

# ARHITEKTONSKE KONSTRUKCIJE

3.r



NASTAVNA CJELINA:

## FIZIKA ZGRADE

NASTAVNA JEDINICA:

Fizikalne karakteristike vanjskih konstrukcija

## CILJ:

Unutarnji prostor mora osigurati ugodan boravak  
(optimalnu temperaturu, vlažnost zraka, zaštitu  
od buke)

## Važeći propisi:

- ZAKON O GRADNJI
- TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI  
ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA

# IZ ZAKONA O GRADNJI

Temeljni zahtjevi za građevinu su:

1. mehanička otpornost i stabilnost
2. sigurnost u slučaju požara
3. higijena, zdravlje i okoliš
4. sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe
5. zaštita od buke
6. gospodarenje energijom i očuvanje topline
7. održiva uporaba prirodnih izvora.

# IZ ZAKONA O GRADNJI

## Gospodarenje energijom i očuvanje topline

### Članak 14.

Gradevine i njihove instalacije za grijanje, hlađenje, osvjetljenje i provjetravanje moraju biti projektirane i izgrađene tako da količina energije koju zahtijevaju ostane na niskoj razini, uzimajući u obzir korisnike i klimatske uvjete smještaja građevine. Gradevine također moraju biti energetski učinkovite, tako da koriste što je moguće manje energije tijekom građenja i razgradnje.

# IZ ZAKONA O GRADNJI

## Održiva uporaba prirodnih izvora

### Članak 15.

Građevine moraju biti projektirane, izgrađene i uklonjene tako da je uporaba prirodnih izvora održiva, a posebno moraju zajamčiti sljedeće:

1. ponovnu uporabu ili mogućnost reciklaže građevine, njezinih materijala i dijelova nakon uklanjanja
2. trajnost građevine
3. uporabu okolišu prihvatljivih sirovina i sekundarnih materijala u građevinama.

# Obodne konstrukcije

## Funkcije:

- Zatvaranje ili pregrađivanje
- Preuzimanje opterećenja
- Zaštitna funkcija od utjecaja izvana,
  - Vлага, promjene temperature, buka, vjetar,

Obodne konstrukcije trebaju onemogućiti nekontrolirano ohlađivanje unutarnjeg prostora zimi, a zagrijavanje ljeti

# Fizika zgrade

- Fizika zgrade bavi se proračunom potrebne toplinske izolacije, kontrole difuzije vodene pare i zvučne izolacije
- Suvremene zgrade rade se sa učinkovitom fizikom zgrade, dobrom izolacijom, pa je u njima znatno ugodnije i jeftinije živjeti
- Ušteda na materijalu – jednokratna ušteda

# Fizika zgrade

## TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA

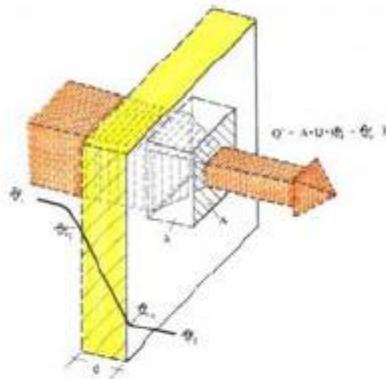
ustrojava pravila proračuna obodnih konstrukcija i  
crtanja detalja te granične vrijednosti okeficijenta  
prolaska topline

# Fizika zgrade

Fizika zgrade zadire u takozvanu ovojnicu  
zgrade koju čine 4 elementa:

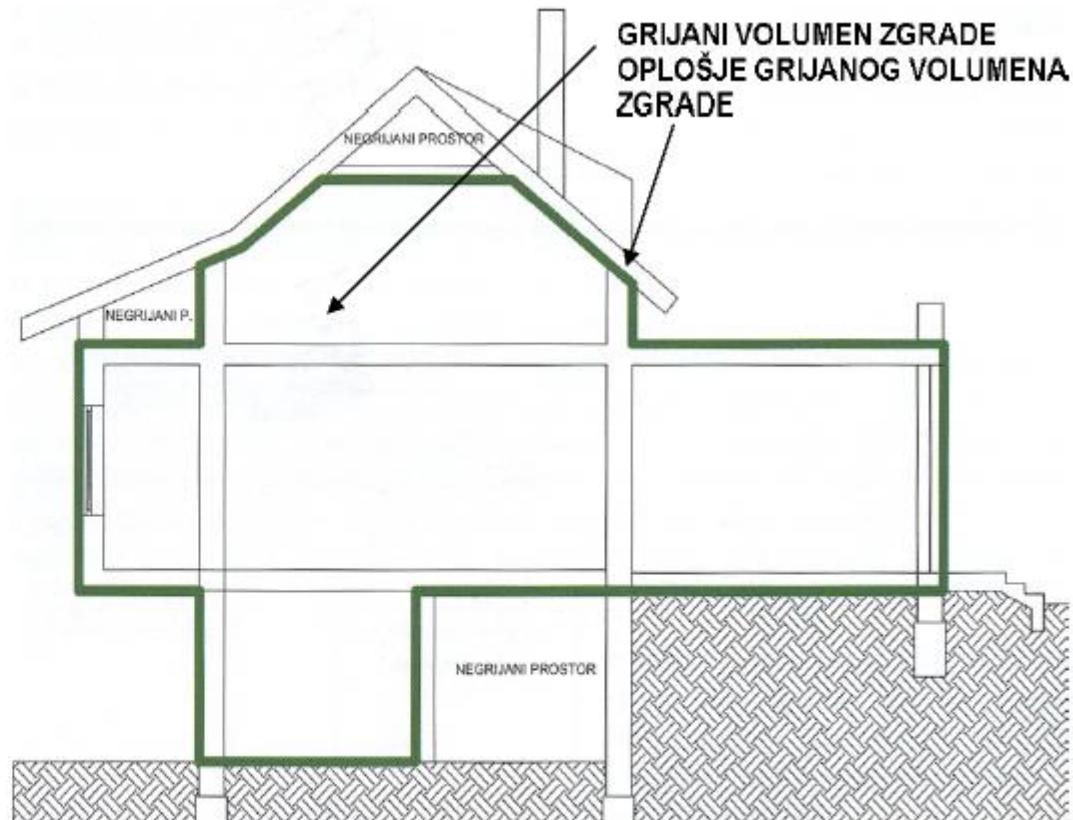
- krov
- vanjski zidovi (fasada)
- ostakljenje (prozori i vrata)
- podrumski zidovi (u kontaktu s tlom)

# Ovojnica zgrade - obodne konstrukcije



Veličina transmisijskih gubitaka topline kroz oplošje grijanog volumena zgrade ovisi o veličini oplošja:

Što je veće oplošje, veća je transmisija topline!



- Vertikalne
- Horizontalne
- Vanjski – unutarnji prostor
- Grijani – negrijani prostor

# Mediji prijenosa topline

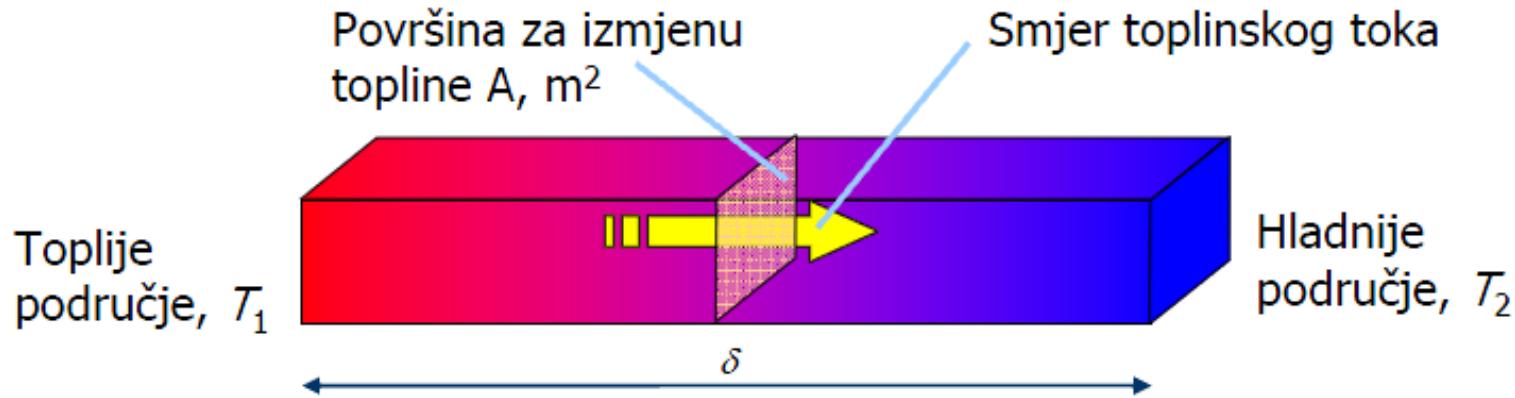
Toplina se prenosi:

1. Vođenjem topline (kondukcija)
  - Prijenos topline sa čestice na česticu
2. Strujanjem topline (konvekcija)
  - Prijenos topline plinovima ili tekućinama
3. Zračenjem topline (radijacija)
  - Prijenos topline između dva materijala koji se ne dotiču. Toplinska energija prelazi u energiju zračenja koja se širi u obliku zraka a ponovo se pretvara u toplinsku kada je hladni materijal upije

# Mediji prijenosa topline

1. Vođenje topline (kondukcija) ovisi o:
  - Gustoći materijala
  - Sadržaju vlage u materijalu
  - Promjeni temperature (unutra – van, grijano – negrijano)
  - Toplinski otpor materijala – materijali veće gustoće bolje provode toplinu

