



ОБУКА ЗА ПОЛАГАЊЕ СТРУЧНОГ ИСПИТА ЗА ОБЛАСТ
ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА



Тематско поглавље 6

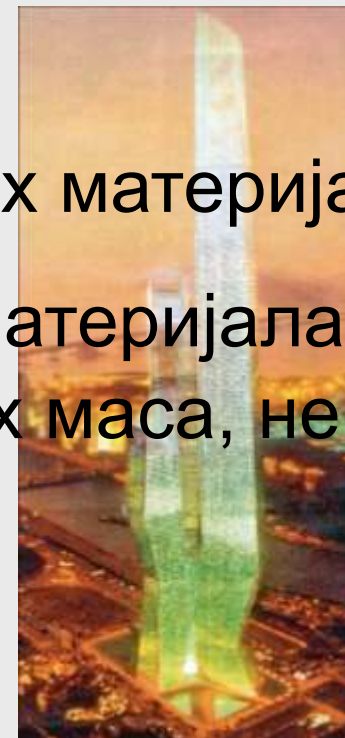
ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ И СКЛОПОВИ

Проф. др Велиборка Богдановић
Грађевинско-архитектонски факултет
Универзитета у Нишу
veliborka@gaf.ni.ac.rs

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда

Сагледавање енергетских својстава грађевинских материјала, у општем случају, сем неких изузетака, разликују се код:

- **Нетранспарентних** грађевинских материјала
- **Транспарентних** грађевинских материјала - стакло, елементи од пластичних маса, неки термоизолациони материјали



ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

у контексту енергетских својстава зграда

својства-уопште:

- *топлотна проводљивост*
- *акумулативност топлоте*
- *отпор дифузији водене паре*
- водоотпорност
- отпорност на пожар
- могућност рециклаже
- енергија и емисија штетних гасова при производњи
- цена
-

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда

- **Параметар топлотне проводљивости**
- **Параметри акумулативности топлоте за топлотну стабилност**
- **Параметар дифузије водене паре**

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда

коэффициент топлотне проводљивости λ

утицај на коефицијент пролаза топлоте конструкције као мера трансмисионих топлотних губитке зграде у зимском периоду

- армирани бетон $\rho=2500\text{kg/m}^3$, $\lambda= 2,33\text{W/mK}$,
- пуна опека $\rho=1400\text{ kg/m}^3$, $\lambda= 0,58\text{ W/mK}$,
- ћелијаста бетон $\rho = 600\text{ kg/m}^3$, $\lambda=0,23\text{W/mK}$,
- ћелијаста бетон $\rho = 400\text{ kg/m}^3$, $\lambda=0,14\text{W/mK}$,
- минерална вуна $\rho=30\text{-}200\text{kg/m}^3$, $\lambda = 0,041\text{ W/mK}$.

По правилу: мања густина материјала ρ - мање λ

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

у контексту енергетских својстава зграда

- **Параметри акумулативности топлотне за стабилност:**
 - у летњем периоду
 - У зимском периоду-утицај на топлотни комфор код прекида грејања

Топлотни капацитет:

$$C = \rho \cdot c$$

Коефицијент температурне проводљивости:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = \frac{\lambda}{C}$$

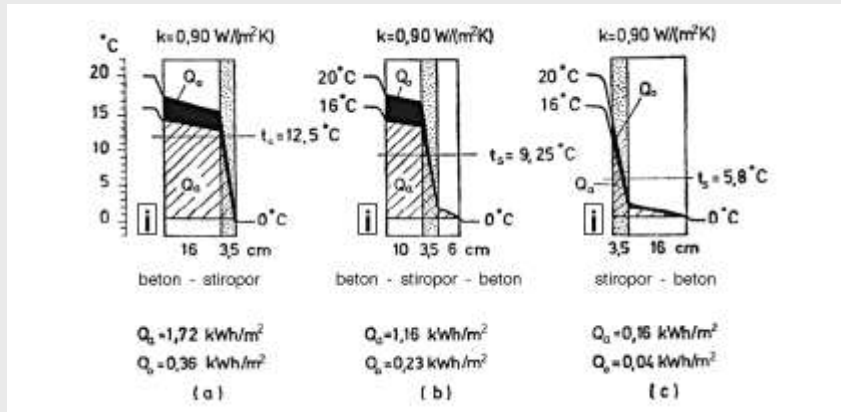
Коефицијент упијања топлоте:

$$b = \sqrt{\rho \lambda c}$$

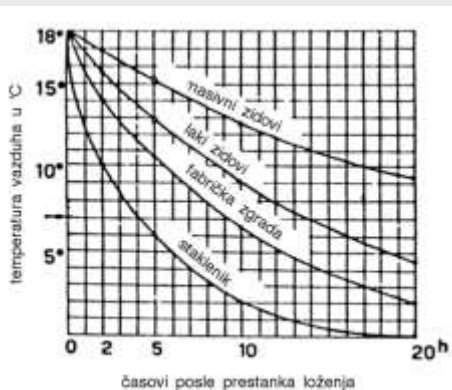
Указују на брзину загревања и хлађења и способност акумулације топлоте материјала

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда

Акумулативност топлоте $Q' = d \cdot \rho \cdot c$ (J/m²K)



Захваљујући способности акумулације топлоте, материјали великог топлотног капацитета (по правилу већих густина), условљавају да се топлотна енергија емитује са спољашње на унутрашњу површину конструкције са одређеним временским помаком.



