



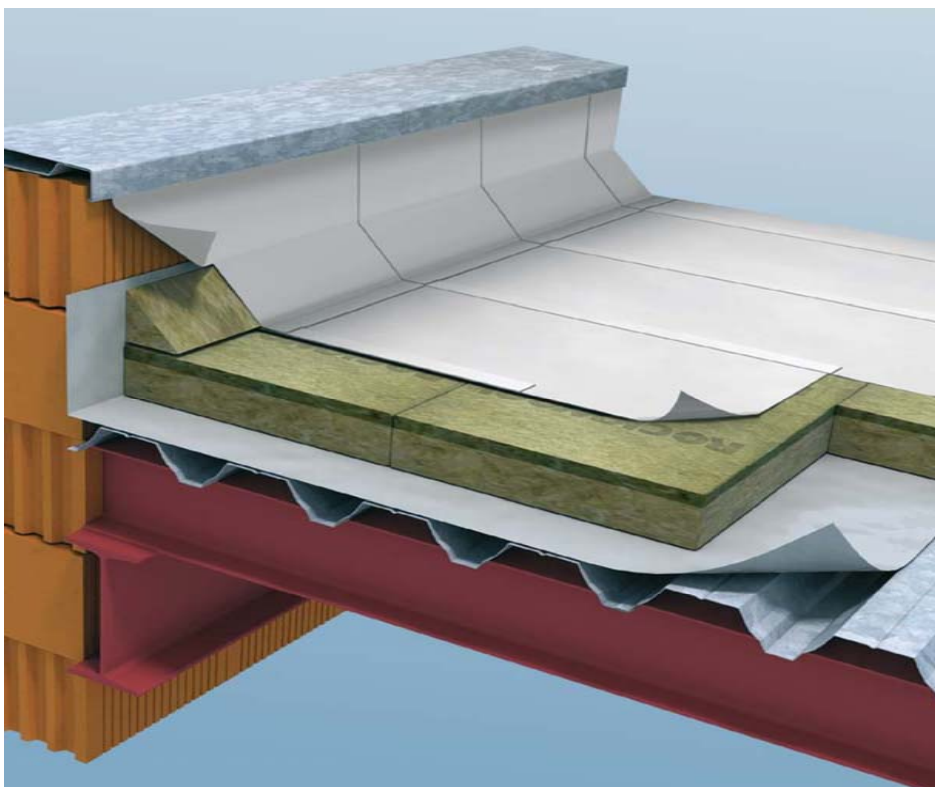
**Nova generacija izolacije od  
kamene vune - primjena na  
ravnim krovovima**

Goran Šinko,  
Prodajni i tehnički savjetnik,  
Rockwool Adriatic d.o.o.

## Podjela ravnih krovova

- Funkcionalna podjela:
  - Prohodni
  - Neprohodni
  
- Konstrukcijska podjela:
  - Ventilirani ili hladni ravni krov
  - Neventilirani ili topli ravni krov
    - Normalni (toplinska izolacije ispod hidroizolacijskog sloja)
    - Obrnuti (toplinska izolacija iznad hidroizolacijskog sloja)

## Neprophodni topli ravni krovovi na visoko profiliranom limu sa mehanički pričvršćenom krovnom folijom



## Deklarirana svojstva proizvoda od kamene vune za izolaciju ravnih krovova

- reakcija na požar; A1
  - koeficijent toplinske provodljivosti;  $\lambda_d$  (W/mK)
  - nosivost parcijalnog točkastog opterećenja; PL(5)
  - tlačna čvrstoća kod 10% deformacije; CS(10)
  - delaminacijska čvrstoća, TR
  - odstupanja od dimenzija – duljina, širina, visina; T1 – T7
  - vodoupojnost : kratkotrajna WS, dugotrajna WL(P)
  - paropropusnost
- 
- prema HRN EN 13162

## Koja svojstva najbolje definiraju proizvod?

- 2 osnovne grupe:

- toplinsko izolacijske karakteristike:

- Koefficient toplinske provodljivosti ( $\lambda$ ) – osnovno svojstvo svih izolacijskih materijala



- mehaničke karakteristike:

- Nosivost parcijalnog točkastog opterećenja kod deformacije od 5 mm – PL(5)

