



ОБУКА ЗА ПОЛАГАЊЕ СТРУЧНОГ ИСПИТА ЗА ОБЛАСТ
ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА



Тематско поглавље 5-2

УСЛОВИ ГРАЂЕВИНСКЕ ФИЗИКЕ

РАЧУНСКА ПРОВЕРА СЕ РАДИ ЗА:

1.СВЕ ПОЗИЦИЈЕ КОЈЕ ЧИНЕ ТЕРМИЧКИ ОМОТАЧ ЗГРАДЕ (које раздвајају грејани простор од спољашности или од негрејаног простора), а могу бити:

- Транспарентне
- Нетранспарентне

2.ПОЈЕДИНЕ ПОДЕОНЕ ПОЗИЦИЈЕ:

- Зидове између грејаних простора различитих корисника
- Таванице између грејаних простора различитих корисника

**НЕТРАНСПАРЕНТНИ ДЕЛОВИ ТЕРМИЧКОГ ОМОТАЧА**

Позиција	Граница између	Топлотни ток	Провера U	Провера дифузије	Провера топл.стабилн.
ФАСАДНИ ЗИД	Грејаног и спољашњег ваздуха	хоризонтално	Да (EN 6946)	да	да
ДИЛАТАЦИОНИ ЗИД	Грејаног и спољашњег ваздуха	хоризонтално	Да (EN 6946)	да	не
РАВАН КРОВ	Грејаног и спољашњег ваздуха	На горе	Да (EN 6946)	да	да
КОС КРОВ	Грејаног и спољашњег ваздуха	На горе	Да (EN 6946)	да	да
КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД СПОЉНОГ ПРОСТОРА	Грејаног и спољашњег ваздуха	На доле	Да (EN 6946)	да	да
КОНСТРУКЦИЈА ИСПОД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА	Грејаног и негрејаног	На горе	Да (EN 6946)	да	не
КОНСТРУКЦИЈА ИЗНАД НЕГРЕЈАНОГ ПРОСТОРА	Грејаног и негрејаног	На доле	Да (EN 6946)	да	не
ЗИД ПРЕМА НЕГРЕЈАНОМ ПРОСТОРУ	Грејаног и негрејаног	хоризонтално	Да (EN 6946)	да	не
ПОД НА ТЛУ	Грејаног и тла	На доле	Да (EN 13370)	не	не
ЗИД У ТЛУ	Грејаног и тла	Хоризонт.	Да (EN 13370)	не	не

**ТРАНСПАРЕНТНИ ДЕЛОВИ ТЕРМИЧКОГ ОМОТАЧА (спољашње позиције, $F_x=1.0$)**

Позиција	Граница између	Топлотни ток	Провера U	Провера дифузије	Провера топл.стабилн.
ПРОЗОРИ И БАЛКОНСКА ВРАТА	Грејаног и спољашњег ваздуха	хоризонтално	Да (EN 1007-1)	не	не
УЛАЗНА ВРАТА	Грејаног и спољашњег ваздуха	хоризонтално	Да (EN 1007-1)	не	не
КРОВНИ ПРОЗОРИ	Грејаног и спољашњег ваздуха	Вертикално на горе	Да (EN 1007-1)	не	не
КРОВНЕ ЛАНТЕРНЕ	Грејаног и спољашњег ваздуха	Вертикално на горе	Да (EN 1007-1)	не	не
ИЗЛОЗИ	Грејаног и спољашњег ваздуха	хоризонтално	Да (EN 1007-1)	не	не
ЗИД ЗАВЕСЕ	Грејаног и спољашњег ваздуха	хоризонтално	Да (EN 13947)	не	не

ТРАНСПАРЕНТНИ ДЕЛОВИ ТЕРМИЧКОГ ОМОТАЧА (унутрашње позиције, $F_x<1$)

Позиција	Граница између	Топлотни ток	Провера U	Провера дифузије	Провера топл.стабилн.
ВРАТА ПРЕМА НЕГРЕЈАНОМ ПРОСТОРУ (СТЕПЕНИШНОМ)	Грејаног и НЕГРЕЈАНОГ	хоризонтално	Да	не	не
КАПЦИ ПРЕМА НЕГРЕЈАНОМ ПРОСТОРУ (ТАВАНСКОМ)	Грејаног и спољашњег ваздуха	Вертикално на горе	Да	не	не

