



ГРАДЕЖНА ФИЗИКА

Размена на топлина



Обука за енергетска ефикасност



Енергетска ефикасност

Зошто се
воведува???

Загадување на животната средина
Климатски промени
Исцрпување на фосилните резерви

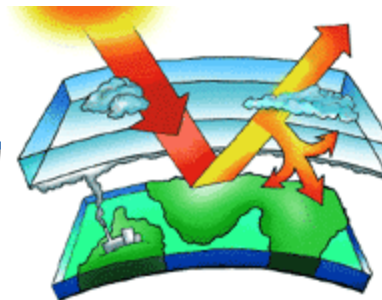
Голема енергетска
побарувачка и
потрошувачка

Што се
постигнува???

Намалена енергетска интензивност
Намалена емисија на стакленички
гасови

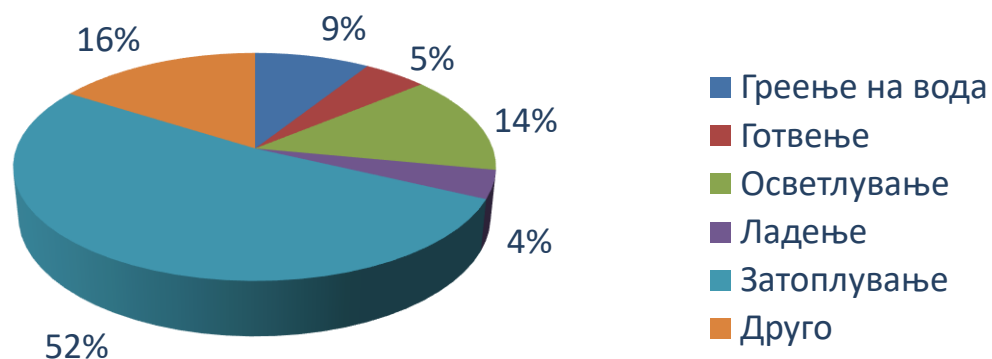
Зголемено учество на
обновливите извори на
енергија

Допринос во поставените
цели за одржлив ГРАДЕЖНИШТВО
развој

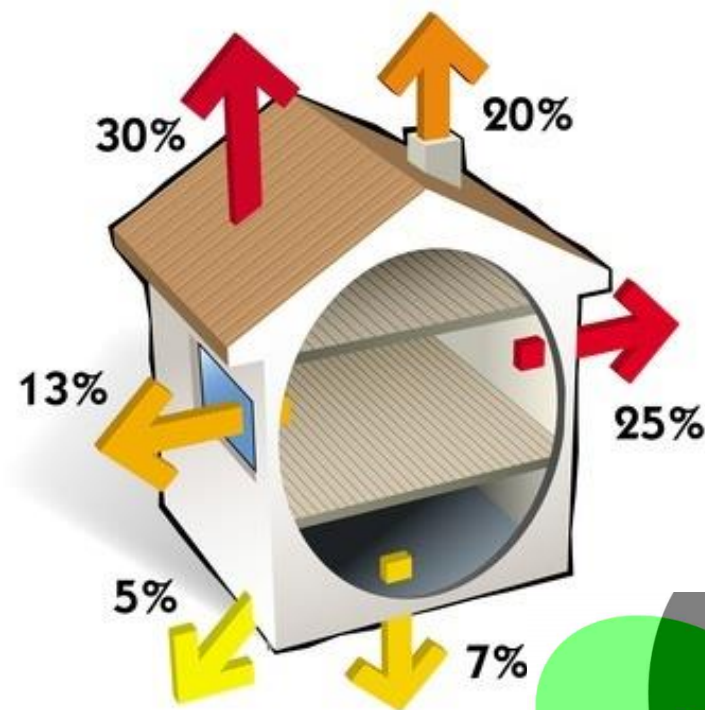
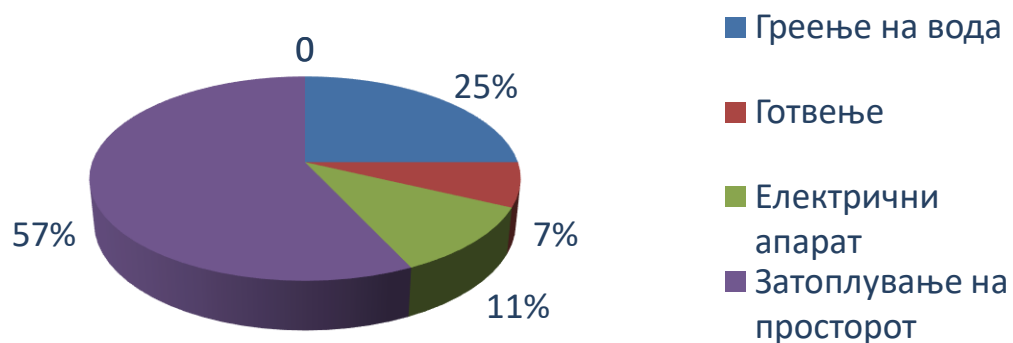


ЕЕ на градежните објекти

Потрошувачка на енергија во јавните објекти
во ЕУ

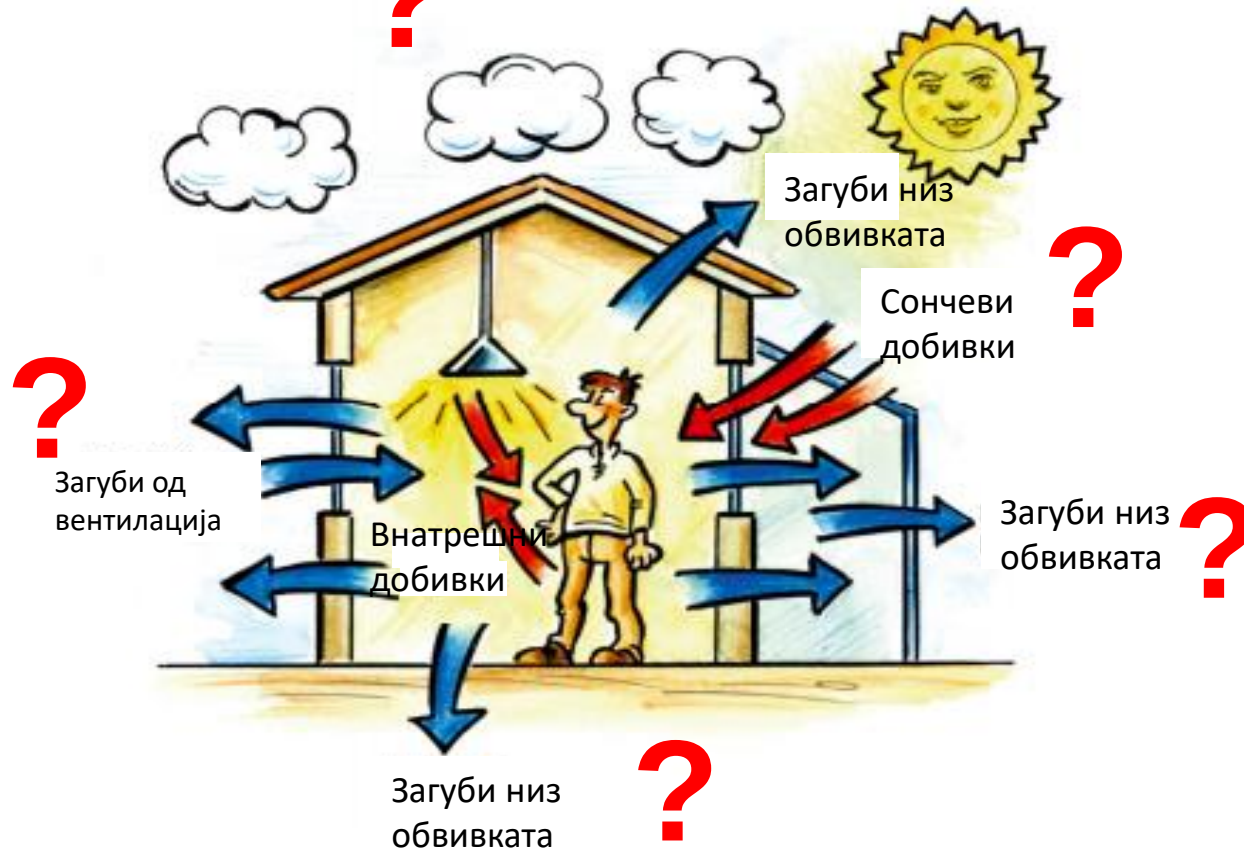


Потрошувачка на енергија во стамбените
објекти во ЕУ



ГРАДЕЖНИШТВО

Згради ?



Енергетски баланс на зграда

ГРАДЕЖНИШТВО

Енергетски ефикасни згради

Историски гледано, човекот отсекогаш размислувал како да изгради дом што во зима ќе биде потопол, а во лето поладен. Овој проблем го проучувал и **Сократ**, грчки филозоф **пред 2500** години. Во литературата ова истражување е познато како „**Сократова куќа**“ и во основа на ова истражување било влијанието на **движењето на Сонцето врз формата, изгледот и конструкцијата на куќата.**



ГРАДЕЖНИШТВО

Архитектонски мерки за проектирање на енергетски ефикасни згради

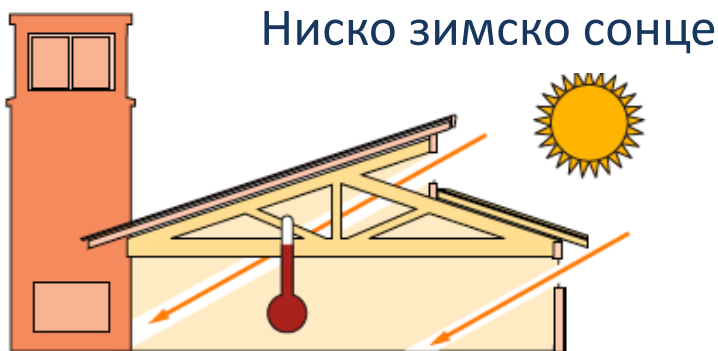
Микро и макро локација



Положба на сонцето и агол под кој паѓаат сончевите зраци во лето и зима

ГРАДЕЖНИШТВО

Архитектонски мерки за проектирање на енергетски ефикасни згради



Агол под кој сончевите зраци паѓаат на јужната страна на објектот во лето и зима

ГРАДЕЖНИШТВО

Архитектонски мерки за проектирање на енергетски ефикасни згради



Засенчување на објектот со листопадно зеленило



ГРАДЕЖНИШТВО

Архитектонски мерки за проектирање на енергетски ефикасни згради



$O/V=\min$, материјали

ГРАДЕЖНИШТВО

Категории на енергетски ефикасни згради

- *Нискоенергетска куќа* (Low Energy House)
- *Пасивна куќа* (Passive House, Ultra-low Energy House)
- *Нулта куќа или куќа со нулта енергија* (Zero-energy House)
- *Автономна куќа или куќа без сметки* (Autonomous Building, house with no bills)
- *Куќа со вишок енергија* (Energy Plus House)

***Нискоенергетски објекти во
Македонија < 1%***

ГРАДЕЖНИШТВО

ЕЕ на градежните објекти

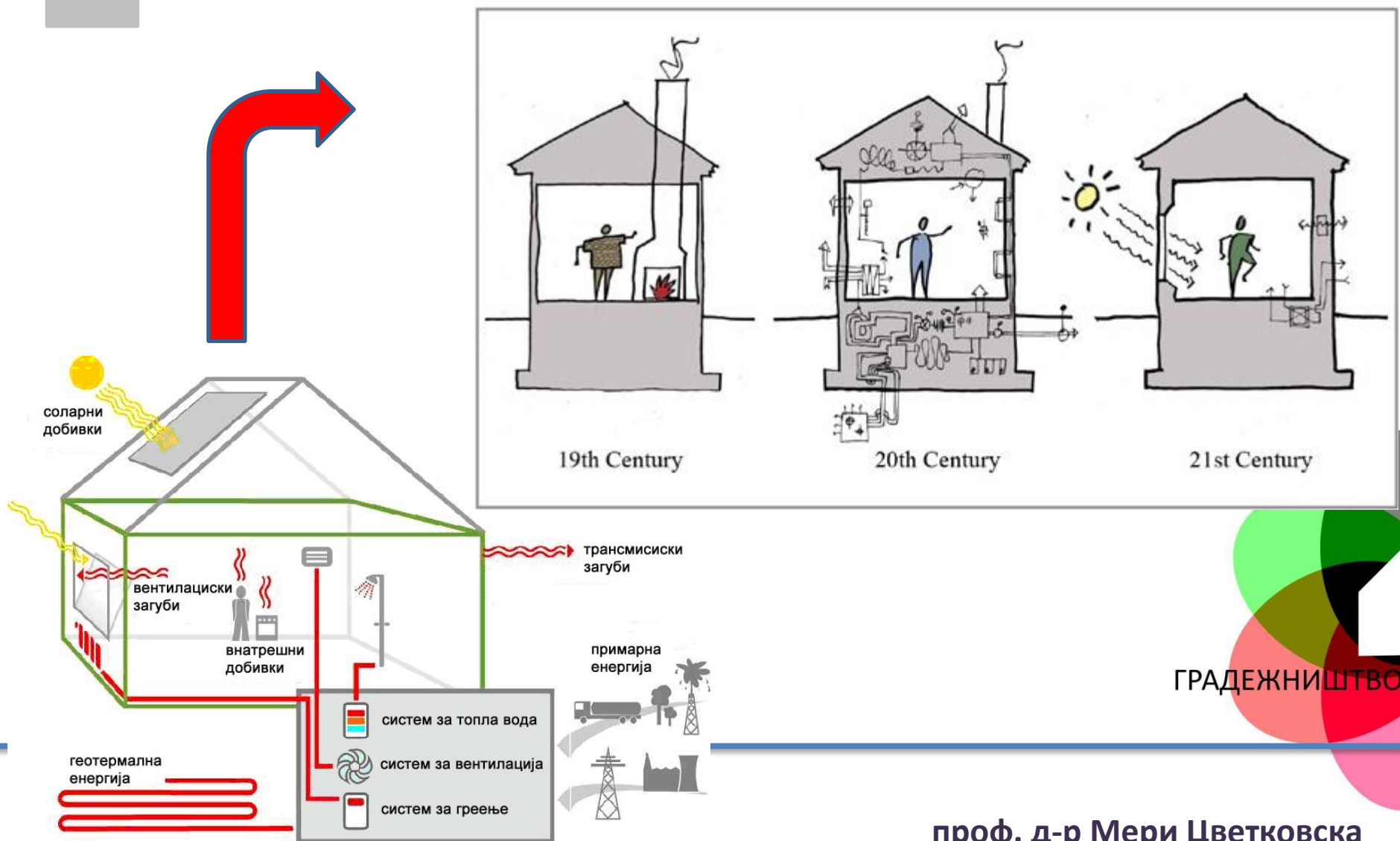
НАЧИН НА ГРАДБА пред 20-та

Топлински комфор

- правилна ориентација
- правилно димензионирање на обвивката
- заштита од сончево зрачење
- пасивно/природно греење/ладење
- топлинско зонирање



ЕЕ на градежните објекти



ГРАДЕЖНИШТВО

ЕЕ на градежните објекти

□ Приоритети во иднина

ЕЕ објекти

Еколошки материјали кои можат да се рециклираат

Користење на обновливи извори на енергија

□ Легални инструменти за постигнување на целите

Директива за енергетска ефикасност на згради чија основна цел е подобрување на енергетската ефикасност на заградите земајќи ги во предвид климатските и локалните услови, внатрешните климатски барања и економичноста.

Правилник за ЕЕ на градежните објекти на РМ

ГРАДЕЖНИШТВО

Топлина и температура

- **Секое тело поседува енергија. Топлина** е оној дел од **внатрешната енергија на телата** која поминува од едно на друго тело при изедначување на нивните температури, односно при воспоставување на топлинска рамнотежа
- Топлината е резултат на кинетичката енергија на молекулите и се мери во J (Joul)
- **Температура** е големина со која се мери отстапувањето од топлинската рамнотежа

1K Келвинова температурна скала

1°C Целзиусова температурна скала

ГРАДЕЖНИШТВО

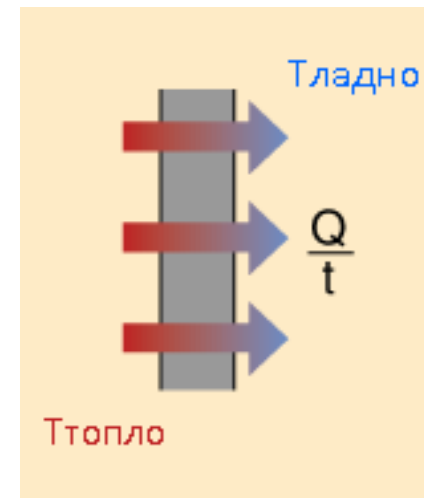
Топлина и температура

- Две тела се во меѓусебна топлинска рамнотежа кога имаат иста температура
- Температурата е во непосредна врска со просечната брзина на движење на молекулите и како таа брзина расте, расте и температурата и обратно
- Постоње на температурна разлика во внатрешноста на телото или помеѓу повеќе тела е основен услов за размена, односно пренос на топлина

ГРАДЕЖНИШТВО

Пренос на топлина

- Пренос на топлина представува предавање на топлинска енергија од материјална средина со повисока температура на материјална средина со пониска температура.
- Овој процес не може да се спречи, туку само може да се успори.



ГРАДЕЖНИШТВО

Температурно поле

- Температурното поле ја дефинира температурата во секоја точка од телото во секој момент:

$$T = f(x, y, z, t)$$

каде: x, y, z – координати на точката, t – време

- Температурното поле може да биде стационарно (константно), кога не се менува со текот на времето, и нестационарно, кога е временски променливо.
- Стационарно температурно поле:

$$T = f(x, y, z)$$

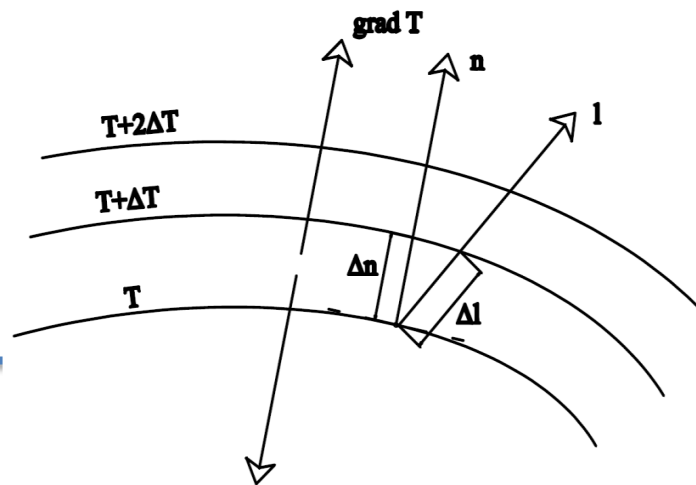
- Нестационарно температурно поле:

$$T = f(x, y, z, t)$$

ГРАДЕЖНИШТВО

ТЕМПЕРАТУРНО ПОЛЕ

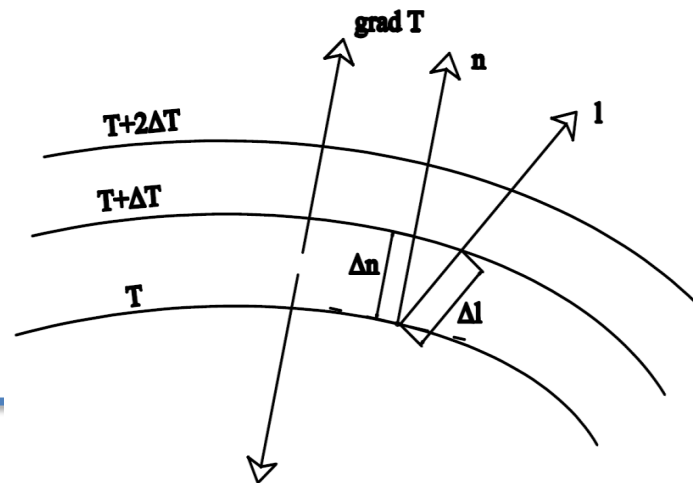
- Со поврзување на две или повеќе точки кои имаат иста температура се добиваат изотермини површини.
- Ако овие површини се пресечат со една рамнина ќе се добие фамилија на криви – изотерми.
- Во непрекинато температурно поле изотермините површини не се сечат помеѓу себе, бидејќи не е возможно во ист момент една точка да има две различни температури.