Хлађење ваздуха у зградама разних конструкција

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

у контексту енергетских својстава зграда

Параметар дифузије водене паре - фактор отпора дифузији водене паре материјала

- По правилу, материјали већих густина (конструктивни), више се супростављају дифузији водене паре, имају већи коефицијент пародифузије (изузетак екструдирани полистирен, стаклена пена, ...)
- Материјали са највећим отпором дифузији водене паре - парне бране

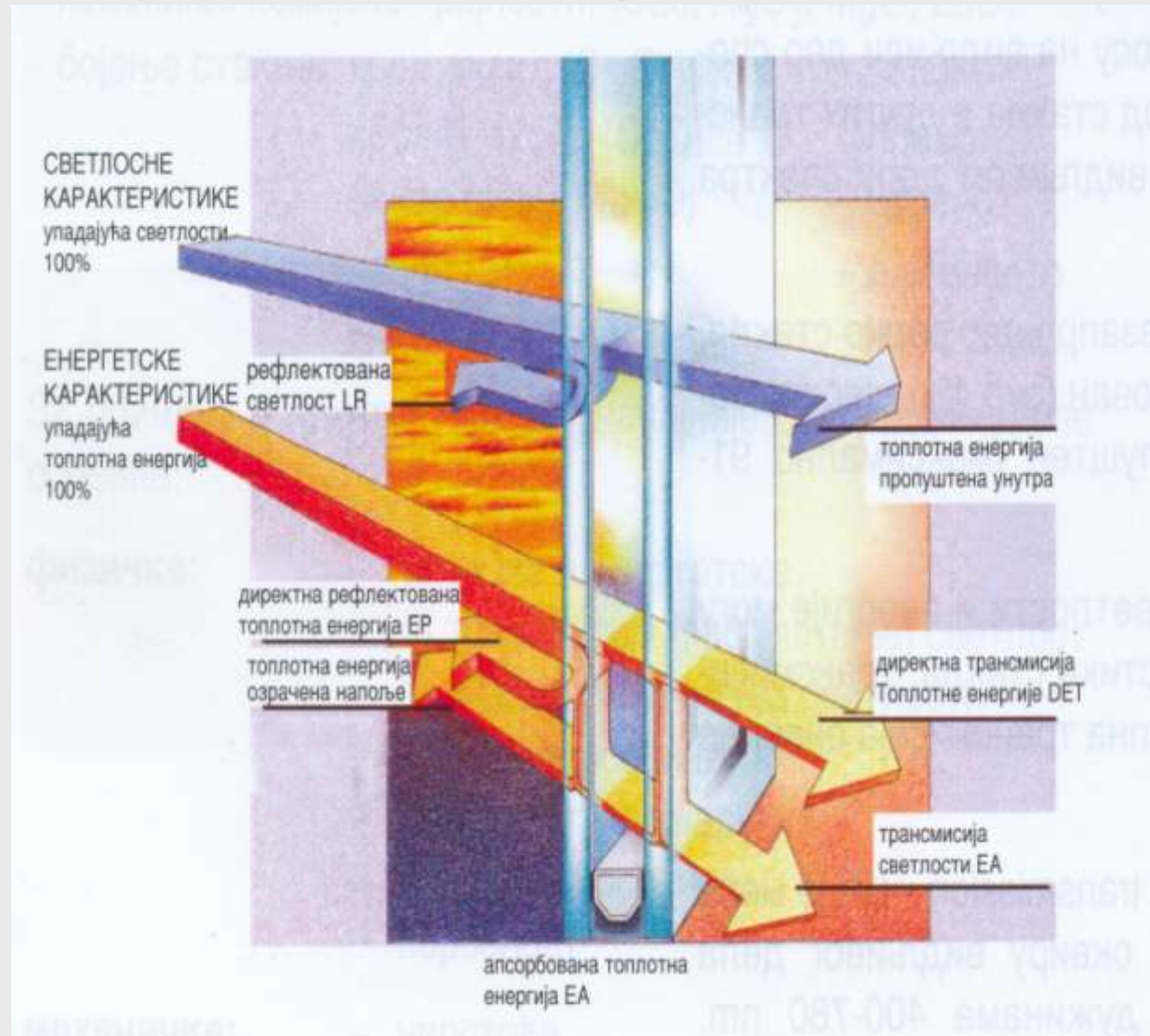
ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда

- Материјали **неповољних топлотно заштитних својстава**, већих густина, али добре способности акумулације топлоте; материјали са конструктивним својствима (опека, бетон, камен,..)
- Материјали **средњих топлотно заштитних својстава**, средњих густина и средње способности акумулације топлоте; материјали са релативно ограниченим конструктивним својствима (лаки бетони...)
- **Термоизолациони материјали**, по правилу мањих густина, најбољих топлотно заштитних својстава, али лоше способности акумулације топлоте
- **стакло**