НЕТРАНСПАРЕНТНЕ ПОДЕОНЕ ПОЗИЦИЈЕ (нису делови термичког омотача)

Позиција	Граница између	Топлотни ток	Провера U	Провера дифузије	Провера топл.стабилн.
ЗИД ИЗМЕЂУ ГРЕЈАНИХ ПРОСТОРА РАЗЛИЧИТИХ КОРИСНИКА	Грејаног и грејаног	хоризонтално	Да (EN 6946)	да	не
КОНСТРУКЦИЈА ИЗМЕЂУ ГРЕЈАНИХ ПРОСТОРА РАЗЛИЧИТИХ КОРИСНИКА	Грејаног и грејаног	Вертикално на горе	Да (EN 6946)	да	не



Пример прорачуна за 1 позицију термичког омотача – ФАСАДНИ ЗИД

1. Корак: Дефинисање позиције

- Врста конструкције
 - Тип објекта (постојећи или нови)
 - Дозвољени коефицијент пролаза топлоте U
 - Декларисани коефицијенти прелаза топлоте R_{si} R_{se}
 - Дозвољени коефицијенти ν (ни) и η (ета)
- Пројектне температуре
 - Спољашња (у функцији локације – климатски податак)
 - Унутрашња (у функцији намене објекта, простора)
- Структура склопа
 - Дефинисање материјала и дебљина

2. Корак: Израчунавање коефицијента пролаза топлоте U

3. Корак: Израчунавање параметара дифузије водене паре

4. Корак: Израчунавање параметара летње стабилности

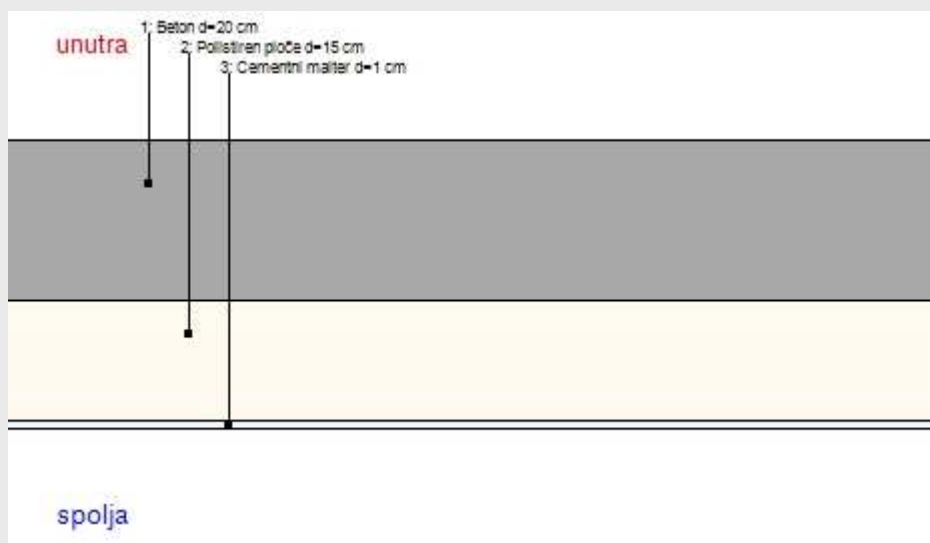
Пример прорачуна за 1 позицију - Дефинисање позиције

- Тип објекта : **НОВИ**
- Врста конструкције: **СПОЉНИ ЗИД** (ФАСАДНИ ЗИД)
- Дозвољени коефицијент пролаза топлоте **$U = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$** , *Tabela 3.4.1.3*
- Декларисани коефицијенти прелаза топлоте , *Tabela 3.4.1.1*
 - Унутрашњи **$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$**
 - Спољашњи **$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$**
- Дозвољени коефицијенти за летњу стабилност конструкције
 - Фактор пригушења амплитуде осцилације температуре **$v_{min} = 15$** , *Tabela 3.2.1*
 - Кашњење осцилације температуре **$\eta_{min} = 8\text{h}$** , *Tabela 3.2.2*
- Пројектне температуре
 - Локација: **Београд**
 - Спољна температура за грејање **$\Theta_e = -12.1^\circ\text{C}$** , *Tabela 3.3.4.1*
 - Спољна температура за дифузију **$\Theta_{e.dif} = -5^\circ\text{C}$**
 - Унутрашња температура за грејање **$\Theta_i = 20^\circ\text{C}$**
 - Унутрашња температура за дифузију **$\Theta_{i.dif} = 20^\circ\text{C}$**
 - Релативна влажност ваздуха у ентеријеру зими **$\phi_i = 55\%$**