ГРАДЕЖНИШТВО

Температурен градиент

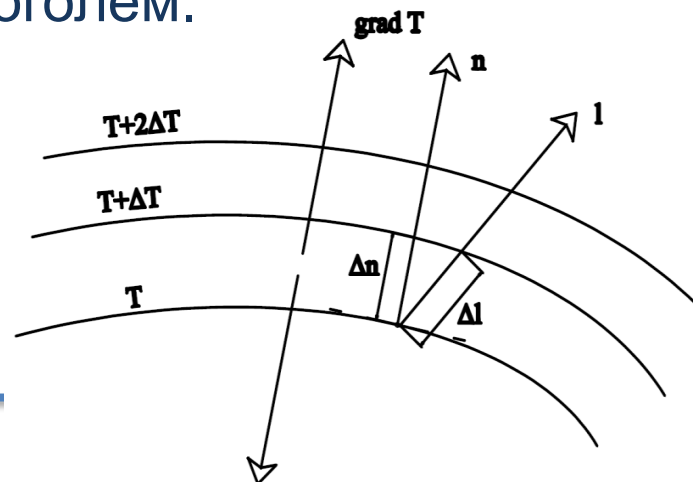
- Промена на температурата настанува само во правец кој ги сече изотермите. Најголема промена на температурата настанува во правецот нормален на изотермите.
- Температурен градиент е гранична вредност на односот меѓу прирастот на температурата ΔT и растојанието Δn помеѓу две изотермни површини, а во правец на нивната нормала, кога тоа растојание тежи кон нула.



ГРАДЕЖНИШТВО

Температурен градиент

- Температурниот градиент всушност покажува во кој правец и со колкав степен се менува температурата на дадено место, локација.
- Тој е насочен од изотермна површина со пониска кон изотермна површина со повисока температура.
- Колку се изотермите поблиску една до друга, толку е градиентот поголем.



Насока на движење на топлината

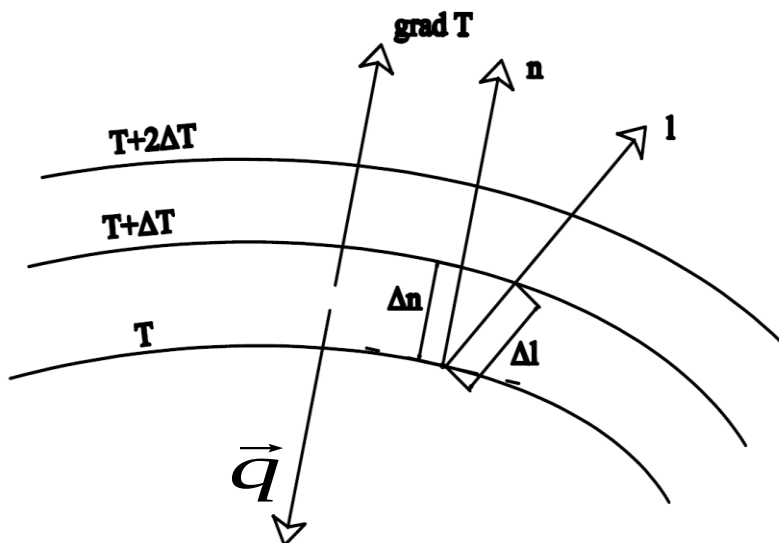
ГРАДЕЖНИШТВО

Температурен градиент

За правоаголен координатен систем со температурно поле $T=f(x,y,z,t)$ температурниот градиент е даден со р-ката:

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta T}{\Delta n} \right) = \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right) = \text{grad } T = \vec{n}_0 \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right) = \nabla T$$

$$\nabla T = \frac{\partial T}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \vec{k}$$



ГРАДЕЖНИШТВО

Топлински проток и густина на топ. проток

Топлински проток Φ е количество на топлина која во единица време се пренесува низ материјалот.

$$\Phi = \frac{\partial Q}{\partial t} [W]$$

Густина на топлински проток q е топлински проток кој поминува низ единица површина од напречниот пресек на изотермните површини, односно количина на топлинска енергија која се пренесува низ единица површина во единица време. “ q ” е векторска величина, со иста насока како и насоката на спроведување на топлина Q , и обратна насока од насоката на температурниот градиент, а интензитетот е :

$$q = \frac{\partial \Phi}{\partial A} = \frac{\Phi}{A} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

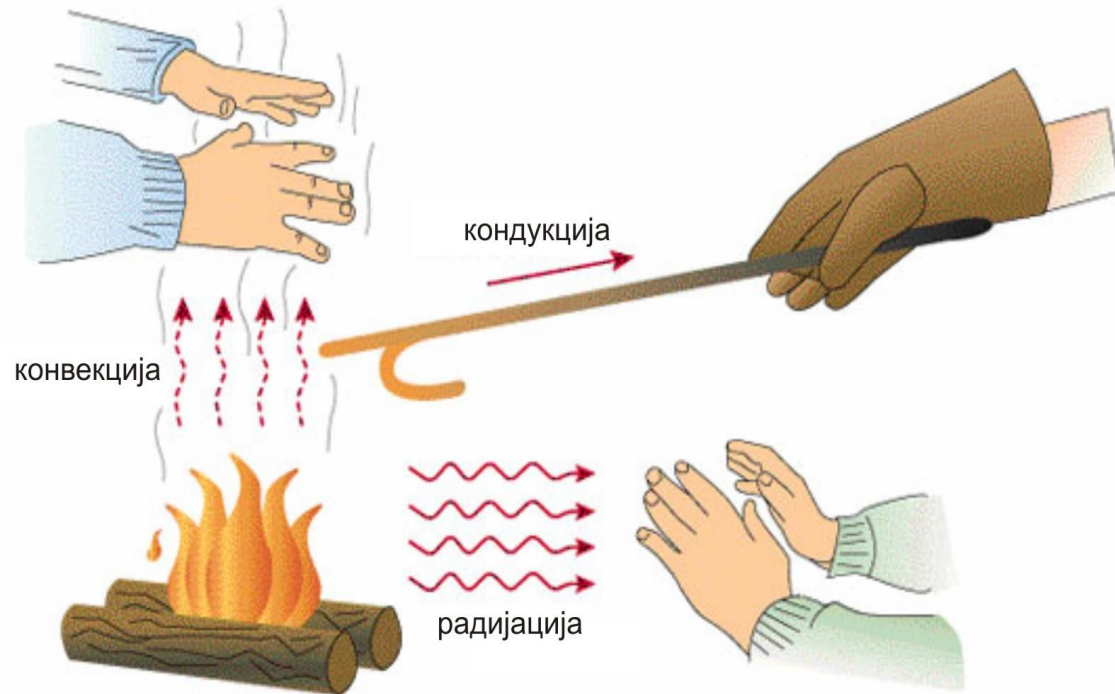
Пренос на топлина

□ Начини на пренос на топлина

Кондукција

Конвекција

Радијација



Овие процеси можат да се случат одделно, или заедно, во зависност од околностите но, еден од нив е секогаш доминантен.

ГРАДЕЖНИШТВО

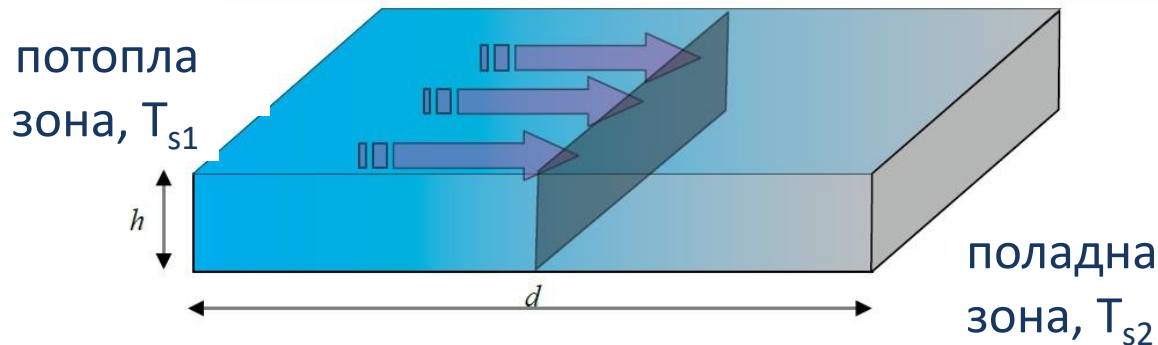
Кондукција

- Кондукција претставува механизам на трансфер на топлина низ цврсти материјали.
- Кондукција како процес претставува размена на кинетичка енергија на молекулите при нивните меѓусебни судири.
- При судир на молекулите доаѓа до размена на кинетичка енергија при што побрзите молекули кои имаат поголема кинетичка енергија и поголема топлина им предаваат дел од топлината на побавните молекули кои имаат пониска топлина.
- Кај металите овој процес е потпомогнат и со движењето на слободните електрони кои минуваат од еден атом во друг.

ГРАДЕЖНИШТВО

Кондукција

- Преносот на топлина е секогаш насочен од честичките со повисока температура кон честичките со пониска температура



- Неравномерната распределба на температурата во внатрешноста на телото може да се одржи само под услов да телото е трајно изложено на нарушување од својата средина. Тоа значи дека на едно место телото од некого прима, а на друго место предава топлина на друго тело



Фуриеов закон

Законот за спроведување на топлина, или познат како Фуриеов закон, кажува дека елементарното количество на топлина δQ , кое во временски интервал dt поминува низ елементарна изотермна површина dA (**специфичен топлински проток q**) е пропорционално на температурниот градиент:

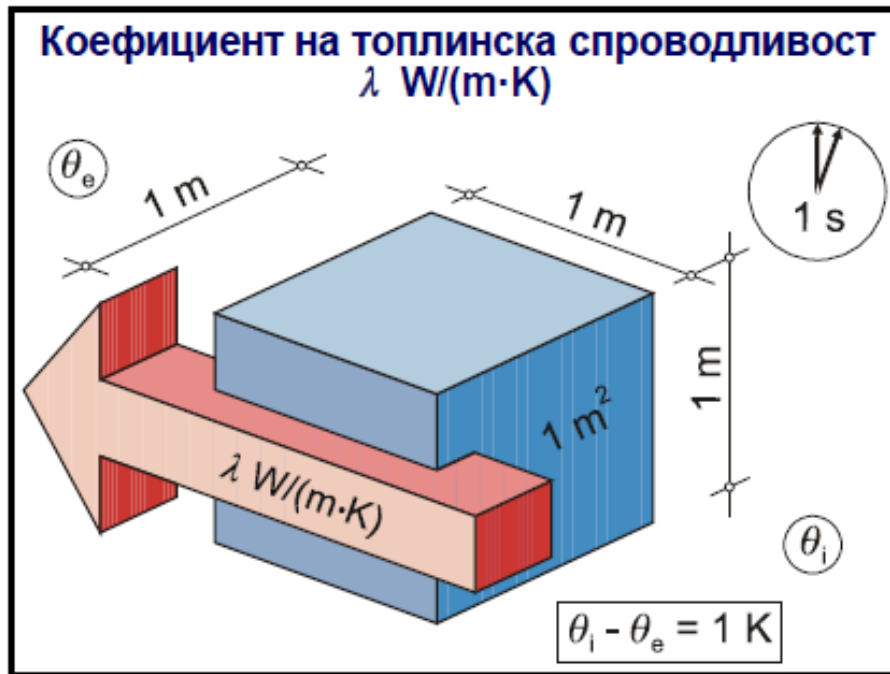
$$\vec{q} = \lambda \cdot \text{grad} T$$

Коефициентот на пропорционалност претставува **коефициент на топлинска спроводливост λ** и може да се претстави со следнава релација:

$$\lambda = \frac{|\vec{q}|}{|\text{grad} T|} [W / mK]$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициент на топлинска спроводливост λ



Коефициент на топлинска спроводливост на материјалот (λ) представува количество топлина што во време $t=1\text{сек}$ поминува низ преграда со дебелина $d=1\text{m}$ и напречен пресек со површината $A=1 \text{ m}^2$, кога температурната разлика од двете страни на преградата изнесува 1°C .

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициент на топлинска спроводливост λ

- Коефициентот на топлинска спроводливост на материјалите е физичко својство, кое зависи од природата на разгледуваниот материјал, неговата температура, притисокот и влажноста и истата се определува на експериментален начин со мерење. Кај цврстите тела зависи од температурата, а кај флуидите и од густината и притисокот
- Материјалите се делат на: **спроводници и изолатори**
- Коефициентот на топлинска спроводливост расте со зголемување на волуменската маса (компактни материјали) т.е. опаѓа со зголемување на порозноста

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициент на топлинска спроводливост λ

- Од сите средини, не сметајќи го безвоздушниот простор, најмала топлинска спроводливост има воздухот, особено кога е затворен во порите на материјалот, $\lambda=0.023$ [W/mK]]. Поради таа голема термоизолациона способност имаат материјалите со висок степен на порозност, голема содржина на затворени пори со мали димензии.
- Кога порите се со големи димензии и поврзани помеѓу себе доаѓа до движење на воздухот во нив, со што се зголемува спроводливоста на топлина.
- Спроводливост расте со зголемувањето на влажноста на материјалите, бидејќи водата што навлегла во порите го истиснува воздухот од нив, а водата има 25 пати поголем коефициент на топлинска спроводливост од воздухот.

ДЕЖНИШТВО

Коефициент на топлинска спроводливост λ Вредности λ на некои материјали

Материјал	W/(m·K)
Полиуретан (PU)	0,035
Стиропор (експандиран - EPS или екструдирани - XPS полистирен)	0,033 – 0,040
Минерална и стаклена волна	0,040
Плута	0,040
Порофен (фенолни плочи)	0,040
Дрвена волна (“Хераклит”)	0,080 – 0,140
Перлитен малтер	0,130
Гас - бетон (“Сипорекс“, “Ytong”)	0,140 – 0,190
Блокови од згура - бетон	0,520 – 0,640
Керамички блок - тула со шуплини	0,520 – 0,610
Полна тула	0,470 – 0,760
Бетон	0,930 – 2,330
Метали	35,00 – 380,0

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициент на топлинска спроводливост λ

Со експериментални испитувања утврдено е дека кај цврстите тела коефициентот на топлинска спроводливост се менува линеарно со порастот на температурата:

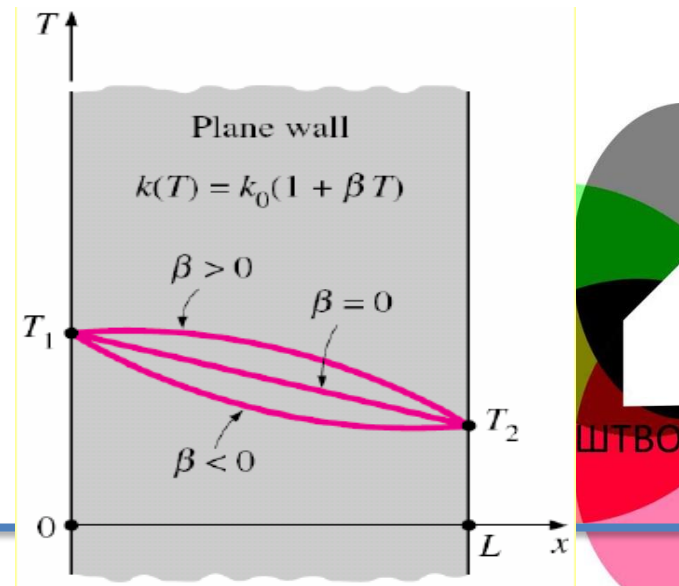
$$\lambda = \lambda_0 [1 + b(T - T_0)]$$

λ – коефициент на топлинска спроводливост при почетна температура T_0

T – температура за која се пресметува коефициентот λ

b – експериментално дефиниран коефициент

Кога коефициентот на топлинска спроводливост λ не зависи од температурата тогаш за проблемот велиме дека е **линеарен**, а ако неговата вредност се менува со промена на температурата, проблемот е **нелинеарен**.



Коефициент на топлинска спроводливост λ

- Топлинската спроводливост на градежните материјали **генерално расте со пораст на температурата.**
- **Кај бетонот овој ефект е обратен, односно топлинската спроводливост опаѓа со пораст на температурата.**
- Во градежната пракса зависноста на топлинската спроводливост на материјалите од температурата, нема големо практично значење, бидејќи се работи за релативно мал интервал на промена на температурата на градежните елементи
- За топлинска пресметка во градежништвото се користи вредноста на топлинската спроводливост определена при средна вредност на температурата од 10°C

ГРАДЕЖНИШТВО

Специфичен топлотен капацитет - c

- Специфичен топлински капацитет, c , на материјата е количина на топлина која треба да се акумулира во единица маса на материјалот (под одредени услови) за да се промени температурата за 1K
- **Водата има една од најголемите вредности за специфичен топлински капацитет**
- Производот $m \cdot c$ (J/K), топлински капацитет на материјата, представува способност на материјата при загревање да акумулира одредена количина на топлина така што ќе доведе до промена на температурата за 1K

ГРАДЕЖНИШТВО

Топлинска дифузија

- Топлинска дифузија е големина значајна при анализа на нестационарно спроведување на топлина:

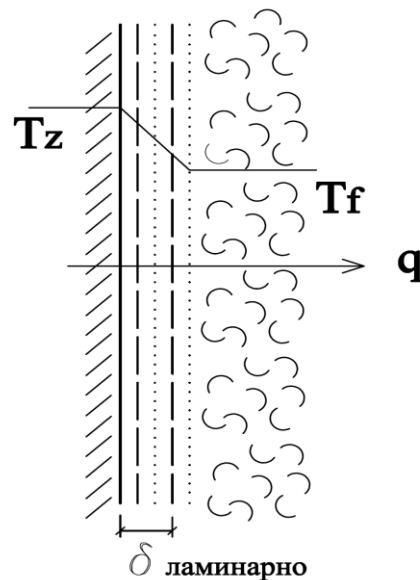
$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

- Вредностите на топлинската дифузија укажуваат на **брзината на промена на температурата**, што значи дека во волуменот на тврдата материја брзо ќе дојде до изедначување на температурата доколку тврдата материја има поголема вредност на коефициентот „а“

ГРАДЕЖНИШТВО

Конвекција

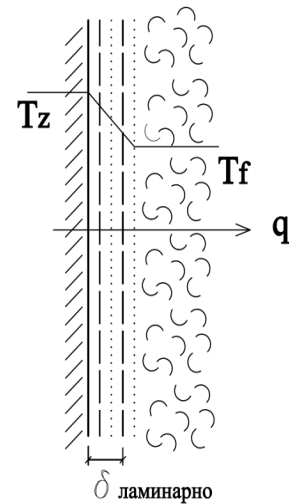
Конвекцијата е трансфер на топлина кој се јавува како резултат на движење на флуид (течност или гас) покрај цврста површина.