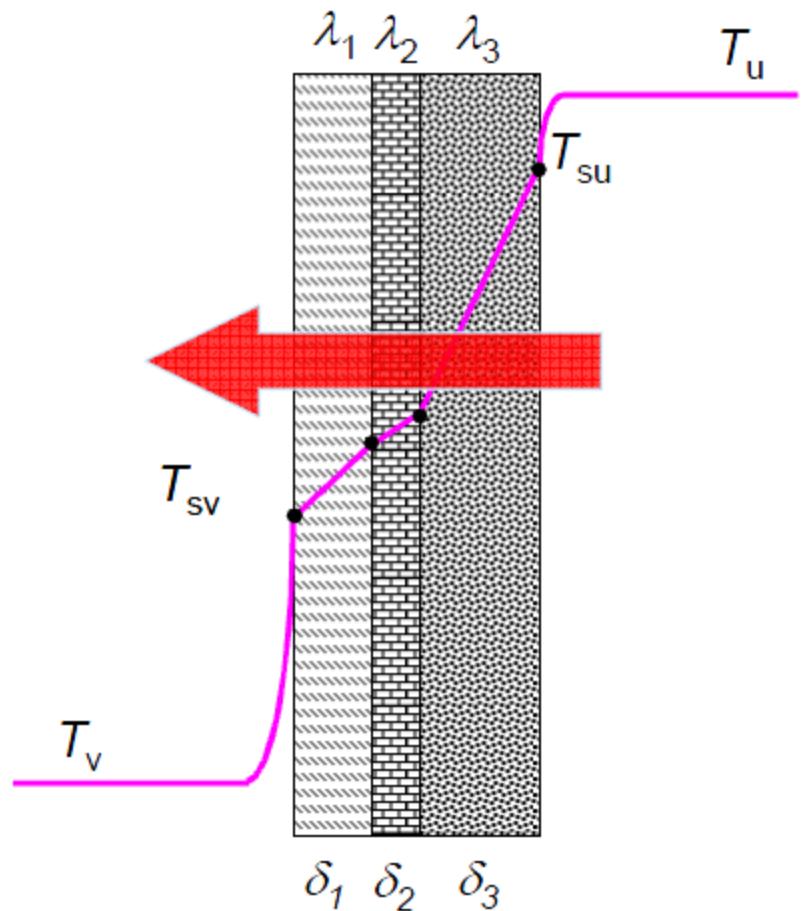
# Kretanje topline vođenjem



$\lambda$  - toplinska provodnost je fizikalno svojstvo materijala, numerički je jednak onom iznosu topline koji prođe kroz izotermnu plohu jedinične površine u jedinici vremena uz jedinični temperaturni gradijent.

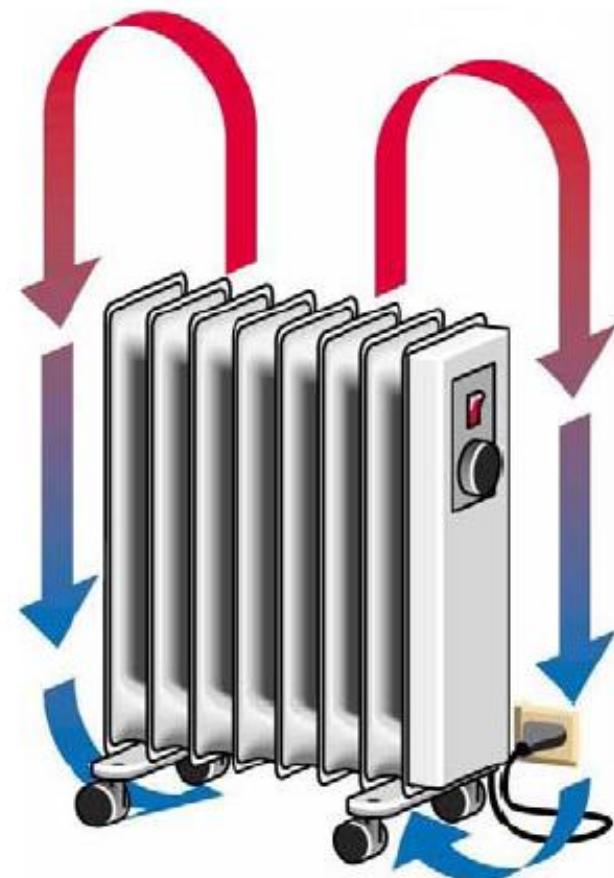
# Kretanje topline vođenjem

- Provodenje topline kroz višeslojnu ravnu stijenu



# Kretanje topline strujanjem (komešanjem ili konvekcijom)

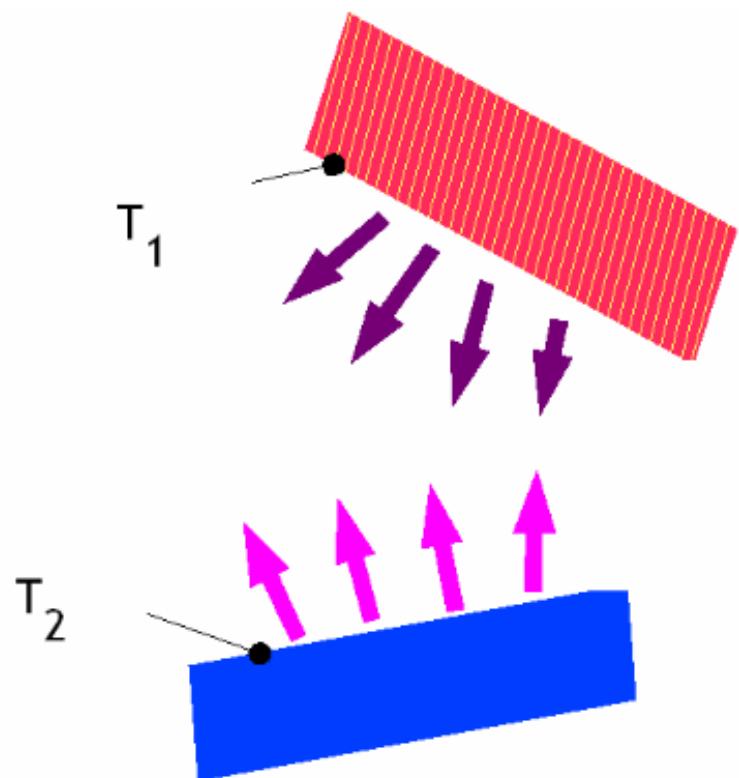
- Konvekcija je naziv za prijenos topline koji se odvija između krute stjenke i tekućine (plina ili kapljevine) u gibanju.



# Kretanje topline zračenjem

Zračenje je mehanizam izmjene topline koji se odvija u **formi elektromagnetskih valova** između tijela različitih temperatura, između kojih je proziran (propustan) medij.

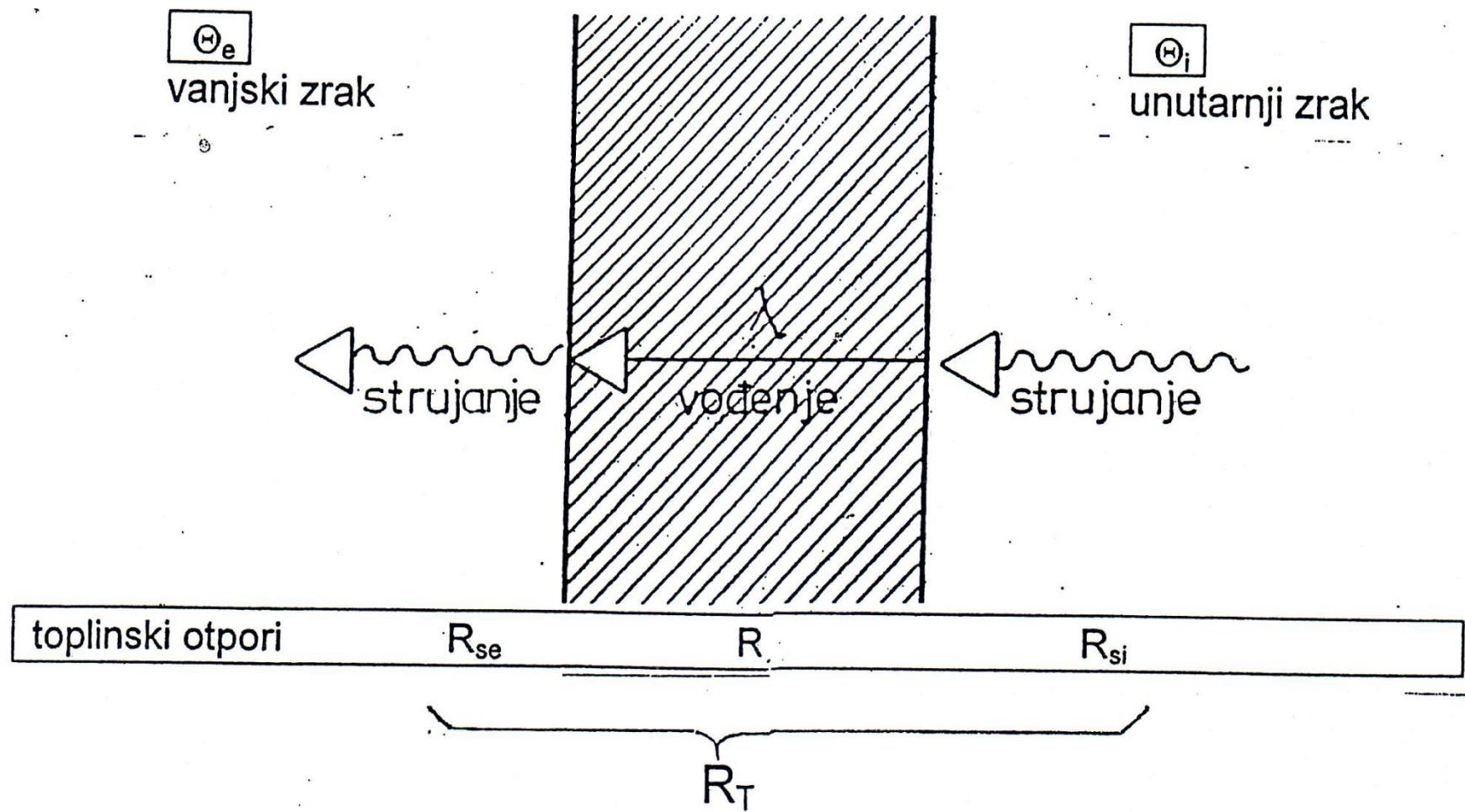
Širenje se elektromagnetskih valova odvija bez materijalnog posrednika i to je osnovna razlika između zračenja i prethodna dva načina prijenosa topline (i provođenje i konvekcija imaju materijalnog posrednika). Zračenje se dakle može odvijati i u **vakuumu**.

