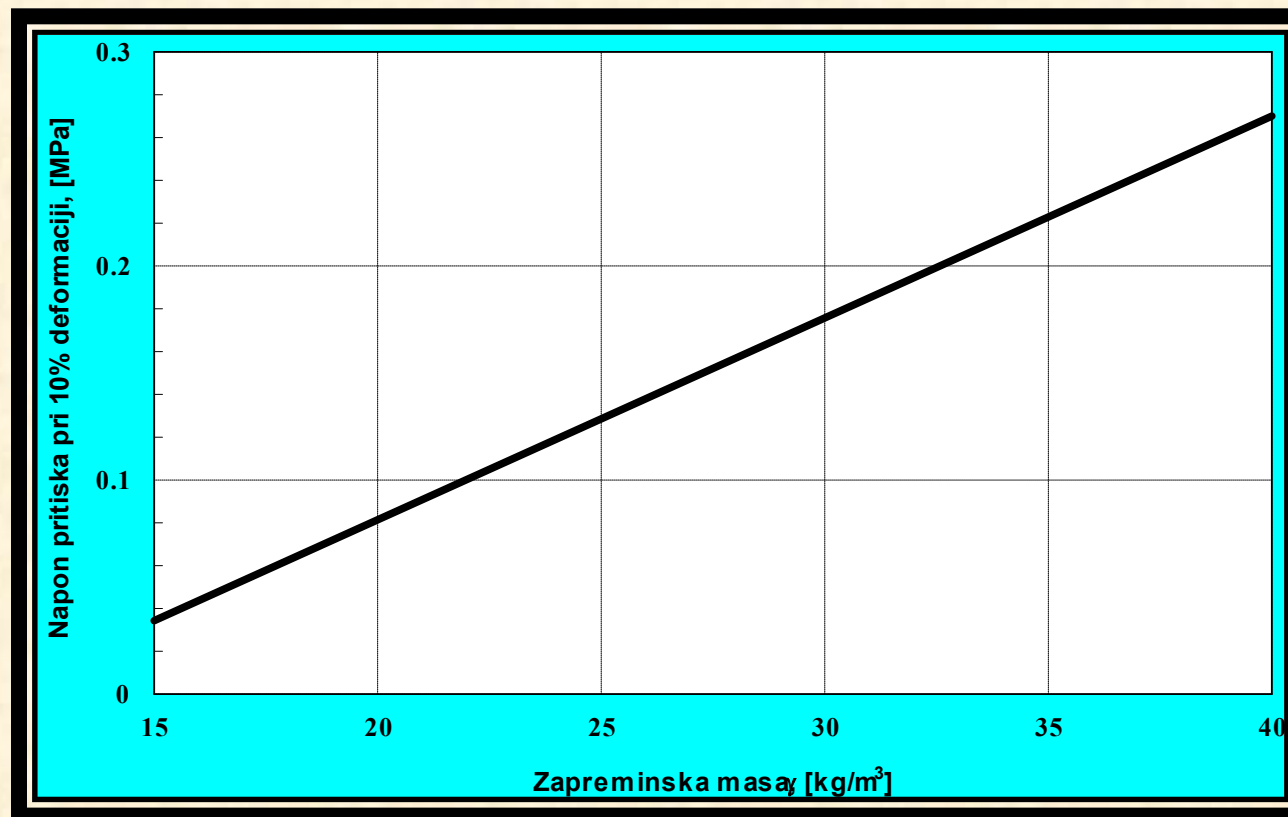
γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	α_T , [K ⁻¹]	μ [-]	u_v [%]	Propustljivost vodene pare [g/(m ² dan)]
10-30	0.028-0.040	(5-7)x10 ⁻⁵	25-60	2-8	25 - 35

- poroznost do 98%,
- dominantna zatvorena poroznost,
- postojanost na temperaturama do +80°C.