ГРАДЕЖНИШТВО

Конвекција

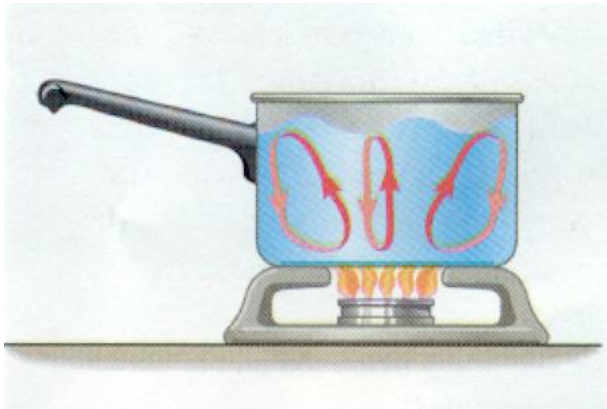
- Во зависност од температурата на цврстото тело и флуидот, еден од нив ќе предава (потоплиот), а другиот (поладниот) ќе прима топлинска енергија.
- Колку е поголема брзината на движење на флуидот толку повеќе се зголемува конвекцијата.
- Предуслов за конвекција е да постои турбулентно струење во флуидот за да се оствари мешање на честичките од потоплите кон поладните слоеви и обратно. При ламинарно струење честичките се движат по паралелни патеки и на тој начин честичките на флуидот не се мешаат.
- При турбулентно движење коефициентот на спроведување е поголем, а при ламинарно движење е помал. Колку е подебел ламинарниот слој толку е поголем и термичкиот отпор и се постигнува поголем пад на температурата.



ГРАДЕЖНИШТВО

КОНВЕКЦИЈА

- Природна конвекција настанува кога движењето на флуидот е под дејство на гравитационите сили. Овој трансфер на топлина настанува како резултат на циркулација на флуидот поради промена на густината при негово загревање или ладење. Пример на природна конвекција е движењето на топлиот воздух нагоре, предизвикано од загреани предмети.



ГРАДЕЖНИШТВО

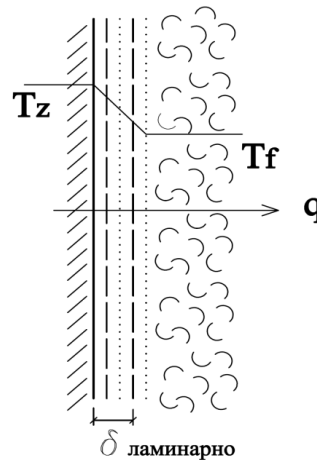
КОНВЕКЦИЈА

- Принудна конвекција е трансфер на топлина преку движење на флуидите при дејство на надворешни влијанија, како пумпа или вентилатор, поради разлика во притисоците, или пак поради разлика во геодетската висина. Пример за принудна конвекција се: фенови, климатизери и т.н.

КОЕФИЦИЕНТ НА КОНВЕКЦИЈА

Количеството пренесена топлина по пат на конвекција зависи од неколку фактори:

- брзината на флуидот
- густината и агрегатната состојба на флуидот
- температурата на флуидот и сидот,
- форма, положбата и рапавоста на сидот,
- спроводливоста на флуидот итн.



ГРАДЕЖНИШТВО

КОЕФИЦИЕНТ НА КОНВЕКЦИЈА

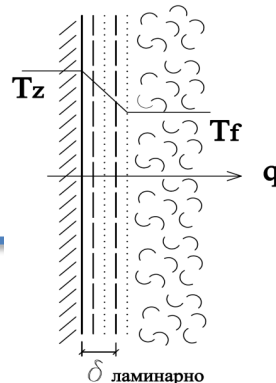
Трансферот на топлината вообичаено е пропорционален со температурната разлика помеѓу двата материјали, така што специфичниот топлотен флуks на единица површина е даден со изразот:

$$q_{con} = h_c \cdot (T_z - T_f) = h_c \cdot \Delta T \quad [W / m^2]$$

h_c - коефициент на конвекција $[W/m^2 K]$

T_z - температура на сидот на телото (временски зависна) $[^{\circ}C \text{ или } K]$

T_f - температура на околниот флуид (временски зависна) $[^{\circ}C \text{ или } K]$



ГРАДЕЖНИШТВО

КОЕФИЦИЕНТ НА КОНВЕКЦИЈА

Коефициент на конвекција претставува количество на топлина што за единица време (1 sek) се пренесува низ единица површина (1 m²), при температурна разлика ΔT од 1°C и најчесто се определува експериментално преку следниов израз:

$$h_c = \frac{q_{conv}}{(T_z - T_f)} [W / m^2 K]$$

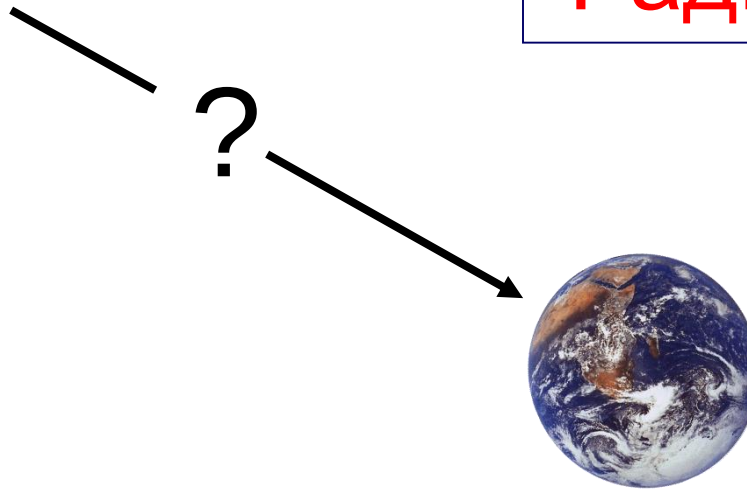
РАДИЈАЦИЈА

Како сончевата енергија патува од Сонцето до Земјата?



Не постојат честички помеѓу Сонцето и Земјата, па не постои кондукција и конвекција.

Радијација



ГРАДЕЖНИШТВО

Радијација

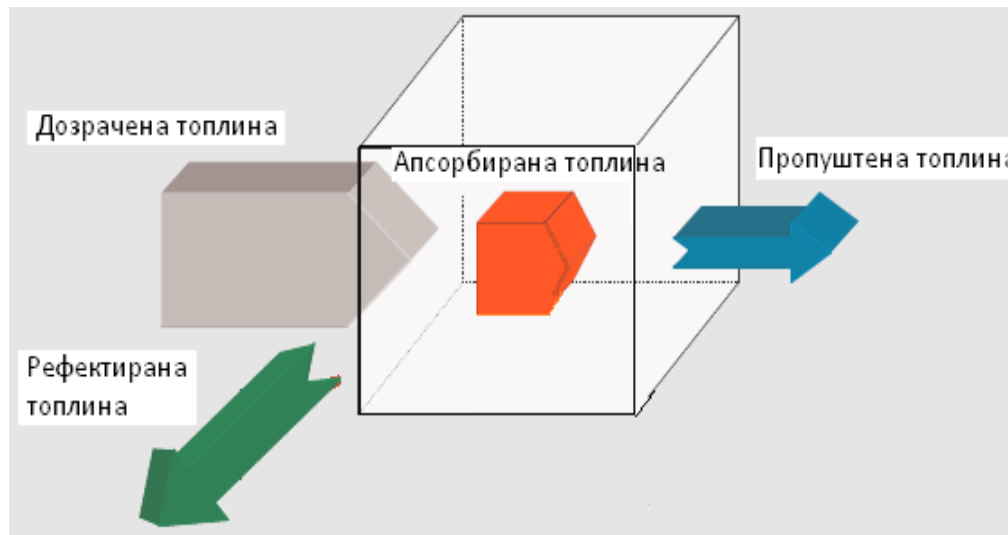
Сите супстанции на температура над апсолутна нула поседуваат внатрешна енергија која може да се емитира **во форма на електромагнетни бранови**.

- **Радијацијата** претставува трансфер на енергија преку електромагнетни бранови кои можат да патуваат низ вакуум или флуид.
- Ако две тела имаат различна температура (различна внатрешна енергија), потоплото тело емитира зрачна енергија кон поладното тело, но и поладното тело емитира зрачна енергија кон потоплото. Во крајниот биланс сепак **поладното тело се затоплува**, бидејќи потоплото тело емитира повеќе топлина отколку што прима, а поладното обратно.

ГРАДЕЖНИШТВО

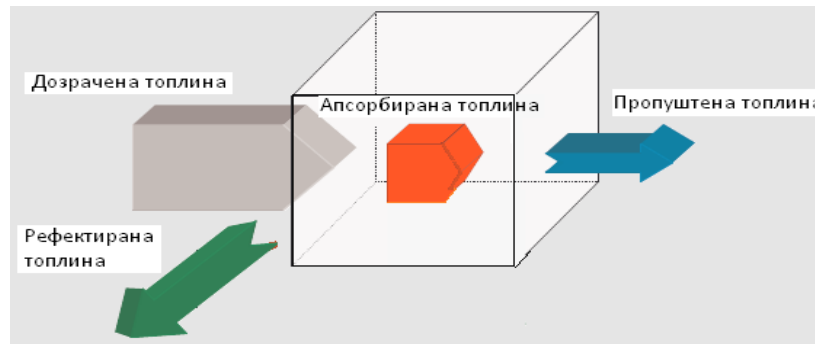
Радијација

Еден дел од вкупната топлината E' на дадено тело дозрачена од околните тела се рефлектира кон околината E_r' , еден дел се пропушта E_d' и еден дел се апсорбира E_a'



ГРАДЕЖНИШТВО

Радијација



$$E' = E_r' + E_d' + E_a'$$

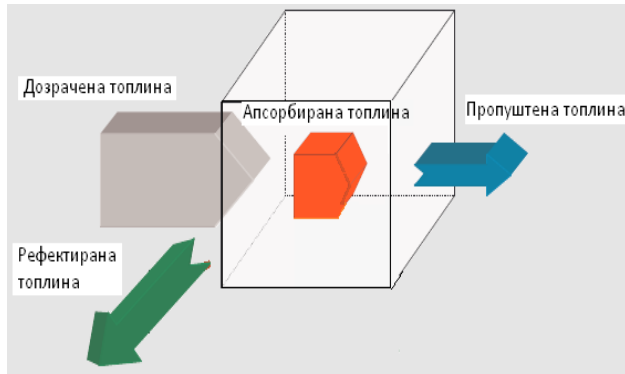
Ако оваа равенка се подели со E' , се добива равенка во која:

- “r” е коефициент на рефлексija,
- “d” е коефициент на пропуштање и
- “a” е коефициент на апсорпција.

$$1 = r + d + a$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Радијација



Внатрешната енергија на телото ќе се зголеми само кога апсорбираната енергија E_a' е поголема од емитираната E .

За апсолутно црно тело : $E' = E_r' + E_a' + E_a' = E_a'$

Емитираната топлина кога **црното тело** е во топлинска рамнотежа е еднаква на апсорбираната топлина: $E = E_a' = E'$

Сивото тело, за разлика од апсолутно црното тело не ја апсорбира целокупната енергија која доаѓа до него, туку дел од неа рефлектира: $E_s < E'$

ГРАДЕЖНИШТВО

Радијација

Коефициентот на емисија, кој претходно го споменавме, е однос помеѓу енергијата која се емитира од сиво тело и енергијата која се емитира од истото тело кога би било апсолутно црно:

$$\varepsilon = \frac{E_s}{E_c} < 1$$

Согласно **Stefan – Boltzmann-овиот закон** за апсолутно црно тело, вкупната емитирана енергија од единица површина на апсолутно црно тело во единица време е директно пропорционална со четвртиот степен од апсолутната температура на црното тело:

$$q_r = \sigma T^4$$

Во општ случај на сиво тело специфичниот топлински флукс е:

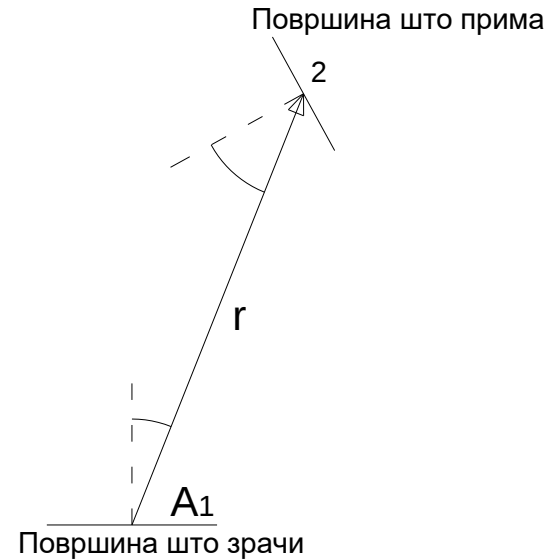
$$q_r = \varepsilon \sigma T^4$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Радијација

Специфичен топлотен флуks во точка од површина што е озрачена е:

$$q = \varphi \cdot \varepsilon_e \cdot \sigma \cdot T_e^4$$



ε_e - коефициент на емисија на површината што зрачи

φ - фактор на конфигурација (положба)

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ [W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C]}$ -Stefan Boltzmann-ова константа

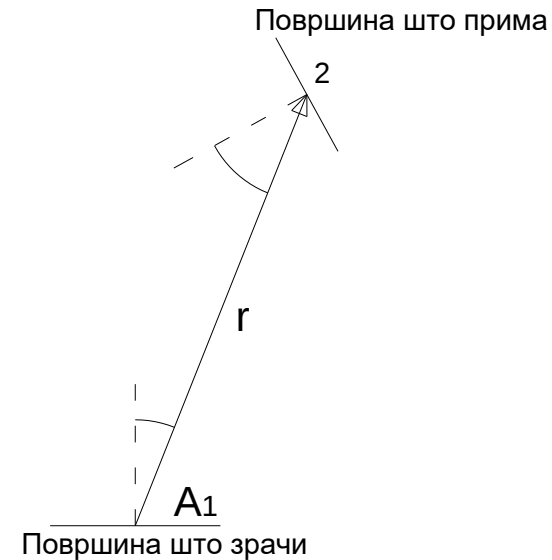
T_e - апсолутна температура на површината што зрачи [$^\circ\text{C}$]

ГРАДЕЖНИШТВО

Радијација

Резултатниот специфичен топлотен флуks од емитирачката површина на површината што прима е даден со изразот:

$$q_r = \varphi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_e^4 - T_r^4)$$



T_r - апсолутна температура на површината што прима

ε - резултантна емисивност на двете површини

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_r} - 1}$$

$$\varphi = \int_{A_1} \frac{\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2}{\pi \cdot r^2} \cdot dA_1$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Влијание на зрачењето кај архитектонско градежни конструкции

Зрачењето кај **архитектонско – градежни конструкции**, од интерес е како :

- **Краткобраново** сончево зрачење
- **Долгобраново** зрачење од околина

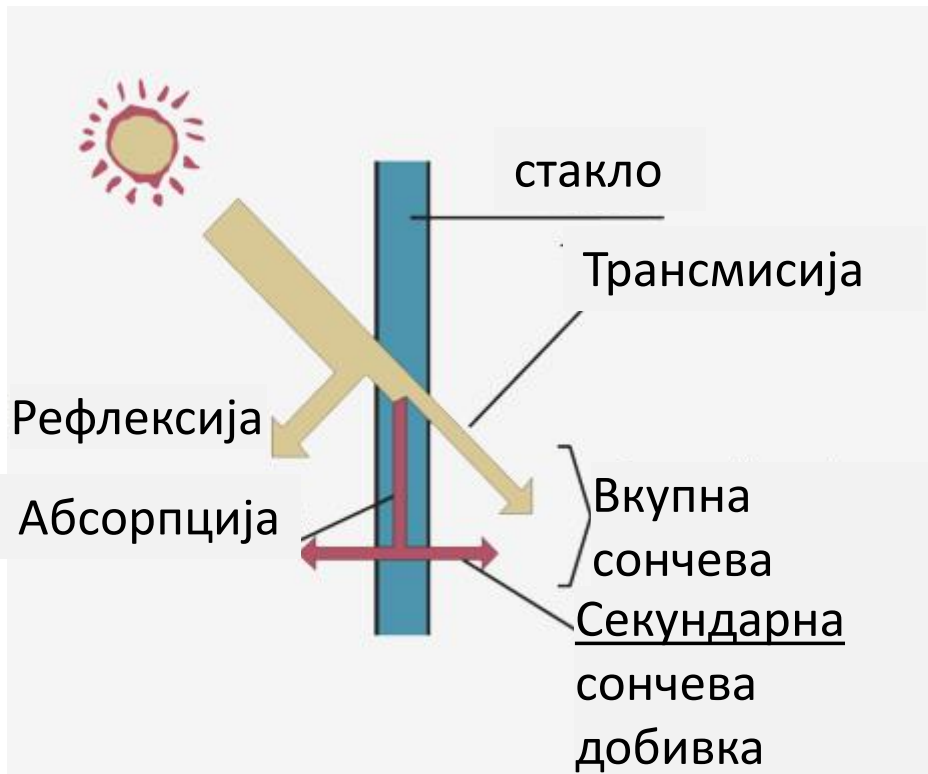
Зрачењето, како **краткобраново сончево зрачење** и **долгобраново зрачење од околина**, влијае врз **топлинските оптоварувања** на објектите.

Во зависност од видот на градежниот елемент (прозори/сидови), ефектите кои се реализираат се различни.

ГРАДЕЖНИШТВО

Влијание на зрачењето кај архитектонско градежни конструкции

Зрачење кај прозори



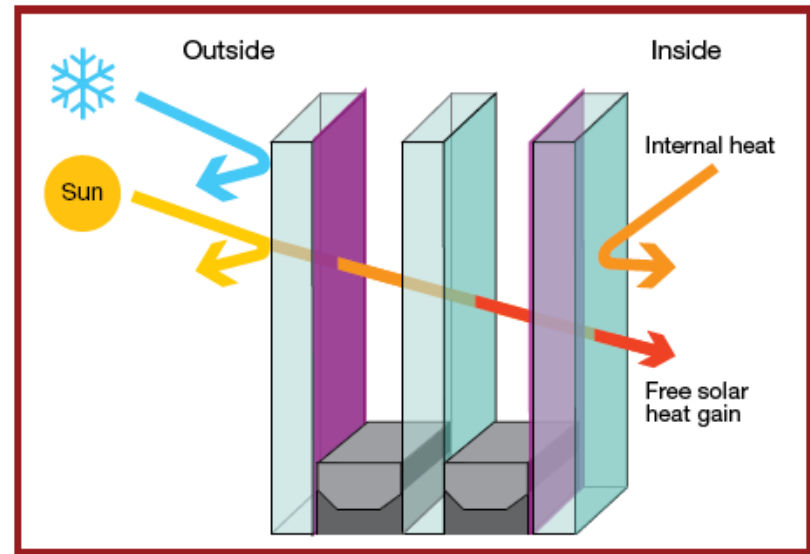
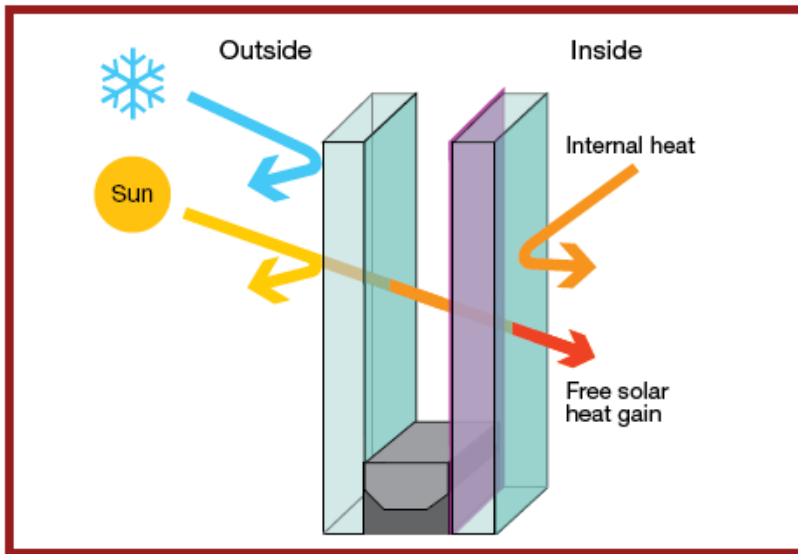
Дел од дозрачената енергија се рефлектира кон отворено небо, дел се акумулира во материјалот од кој се изведени прозорите, а дел проаѓа и влијае на топлинските оптоварувања во внатрешноста од објектот.