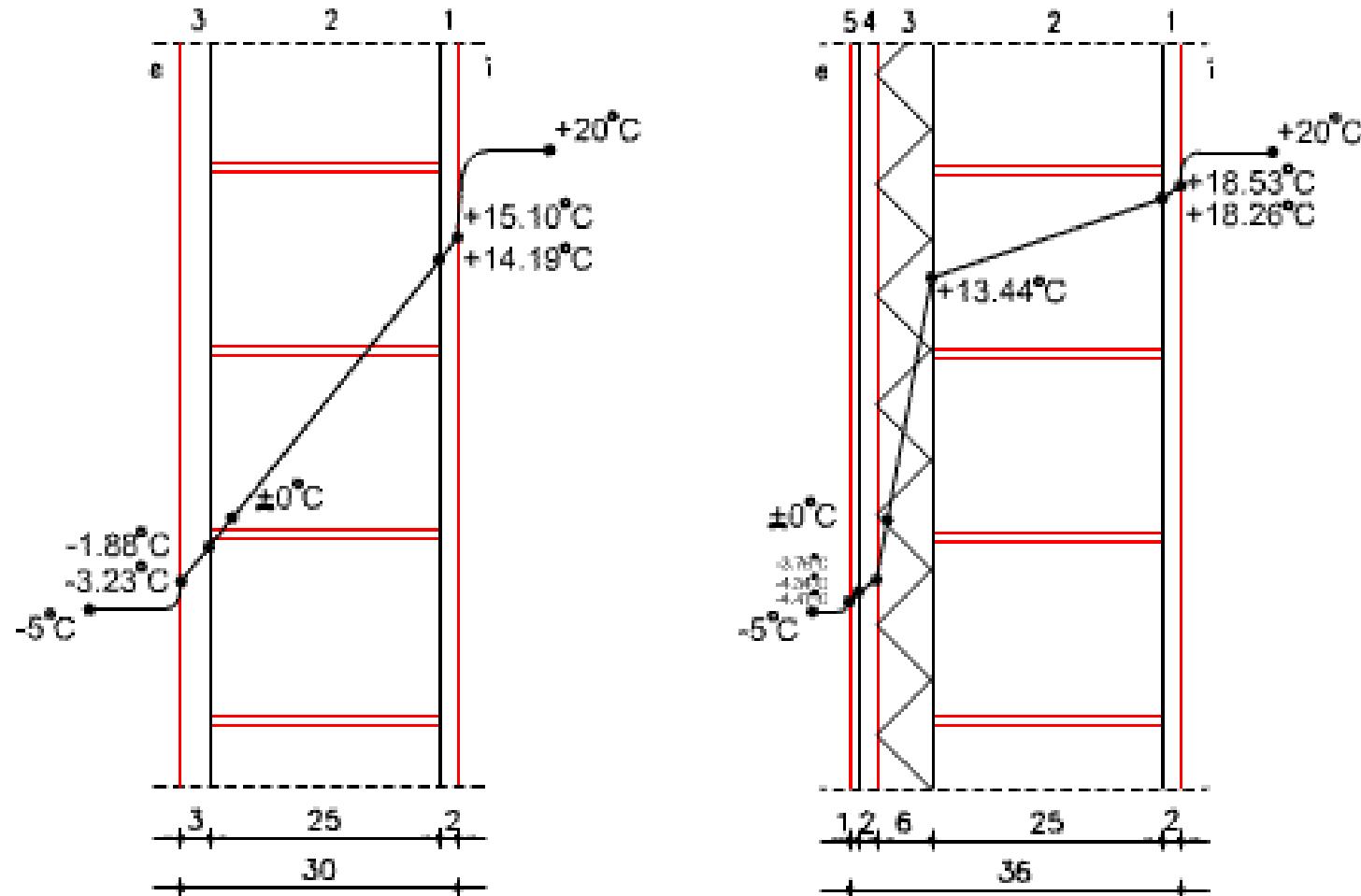


# Slabe točke – toplinski mostovi

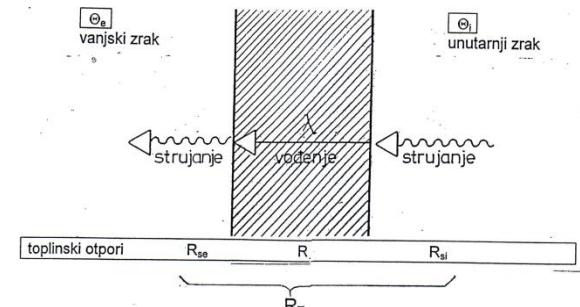
- PP prezentacija – toplinski mostovi

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu





# Prolaz topline kroz građevnu pregradu



- **Prijelazi topline** strujanjem iz unutarnjeg prostora u građevnu pregradu i iz nje u vanjski prostor utvrđeni su

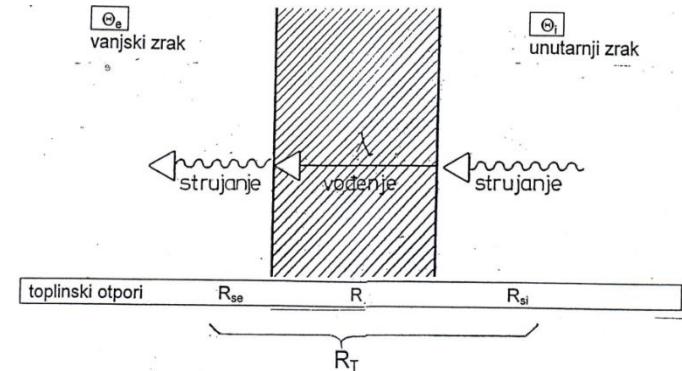
koeficijentima prijelaza topline

$$\Theta_i \text{ ili } \Theta_e \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Količina topline koja u jedinici vremena pređe sa zračne mase na  $1\text{m}^2$  plošne građevne pregrade kod temperaturne razlike od  $1\text{K}$

$$\Theta \text{ (teta)}$$

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu



- **Otpor prijelaza topline**

$R_{si}$  - unutarnji **plošni otpor** prijelaza topline

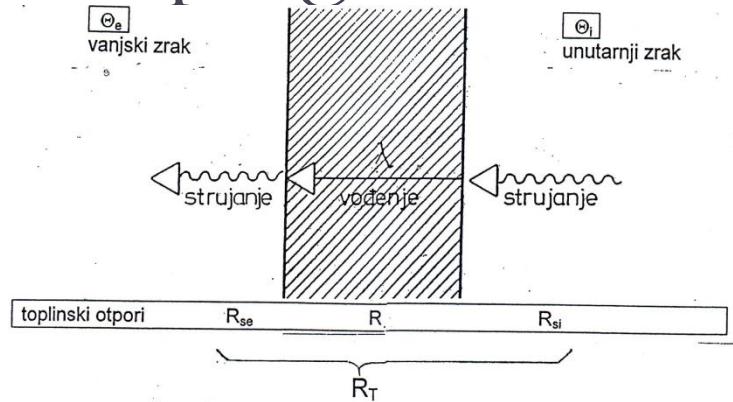
$R_{se}$  - vanjski **plošni otpor** prijelaza topline

Recipročan je vrijednosti koeficijenta prolaska topline

$$R_{si} = 1 / \theta_i \quad \text{m}^2\text{K}/\text{W}$$

$$R_{se} = 1 / \theta_e \quad \text{m}^2\text{K}/\text{W}$$

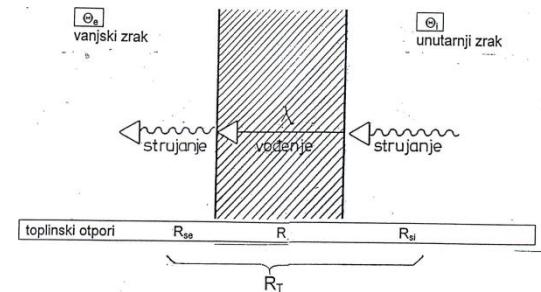
# Prolaz topline kroz građevnu pregradu



Provodenje topline kroz pojedini sloj (materijal)

$\lambda$ -koeficijent toplinske vodljivosti nekog materijala  
[W/mK]

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu

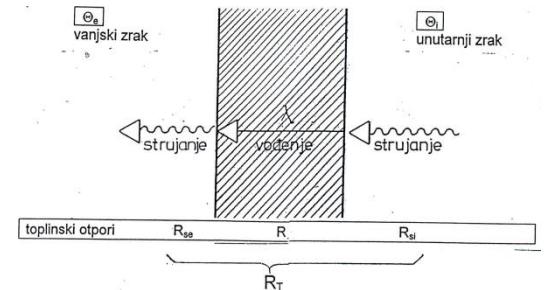


**$\lambda$ -koeficijent toplinske vodljivosti W/mK**

- Količina topline koja u jedinici vremena prođe kroz sloj nekog materijala **ploštine  $1\text{m}^2$  debljine  $1\text{m}$**  kod temperaturne razlike od  $1\text{K}$  (kelvin)
- Vrijednost koeficijenta različita je za različite materijale a ovisi o **gustoći**, veličini i povezanosti pora i stanju vlažnosti materijala.