- Tlačna čvrstoća kod 10% deformacije



## Toplinsko izolacijske karakteristike

### Koeficijent toplinske provodljivosti; $\lambda_d$ (W/mK)

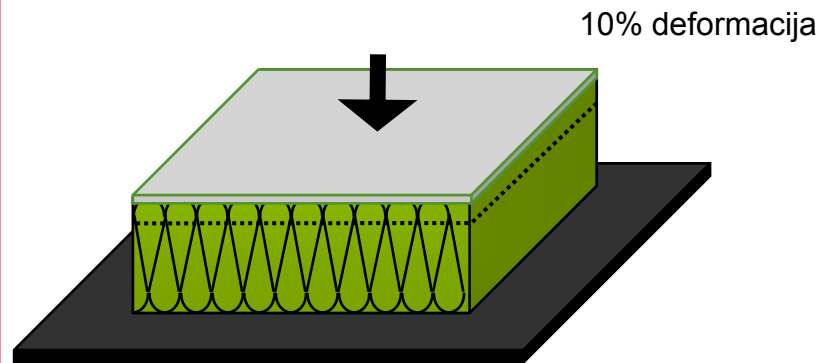
- bitna karakteristika svakog izolacijskog materijala
- ovisi o rasporedu i orijentaciji vlakana te nominalnoj gustoći proizvoda (udio zračnih šupljina)
- bitan za postizanje vrijednosti definirane projektom građevinske fizike

### Primjer ovisnosti koeficijenta toplinske provodljivosti ( $\lambda$ ) o gustoći proizvoda

- Airrock ND  $\lambda_d=0,035$  W/mK (višenamjenska lagana ploča gustoće 50 kg/m<sup>3</sup>)
- Roofrock  $\lambda_d=0,040$  W/mK (monolitna ploča za ravne krovove gustoće 145 kg/m<sup>3</sup>)

## Mehaničke karakteristike

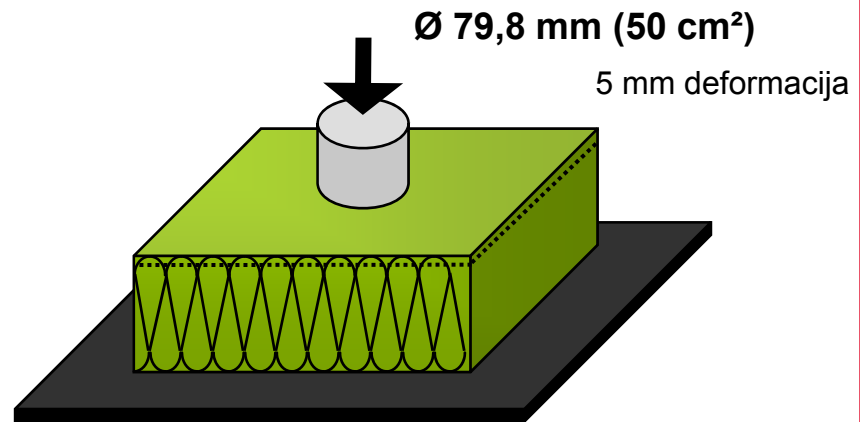
**Tlačna čvrstoća kod 10% deformacije;**  
CS(10) kPa



**opterećenje u [kPa] kod 10%**  
40/50/60/70 kPa

- samo površinska opterećenja
- površinsko opterećenje uvijek kod 10% deformacije