ГРАДЕЖНИШТВО

Влијание на зрачењето кај архитектонско градежни конструкции

Зрачење кај прозори

Дозрачена енергија кај прозори со повеќеслојни стакла.



ГРАДЕЖНИШТВО

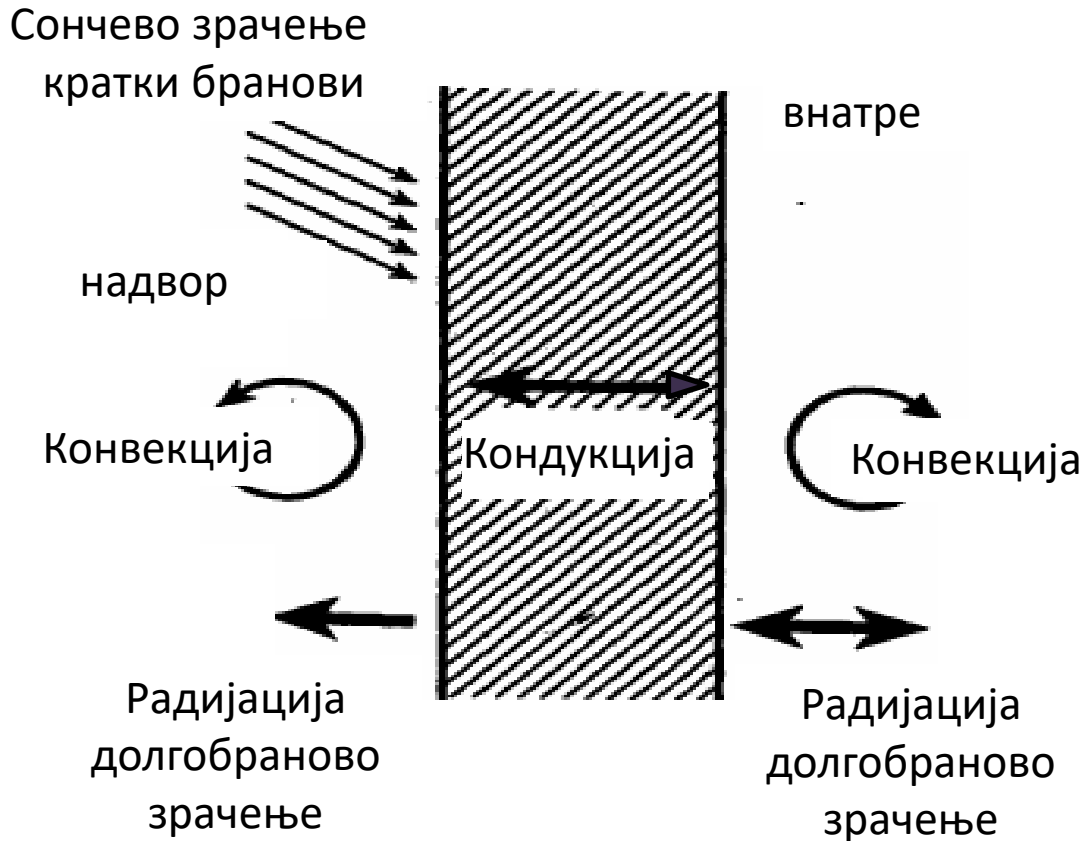
Зрачење кон и од сидови

Зрачењето се манифестира преку зголемување на температурата на надворешната површина од сидот. Дозрачената енергија во зависност од условите се распределува, оредува спрема :

- дел се рефлектира кон отворено небо,
- дел се апсорбира во површинскиот слој од сидот, т.е. се зголемува внатрешната енергија на материјалот, што во принцип влијае врз зголемување на температурата и на површината од сидот.

ГРАДЕЖНИШТВО

Зрачење кон и од ѕидови



Дел од абсорбираната енергија, во зависност од условите, се пренесува во внатрешноста на конструкцијата со спроведување, а дел со конвекција и радијација, од надворешните површини се предава на околината (надвор или внатре).

ГРАДЕЖНИШТВО

Пренос на топлина - упростени методи на пресметка

Едно-дименизонална пресметка на пренос на топлина (МКС ЕН ИСО 6946)

**EN ISO 6946- Building components and building elements –
Thermal resistance and thermal transmittance –
Calculation method**



МКС ЕН ИСО 6946 – Компоненти и елементи од згради – Топлински отпори и коефициенти на премин на топлина – Метод на пресметка

ГРАДЕЖНИШТВО

MKS EN ISO 6946 - Област на примена

- Во стандардот MKS EN ISO 6946 се наведува метод за пресметка на топлински отпори и коефициенти на премин на топлина за градежни компоненти и градежни елементи, без да бидат земани во разгледување **отвори** (врати, прозорци и други стаклени елементи), **делови од згради во непосредна близина на земја и елементи за вентилација**.
 - **ЕДНОДИМЕНЗИОНАЛЕН ПРЕНОС НА ТОПЛИНА**
- Се базира врз соодветни вредности за коефициентите на спроведување на топлина, или вредности на топлинските отпори за материјалите и производите опфатени со пресметките.
- Се применува за градежни компоненти кои се составени од термички **хомогени слоеви** (кои може да вклучуваат и слоеви на воздух) .
- Се наведува и **приближен метод**, со кој може да се користи за пресметки и на **нехомогени слоеви**.

ГРАДЕЖНИШТВО

MKS EN ISO 6946 - Нормативни референци

Поврзаност на Стандардот со други нормативни референци:

- ISO 7345, *Thermal insulation — Physical quantities and definitions*
- ISO 10456, *Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values*
- ISO 13789, *Thermal performance of buildings — Transmission and ventilation heat transfer coefficients — Calculation method*

ГРАДЕЖНИШТВО

МКС EN ISO 6946 - Термини и дефиниции

Термини и дефиниции кои се наведуваат во Стандардот:

- **Градежен елемент**, дел од зграда, како сид, под, или покрив.
- **Градежна компонента**, градежен елемент или дел од него
ЗАБЕЛЕШКА: Во Стандардот, "компонента" се користи да укаже на елемент и компонента.
- **Термички хомоген слој**, слој со постојана дебелина, кој има термички својства кои може да се сметаат како единствени.

ГРАДЕЖНИШТВО

МКС EN ISO 6946 - Ознаки и единици

- A – Површина во $[m^2]$
- d - Дебелина (на слој) во $[m]$
- h - Коефициент на пренос на топлина со конвекција во $[W/(m^2 \cdot K)]$
- R - Проектен топлински отпор со кондукција (од една до друга површина) во $[m^2 \cdot K/W]$
- R_g - Топлински отпор на воздушен слој во $[m^2 \cdot K/W]$
- R_{se} - Топлински отпор од надворешна страна во $[m^2 \cdot K/W]$
- R_{si} - Топлински отпор од внатрешна страна во $[m^2 \cdot K/W]$
- R_T - Вкупен топлински отпор (од една до друга флуидна средина) во $[m^2 \cdot K/W]$
- R'_T - Горна граница на вкупен топлински отпор во $[m^2 \cdot K/W]$
- R''_T - Долна граница на вкупен топлински отпор во $[m^2 \cdot K/W]$
- R_u - Топлински отпор на незагреан простор во $[m^2 \cdot K/W]$
- U - Коефициент на премин на топлина во $[W/(m^2 \cdot K)]$
- λ - Проектен коефициент на спроведување на топлина во $[W/(m \cdot K)]$

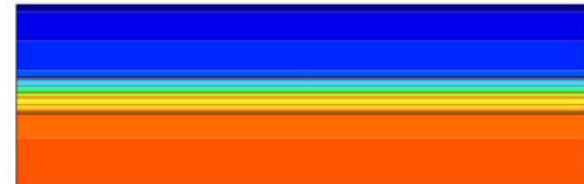
ГРАДЕЖНИШТВО

Пресметка на топлински отпор на градежен елемент составен од хомогени слоеви

Согласно МКС EN ISO 6946 **хомоген топлински слој** е слој со константна дебелина чии топлински својства се униформни.



а) Градежен детал



б) Изотерми

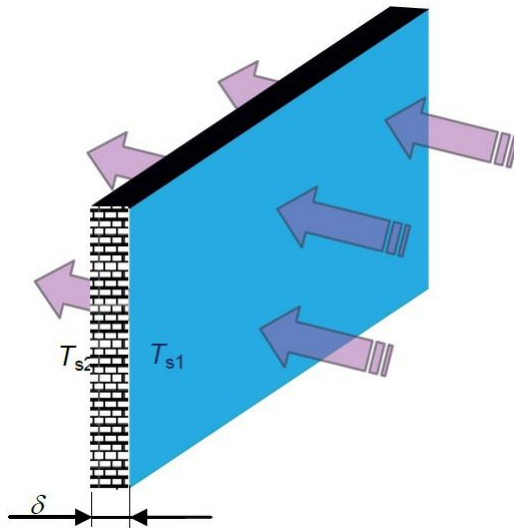


в) Топлински протоци

Градежен елемент составен од
хомогени топлински слоеви (компоненти)

ГРАДЕЖНИШТВО

ПРЕНОС НА ТОПЛИНА НИЗ ЕДНОСЛОЈНА ПРЕГРАДА



За **стационарно** спроведување на топлина низ **рамен хомоген слој**, без постојани топлински извори и под претпоставки дека **проводливоста на топлина е константна**, топлинскиот флуks разменет преку кондукција се пресметува според изразот:

$$\Phi = q \cdot A = \text{grad} T \cdot \lambda \cdot A = \frac{(T_{s1} - T_{s2})}{\frac{d}{\lambda}} \cdot A$$

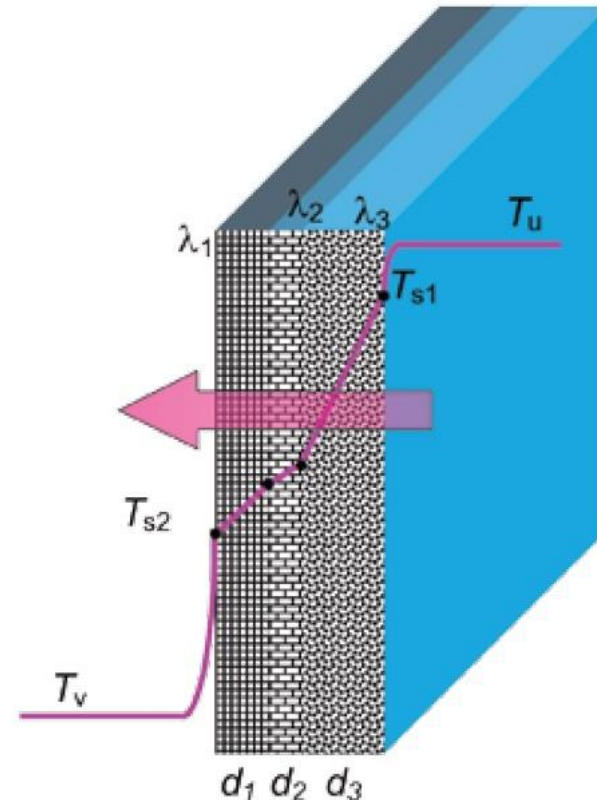
Специфичен
топлински отпор

ГРАДЕЖНИШТВО

ПРЕНОС НА ТОПЛИНА НИЗ ПОВЕЌЕСЛОЈНА ПРЕГРАДА

$$\Phi = \frac{(T_{s1} - T_{s2})}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}} \cdot A$$

Специфичен
топлински отпор

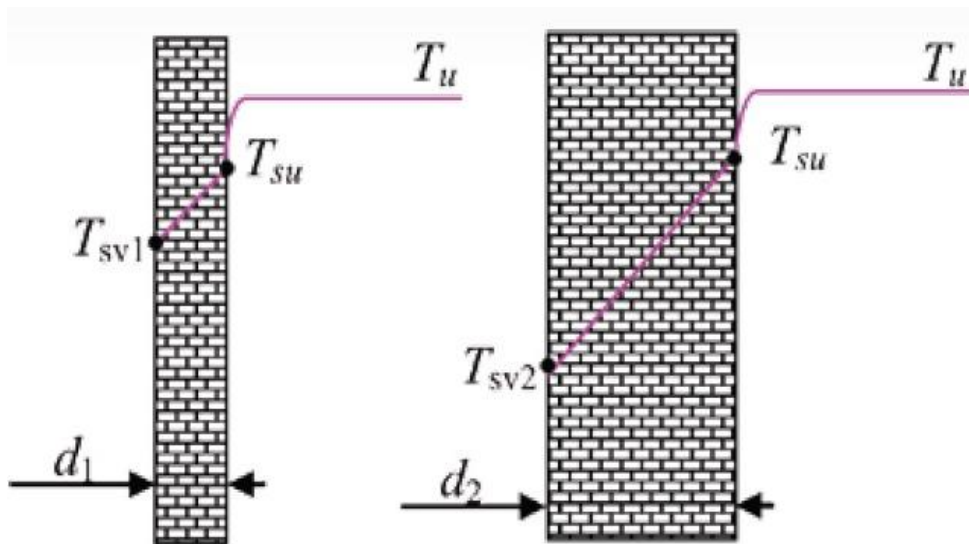


ГРАДЕЖНИШТВО

ТОПЛИНСКИ ОТПОР R

- Топлинскиот отпор на слојот направен од хомоген материјал зависи од дебелината на слојот и од својствата на материјалот

$$R = \frac{d}{\lambda}$$



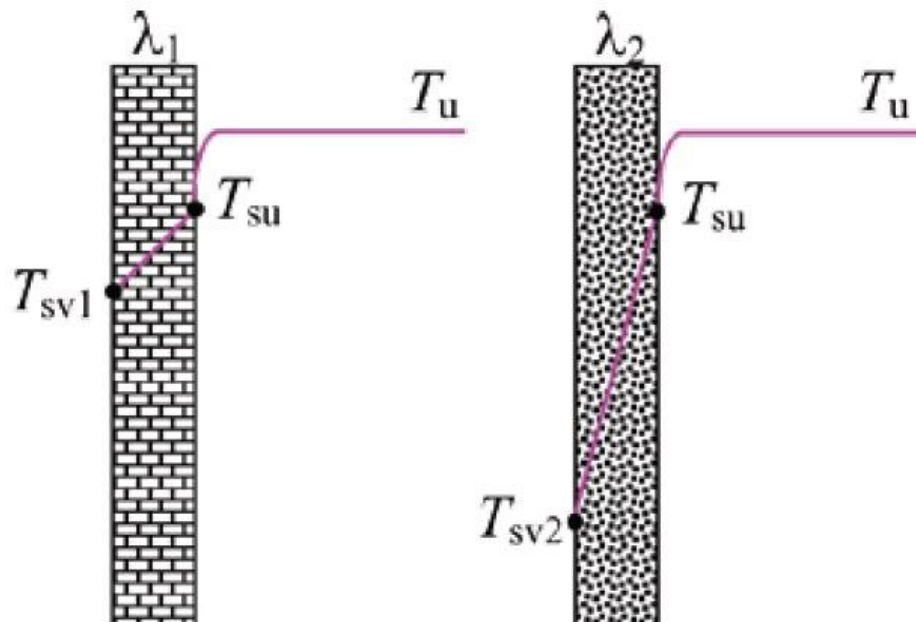
- Зголемувањето на топлинскиот отпор се постигнува со зголемување на дебелината на слојот

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

ГРАДЕЖНИШТВО

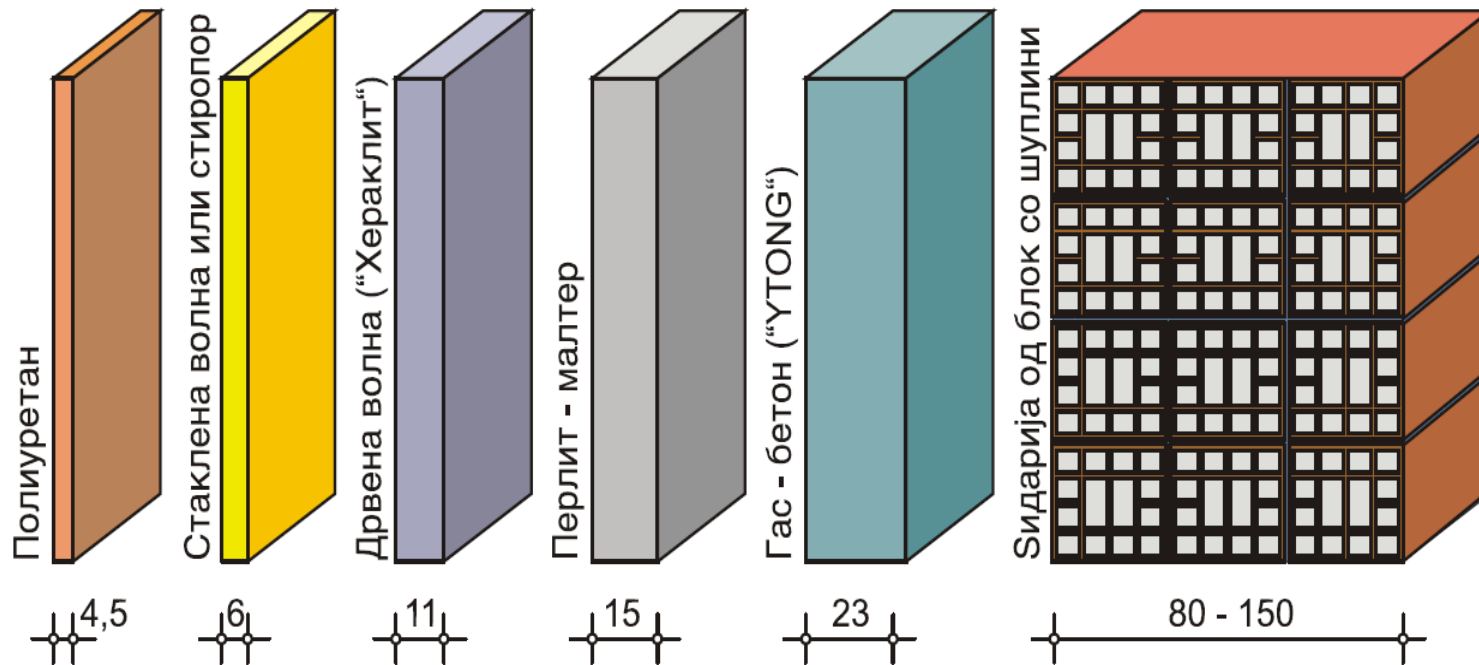
ТОПЛИНСКИ ОТПОР R

- Зголемувањето на топлинскиот отпор се постигнува со избор на материјал со пониска вредност на топлинска спроводливост