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

➤ mehanička svojstva

$\sigma_{p,10\%}$ [MPa]	f_s [MPa]	f_z [MPa]	E [MPa]
0.060-0.250	0.160-0.460	0.150-0.420	2-11



EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

➤ Prednosti

- mala zapreminska masa,
- nizak koeficijent toplotne provodljivosti,
- malo upijanje vode i veoma mala propusnost vodene pare,
- relativno dobra mehanička svojstva,
- materijal sa niskim požarnim opterećenjem,
- samogasivost (kod tipova sa oznakom "S"),
- otporan na gljivice, mikroorganizme i bakterije i
- mogućnost potpunog recikliranja.

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

➤ Nedostaci:

- drobljivost,
- krtost,
- mala otpornost na dejstvo mraza,
- mala otpornost na UV zračenje,
- neotporan na organske rastvarače, tečna goriva i njihova isparenja, neorganske kiseline, amonijak, sumpordioksid, estre i dr.

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

➤ **Proizvodi od EPS-a**

- **nevezane granule i**

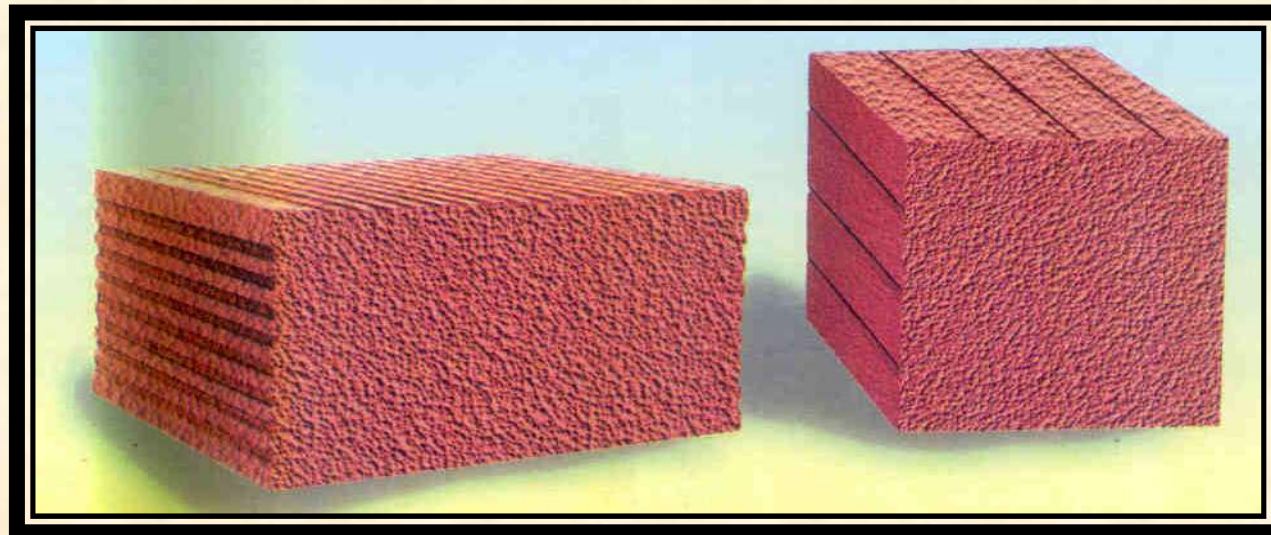
- **različite vrste ploča:**
 - **jednoslojne i**
 - **kombinovane sa lesonitom, ivericom, aluminijumom i drugim materijalima.**

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena nevezanih granula EPS-a:

- kao agregat za spravljanje lakoagregatnog betona - EPS betona i
- kao dodatak glini za proizvodnju keramičkih "termo" blokova.



EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)



*Izgled uzorka svežeg i
očvrslog "EPS" betona*



EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

➤ Primena ploča od EPS-a

- Termoizolacija zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija kod objekata građenih na "klasičan" način, i kod montažnih objekata izvedenih od prefabrikovanih elemenata,
- Izolaciju ravnih i kosih krovova,
- Izradu "izgubljenih" oplata za betonske elemente i
- Za izradu nasipa u putogradnji.