Zid	Gustoća	Koef. Topl.Provod.	Debljina zida	Fasadni zid sa TERMOZOL sustavom različitih debljina ploča				
				Bez izolacije	5cm	6cm	8cm	10cm
	kg/m3	W/(mK)	cm	W/(m2K)				
Beton	2400	2.04	15	4.11	0.68	0.59	0.46	0.37
			20	3.73	0.67	0.58	0.45	0.37
Blok opeka	1400	0.61	19	2.08	0.59	0.51	0.41	0.34
			29	1.55	0.54	0.47	0.39	0.32
Puna opeka	1600	0.64	25	1.78	0.56	0.49	0.40	0.33
			38	1.31	0.50	0.45	0.37	0.31
Porobeton	800	0.35	20	1.35	0.51	0.45	0.37	0.31
			25	1.13	0.48	0.43	0.35	0.30
Betonski blok	1600	0.74	30	0.97	0.45	0.40	0.34	0.29
			19	2.34	0.61	0.53	0.42	0.35
			25	1.97	0.58	0.51	0.41	0.34
			29	1.78	0.56	0.49	0.40	0.33

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu

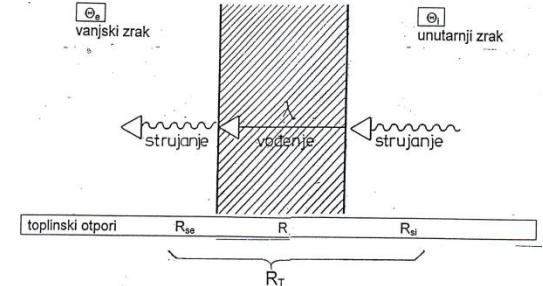


**R – otpor toplinskoj propustljivosti ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ )**

- Ovisi o debljini materijala kroz koji prolazi toplina
- Obrnuto proporcionalan je koeficijentu toplinske vodljivosti tog materijala

$$R = d / \lambda \quad (\text{m}^2\text{K}/\text{W})$$

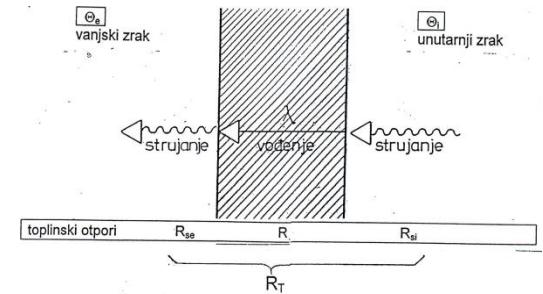
# Prolaz topline kroz građevnu pregradu



Za građevne pregrade koje se sastoje od više slojeva materijala otpor toplinskoj propustljivosti je zbroj otpora za svaki sloj

$$R=R_1+R_2+R_3\dots=d_1/\lambda_1+d_2/\lambda_2+d_3/\lambda_3\dots=R_n[m^2K/W]$$

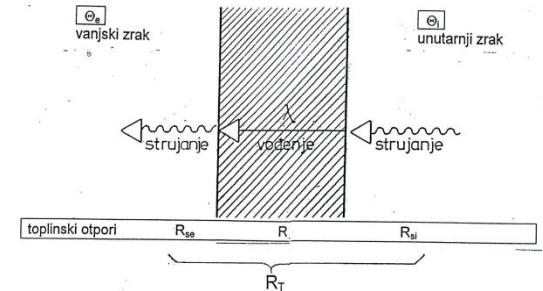
# Prolaz topline kroz građevnu pregradu



Sveukupni otpor prolaska topline kroz  
građevnu pregradu uključuje i otpore  
prijelaza topline strujanjem zraka prema  
pregradi i od nje

$$R_k = R_{\text{si}} + R_n + R_{\text{se}} \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$$

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu



Sveukupni prolazak topline kroz građevnu pregradu izražava se koeficijentom prolaska topline

$$U = 1/R_k \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

# Proračun koeficijenta prolaska topline kroz višeslojni građevinski element

Koeficijent prolaska topline U

$$U = 1/R_T \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Ukupan toplinski otpor RT:

$$RT = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{Se}$$

$R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$  – vrijednosti toplinskog otpora svakog sloja

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu

## Plošni toplinski otpor

**R<sub>Si</sub>** – unutarnji plošni otpor prijelaza topline

0,10 (uvis), 0,13 (vodoravno) 0,17 (naniže)

**R<sub>Se</sub>** – vanjski plošni otpor prijelaza topline

0,04 (uvis, vodoravno, naniže)

Toplinski otpor slojeva **R = d/λ (m<sup>2</sup>K/W)**

d – debljina sloja (m)

λ – toplinska provodljivost materijal (W/mK)

# Prolaz topline kroz građevnu pregradu

- Dobivena vrijednost koeficijenta prolaska topline  $U$  mora biti manja od najveće dopuštene za :
  - Određeni građevni element
  - Klimatsko područje
  - Vrstu zgrade
  - Unutarnju temperaturu (projektiranu)
- Tehničkim propisom određene su najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta  $U$

<https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/438515.pdf>

# Proračun koeficijenta prolaska topline

**Zadano:**

1. Zid armirani beton  $d=20$  cm,  $\lambda_1=2,33$ ,

2. EPS  $d=4$  cm,  $\lambda_2=0,041$

III. klimatska zona  $\Rightarrow t_i=20^\circ\text{C}$   $t_e=-10^\circ\text{C}$

$$R = d / \lambda$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_1 = 0,20 / 2,33 = 0,086 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_2 = 0,04 / 0,041 = 0,976 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se} = 0,13 + 0,086 + 0,976 + 0,04 = 1,23 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / R_T$$

$$U = 1 / 1,23 = 0,81 \text{ W/m}^2\text{K} > \text{od dopuštenog}$$

# Temperaturni tok kroz građevnu pregradu

*Temperature na graničnim površinama*

$$R_T = 1,23 \text{ m}^2\text{K/W} \quad t_i = 20^\circ\text{C} \quad t_e = -10^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_i - t_e = 20 + [-10] = 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta t / R_T = 30 / 1,23 = 24,39 \text{ W/m}^2$$

$$R_{s1} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \Delta t_1 = 24,39 \cdot 0,13 = 3,0^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 0,086 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \Delta t_2 = 24,39 \cdot 0,086 = 2,1^\circ\text{C}$$

$$R_2 = 0,976 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \Delta t_3 = 24,39 \cdot 0,976 = 23,8^\circ\text{C}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \Delta t_4 = 24,39 \cdot 0,043 = 1,1^\circ\text{C}$$

$$t_i = 20,0^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 20,0 - 3,0 = 17,0^\circ\text{C}$$

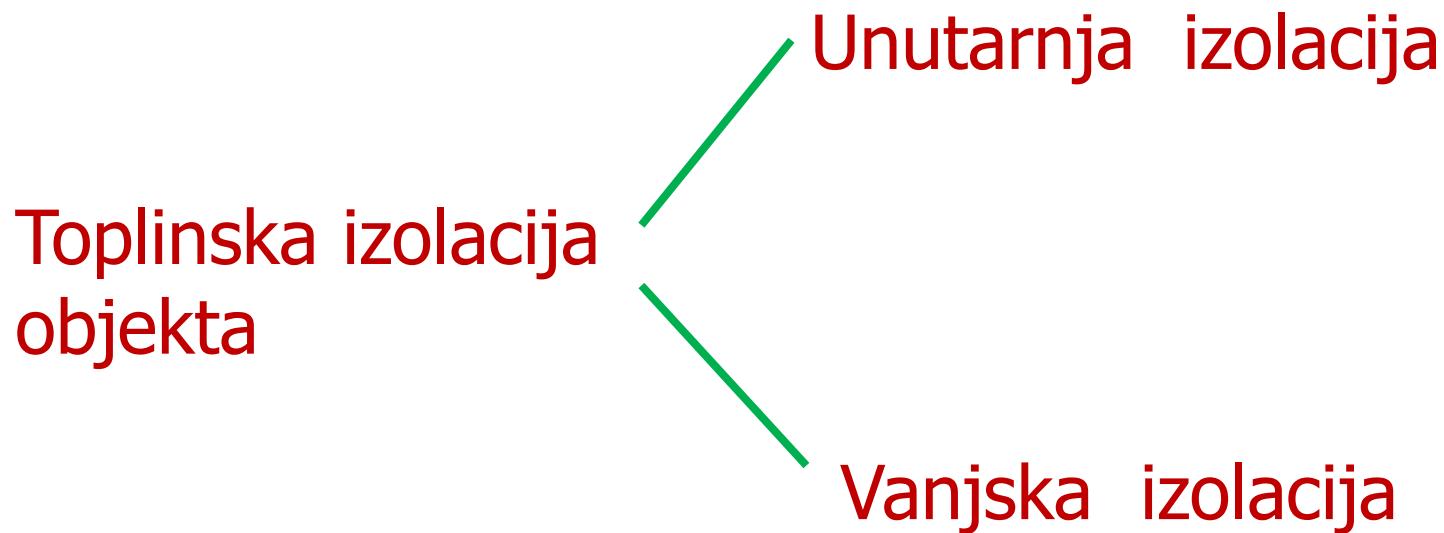
$$t_2 = 17,0 - 2,1 = 14,9^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 14,9 - 23,8 = -8,9^\circ\text{C}$$

$$\underline{t_e = -8,9 - 1,1 = -10,0^\circ\text{C}}$$

$$\Delta t_{uk} = 30^\circ\text{C}$$

Različite mogućnosti izvedbe izolacije obzirom na njezin položaj u konstrukciji



- Ventilirana fasada
- Kontaktna fasada
- Panelni fasadni sustavi

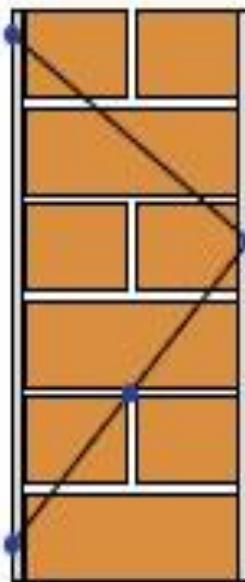
# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova s unutarnje strane

## Slabosti zidova izoliranih s unutarnje strane

- Zidovi su izloženi znatnim temperaturnim razlikama i opterećenjima što uzrokuje eroziju
- Vлага koja prodire duboko u konstrukciju kondenzira se i uzrokuje pojavu pljesni
- Neprekinuti su toplinski mostovi
- Onemogućeno je akumuliranje toplinske energije u zidu
- Ovo se primjenjuje samo za posebne uvjete (zaštićeni spomenici kulture...)

# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova s unutarnje strane

vanjska  
temperatura  
ljeti

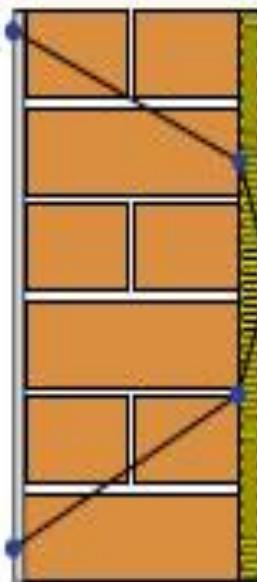


vanjska  
temperatura  
zimi

vanjska  
temperatura  
ljeti

unutarnja  
temperatura

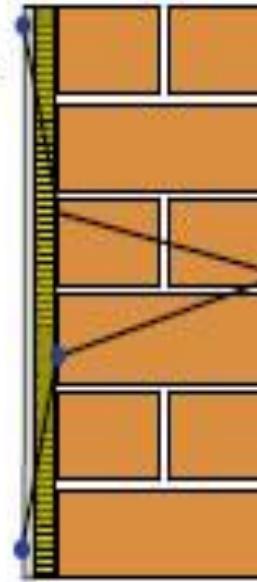
vanjska  
temperatura  
zimi



vanjska  
temperatura  
ljeti

unutarnja  
temperatura

vanjska  
temperatura  
zimi



unutarnja  
temperatura

**protok temperature  
u zidu bez toplinske  
izolacije**

**protok temperature  
u zidu s unutrašnjom  
toplinskom  
izolacijom**

**protok temperature  
u zidu s vanjskom  
toplinskom  
izolacijom**

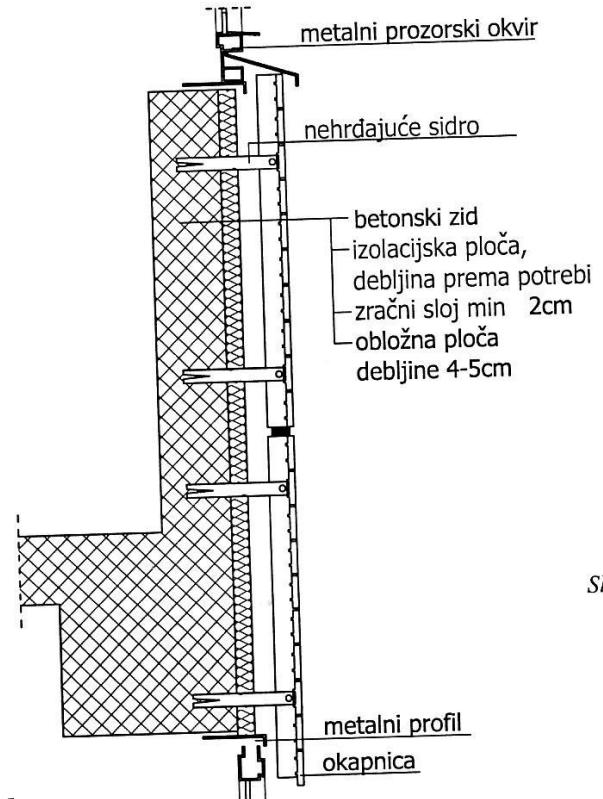
# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova s vanjske strane

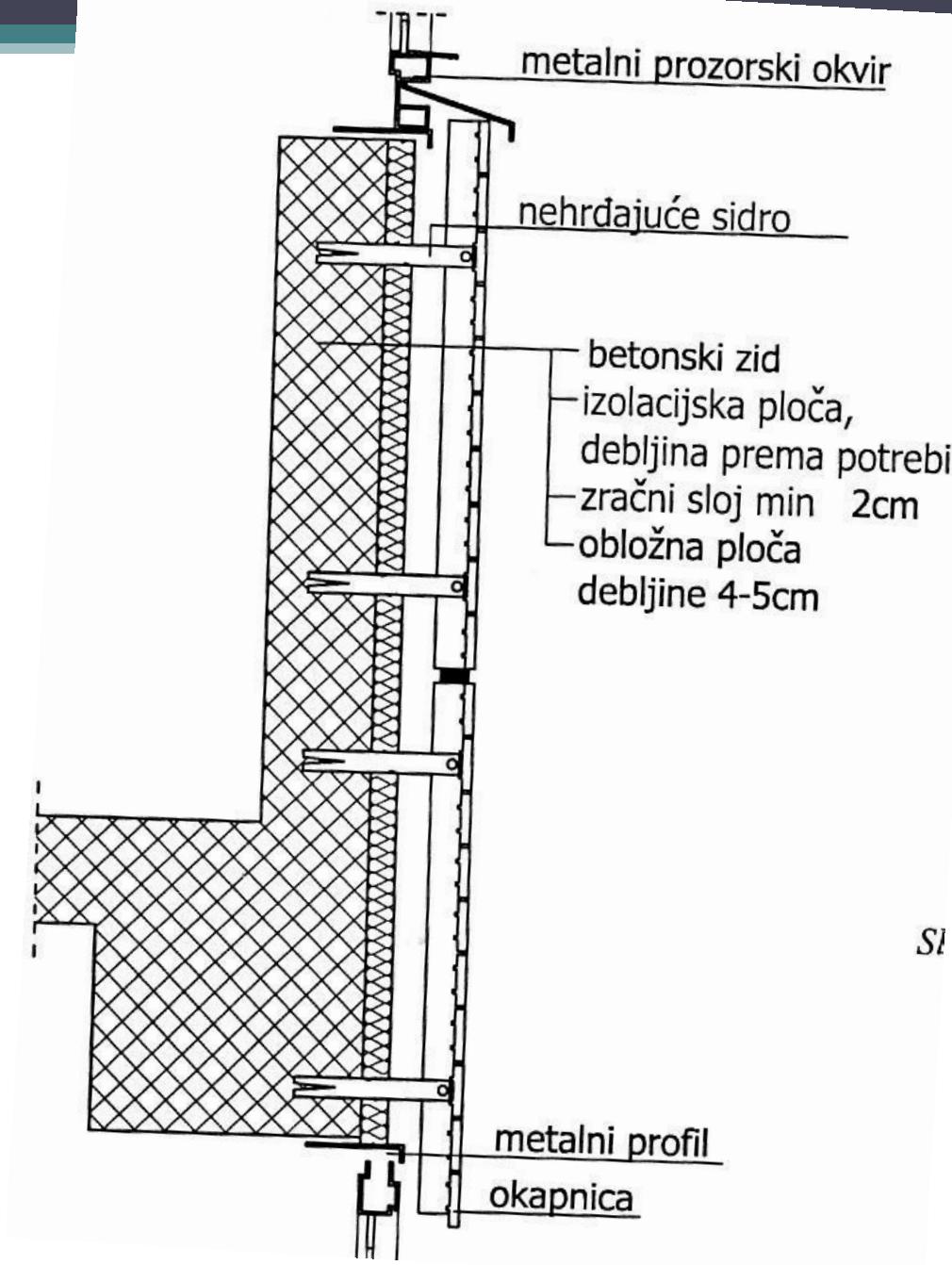
Moguće izvedbe vanjske izolacije zidova:

1. Ventilirane fasade
2. Kontaktne fasade

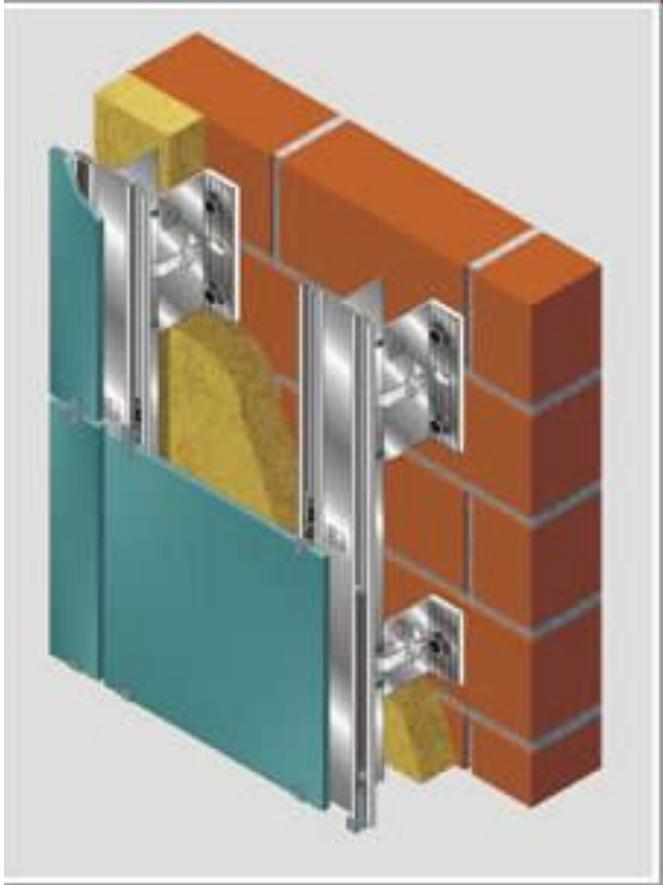
## Ventilirane fasade

- Toplinska izolacija pričvršćena je za nosivu konstrukciju zida a između t. izolacije i završnog sloja fasade je zračni sloj