Врста термоизолације	Топлотна проводљивост λ [W/mK]										
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
Органске термоизолације											
Плута, гума				■							
Дрвена влакна					■						
Конопља						■					
Креч										■	
Овчија вуна, лан, целулоза			■								
Дрвена вуна									■		
Неорганске термоизол.											
Минерална влакна				■							
Перлит, вермикулит						■					
Гас бетон											■
Стаклена пена					■						
Фосилне органске											
Експандирани полистирен				■							
Екструдирани полистирен			■								
Полиуретан пена			■								

Термоизолациони материјал		Ознака (Engl.)	Густина ρ [kg/m ³]	Проводљивост λ [W/mK]	Отпор дифузији водене паре μ [-]
Минерална вуна (Камена и стаклена вуна)		MW	10 - 200	0.035-0.050	1
Експандирани полистирен (стиропор)		EPS	15-30	0.035-0.040	60
Екструдирани полистирен		XPS	≥ 25	0.030-0.040	150
Полиуретанска пена		PUR	≥ 30	0.020-0.040	60
Дрвена вуна		WW	360--460	0.065-0.090	3-5
Експандирани перлит		EPB	140-200	0.040-0.065	5
Експандирарана плута		ICB	80-500	0.045-0.055	5-10

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда - СТАКЛО

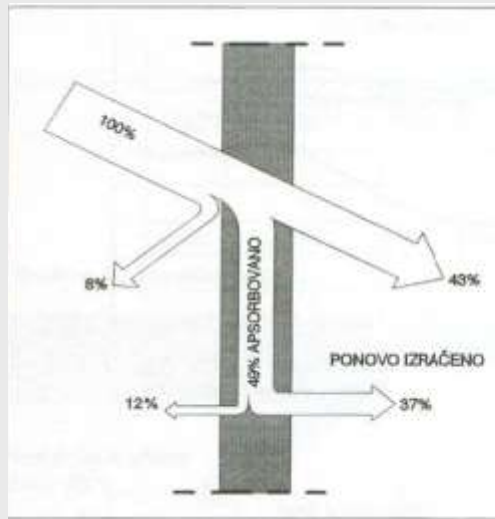


ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда - СТАКЛО

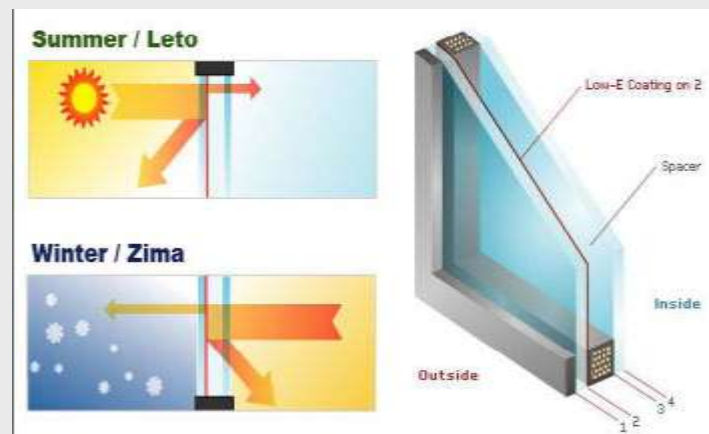
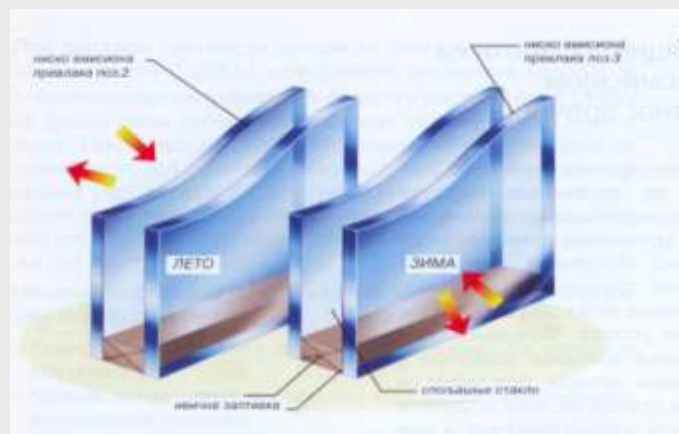
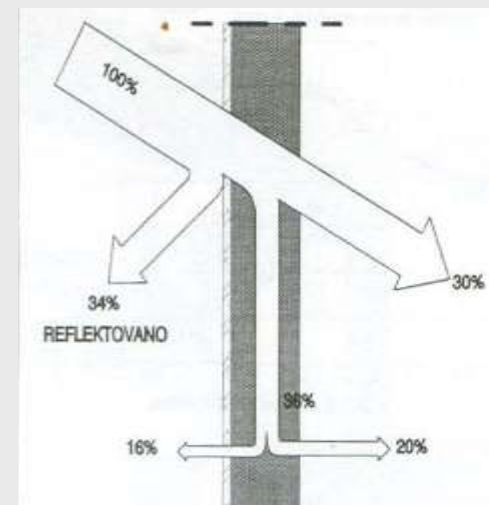
обично провидно