**Otpornost na parcijalno točkasto opterećenje**  
kod deformacije od 5 mm; PL(5) N



**sila u [N] kod 5 mm**  
400 N - 800 N

- parcijalna opterećenja

## Veza mehaničkih karakteristika sa opterećenjima koja se događaju za vrijeme izvođenja i kasnije u eksploataciji krova

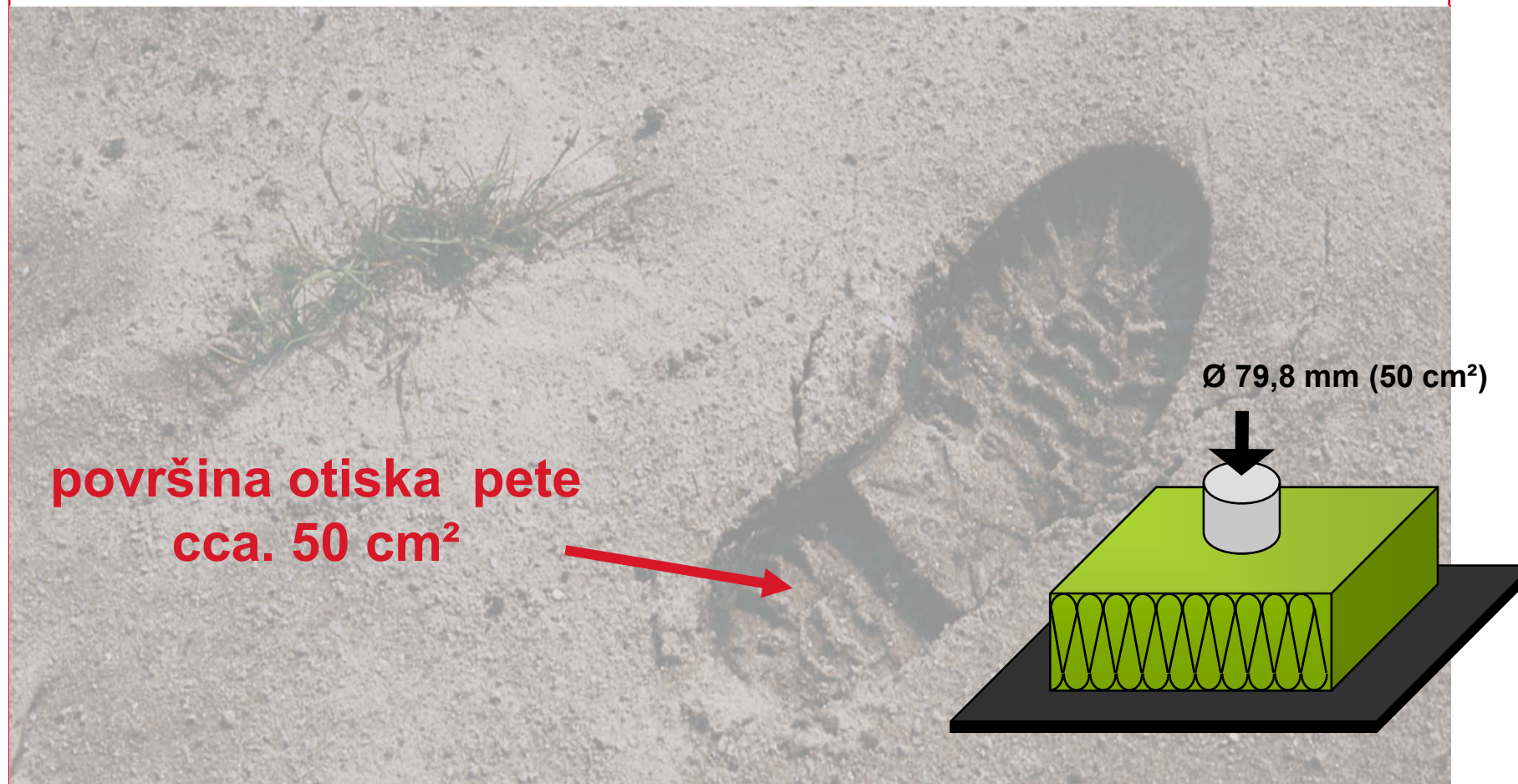
- Koje od navedenih mehaničkih karakteristika bolje opisuje otpornost materijala na opterećenja koja se događaju za vrijeme izvođenja i kasnije u eksploataciji
  - tlačna čvrstoća kod 10% deformacije
  - otpornost na parcijalno točkasto opterećenje

## Standardna slika prilikom izvođenja ravnog krova



Kretanje radnika  
za vrijeme izvedbe  
+  
Transport materijala  
za vrijeme izvedbe  
=  
Oštećena struktura  
vlakana na površini

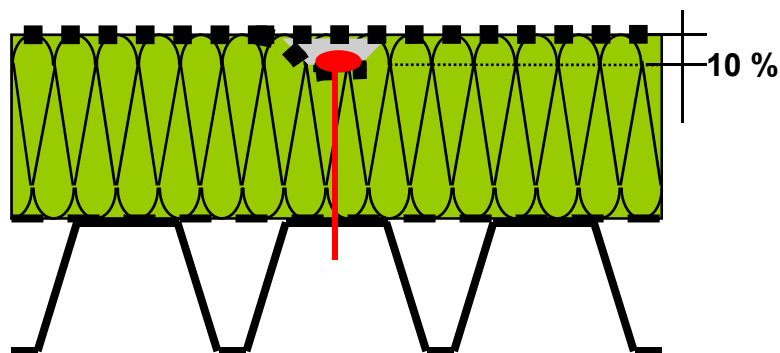
## Nosivost parcijalnog točkastog opterećenja, PL(5)-Point Load