$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Еквивалентен топлински отпор на различни градежни материјали



ГРАДЕЖНИШТВО

Површински отпор на премин на топлина

- При пренесување на топлина со конвекција топлината наидува на отпор на самата површина на материјалот кој е во контакт со воздух или друг гас
- Симбол за површински топлински отпор е R_s
- Мерна единица за површински топлински отпор е $[m^2K/W]$
- **Формула за површински топлински отпор:**

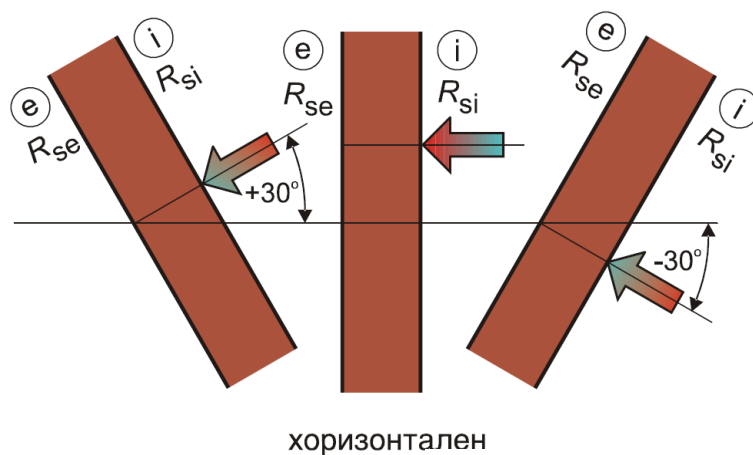
$$R_s = \frac{1}{h} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

h – коефициент на конвекција

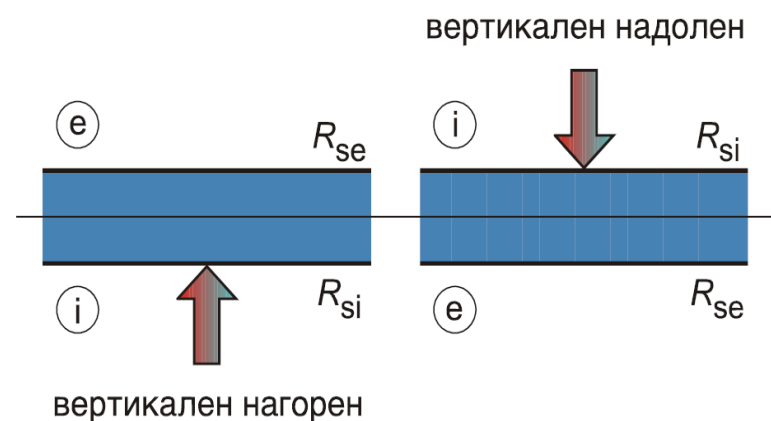
ГРАДЕЖНИШТВО

Правец и насока на топлински протоци

Вертикална конструкција



Хоризонтална конструкција



Површински отпори ($m^2 \cdot K/W$)	Правец и насока на топлинскиот проток		
	нагорен	хоризонтален	надолен
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

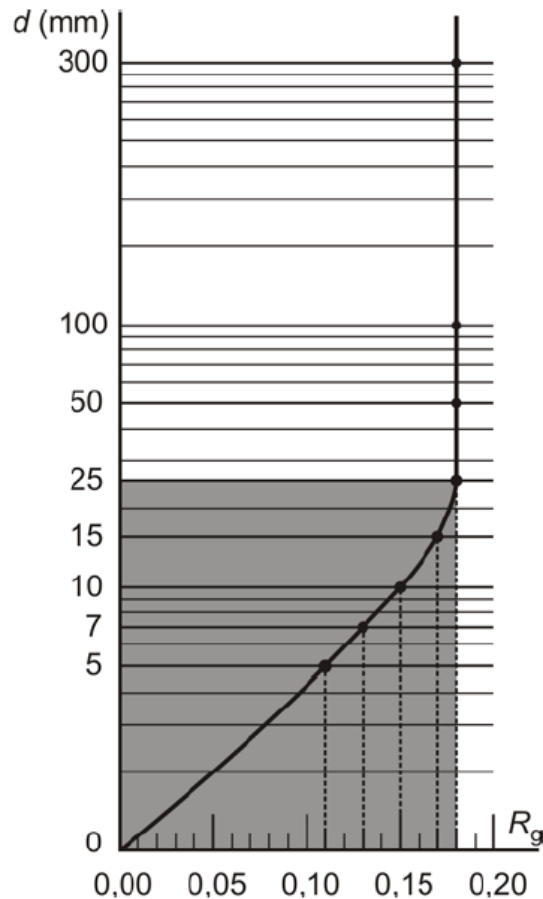
ГРАДЕЖНИШТВО

Отпор на премин на топлина низ воздушни слоеви

- Добрите топлинско-изолациони материјали (со мала вредност на λ) имаат многу мала маса. Еден од најлесните е стиропорот, со маса од 15 до 30 kg/m³. Причина за ова е големиот процент на заробен воздух во стиропорот (97% до 98.5%) за сметка на цврстата материја (1.5% до 3%).
- Изолационата моќ на порозните материјали се должи на присуството на воздух во шуплините, но под услов шуплините да се затворени и со многу мал волумен, со микронски димензии.
- Топлинскиот отпор на воздушните шуплини **не може** да се пресмета со помош на веќе прикажаната формула бидејќи со зголемувањето на дебелината на воздушниот слој не се зголемува пропорционално и топлинскиот отпор.

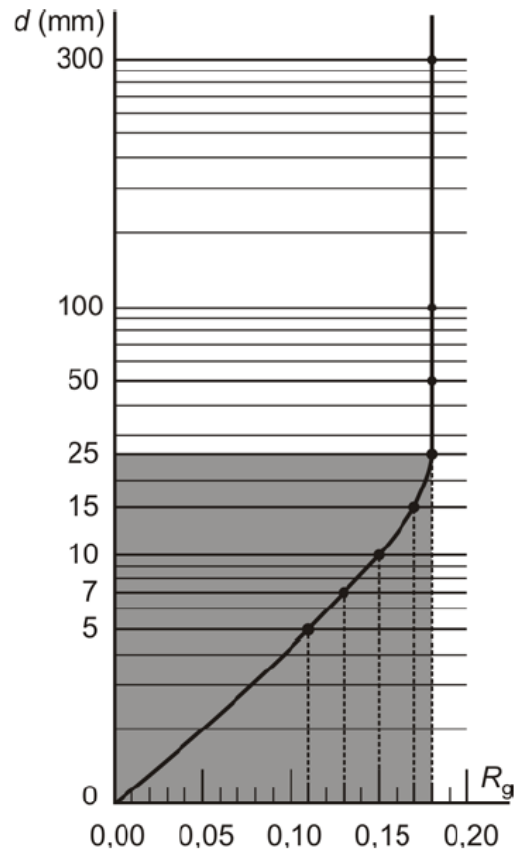
ГРАДЕЖНИШТВО

Невентилирани воздушни слоеви со хоризонтален топлински проток



- Вредностите за топлинскиот отпор на невентилиран воздушен слој со хоризонтален топлински проток се дадени на дијаграмот.
- Зголемувањето на дебелината на воздушниот слојот над 25mm не влијае на зголемувањето на отпорот на воздушниот слој.

Невентилирани воздушни слоеви со хоризонтален топлински проток



300 mm

$$R = 0,18$$

$3 \cdot 100 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$R = 3 \cdot 0,18 = 0,54$$

$30 \cdot 10 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$R = 30 \cdot 0,15 = 4,50$$

$300 \cdot 1 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$R = 300 \cdot 0,022 = 6,60$$

$3\,000 \cdot 0,1 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$R = 3\,000 \cdot 0,0024 = 7,20$$

Топлински отпор на стиропор со дебелина
 $d = 300 \text{ mm}$ (0,30 m)

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,30}{0,04} = 7,5 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Воздушни слоеви со топлински проток

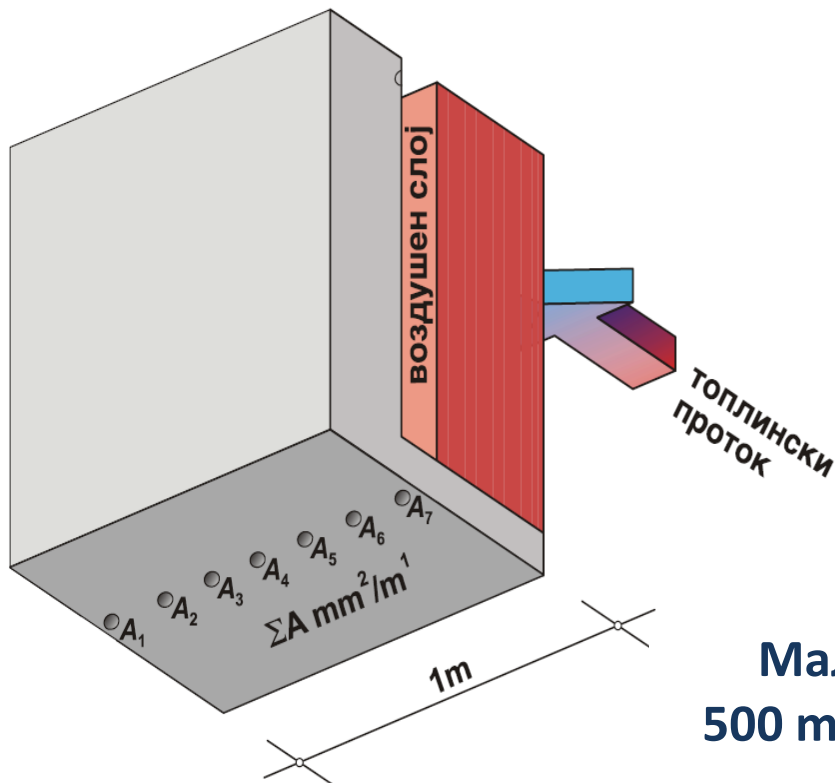
- За **непроветрен** (невентилиран) **воздушен слој** се смета воздушен слој во кој не постои директен пристап при циркулација на воздухот во внатрешноста на слојот.
- Ако помеѓу воздушниот слој и надворешната околина нема изолација, **но постојат мали отвори кон надворешната средина**, воздушниот слој може да се смета за **невентилиран** доколку тие отвори не дозволуваат струење низ слојот и не преминуваат:
 - **500 mm²** по метар должен во хоризонтален правец за вертикални воздушни слоеви;
 - **500 mm²** по метар квадратен површина за хоризонтални воздушни слоеви.

Воздушни слоеви со топлински проток

- **Слабо вентилиран воздушен слој** е слој во кој снабдувањето со воздух од надворешната средина е ограничено со површината на отворот, A_v , во рамките на следните граници:
 - **Поголема од 500 mm^2 но $<1500 \text{ mm}^2$** по метар должен во хоризонтален правец за вертикални воздушни слоеви;
 - **Поголема од 500 mm^2 но $<1500 \text{ mm}^2$** по метар квадратен површина за хоризонтални воздушни слоеви.
- **Добро вентилиран воздушен слој** е слој за кој површината на отворите помеѓу воздушниот слој и надворешната средина е поголема или еднаква на:
 - **1500 mm^2** по метар должен во хоризонтален правец за вертикални воздушни слоеви;
 - **1500 mm^2** по метар квадратен површина за хоризонтални воздушни слоеви.

ГРАДЕЖНИШТВО

Вертикален воздушен слој – Хоризонтален топлински проток



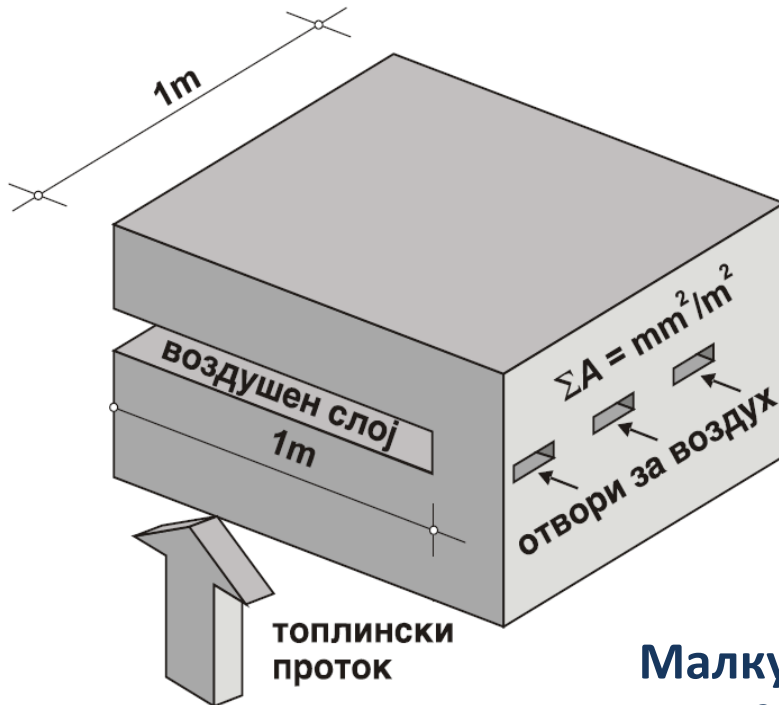
Невентилиран слој
ако $\Sigma A < 500 \text{ mm}^2/\text{m}'$

Добро вентилиран слој
ако $\Sigma A > 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}'$

Малку вентилиран слој ако
 $500 \text{ mm}^2/\text{m}' < \Sigma A < 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}'$

ГРАДЕЖНИШТВО

Хоризонтален воздушен слој – Вертикален топлински проток



Невентилиран слој ако
 $\Sigma A < 500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

Добро вентилиран слој ако
 $\Sigma A > 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

Малку вентилиран слој ако
 $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2 < \Sigma A < 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

ГРАДЕЖНИШТВО

Топлински отпор на воздушни слоеви (m²K)/W

Невентилиран воздушен слој

Дебелина на воздушниот слој mm	Правец и насока на топлинскиот проток		
	Нагорен	Хоризонтален	Надолен
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

ЗАБЕЛЕШКА - Меѓувредности можат да се добијат со интерполација.

ГРАДЕЖНИШТВО

Топлински отпор на воздушни слоеви ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

Малку вентилиран воздушен слој

Дебелина на воздушниот слој mm	Правец и насока на топлинскиот проток		
	Нагорен	Хоризонтален	Надолен
1	0,017	0,017	0,017
2	0,030	0,030	0,030
3	0,040	0,040	0,040
4	0,048	0,048	0,048
5	0,055	0,055	0,055
6	0,060	0,060	0,060
7	0,065	0,065	0,065
8	0,069	0,069	0,069
9	0,072	0,072	0,072
10	0,075	0,075	0,075
15	0,082	0,086	0,086
20	0,082	0,092	0,092
25	0,082	0,092	0,097
50	0,082	0,092	0,107
100	0,082	0,092	0,109
300	0,082	0,092	0,116

ГРАДЕЖНИШТВО

Отпор на премин на топлина низ воздушни слоеви

Вкупниот топлински отпор на градежен елемент кој содржи добро вентилиран воздушен слој, треба да се определи изоставувајќи го топлинскиот отпор на воздушниот слој и сите останати слоеви кои се наоѓаат помеѓу воздушниот слој и надворешната средина, а **вклучувајќи го надворешниот површински отпор на воздух во мирување.**

Топлински отпори кај незагреани простори

Ако надворешната обвивка на негреан простор не е топлински изолирана, можат да се применат упростени методи, каде негреаниот простор се третира како топлински отпор

ГРАДЕЖНИШТВО

Топлински отпори кај тавански простори

За покривна конструкција која се состои од рамен, изолиран таван и кос покрив, може да се претпостави дека таванскиот простор е термички хомоген слој, со топлински отпор наведен во Табелата.

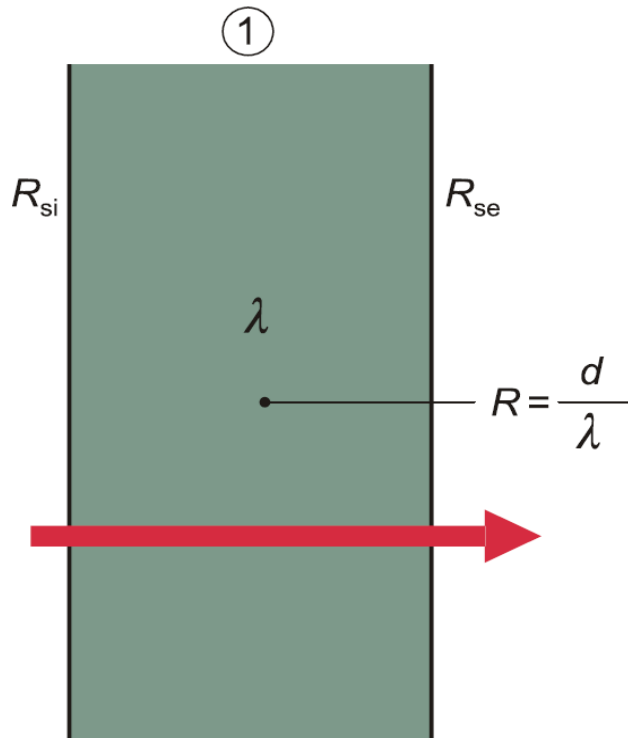
Карактеристики на покрив		R_u $m^2 \cdot K/W$
1	Покрив од герамиди, без кровна лепенка, плочи за оплата и сл.	0.06
2	Покрив од плочи, или покрив од герамиди, со секундарен покрив од паропропусна водонепропусна фолија, или сл.	0.2
3	Како 2 (погоре), но со алуминиумска облога, или друга облога мала емисивност на долната страна од покривот	0.3
4	Кров поставен со плочи за оплата, во комбинација со паропропусна фолија, кровна лепенка и сл.	0.3
ЗАБЕЛЕШКА Вредностите во Табелата, вклучуваат топлински отпор на вентилиран простор и топлински отпор на кос кров. Не се вклучени топлински отпори на пренос на топлина од надворешна страна (R_{Se}).		

ГРАДЕЖНИШТВО

Топлински отпори кај тавански простори

- Податоците во Табелата се однесуваат за природно вентилирани тавански простори над греани простори.
- За механички вентилирани, се користи детална постапката (спрема ISO 13789), земајќи го таванскиот простор како незагреан простор, со одреден обем на вентилација .