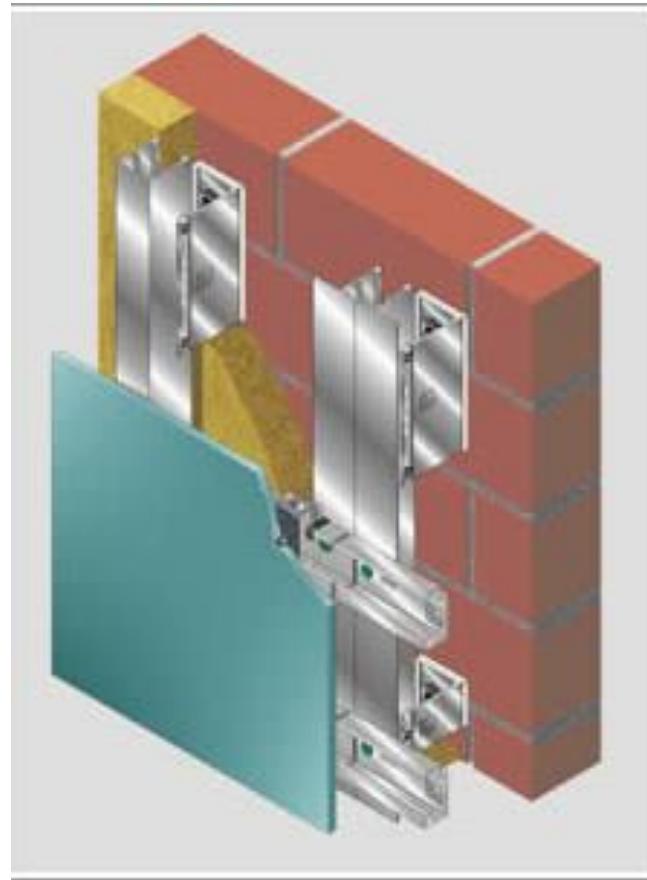


Sl



**ATK 102 Minor**

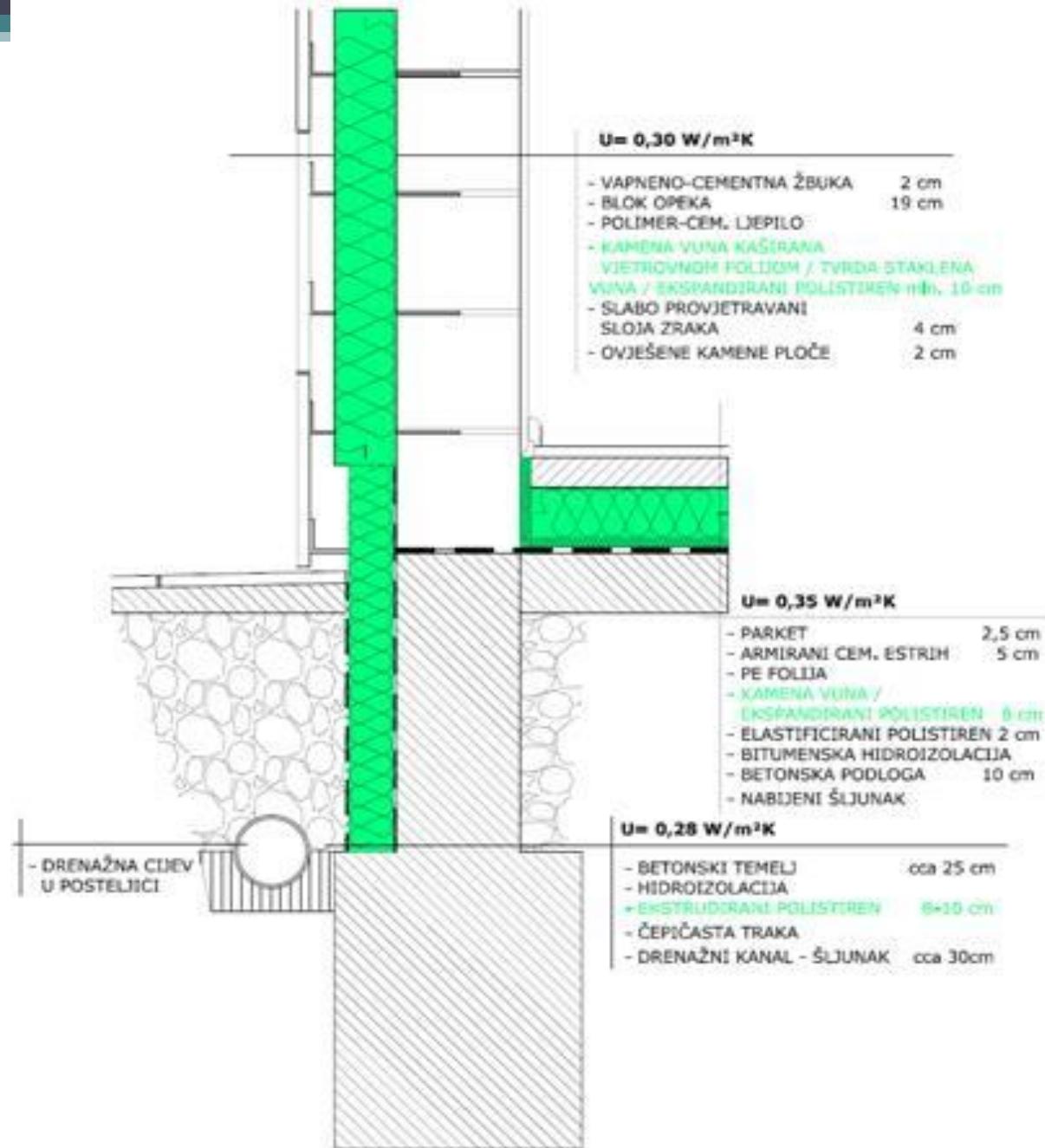
Sistem s vidljivim kopčama



**ATK 103**

Sistem s nevidljivim sidrima

Proizvođač: **KERATEK d.o.o. (BWM - aluminijkska potkonstrukcija)**



# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova s vanjske strane

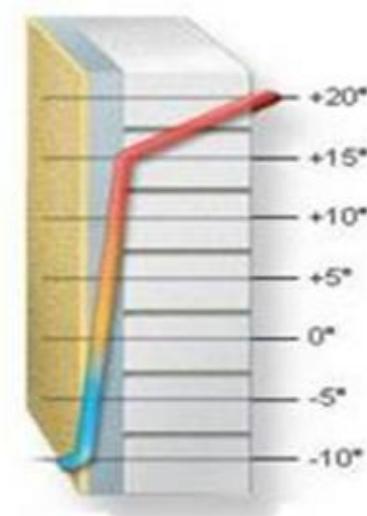
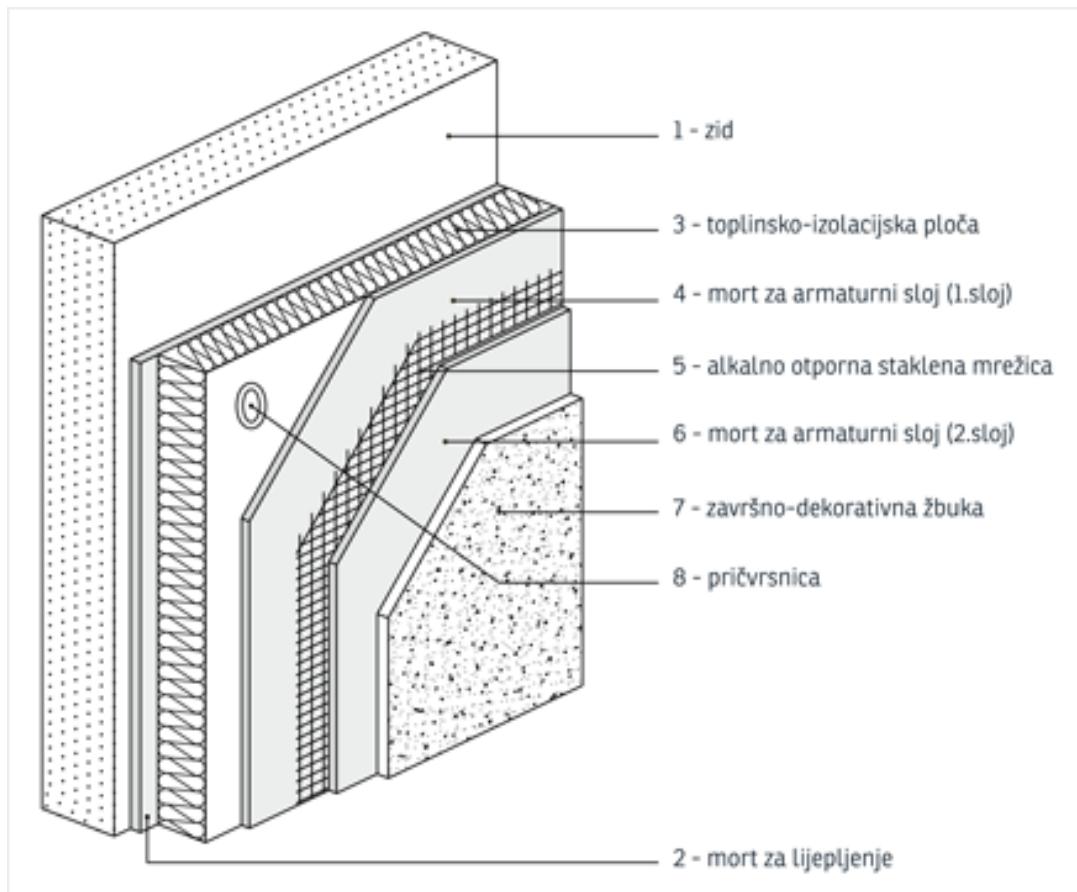


ventilirani toplinsko  
izolacijski sustav



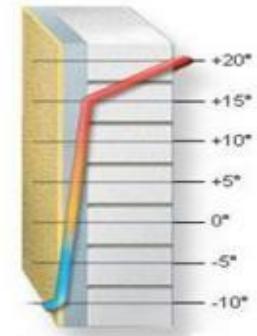
kontaktni toplinsko  
izolacijski sustav