10

## Veza sa opterećenjima koja nastaju prilikom mehaničkog pričvršćivanja

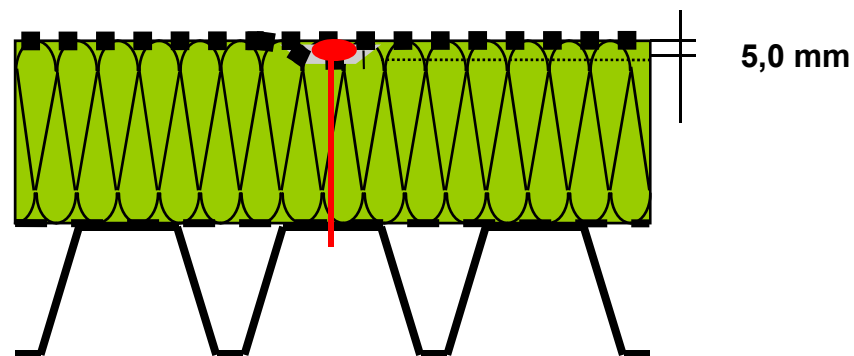
Tlačna čvrstoća kod 10% deformacije;  
CS(10) kPa



debljina izolacije 150 mm  
deformacija (udubljenje) **15,0 mm**

**ne prikazuje stanje u stvarnosti**

Otpornost na parcijalno točkasto opterećenje  
kod deformacije od 5 mm; PL(5) N



debljina izolacije 150 mm  
deformacija (udubljenja) od **5,0 mm**

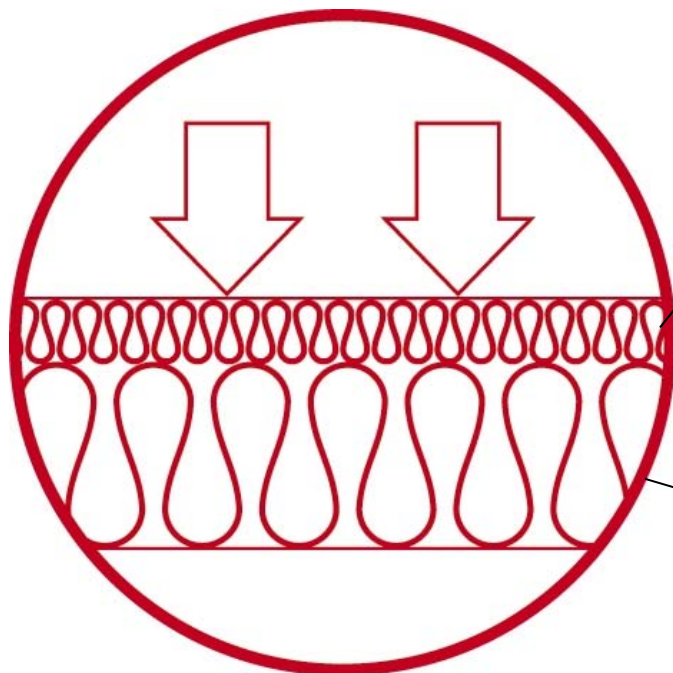
**prikazuje stanje u stvarnosti**

## Zaključak

- Tlačna čvrstoća opisuje površinska opterećenja:
  - ✓ Krovne folije sa balastnim opterećenjem
  - ✓ Zeleni krovovi
  
- Otpornost na parcijalno točkasto opterećenje opisuje parcijalna opterećenja:
  - ✓ Mehaničkog pričvršćivanja krovnih folija
  - ✓ Veće prohodnost kod izvođenja bez oštećenja površinske strukture
  - ✓ Otpornost na uvjete kod izvođenja

## Kako postići odlična mehanička i toplinsko izolacijska svojstva?

### Dvoslojna gustoća



- Sloj velike gustoće  $> 210 \text{ kg/m}^3$
- Visoka otpornost na točkasto opterećenje  $PL(5) > 600 \text{ N}$