Вкупен топлински отпор R_T ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) на еднослојна конструкција



$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

R_{si} - топлински отпор на внатрешна површина

R - топлински отпор на слој материјал

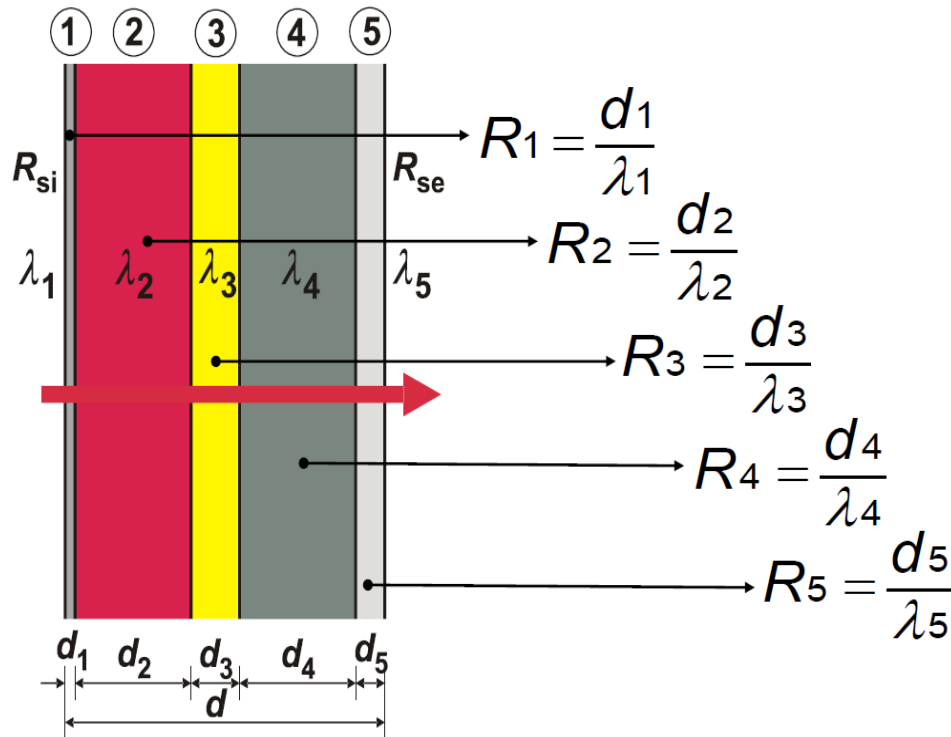
$$R = \frac{d}{\lambda}$$

R_{se} - топлински отпор на надворешна површина

ГРАДЕЖНИШТВО

Вкупен топлински отпор R_T ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) на повеќеслојна конструкција

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{se}$$

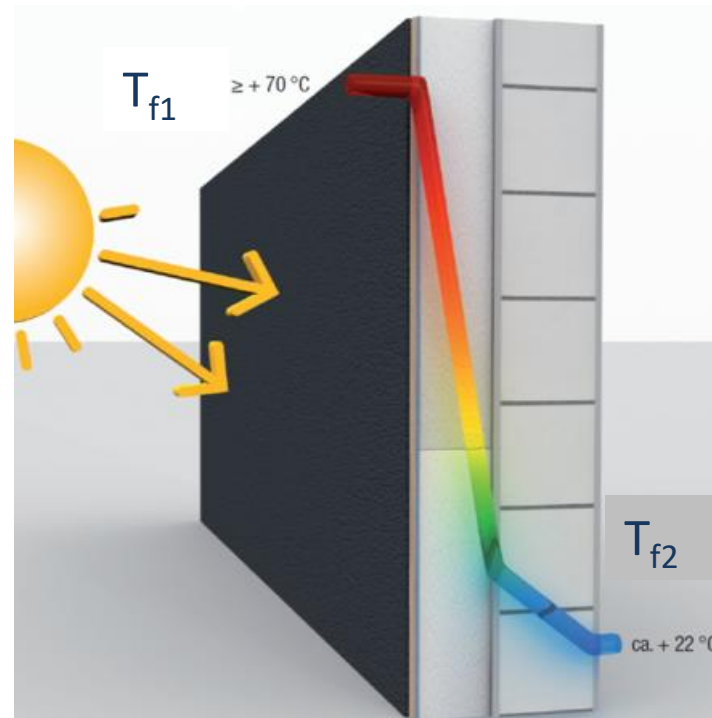


ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициентот на премин на топлина

Количеството пренесена топлина низ градежен елемент зависи од коефициентот на премин на топлина “U” кој се добива како реципрочна вредност на вкупниот топлински отпор “R” на елементот :

$$U = \frac{1}{R} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициентот на премин на топлина

За конструкција која се состои од “n” слоеви, коефициентот на премин на топлина е:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i}}$$

Специфичниот топлински проток:

$$q = U \cdot (T_1 - T_{n+1}) = \frac{T_1 - T_{n+1}}{R} = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i}}$$

Специфичниот топлински проток

Ако во анализата се вклучи и површинскиот отпор на премин на топлина кој се јавува како резултат на температурната разлика помеѓу воздухот внатре/надвор и елементот, се добива:

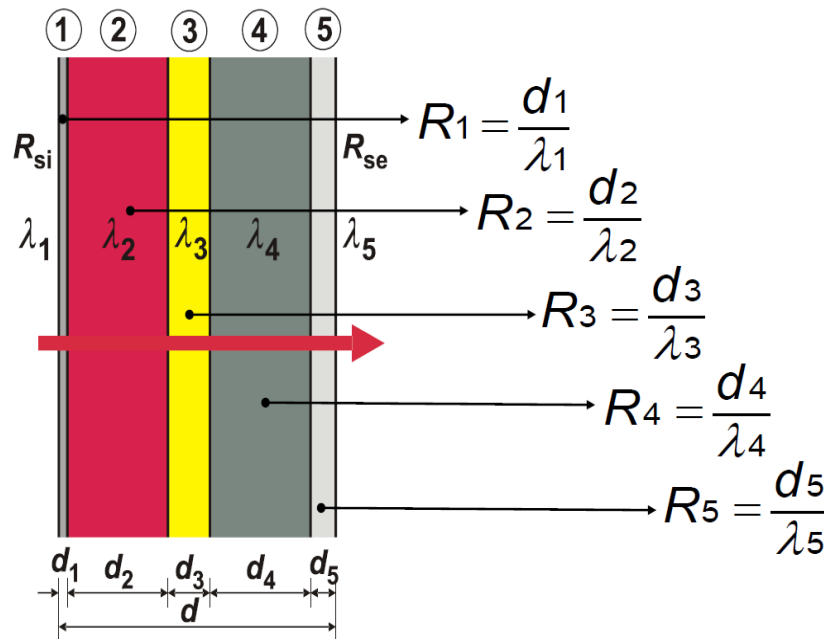
$$q = U \cdot \Delta T = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{R_T} = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{h_{c1}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{c2}}}$$

Топлинскиот проток низ вкупната површина е:

$$Q = q \cdot A = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Температура во преградни ѕидови

Температурите на граничните површини и на границата помеѓу слоевите на преградата се:



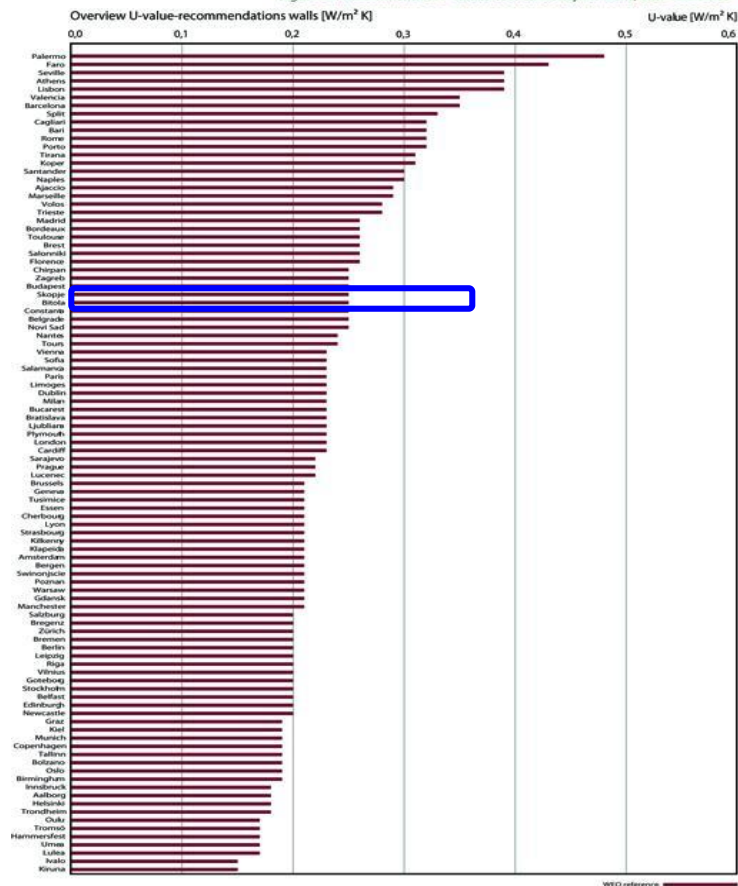
$$T_{z1} = T_{f1} - q \cdot \frac{1}{h_{s1}}$$

$$T_{z(k+1)} = T_{f1} - q \cdot \left(\frac{1}{h_{s1}} + \sum_{i=1}^{i=k} \frac{d_i}{\lambda_i} \right)$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициенти на премин на топлина Препораки - Сидови-

Figure 34: Recommended U-values cost efficiency for walls, WEO reference



Препораки за вредности на U
за сидови за различни градови
во Европа

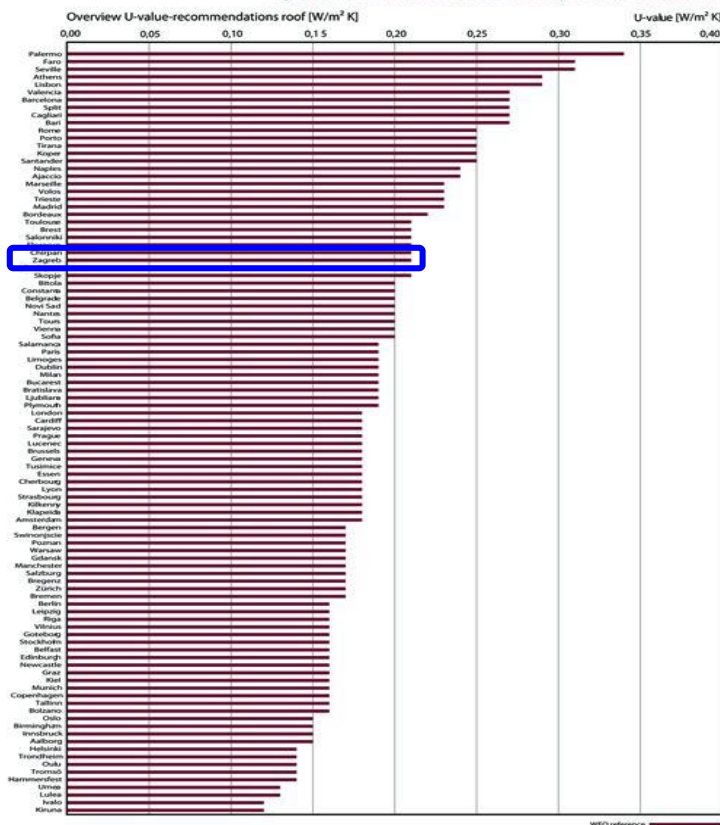
Скопје - $U=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Битола - $U=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициенти на премин на топлина Препораки -Тавани-

Figure 35: Recommended U-values cost efficiency for roofs, WEO reference



Препораки за вредности
на **U** за тавани за различни
градови во Европа

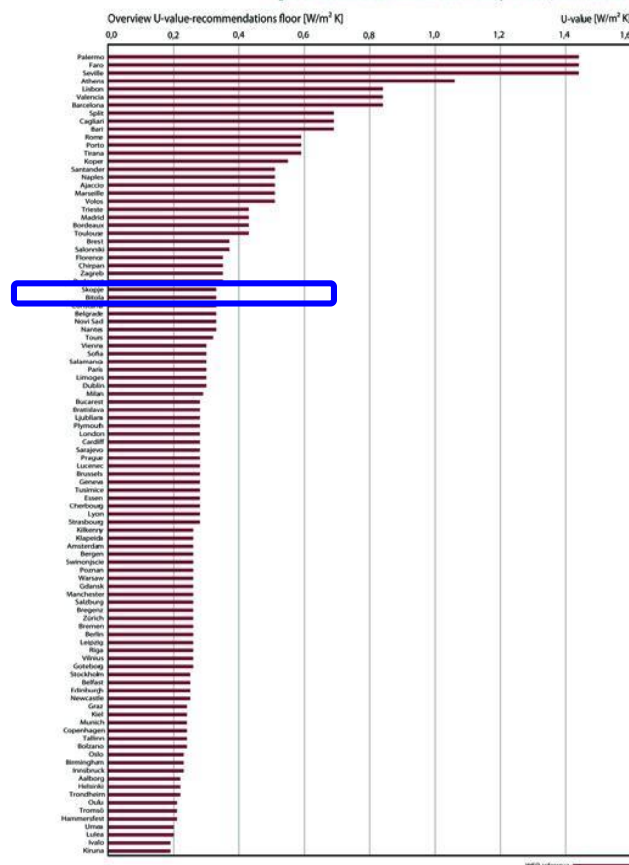
Скопје - $U=0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Битола - $U=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

ГРАДЕЖНИШТВО

Коефициенти на премин на топлина Препораки -Подови-

Figure 36: Recommended U-values cost efficiency for floors, WEO reference



Препораки за вредности на **U** за
подови за различни градови во
Европа

Скопје - $U=0,33 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Битола - $U=0,33 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

ГРАДЕЖНИШТВО

Максимално дозволени коефициенти на пренос на топлина- вредност $U_{\max}$ на нетранспарентни градежни конструкции

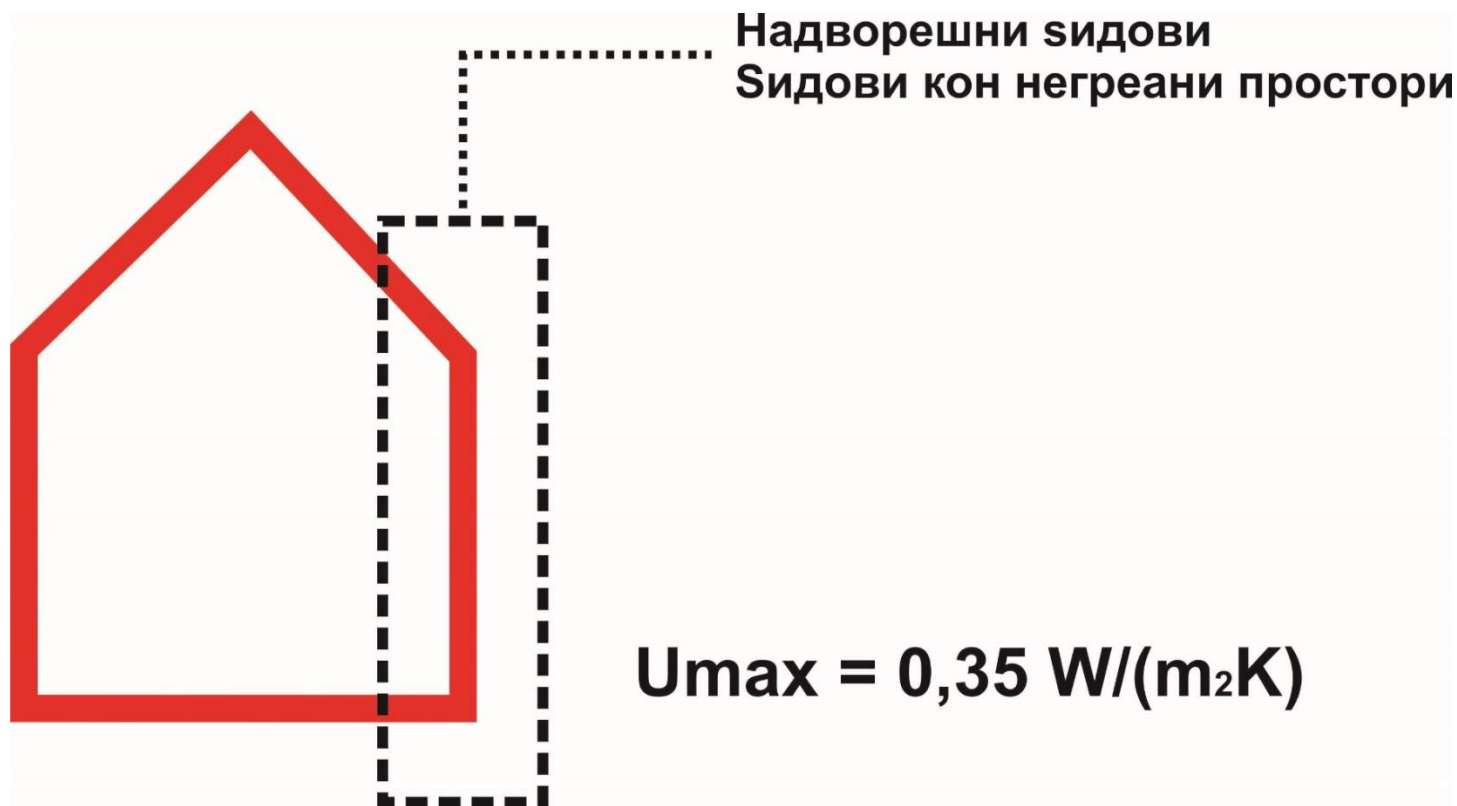
Градежна конструкција		$U_{\max}^{1)}$ $W/(m^2 \cdot K)$ Згради греани на внатрешна температура $\theta_i \geq 18^\circ C$
1	Надворешни сидови и сидови кон негреани простори	0,35
2	Надворешни сидови и сидови кон негреани простори (мали простори со сидна површина којашто не надминува 10% од нетранспарентниот дел)	0,60
3	Надворешни сидови што граничат со греани простори со различни грејни системи, различни корисници или различни сопственици на нестанбени згради	0,90
4	Надворешни сидови кон дилатациска фуга со соседна зграда (постоечка или предвидена за градба)	0,50
5	Надворешни сидови вкопани во земја ²⁾	0,50
6	Внатрешни преградни сидови помеѓу греан и помалку греан простор (скалиншта, ходници)	0,70
7	Внатрешни преградни сидови помеѓу станови	1,60
8	Меѓукатни конструкции под негреан тавански простор (вентилиран или неизолиран)	0,25
9	Меѓукатна конструкција над негреани простори во зграда (подрум, гаража)	0,35
10	Меѓукатни конструкции над отворен простор (пасаж, еркер)	0,30
11	Меѓукатни конструкции помеѓу простории за домување и деловни простори	0,90
12	Меѓукатни конструкции помеѓу греани простори	1,40
13	Рамни или закосени покриви над греани простори - површинска маса на конструкцијата $\leq 150 \text{ kg/m}^2$ - површинска маса на конструкцијата $> 150 \text{ kg/m}^2$	0,20
		0,25
14	Подови на терен (земја) ²⁾ (не важи за индустриски згради)	0,40
15	Подови на терен и меѓукатни конструкции над негреани простори во зграда (подрум, гаража), во случаи на панелно подно греење ²⁾	0,35