# ETICS fasadni sustav(kontaktna)



Kontaktna fasada - DEMIT

# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova s vanjske strane



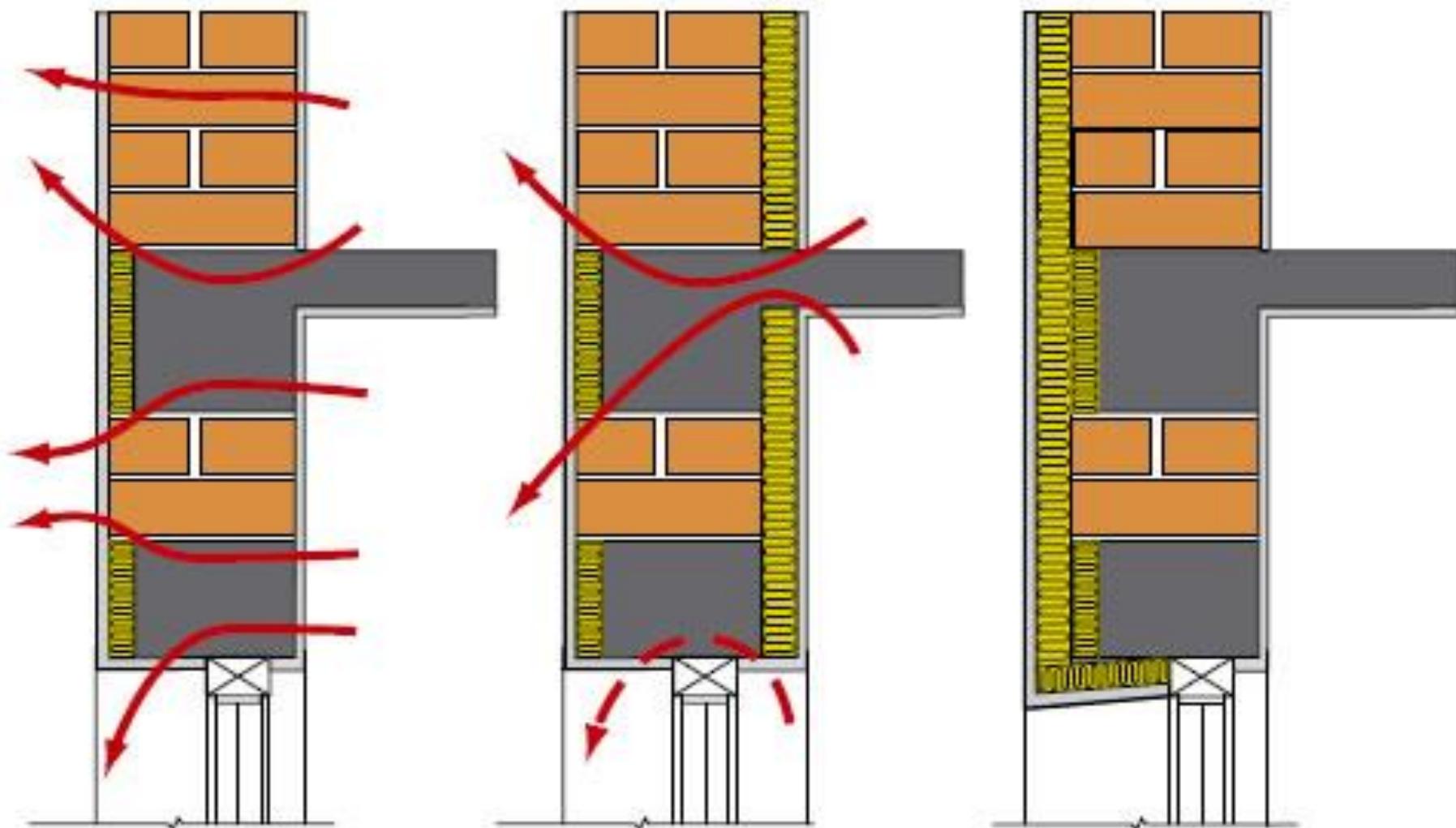
- Kompaktni višeslojni izolacijski sustav gdje toplinska izolacija ima i funkciju “nositelja završnih fasadnih slojeva (ljepila ili završni sloj žbuke)
- Završni slojevi se nanose direktno na termoizolaciju
- Kao izolatori koriste se mineralna vuna i stiropor,
- Podloga na koju se lijepe izolacijske ploče mora biti čista, suha i ravna
- na ovakovom tipu fasade preporučuju se Akrilni, Silikonski i Silikonskosilikatni završni slojevi

# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova s vanjske strane

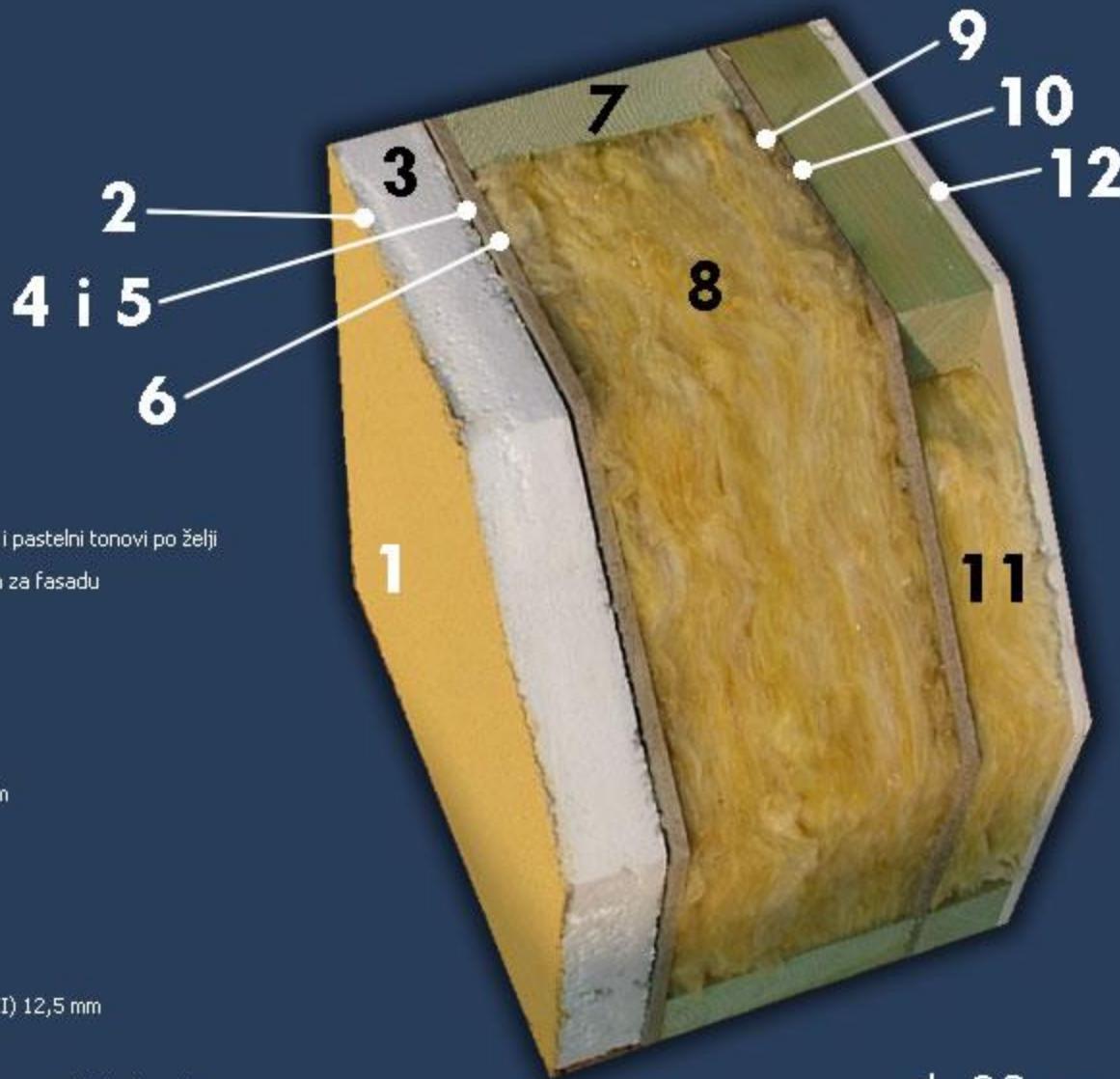
## Prednosti vanjske toplinske izolacije zida:

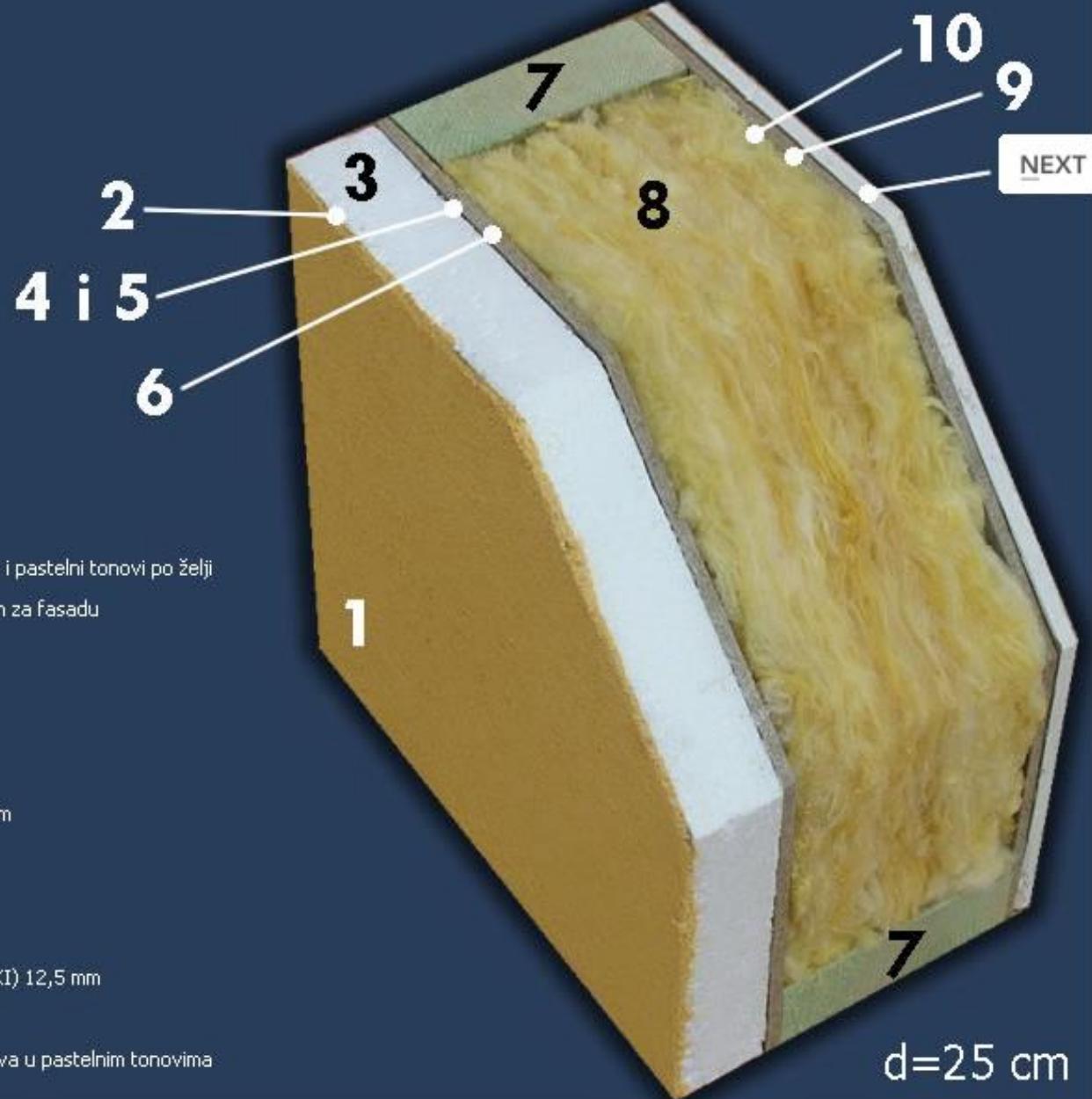
- Zgrada se izolira kao cjelina, **nema toplinskih mostova**
- Konstrukcija zida je zaštićena od kondenzacije vodene pare, vanjskih vremenskih oštećenja, temperaturnih opterećenja
- Omogućena je akumulacija topline