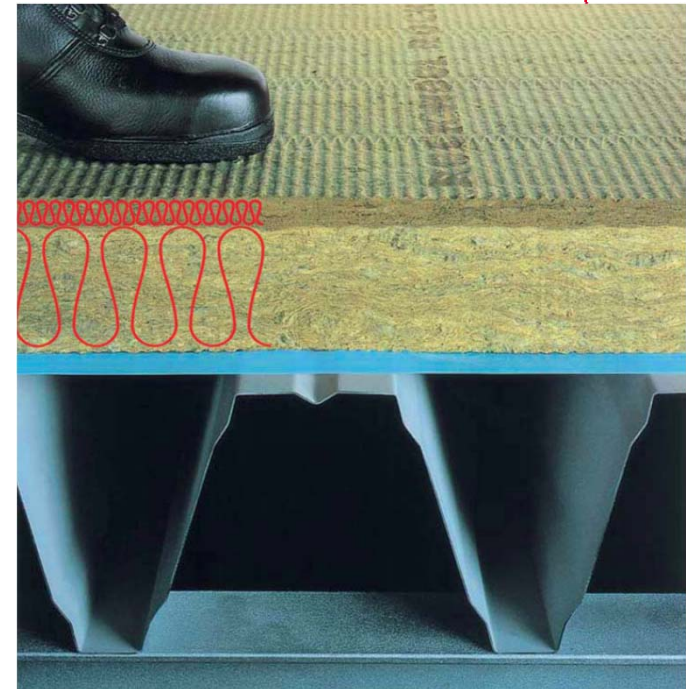
- Sloj manje gustoće  $120 - 130 \text{ kg/m}^3$
- Odlična toplinsko izolacijska svojstva  $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$

## ZAKLJUČNO

Zašto proizvodi dvoslojne gustoće na ravnim krovovima?

## Zašto dvoslojna gustoća na ravnim krovovima?

1. Niti jedna standardna monolitna ploča za izolaciju ravnih krovova od kamene vune ne može dostići vrijednost otpornosti na parcijalno točkasto opterećenje PL(5) 600 N u kombinaciji s  $\lambda=0,038$  W/mK



## Zašto dvoslojna gustoća na ravnim krovovima?

### 2. Bolja toplinska izolacijska svojstva (5% manja vrijednost $\lambda$ )

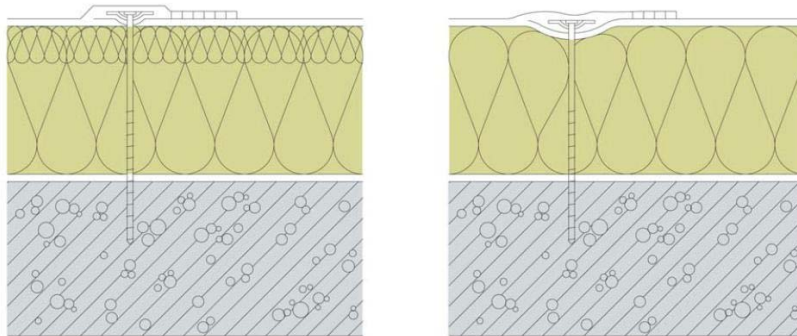
Debljina izolacije (mm)	140	150	160	170	180	190	200
Monolitne ploče od kamene vune ( $\lambda=0,040$ )	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Ploče od kamene vune dvoslojne gustoće ( $\lambda=0,038$ )	3,68	3,95	4,21	4,47	4,74	5,00	5,26

- Manjom debljinom izolacije postićemo ista toplinsko izolacijska svojstva konstrukcije = **ušteda**

# Zašto dvoslojna gustoća na ravnim krovovima?

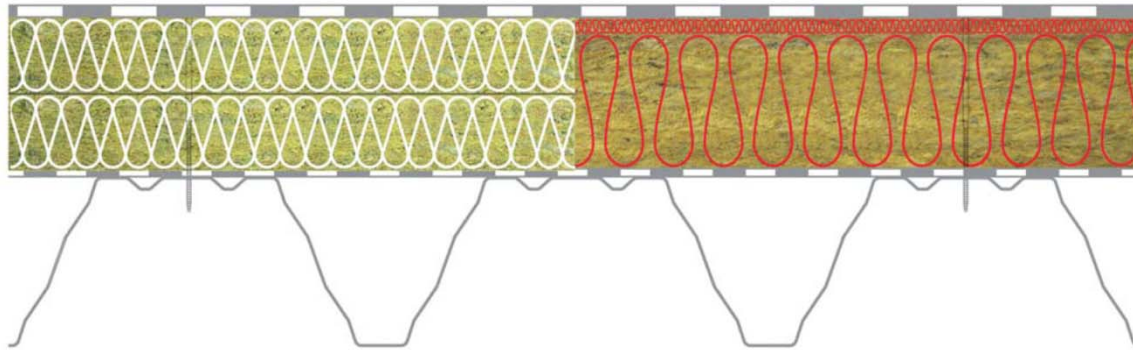
## 3. Odlične mehaničke karakteristike

- Gornji sloj iznimno visoke gustoće  $>210 \text{ kg/m}^3$ 
  - Potpora mehaničkom učvršćivanju
  - Idealna podloga za spajanje krovne folije



## Zašto dvoslojna gustoća na ravnim krovovima?

### 4. Niža cijena izvođenja



- **Ploče dvoslojne gustoće** možemo polagati samo u jednom sloju i kod projektiranih velikih debljina izolacije

## Izolacija za ravne krovove (FRI)

### Ploče dvoslojne gustoće:

- Monrock MAX E
- Durock
- Hardrock II

U proizvodnom programu dostupno je i nekoliko monolitnih ploča.