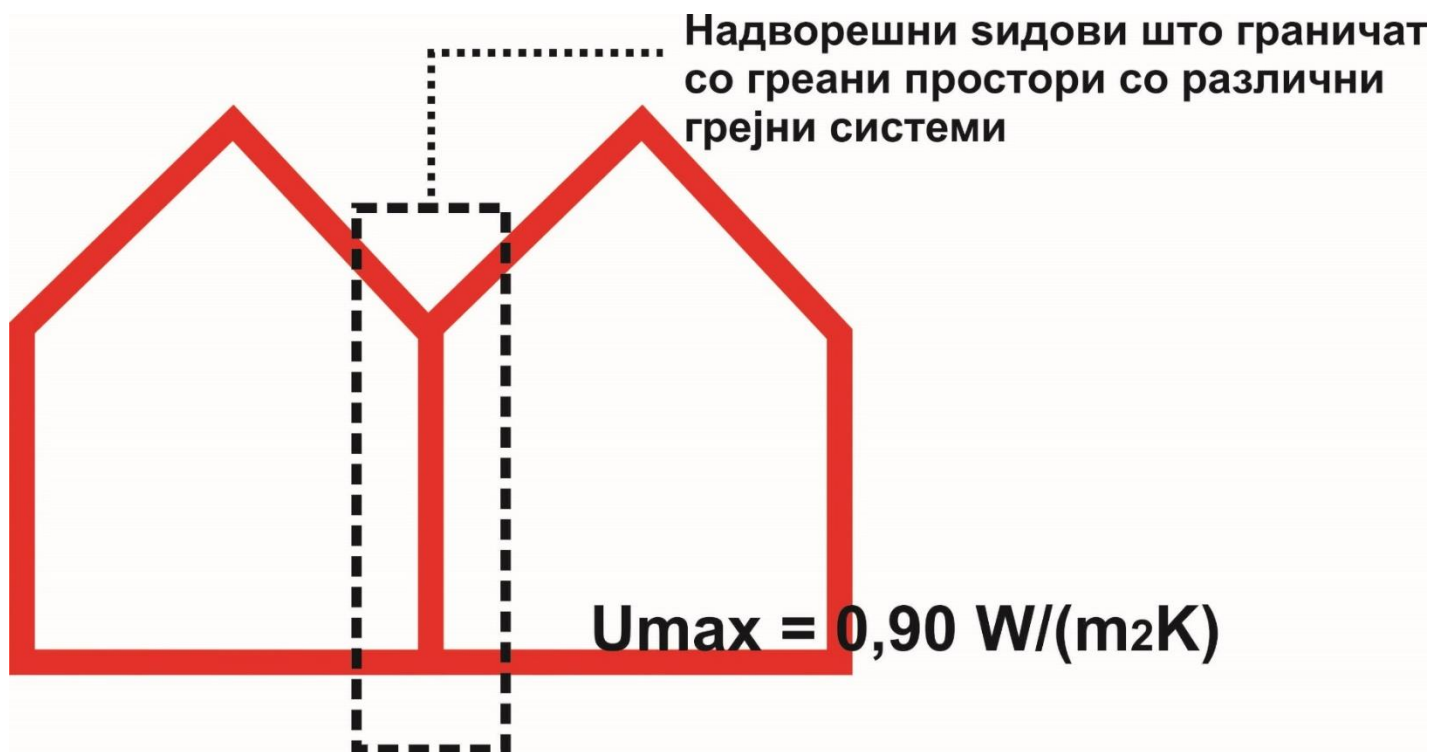
ГРАДЕЖНИШТВО

Максимално дозволени коефициенти на пренесување на топлина (U-вредности) на нетранспарентни градежни конструкции

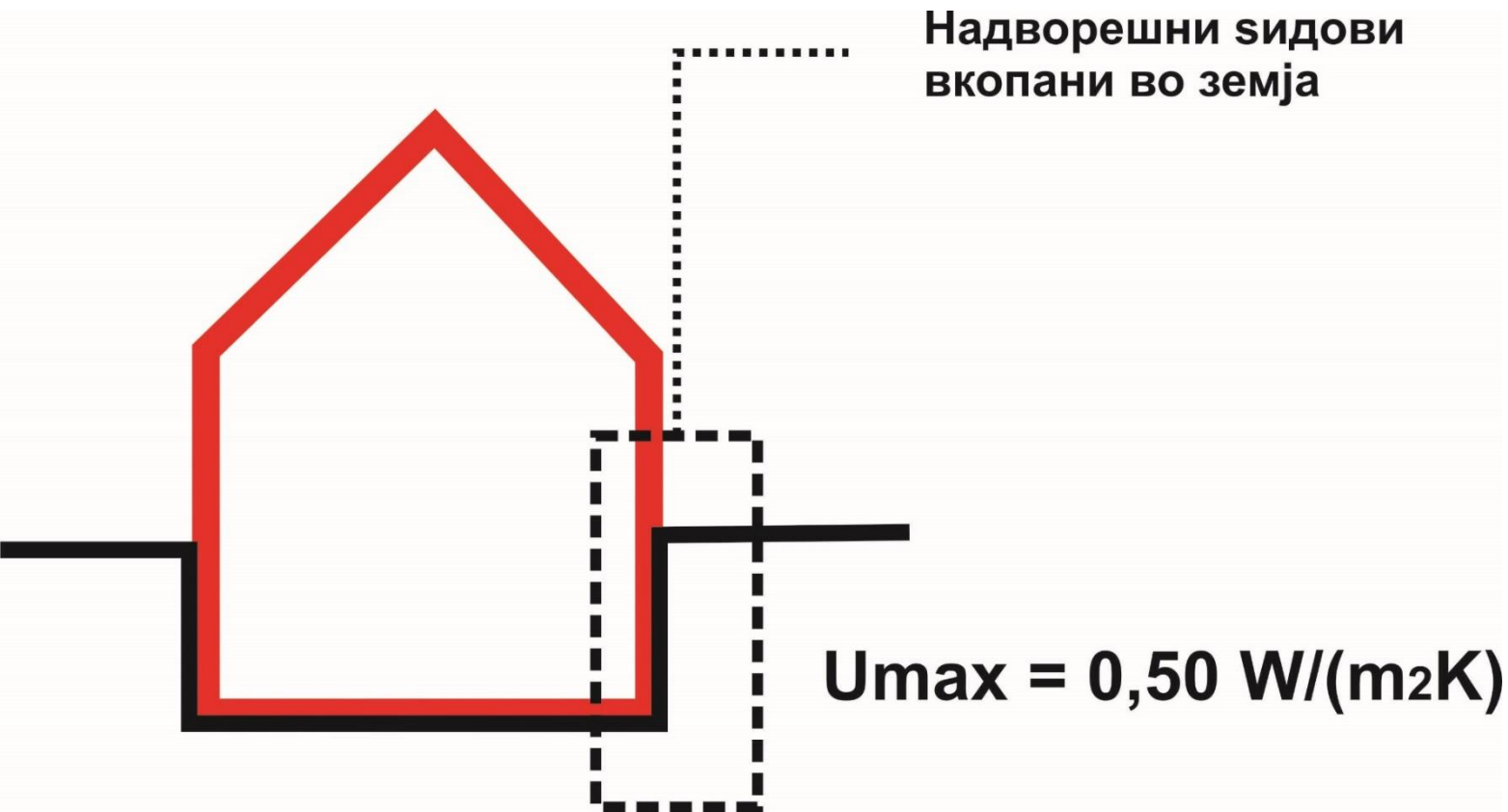


ГРАДЕЖНИШТВО



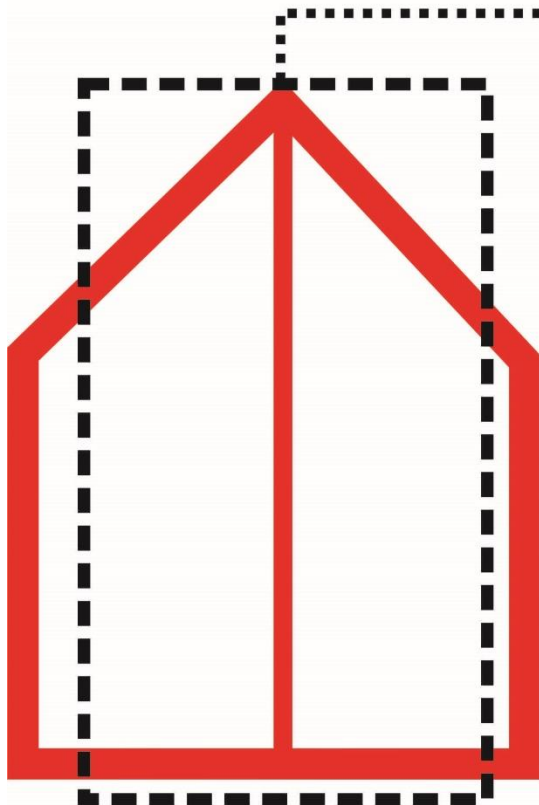






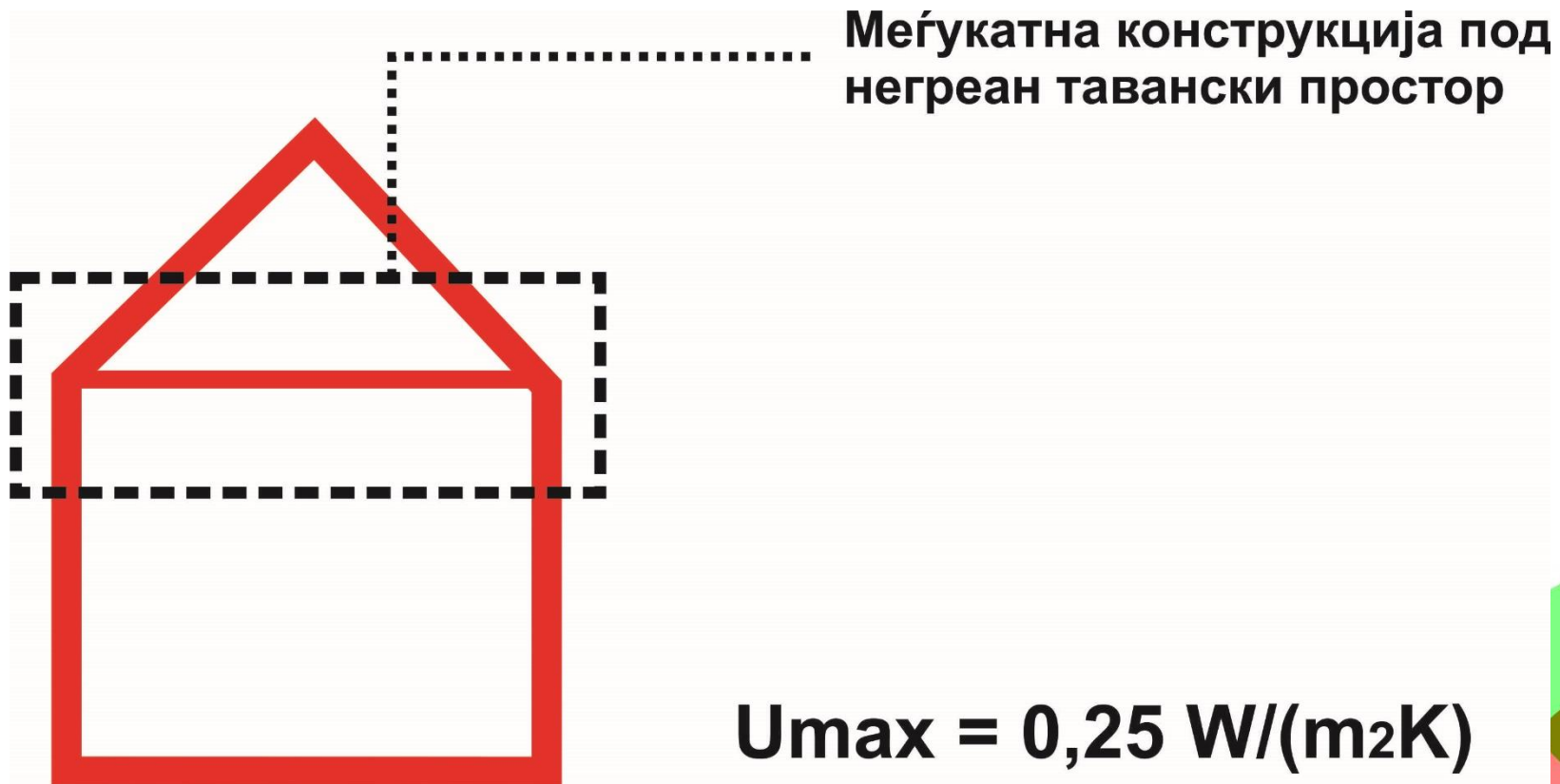


Внатрешни преградни
сидови помеѓу станови

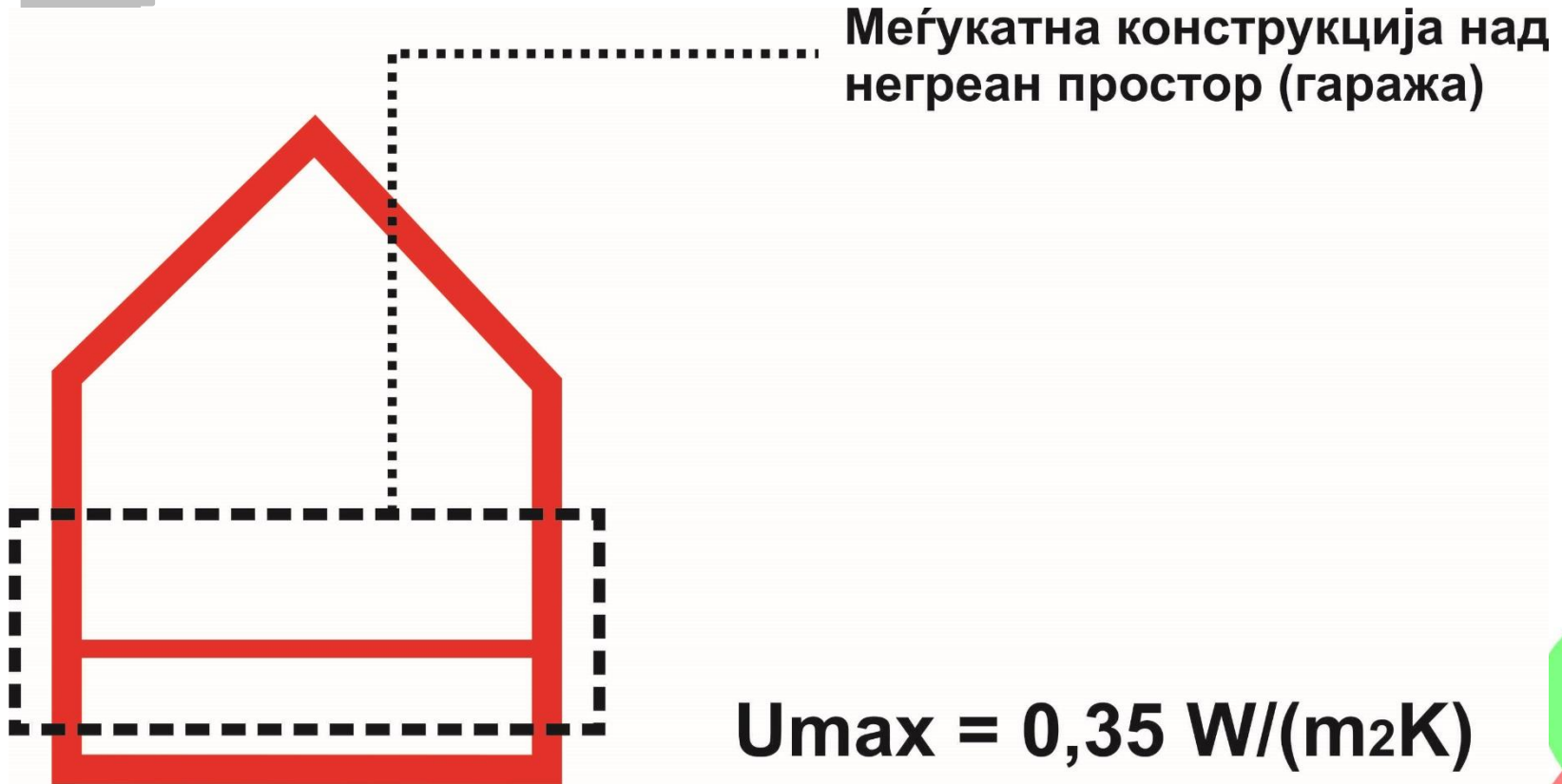


$$U_{\max} = 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

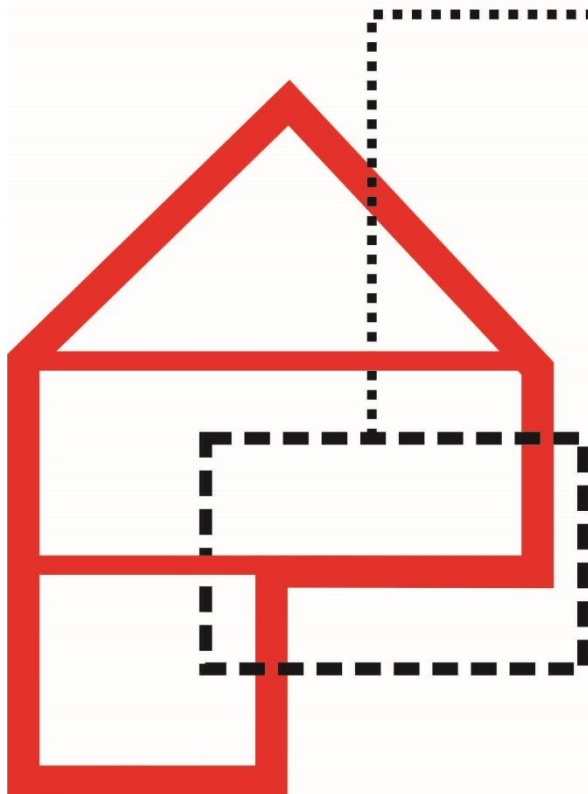
ГРАДЕЖНИШТВО



ГРАДЕЖНИШТВО



Меѓукатна конструкција над
отворен простор (пасаж)



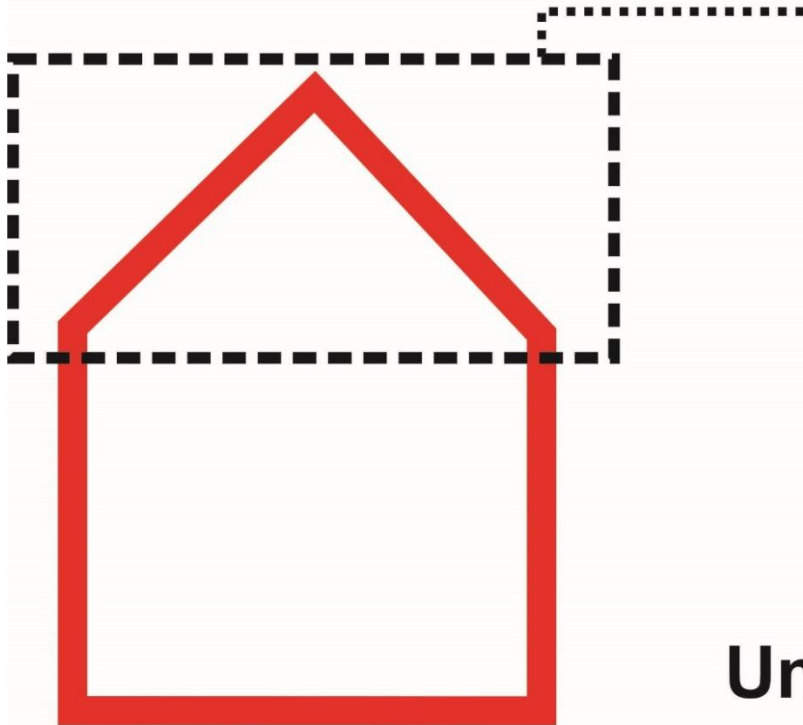
$$U_{\max} = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