# Toplinsko izoliranje vanjskih zidova

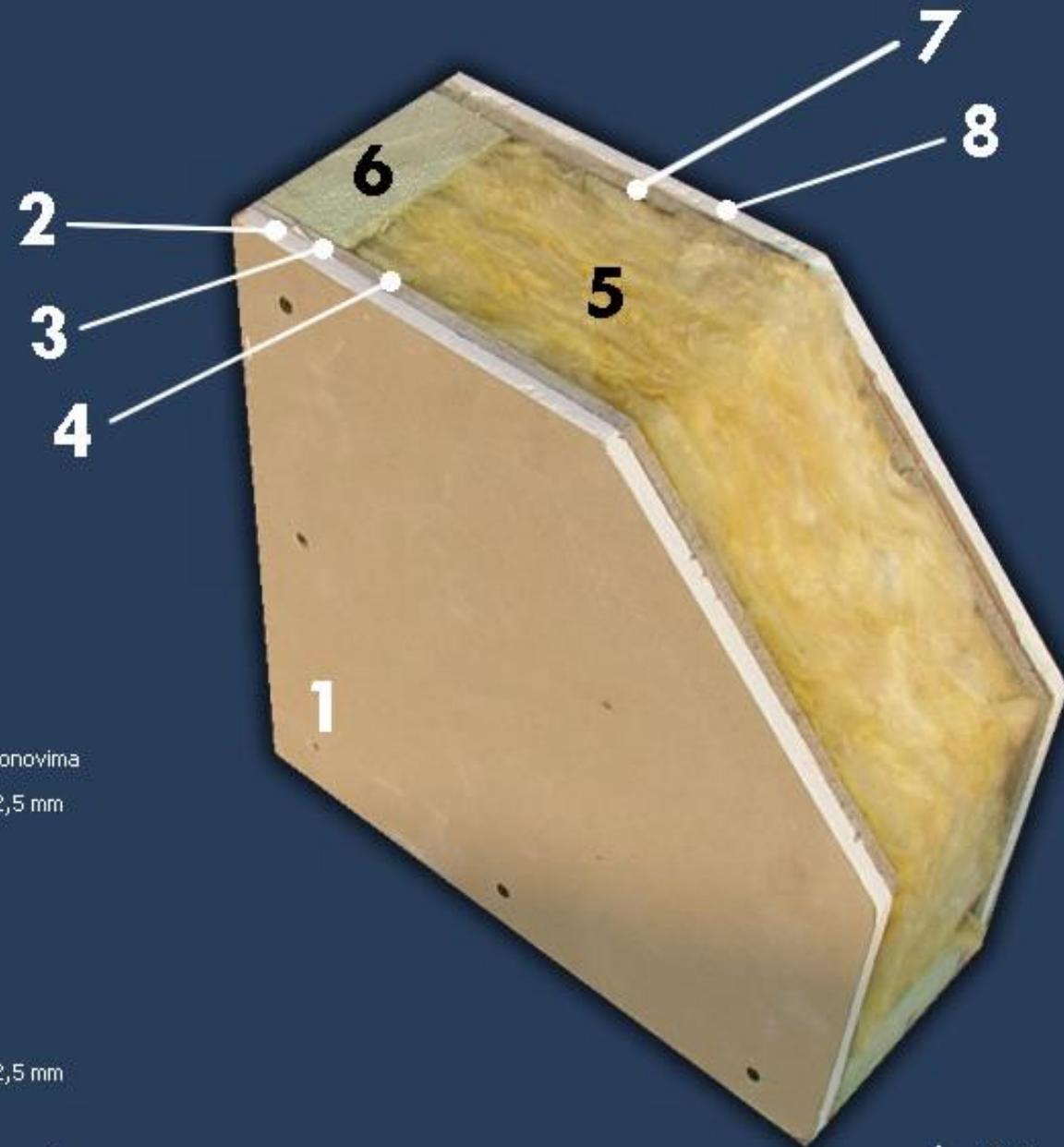


**toplinski mostovi – pogreške pri izvedbama izolacije vanjskih zidova i očita prednost izolacije na vanjskoj strani**





PREV



d=14 cm

1. Gletovanje i bojanje zidova u pastelnim tonovima
  2. Gipskartonska ploča (KNAUF GKB/GKI) 12,5 mm
  3. Kit za spojeve C 86 (SEMIN)
  4. Betonyp ploča 8 mm
  5. Mineralna vuna 100 mm
  6. Drvena konstrukcija 50 mm x 100 mm
  7. Betonyp ploča 8 mm
  8. Gipskartonska ploča (KNAUF GKB/GKI) 12,5 mm
  9. Kit za spojeve C 86 (SEMIN)
  10. Gletovanje i bojanje zidova u pastelnim tonovima



Presjek vanjskog zida niskoenergetske kuće (Krivaja-Magnus)

# Kretanje zraka, topline i vlage

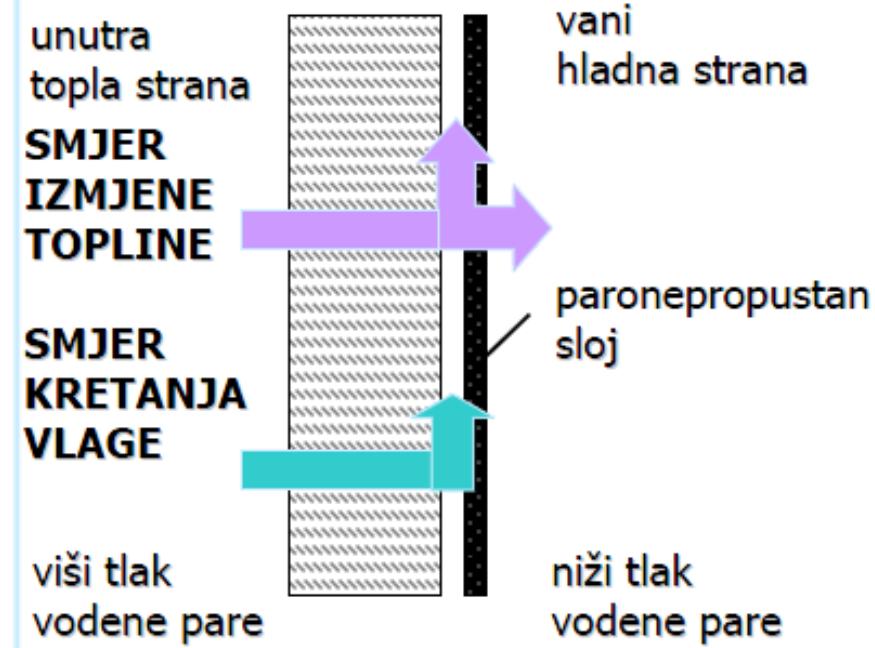
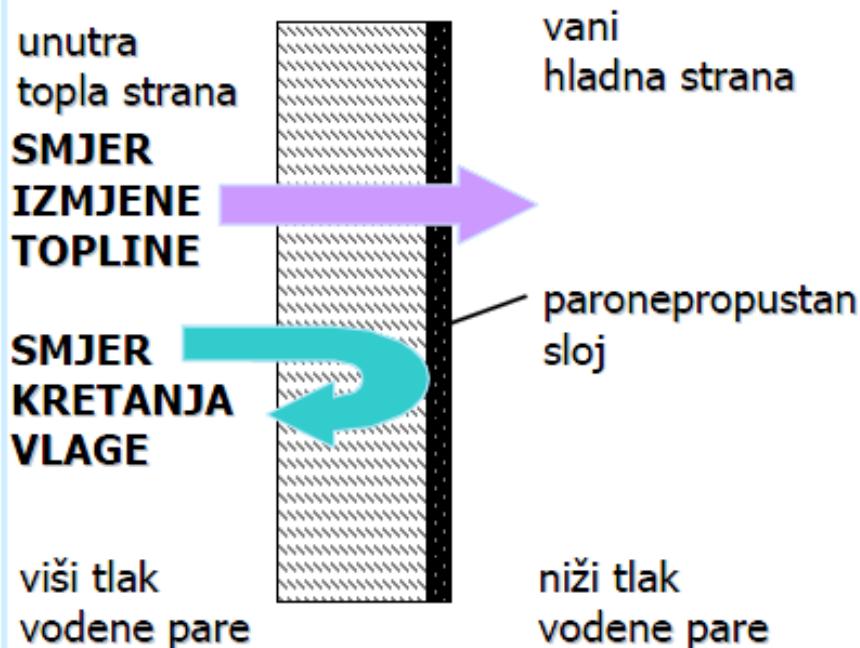
## 2.4 Prijenos vlage



Transport vlage se odvija u smjeru pada tlaka: od mesta višeg parcijalnog tlaka vodene pare prema mjestu nižeg parcijalnog tlaka vodene pare – uvijek u smjeru transporta TOPLINE.

#### 4.4 Difuzija vodene pare u građevnim dijelovima

Difuzija vodene pare je naziv za molekularni transport vodene pare kroz sloj materijala koji nastaje uslijed razlike parcijalnih tlakova vodene pare.



Difuzija vodene pare kroz zid građevine

## Literatura:

- Mr.sc.Jasenka Bertol-Vrček
- Internet