# Monrock MAX E

## TEHNIČKI PARAMETRI

Svojstvo	Simbol	Vrijednost	Jedinica mjere	Norma
Reakcija na požar	-	A1	-	HRN EN 13501-1
Koeficijent toplinske provodljivosti	$\lambda_D$	0,038	W/mK	HRN EN 12667
Specifična gustoća	$\rho$	210 gornji sloj 120 donji sloj	kg/m <sup>3</sup>	HRN EN 1602
Nosivost parcijalnog točkastog opterećenja	PL(5)600	≥ 600	N	HRN EN 12430
Tlačna čvrstoća kod 10% deformacije	CS(10)40	≥ 40	kPa	HRN EN 826
Tolerancija debljine	T4	-3 +5	mm	HRN EN 823
Kratkotrajna vodoupojnost	WS	≤ 1,0	kg/m <sup>2</sup>	HRN EN 1609
Dugotrajna vodoupojnost	WL(P)	≤ 3,0	kg/m <sup>2</sup>	HRN EN 12087
Paropropusnost	$\mu$	1,4	-	HRN EN 12086
Točka tališta	$T_t$	> 1000	°C	HRN DIN 4102
Potvrda sukladnosti	IGH potvrda sukladnosti 1/05-ZGP-1000			
Ključ za obilježavanje	MW-EN 13162-T4-DS(T+)-DS(TH)-TR10-CS(10)40-PL(5)600-MU1-WS-WL(P)			

# Durock

## TEHNIČKI PARAMETRI

Svojstvo	Simbol	Vrijednost	Jedinica mjere	Norma
Reakcija na požar	-	A1	-	HRN EN 13501-1
Koeficijent toplinske provodljivosti	$\lambda_D$	0,038	W/mK	HRN EN 12667
Specifična gustoća	$\rho$	210 gornji sloj 130 donji sloj	kg/m <sup>3</sup>	HRN EN 1602
Nosivost parcijalnog točkastog opterećenja	PL(5)600	≥ 600	N	HRN EN 12430
Tlačna čvrstoća kod 10% deformacije	CS(10)50	≥ 50	kPa	HRN EN 826
Tolerancija debljine	T5	-1 +3	mm	HRN EN 823
Kratkotrajna vodoupojnost	WS	≤ 1,0	kg/m <sup>2</sup>	HRN EN 1609
Dugotrajna vodoupojnost	WL(P)	≤ 3,0	kg/m <sup>2</sup>	HRN EN 12087
Paropropusnost	$\mu$	1,4	-	HRN EN 12086
Točka tališta	$T_t$	> 1000	°C	HRN DIN 4102
Potvrda sukladnosti	IGH potvrda sukladnosti 1/05-ZGP-1000			
Ključ za obilježavanje	MW-EN 13162-T5-DS(T+)-DS(TH)-TR10-CS(10)50-PL(5)600-MU1-WS-WL(P)			

# Hardrock II

## TEHNIČKI PARAMETRI

Svojstvo	Simbol	Vrijednost	Jedinica mjere	Norma
Reakcija na požar	-	A1	-	HRN EN 13501-1
Koeficijent toplinske provodljivosti	$\lambda_D$	0,040	W/mK	HRN EN 12667
Specifična gustoća	$\rho$	220 gornji sloj 150 donji sloj	kg/m <sup>3</sup>	HRN EN 1602
Nosivost parcijalnog točkastog opterećenja	PL(5)800	≥ 800	N	HRN EN 12430
Tlačna čvrstoća kod 10% deformacije	CS(10)70	≥ 70	kPa	HRN EN 826
Tolerancija debljine	T5	-1 +3	mm	HRN EN 823
Kratkotrajna vodoupojnost	WS	≤ 1,0	kg/m <sup>2</sup>	HRN EN 1609
Dugotrajna vodoupojnost	WL(P)	≤ 3,0	kg/m <sup>2</sup>	HRN EN 12087
Paropropusnost	$\mu$	1,4	-	HRN EN 12086
Točka tališta	$T_t$	> 1000	°C	HRN DIN 4102
Potvrda sukladnosti	U izradi			
Ključ za obilježavanje	MW-EN 13162-T5-DS(T+)-DS(TH)-CS(10)70-PL(5)800-TR10-MU1-WS-WL(P)			