ГРАДЕЖНИШТВО

Рамни или закосени покриви над греани простори

површинска маса на конструкцијата $< 150 \text{ kg/m}^2$

површинска маса на конструкцијата $> 150 \text{ kg/m}^2$

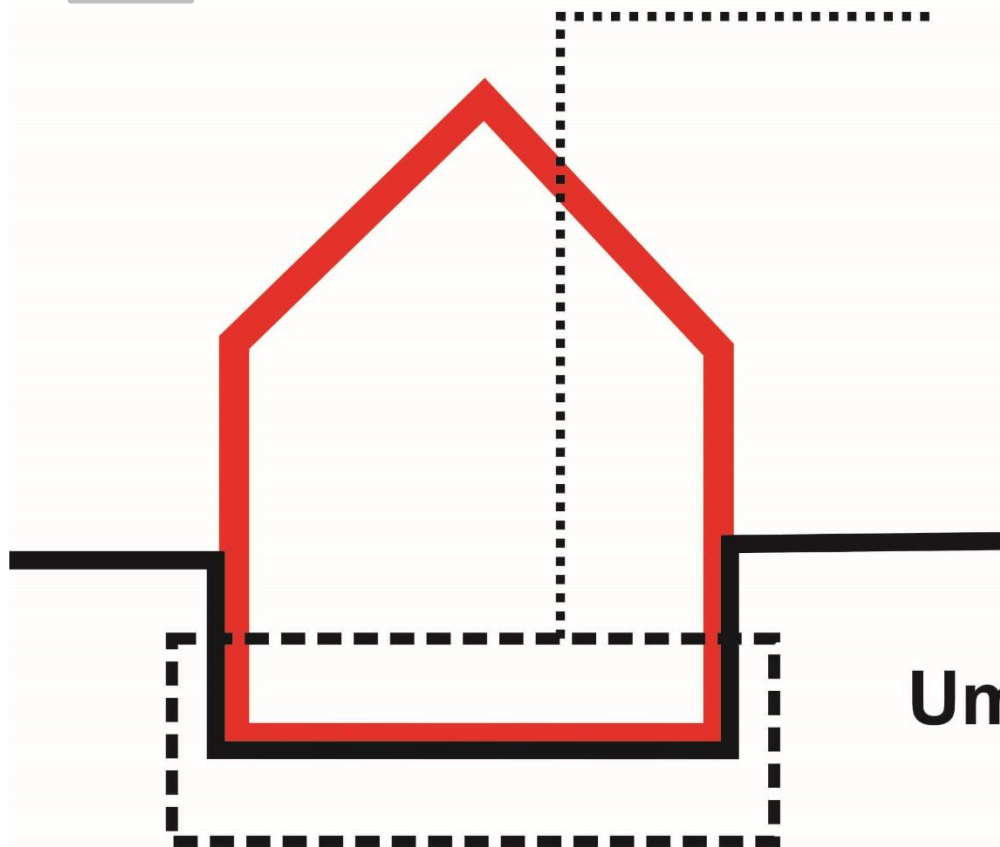


$$U_{\max} = 0,20 \text{ W/(m}_2\text{K)}$$

$$U_{\max} = 0,25 \text{ W/(m}_2\text{K)}$$

ГРАДЕЖНИШТВО

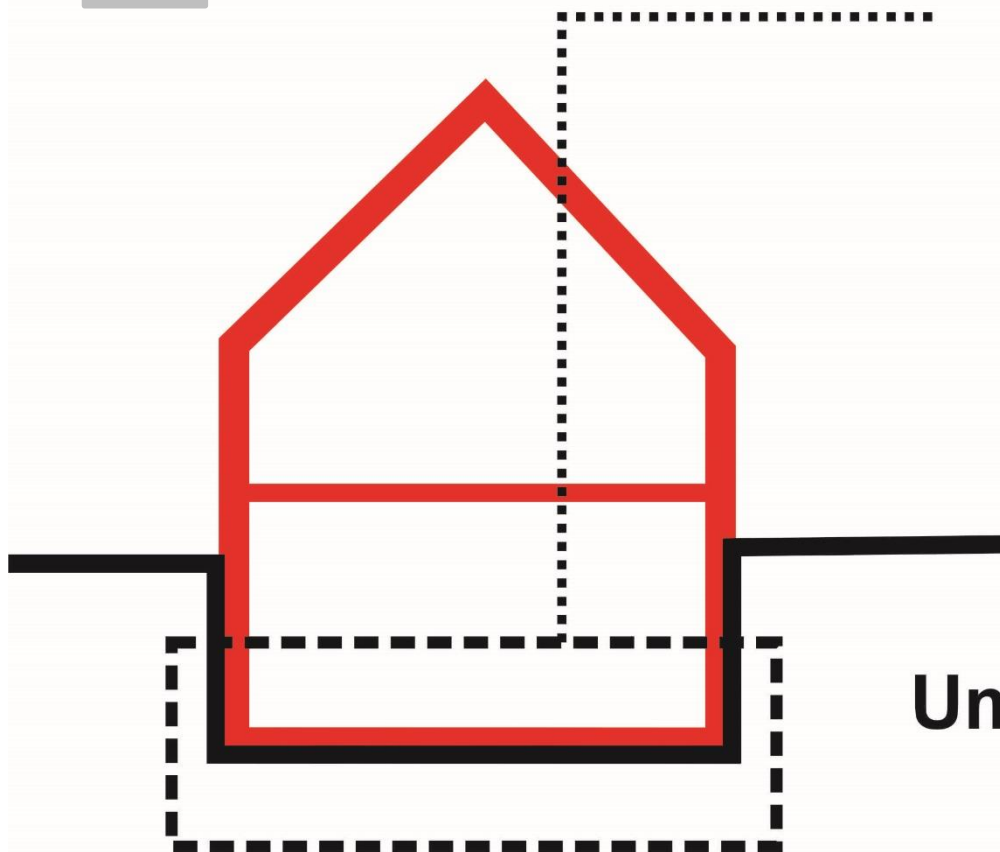
Подови на терен (земја)



$$U_{\max} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

ГРАДЕЖНИШТВО

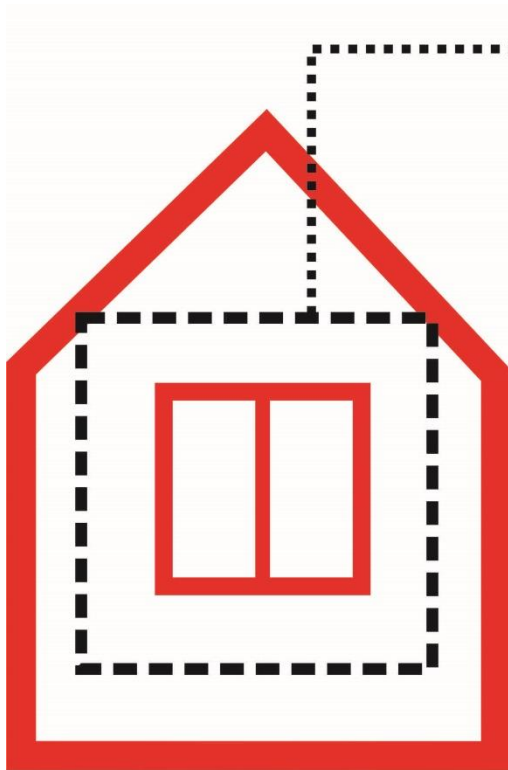
Подови на терен (земја)
и МКК со панелно подно
греење



$$U_{\max} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

ГРАДЕЖНИШТВО

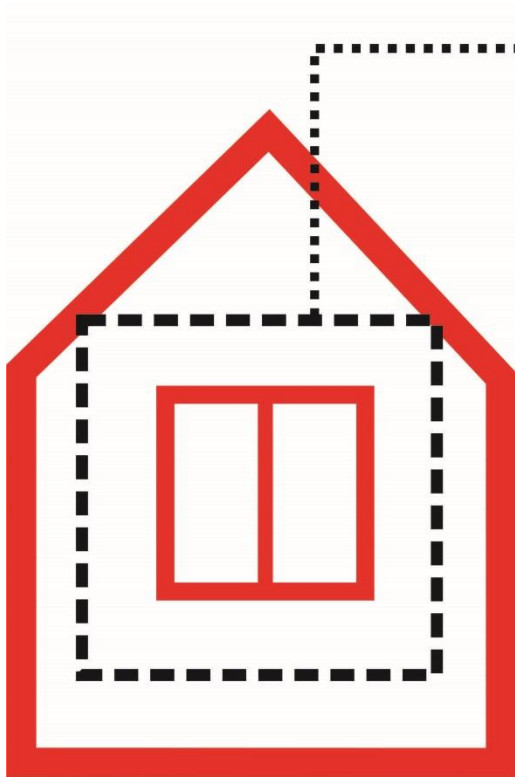
Максимално дозволени коефициенти на пренесување на топлина (U-вредности) на транспарентни фасадни елементи



Прозорци и прозорци-врати
од ПВЦ рамки со 2 (3) слојно
застаклување и исполна со
воздух или инертен гас
со или без нискоемисивен премаз

$$U_{wmax} = 1,70 \text{ W/(m}_2\text{K)}$$

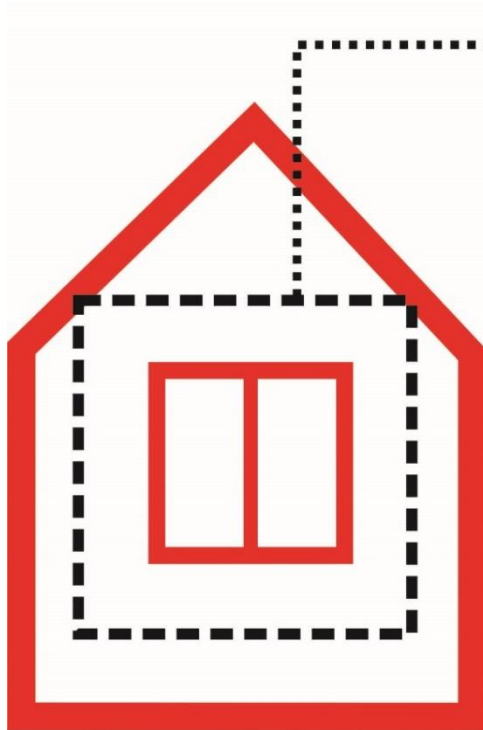
ГРАДЕЖНИШТВО



Прозорци и прозорци-врати
со рамки од ДРВО со 2 (3) слојно
застаклување и исполна со
воздух или инертен гас
со или без нискоемисивен премаз

$$U_{wmax} = 1,80 \text{ W/(m}_2\text{K)}$$

ГРАДЕЖНИШТВО



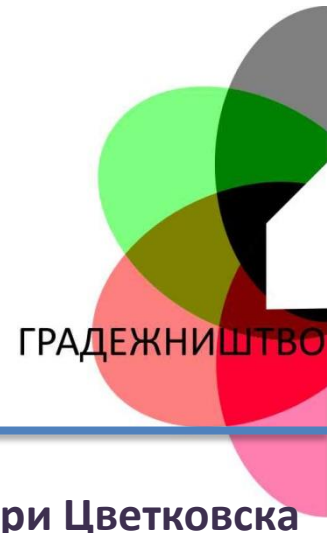
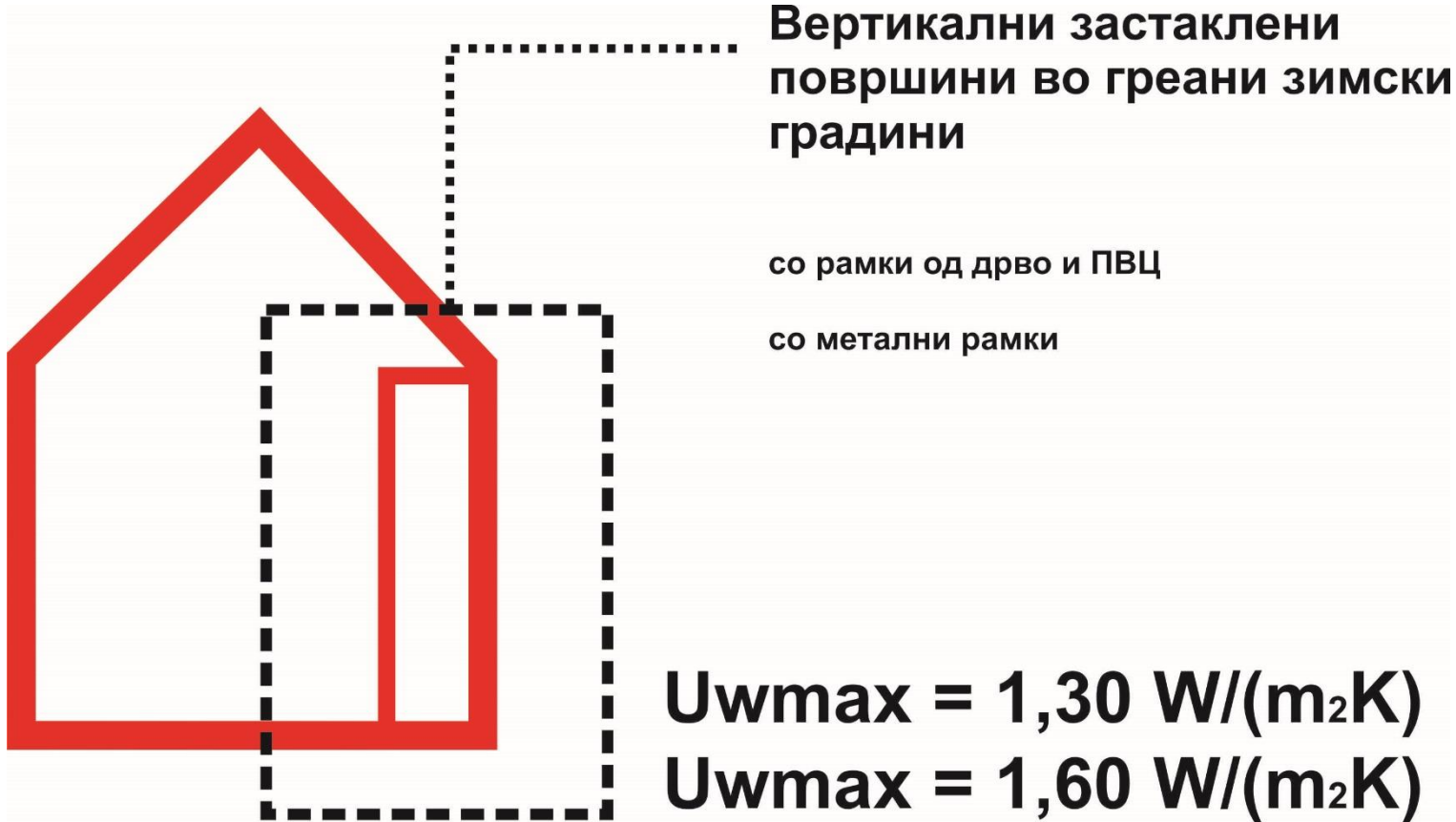
Прозорци и прозорци-врати
со метални рамки со прекин на т.м.
со 2 (3) слојно застаклување и
исполна со воздух или инертен гас
со или без нискоемисивен премаз

$$U_{wmax} = 2,00 \text{ W/(m}_2\text{K)}$$

ГРАДЕЖНИШТВО



ГРАДЕЖНИШТВО



Спрема староста и видот на градбата на постоен објект, доколку не постојат прецизни податоци, можат да се земат следните препорачани вредности за коефициентот на пренос на топлина:

Табела П1-2. Усвоени U -вредности

Период на градба / Тип на зграда	ПП	П	НЗ	К	ПР
Пред 1965	1.40	0.78	1.74		3.6
1965 - 1980	1.2	0.78	1.34	0.65	2.7
1981 - 1991	0.63	0.69	0.93		2.5
1991 – до денес	0.37	0.46	0.66	0.37	2.4
Стандардна структура	1.10	1.05	1.15	0.45	2.50
Монтажен систем	0.85	0.37	1.90	0.45	3.00

Кратенки:

ПП – Под над подрум

П – Плафон на завршниот кат

НЗ – Надворешен ѕид

К – кровна облога

ПР - Прозорец

ГРАДЕЖНИШТВО

ТОПЛИНСКИ ЗАГУБИ

Трансмисиони топлински загуби

$$\Phi = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Коефициент на вкупни трансмисиони топлински загуби

$$H_T = H_D + H_g + H_U$$

Ознаки

Φ – Трансмисиони топлински загуби, W

H_T - Коефициент на вкупни трансмисиони топлински загуби, W/K

H_D - Коефициент на трансмисиони топлински загуби кон околина, W/K

H_g - Коефициент на трансмисиони топлински загуби кон тло, W/K

H_U - Коефициент на трансмисиони топлински загуби кон соседни негреани простории, W/K

θ_i - Внатрешна проектна температура на греана просторија, °C

θ_e - Надворешна проектна температура, °C.

ГРАДЕЖНИШТВО

ТОПЛИНСКИ ЗАГУБИ

Коефициент на трансмисиони топлински загуби кон околина

$$H_D = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k \Psi_k \cdot l_k + \sum_j \chi_j$$

Ознаки

H_D - Коефициент на трансмисиони топлински загуби кон околина, W/K

U_i - Коефициенти на премин на топлина на елементи од градежната конструкција, W/(m² K)

A_i - Површини на оградувачки елементи од градежната конструкција, m²

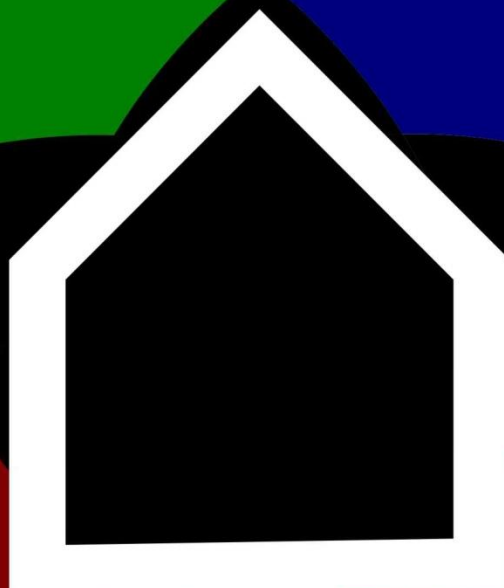
Ψ_k - Линиски коефициенти за премин на топлина за топлински мостови, W/m

l_k - Должина на топлински мост, m.

χ_j - Точкести коефициенти за премин на топлина за топлински мостови, W/parce

ГРАДЕЖНИШТВО

ДИФУЗИЈА НА ВОДЕНА ПАРЕА



Обука за енергетска ефикасност



Дифузија на водена пареа

Низ порозните градежни конструкции, се јавува дифузија на водената пареа, а смерот на дифузниот поток, како и интензитетот на истиот ќе зависи од **термовлажностните услови** во кои се наоѓа конструкцијата.

- Погонска сила на процесот на дифузија
разликата на парцијалните притисоци на водената пареа од двете страни на конструкцијата

- Дифузен поток :
$$q = \frac{\Delta p_{pp}}{\sum r}$$
 - q - густина на дифузен поток на водена пареа, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
 - Δp_{pp} – разлика на парцијални притисоци на водената пареа од двете страни на конструкцијата, kPa
 - $\sum r$ - збир на релативни отпори на дифузија, $(\text{N} \cdot \text{h}/\text{kg})$

ГРАДЕЖНИШТВО

Абсорпција на водена пареа

- Различните градежни материјали, различно ја апсорбираат водената пареа.
- Апсорбираната водена пареа ги менува термофизичките карактеристики на материјалите.

Кондензација на водена пареа

Услов за кондензација на водена пареа содржана во воздухот е :
температурата во точката на контакт да е еднаква или помала од температурата на заситување на водената пареа, при односниот парцијален притисок, т.е да е помала од температурата на оросување.

- Заради процесите на дифузија на водената пареа, кај порозни градежни конструкции, во зависност од температурно влажносните параметри, може да се појават услови за кондензација на водената пареа, како на граничните површини, така и во внатрешните слоеви од конструкцијата.

ГРАДЕЖНИШТВО

Прашања



Обука за енергетска ефикасност

Благодарам за вниманието