термоупијајуће



термоодбијајуће



ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

у контексту енергетских својстава зграда - СТАКЛО

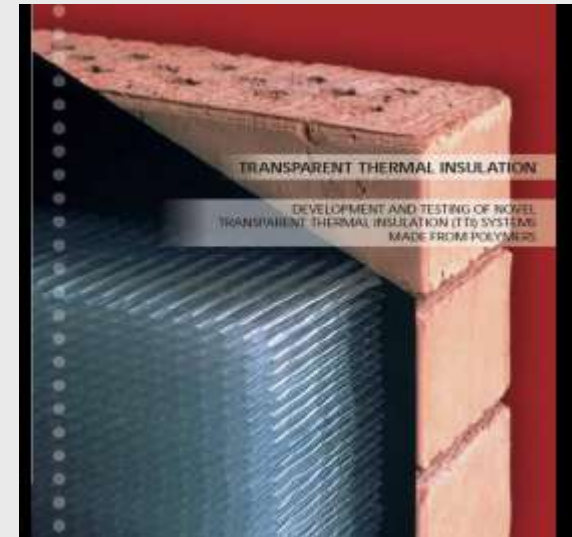
- **захтеви** у погледу пропуштања топлотне и светлосне енергије који се могу поставити пред стакло (стаклену преграду):
 1. **што мањи топлотни губици** (провођење топлоте изнутра према споља) – топлотни комфор зими
 2. **што мањи топлотни добици** (провођење топлоте од споља према унутра) – топлотни комфор лети
 3. **обезбеђивање довољне (оптималне) количине светлости**

врста стакла/застакљења	коэффициент пролаза топлоте U [W/m^2K]	укупни пролаз сунчеве енергије g	пропустљивост светлости τ	(звучна) изолациона моћ R_w [dB]
двоструко термоизолационо стакло	до 1.1	0.55-0.65	0.8	30-31
троструко термоизолационо стакло	до 0.5	0.5	0.7	32
стакло за контролу сунчевог зрачења	до 1.1	0.3-0.45	0.4-0.7	34
звучно изолационо стакло	до 1.1	0.5-0.65	0.7-0.8	36-50

ГРАЂЕВИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ у контексту енергетских својстава зграда