**Jednoslojno polaganje ploča  
od kamene dvoslojne gustoće**

Utjecaj vertikalnih raspora

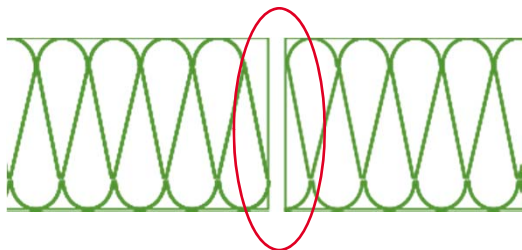


## Što nas je potaklo?

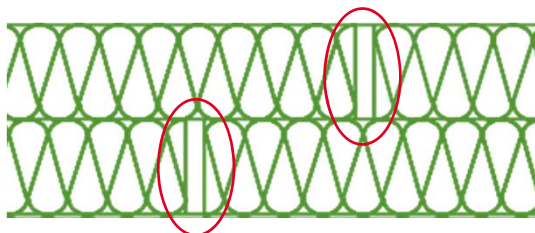
- Sve češća primjena jednoslojnog polaganja izolacije kod izvođenja ravnih krovova na tržištima regije
  - Uštede – smanjeni obujam radova
  - Jednostavnija logistika
  
- Pitanja vezana uz toplinsko izolacijske karakteristike tako izvedenog krova:
  - Da li može doći do razmaka (raspora) između ploča?
  - Dali razmak (raspor) ima utjecaj na toplinsko izolacijske karakteristike konstrukcije ravnog krova?
  - Koliki taj razmak (raspor) može biti da ne utječe značajno na toplinsko izolacijske karakteristike krova?

## Što nas je potaklo?

- Želja da dođemo do što preciznijih odgovora na pitanja koja se postavljaju vezano uz jednoslojno polaganje izolacijskih ploča na ravnim krovovima, kako bi osigurali što kvalitetnije projektiranje i izvođenje istih



Jednoslojno polaganje ploča od kamene vune



Dvoslojno polaganje ploča od kamene vune

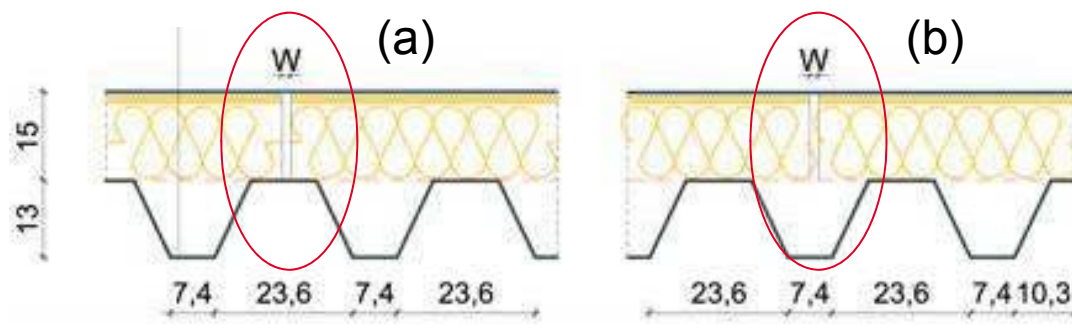
## Jednoslojno polaganje ploča od kamene vune na ravnim krovovima

- Provjeren i siguran način polaganja izolacijskih ploča od kamene vune na ravnim krovovima
- Standardno rješenje u većini zemalja EU
- Više od 200 milijuna m<sup>2</sup> ravnih krovova izolirano jednoslojnim polaganjem

# Ispitivanje na Institutu IGH

### 3. Proračun

- Provedeno je računalnim programom BISCO proizvođača Physibel, prema navedenim ulaznim podacima
- Širene zračnih raspora  $w = 0, 3, 5, 7, 10, 12$  i  $15$  mm