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Proizvodi i njihova primena

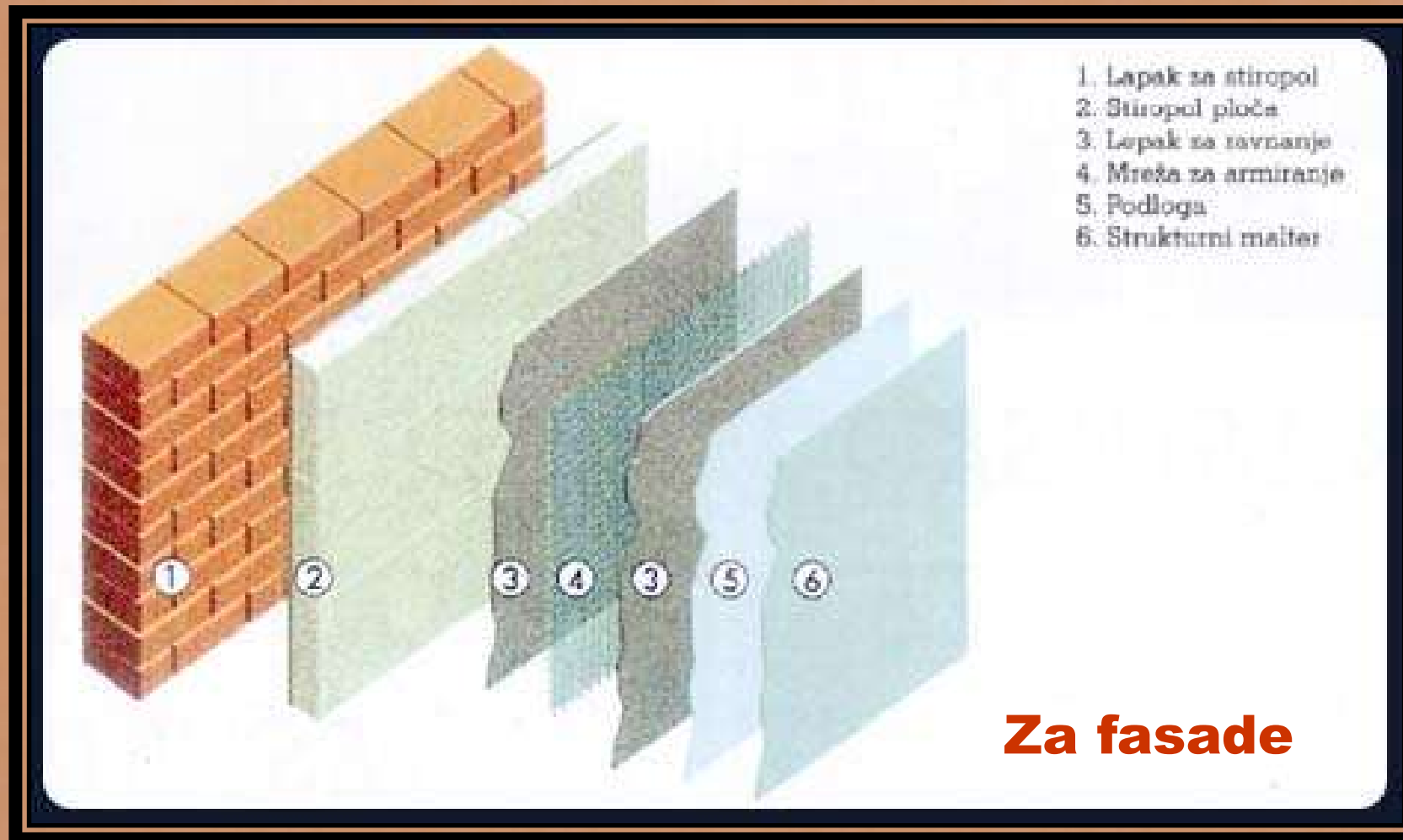
- **Sistemi na bazi ploča od EPS-a koji obuhvataju i toplotnu izolaciju i završnu obradu fasadnog zida ("Demit", "Izoterm" itd.)**
- **U obliku blokova ispune za izradu polumontažnih AB sitnorebrastih tavanica**

EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)

Za nasipe



EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS-stiropor)



EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

- **Proces proizvodnje ekstrudiranog ekspandiranog polistirena sastoji se od:**
 - **topljenja kompaktnih granula polistirena u ekstruderu,**
 - **ekspandiranje mase polistirena,**
 - **istiskivanje pod pritiskom i**
 - **hlađenje.**

Na taj način se stvara alveolarna struktura, ali bez međucelijske poroznosti.

EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN



EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

Osnovna svojstva

➤ fizičko - mehanička svojstva

γ [kg/m ³]	λ [w/mK]	μ [-]	u_v [%]	$\sigma_{p10\%}$ [MPa]
25 - 45	0.025-0.035	80 - 200	0.2 – 0.3	0.250 – 0.700

- dominantna je zatvorena poroznost,
- mala paropropustljivost i
- izrazito malo upijanje vode.

EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

Proizvodi i njihova primena

➤ **Proizvodi od EEPS-a**

- **različite vrste ploča:**
 - **jednoslojne i**
 - **kombinovane ploče sa površinskom obradom.**

Debljina ploča kreće se od 2 – 16cm, a dužina do 2.5m.

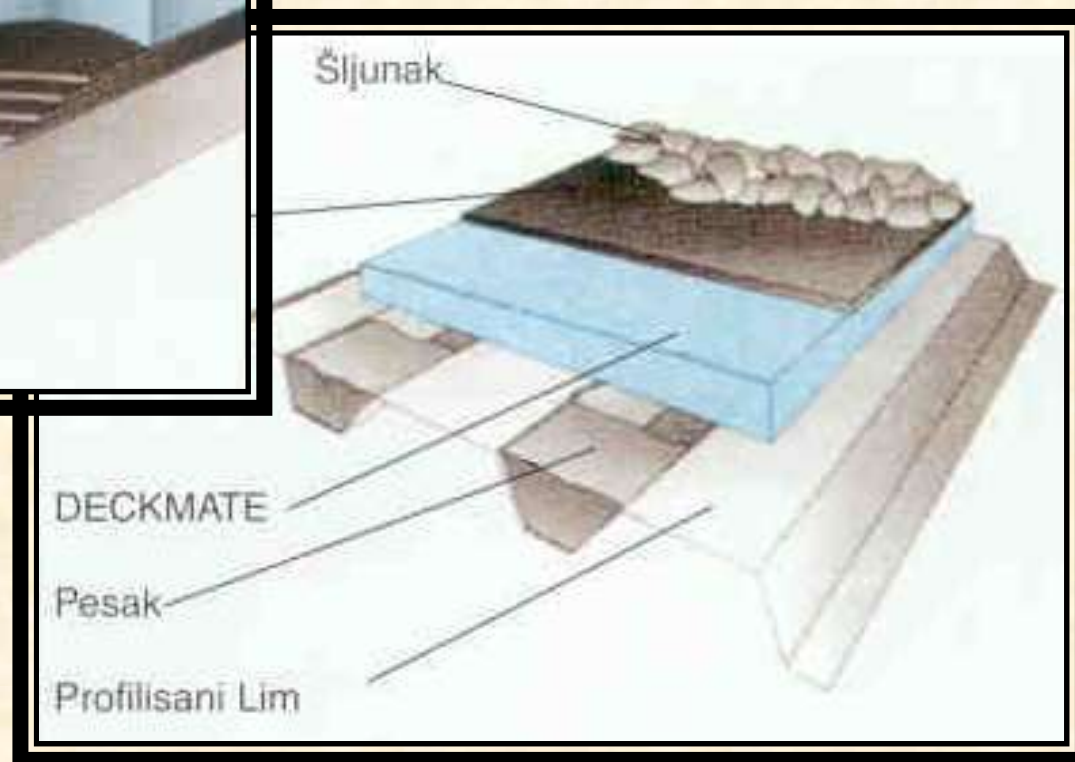
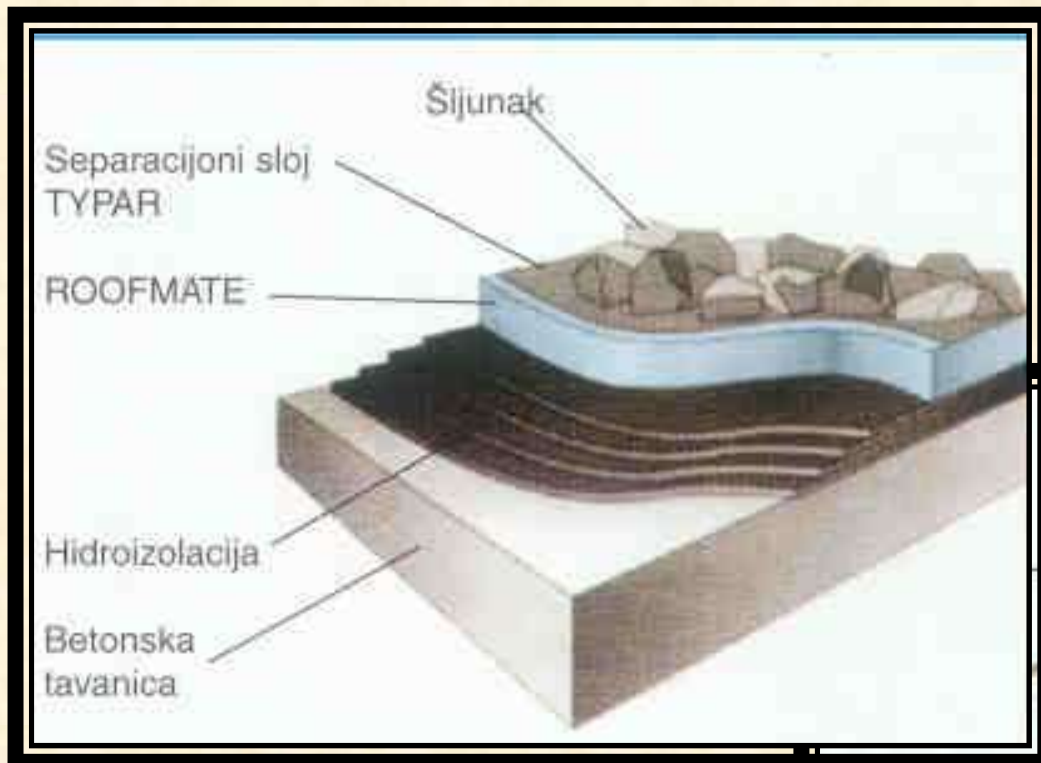
EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

Proizvodi i njihova primena

- **Primena ploča od EEPS-a:**
 - **Termoizolacija zidova, međuspratnih i podnih konstrukcija**
 - **Izolacija ravnih i kosih krovova.**

Ploče od EEPS-a su posebno pogodne za primenu u slučajevima kada se od izolacionog sloja zahteva povećana čvrstoća pri pritisku i minimalno upijanje vode.

EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN



**Za ravne
krovove**

EKSTRUDIRANI EKSPANDIRANI POLISTIREN

➤ U odnosu na ekspandirani polistiren **EEPS** ima:

- zapreminsku masu veću za cca 50%, ,
- 3 - 4 puta veći faktor otpora difuziji vodene pare,
- 10 puta manje upijanje vode,
- 30 do 40 puta bolja mehanička svojstva i
- glatku površinu.

Ploče od EEPS-a se najčešće proizvode u određenoj boji (plavoj, zelenoj, itd.).