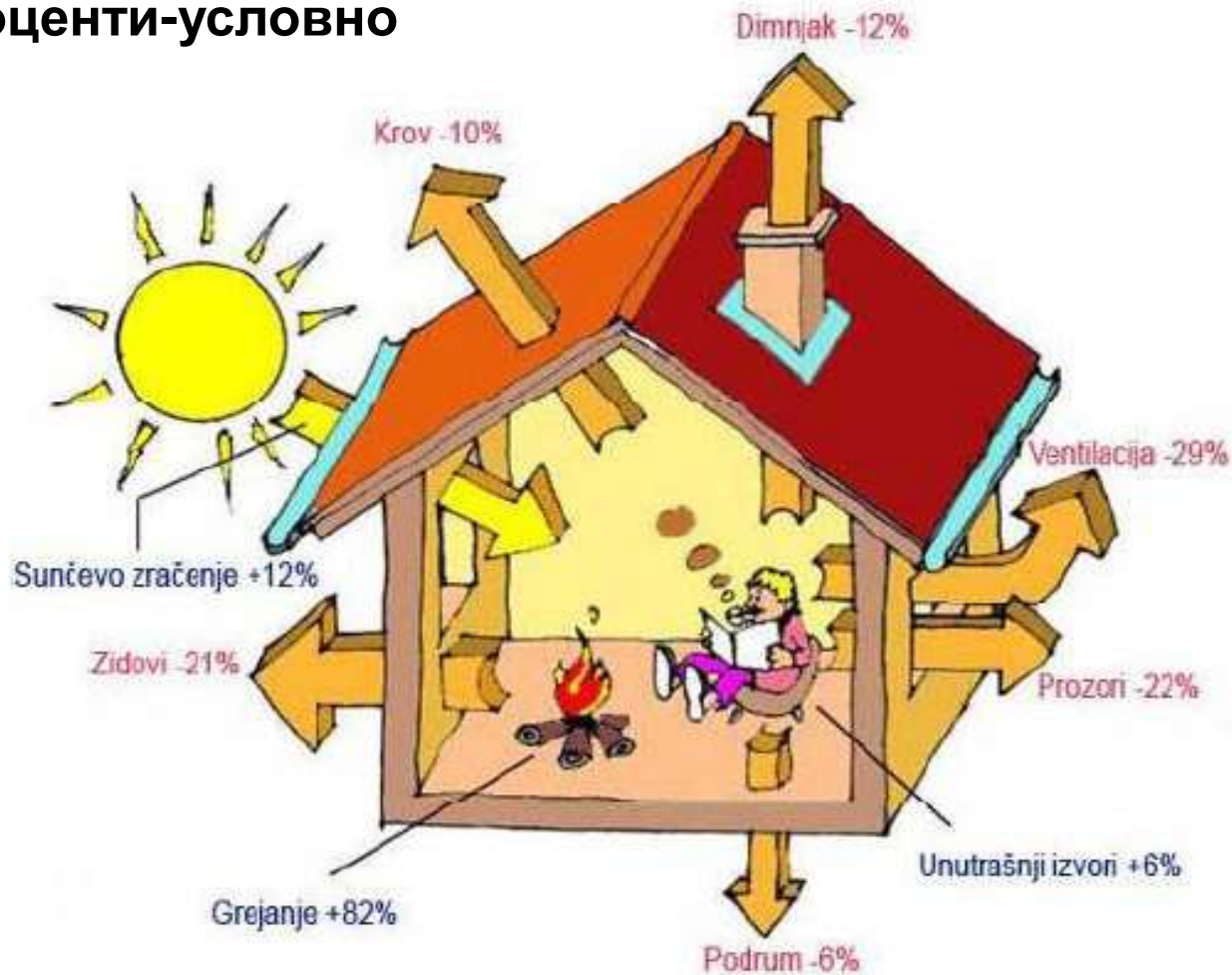
Нови изолациони материјали

- Транспарентне термоизолације
- Вакуум-изолациони панели
- Фотохроматска стакла



Грађевинске конструкције у контексту енергетских својстава зграда

Проценти-условно



Опис елемента / система	Постојеће зграда U_{max} [$W/(m^2 \cdot K)$]	Нове зграде U_{max} [$W/(m^2 \cdot K)$]
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом		
1. Спољни зид	0,40	0,30
2. Зид на дилатацији (између зграда)	0,50	0,35
3. Зидови и међуспратне конструкције између грејаних просторија различитих јединица, различитих корисника или власника	0,90	0,90
4. Раван кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
5. Раван кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
6. Коси кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
7. Коси кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
8. Међуспратна конструкција изнад отвореног пролаза	0,30	0,20
9. Прозори, балконска врата грејаних просторија и грејане зимске баште	1,50	1,50
10. Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	1,50	1,50
11. Спољна врата	1,60	1,60
12. Излози	1,80	1,80
13. Стаклене призме	1,60	1,60
Унутрашње преградне конструкције		
14. Зид према грејаном степеништу	0,90	0,90
15. Зид према негрејаним просторима	0,55	0,40
16. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	0,40	0,30
17. Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0,40	0,30
Конструкције у тлу (укопане, или делимично укопане)		
18. Зид у тлу	0,50	0,35
19. Под на тлу	0,40	0,30
20. Укопана међуспратна конструкција	0,50	0,40

Грађевинске конструкције у контексту енергетских својстава зграда

- Довољна тоplotно-заштитна својства могу имати различите **структуре грађевинских конструкција**, различитих дебљина, односно дебљина појединих слојева, а условљава их:
 - *Тип зграде-нова или постојећа*
 - *Положај у склопу зграде*
 - *Карактеристике примењених материјала*
 - *Врста конструкције у смислу носивости*
 - *Врста и структура конструктивног дела (напр. масивна кровна плоча или дрвена кровна конструкција)*

Грађевинске конструкције у контексту енергетских својстава зграда

Структуре зидова

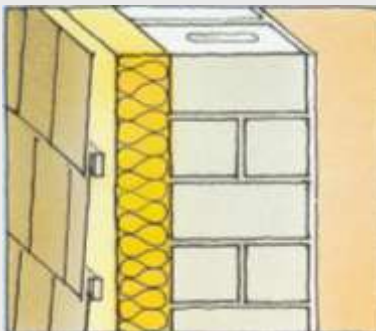
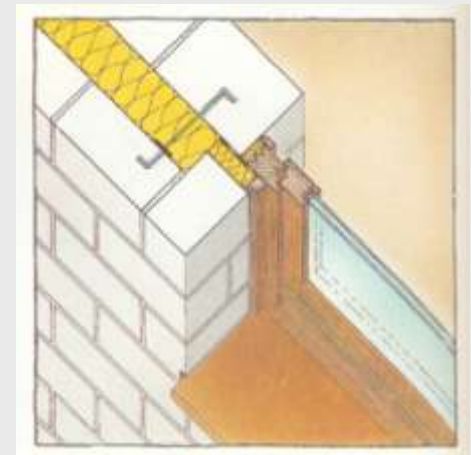
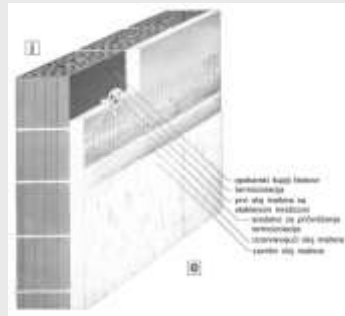
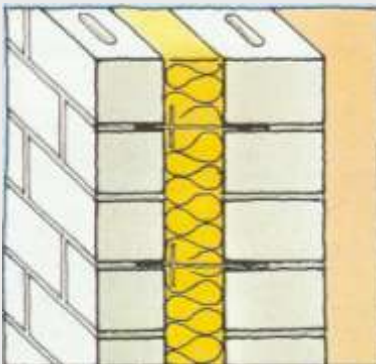
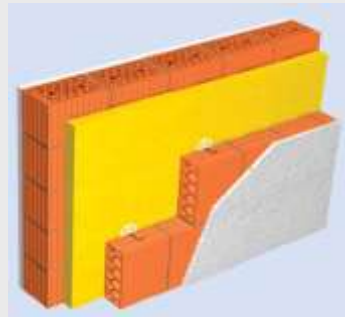
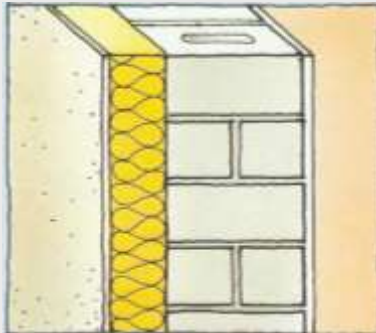
- вишеслојне-без додатне термоизолације
- вишеслојне-са додатном термоизолацијом, хомогене или хетерогене
- Зид завесе - хетерогене
- Двоструке фасаде - хетерогене