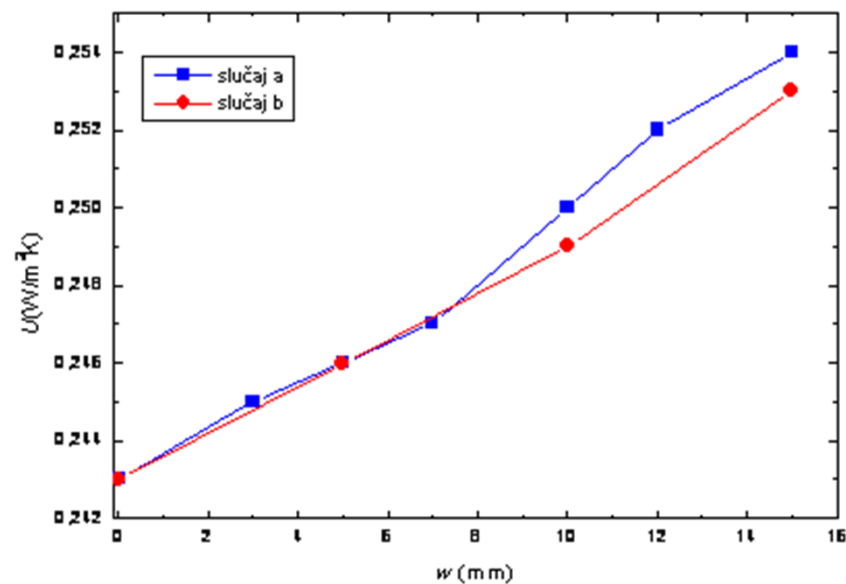


- Kod polaganja ploča od kamene vune točan položaj, tzv. duljinskog spoja može doći na različite položaje u odnosu na profilaciju trapeznog lima
- Za proračun uzeta dva granična slučaja:
  - a) sredina zračnog raspora na sredini brijega trapeznog lima
  - b) sredina zračnog raspora na sredini uvale trapeznog lima

## 4. Rezultati proračuna

- Rezultati proračuna U vrijednosti konstrukcije za oba ispitana slučaja (slučaj a i slučaj b) u ovisnosti o širini raspora

w (mm)	slučaj a		slučaj b	
	U (W/(m <sup>2</sup> K))	ΔU (%)	U (W/(m <sup>2</sup> K))	ΔU (%)
0	0,243	0	0,243	0
3	0,245	0,82		
5	0,246	1,23	0,246	1,23
7	0,247	1,65		
10	0,250	2,88	0,249	2,47
12	0,252	3,70		
15	0,254	4,53	0,253	4,12



## 6. Zaključak

- $U$  vrijednost modeliranog ravnog krova za raspor od 7 mm povećala se za 1,65%
- $U$  vrijednosti u svim mogućim načinima polaganja kamene vune do širine raspora od 7 mm ne ovise o načinu polaganja ploča kamene vune i stoga kod izračuna  $U$  vrijednosti konkretnog ravnog krova ne treba voditi računa o njihovom položaju
- S obzirom na proizvođačevu dozvoljenu toleranciju u duljini i širini ploče od  $\pm 2$  mm i uz uvjet da su ploče kamene vune pravokutne, uz savjesno polaganje ploča najveći zračni raspor između uzdužno složenih redova ploča može biti najviše 4 mm
- To bi korištenjem linearne ovisnosti  $U$  vrijednosti o širini raspora u području širine raspora od 0 do 7 mm (Slika 3) značilo maksimalnu gornju granicu povećanja  $U$  vrijednosti za 1,03 % u odnosu na  $U$  vrijednost ploča postavljenih bez zračnog raspora, i to bez obzira na položaj zračnog raspora u odnosu na profilaciju modelnog trapeznog lima

## 6. Zaključak

- Norma HRN EN ISO 69462 propisuje da se u slučaju korekcija manjih od 3% korekcije  $U$  vrijednosti ne moraju primijeniti u proračunu, a utjecaj zračnih raspore se može zanemariti, što u našem slučaju pokriva zračne raspore do čak 10 mm.

w (mm)	slučaj a		slučaj b	
	$U$ (W/(m <sup>2</sup> K))	$\Delta U$ (%)	$U$ (W/(m <sup>2</sup> K))	$\Delta U$ (%)
0	0,243	0	0,243	0
3	0,245	0,82		
5	0,246	1,23	0,246	1,23
7	0,247	1,65		
10	0,250	2,88	0,249	2,47
12	0,252	3,70		
15	0,254	4,53	0,253	4,12

Hvala na pažnji !

Zainteresirani ste za edukacije o pravilnom postavljanju izolacije, koje održavamo u našoj tvornici u Potpićnu?  
Obratite nam se na [info@rockwool.hr](mailto:info@rockwool.hr)