Грађевинске конструкције у контексту енергетских својстава зграда

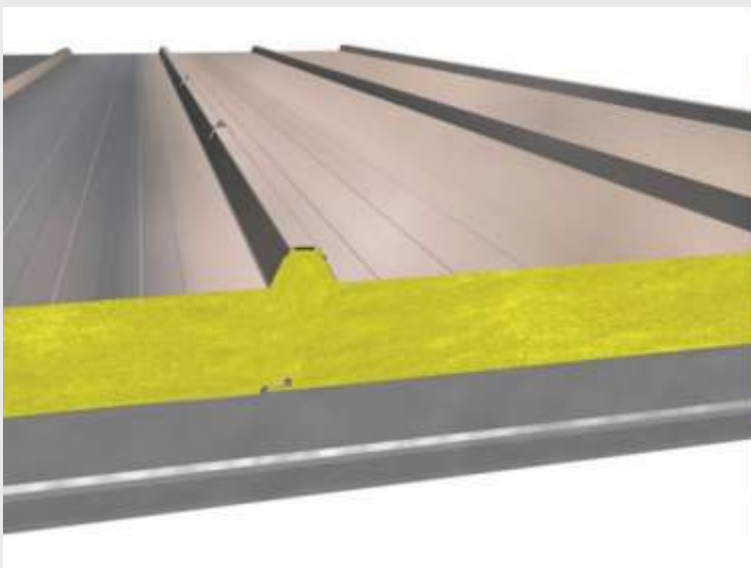
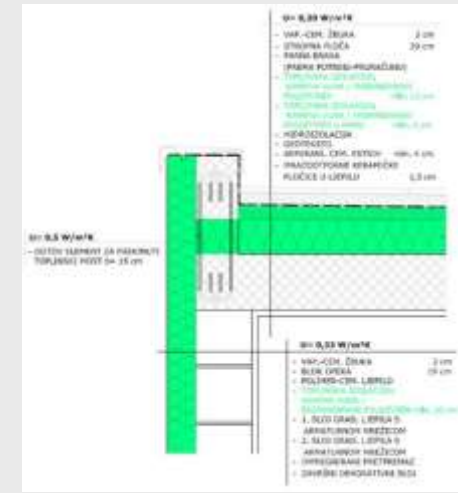
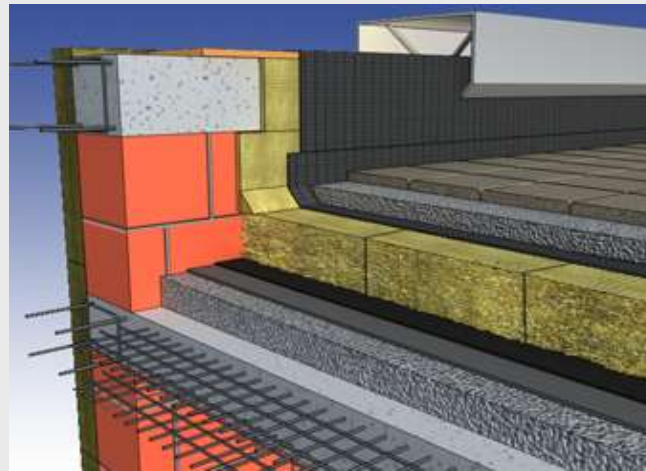
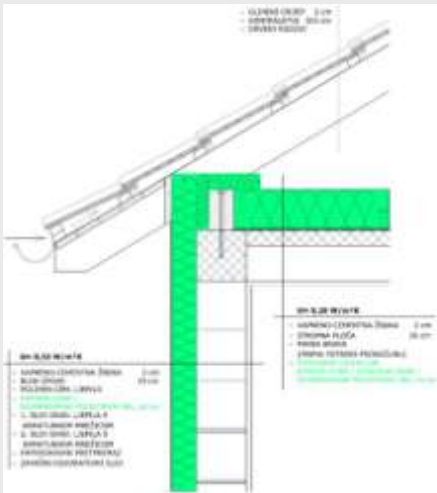
Спречити линијске топлотне губитке код топлотних мостова

зидови



Грађевинске конструкције у контексту енергетских својстава зграда

кровови



Зидани зидови са облогама од малтера, нове и постојеће зграде, у зависности од U_{тах}

Структура зида	Зид према грејаном степен.	Зид према негрејаном степен.	Зид на дилатац.	Зид између греј. прост. раз. кор.	Спољњи зид
Зидови 19 до 38 см, од опеке и опекарских блокова обострано продужни малтер	-	-	-	-	-
зид од блокова од гас бетона 30 см, обострано продужни малтер	+	-	-	+	-
Зидови 19 и 25 см, од опеке и опек.блокова са једне стране 5 см перлит малтера	-	-	-	-	-
Зидови 38 см и 29 см, од опеке и опек. блокова са једне стране 5 см перлит малтера	+	-	-	+	-
Зидови 19 до 38 см, од опеке и опек. блокова обострано 5см перлит малтер	+	-	-	+	-
зид од термо блокова од гас бетона 30 см	+	+	+	+	+
Зид 38 см, од опекарских термо блокова	+	+	+	+	+

Дебљине термоизолације вишеслојних конструкција

Спољни зид– слојевити

Слојевити зид (пуна опека у малтеру, 25цм)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda=0.04 \text{ W/mK}$)	3 cm (уобичајено 5 cm)	10 cm (препорука $\geq 12 \text{ cm}$)	12 cm (препорука $\geq 15 \text{ cm}$)
($\lambda=0.03 \text{ W/mK}$)	2 cm	7 cm (препорука $\geq 8 \text{ cm}$)	10 cm (препорука $\geq 12 \text{ cm}$)

Спољни зид– квази хомогени

Слојевити зид (гас бетон, 37.5цм)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин. дебљина блока ($\lambda=0.1 \text{ W/mK}$)	(уобичајено 25 cm)	25 cm (препорука $\geq 30 \text{ cm}$)	30 cm (препорука 37.5 cm)

Дебљине термоизолације вишеслојних конструкција

Раван кров– слојевити склоп

Кров (арм.бетонска плоча)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$)	9 cm (уобичајено 10-15)	20 cm (препорука $\geq 25 \text{ cm}$)	25 cm (препорука $\geq 30 \text{ cm}$)
($\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$)	7 cm	16 cm (препорука $\geq 20 \text{ cm}$)	21 cm (препорука $\geq 25 \text{ cm}$)

Раван кров– слојевити склоп, са хетерогеним слојем конструкције

Кров (ЛМТ – полумонтажна к.)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$)	9 cm (уобичајено 10-15)	18 cm (препорука $\geq 25 \text{ cm}$)	24 cm (препорука $\geq 30 \text{ cm}$)
($\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$)	7 cm	16 cm (препорука $\geq 20 \text{ cm}$)	21 cm (препорука $\geq 25 \text{ cm}$)

Кос кров– слојевити склоп, са хетерогеним слојем конструкције

Кров (дрвена кровна констр.)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$)	12 cm (уобичајено 10-14)	23 cm (препорука $\geq 25 \text{ cm}$)	28 cm (препорука $\geq 30 \text{ cm}$)
($\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$)	10 cm	20 cm (препорука $\geq 25 \text{ cm}$)	26 cm (препорука $\geq 30 \text{ cm}$)

Дебљине термоизолације вишеслојних конструкција

Међуспратна конструкција изнад спољног простора

Конструкција (арм.бетонска плоча)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$)	8 cm (уобичајено 5-10)	12 cm (препорука $\geq 15 \text{ cm}$)	18 cm (препорука $\geq 20 \text{ cm}$)
($\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$)	6 cm	10 cm (препорука $\geq 12 \text{ cm}$)	16 cm (препорука $\geq 18 \text{ cm}$)

Међуспратна конструкција испод негрејаног простора (нпр.тавана)

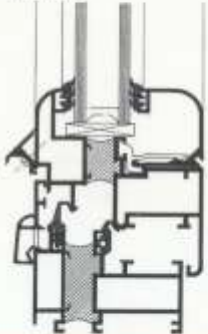
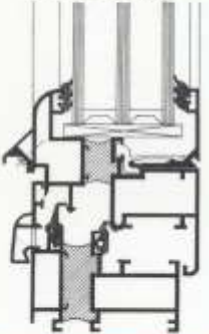
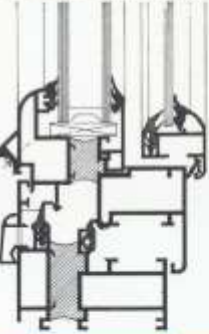
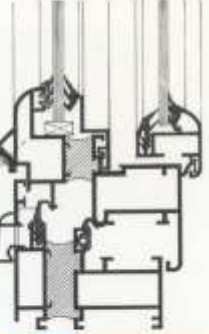
Конструкција (арм.бетонска плоча)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$)	4 cm (уобичајено 5-10)	8 cm (препорука $\geq 10 \text{ cm}$)	12 cm (препорука $\geq 15 \text{ cm}$)
($\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$)	4 cm	8 cm (препорука $\geq 10 \text{ cm}$)	10 cm (препорука $\geq 12 \text{ cm}$)

Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора (нпр.подрума)

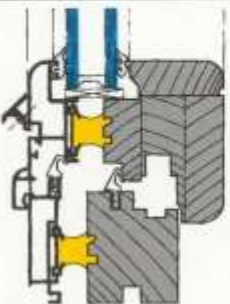
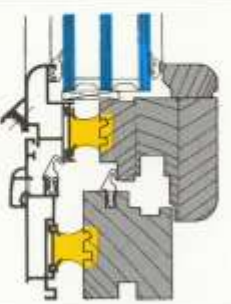
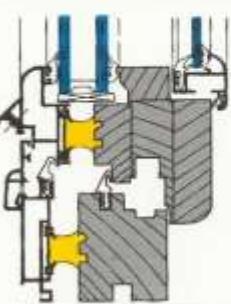

Конструкција (арм.бетонска плоча)	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
	$K_{\max} = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Мин.дебљина термоизолације ($\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$)	5 cm (уобичајено 5-10)	8 cm (препорука $\geq 10 \text{ cm}$)	12 cm (препорука $\geq 15 \text{ cm}$)
($\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$)	4 cm	7 cm (препорука $\geq 10 \text{ cm}$)	10 cm (препорука $\geq 12 \text{ cm}$)

Прозори

SREDNJA VREDNOST KOEFICIJENTA «K» ZA PROZOR VEL. 1,00 x 1,40 m ZA RAZLIČITE SISTEME STAKLJENJA

<p>Izolirajuće staklo sa 10–16 mm. međuprostora</p>  <p>K rama = 2,65 W/m²K K stakl. = 3,00 W/m²K K proz. = 2,88 W/m²K</p>	<p>Izolirajuće staklo sa dva međuprostora 10–16 mm.</p>  <p>K rama = 2,65 W/m²K K stakl. = 2,10 W/m²K K proz. = 2,29 W/m²K</p>	<p>Izolirajuće staklo sa razm. 12 mm. i obično na razmaku 35 mm.</p>  <p>K rama = 2,65 W/m²K K stakl. = 2,00 W/m²K K proz. = 2,33 W/m²K</p>	<p>Dvostruko staklo na razmaku 20–50 mm.</p>  <p>K rama = 2,65 W/m²K K stakl. = 2,80 W/m²K K proz. = 2,75 W/m²K</p>
<p>Koeficijent prolaza toplote kroz proz. okvir K = 1,88 W/m²K</p>	<p>Otpor prolazu toplote kroz prozorski okvir R = 0,361 m²K/W</p>	<p>Zaptivenost na propuštanje vazduha klasa D</p>	<p>Zaptivenost na propuštanje vode klasa D</p>

SREDNJA VREDNOST «K» ZA RAZLIČITE SISTEME STAKLJENJA

<p>Izolirajuće staklo sa 10-16 mm međuprostora</p>  <p>K stakl. = 3,00 W/m²K K rama = 1,88 W/m²K K proz. = 2,62 W/m²K</p>	<p>Izolirajuće staklo sa dva međuprostora 10-16 mm</p>  <p>K stakl. = 2,10 W/m²K K rama = 1,88 W/m²K K proz. = 2,02 W/m²K</p>	<p>Izolirajuće staklo sa razmakom 12 mm i obično na razmaku 35 mm</p>  <p>K stakl. = 2,00 W/m²K K rama = 1,88 W/m²K K proz. = 1,96 W/m²K</p>	<p>Dvostruko staklo na razmaku 20-50 mm</p>  <p>K stakl. = 2,80 W/m²K K rama = 1,88 W/m²K K proz. = 2,47 W/m²K</p>
---	---	---	--

Прозори и балконска врата (грејаног простора)

Конструкција дрвена	U_w	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
		$K_{max} = 3.1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Са раздвојеним крилима	3.5	Не задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Са спојеним крилима	3.3	Не задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Једностуко крило са двослојним стакло пакетом (4+12+4)	3.0	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Једностуко крило са двослојним стакло пакетом (6+12+6)	2.8	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Једностуко крило са трослојним стакло пакетом (6+12+6+12+6)	2.0	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Једн. крило са двослојним нискоемисионим стак. пакетом (4+12+4)	1.8	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Једн. крило са двослојним нискоемисионим стак. Пакетом са криптоном (4+12+4)	1.5	задовољава	задовољава	задовољава

Прозори и балконска врата (грејаног простора)

Конструкција PVC	U_w	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
		$K_{max} = 3.1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Петокорни са двослојним стакло пакетом (4+12+4)	2.8	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Петокорни са двослојним стакло пакетом (6+12+6)	2.7	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Шестокоморни са двослојним нискоемисионим стакло пакетом (4+12+4)	1.7	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Шестокоморни са двослојним нискоемисионим стакло пакетом са криптоном (4+12+4)	1.3	задовољава	задовољава	задовољава
Шестокоморни са трослојним нискоемисионим стакло пакетом са криптоном (4+8+4+8+4)	1.0	задовољава	задовољава	задовољава

Прозори и балконска врата (грејаног простора)

Конструкција Алуминијумска	U_w	Стари прописи	Нови прописи Постојеће зграде	Нови прописи Нове зграде
		$K_{max} = 3.1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{max} = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Са термопрекидом, двослојни стакло пакет (4+12+4)	3.3	Не задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Са термопрекидом, двослојни стакло пакет (6+12+6)	3.1	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Са термопрекидом, трослојни стакло пакет (6+12+6+12+6)	2.5	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Са термопрекидом, двослојни нискоемисиони стакло пакет (4+12+4)	2.2	задовољава	Не задовољава	Не задовољава
Са побољшаним термопрекидом, двослојни нискоемисиони стакло пакет са криптоном (4+12+4)	1.4	задовољава	задовољава	задовољава
Са побољшаним термопрекидом, трослојни нискоемисиони стакло пакет са криптоном (6+12+6+12+6)	1.1	задовољава	задовољава	задовољава