Пример прорачуна за 1 позицију - Структура позиције

број	материјал	Дебљина d [cm]	Густина ρ [kg/m ³]	Специфична топлота с [J/kgK]	Проводљивост λ [W/mK]	Отпор дифузији водене паре μ [-]
-	<i>унутра</i>					
1	Армирани бетон	20	2500	960	2.33	70
2	Полистирен	15	20	1260	0.041	35
3	Цем. малтер	1	2100	1050	1.4	30
-	<i>споља</i>					



Пример прорачуна за 1 позицију - Коефицијенат пролаза топлоте

- Коефицијенат пролаза топлоте грађевинског елемента се прорачунава у општем случају, за грађевински елемент једноставне хетерогености (слојевити склоп), сагласно стандарду SRPS EN ISO 6946

$$U = 1 / (R_{si} + \sum (d_n / \lambda_n) + R_{se}) \quad [W/m^2K], \text{ где је}$$

R_{si} = отпор прелазу топлоте са унутрашње стране [m^2K/W] – табеларна вредност из Табеле 3.4.1.1

R_{se} = отпор прелазу топлоте са спољашње стране [m^2K/W] – табеларна вредност из Табеле 3.4.1.1

d_n = дебљина слоја (материјала) [m]- из пројекта

λ_n = проводљивост слоја (материјала) [W/mK] – табеларна вредност из Табеле 3.4.1.2

Пример прорачуна за 1 позицију - Отпор проласку топлоте

Отпор слоја n _____ $R_n = d_n / \lambda_n$

Нпр. Отпор слоја 1 _____ $R_1 = d_1 / \lambda_1 = 20 \text{ cm} / (100 * 2.33 \text{ W/mK}) = 0.086 \text{ m}^2\text{K/W}$

Напомена: Обратити пажњу на јединце (cm претворити у m)

број	материјал	Дебљина d [cm]	Проводљивост λ [W/mK]	Отпор рачуница	Отпор R_{si} [m ² K/W]
	<i>унутра</i>			R_{si}	0.130
1	Армирани бетон	20	2.33	$20 / (100 * 2.33)$	0.086
2	Полистирен	15	0.041	$15 / (100 * 0.041)$	3.659
3	Цем. малтер	1	1.4	$1 / (100 * 1.4)$	0.007
	<i>споља</i>			R_{se}	0.040
	<i>Укупно</i>			R_u	3.922

Отпор конструкције $R_u = R_{si} + R_{slojeva} + R_{se}$

$R_u = 0.13 + 0.086 + 3.659 + 0.007 + 0.040$

$R_u = 3.922 \text{ m}^2\text{K/W}$



Пример прорачуна за 1 позицију - Коефицијенат пролаза топлоте

- Коефицијенат пролаза топлоте

$$U = 1 / R_u$$

$$U = 1 / 3.922 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0.255 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Провера да ли склоп задовољава

$$U < U_{\text{max}}$$

$$0.255 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

склоп ЗАДОВОЉАВА

- Густина топлотног тока кроз склоп

$$q = (\Theta_i - \Theta_e) / R_u$$

$$q = (20 - (-12.1)) / 3.922$$

$$q = 8.185 \text{ W/m}^2$$



Пример прорачуна за 1 позицију - Температуре - ГРЕЈАЊЕ

Промена температуре по слојевима, $\Delta\Theta_n = q * R_n$

Нпр. За слој 1: $\Delta\Theta_1 = q * R_1 = 8.185 \text{ W/m}^2 * 0.086 \text{ m}^2\text{K/W} = 0.704 \text{ K}$

Температуре по слојевима, $\Theta_n = \Theta_{n-1} - d\Theta_n$

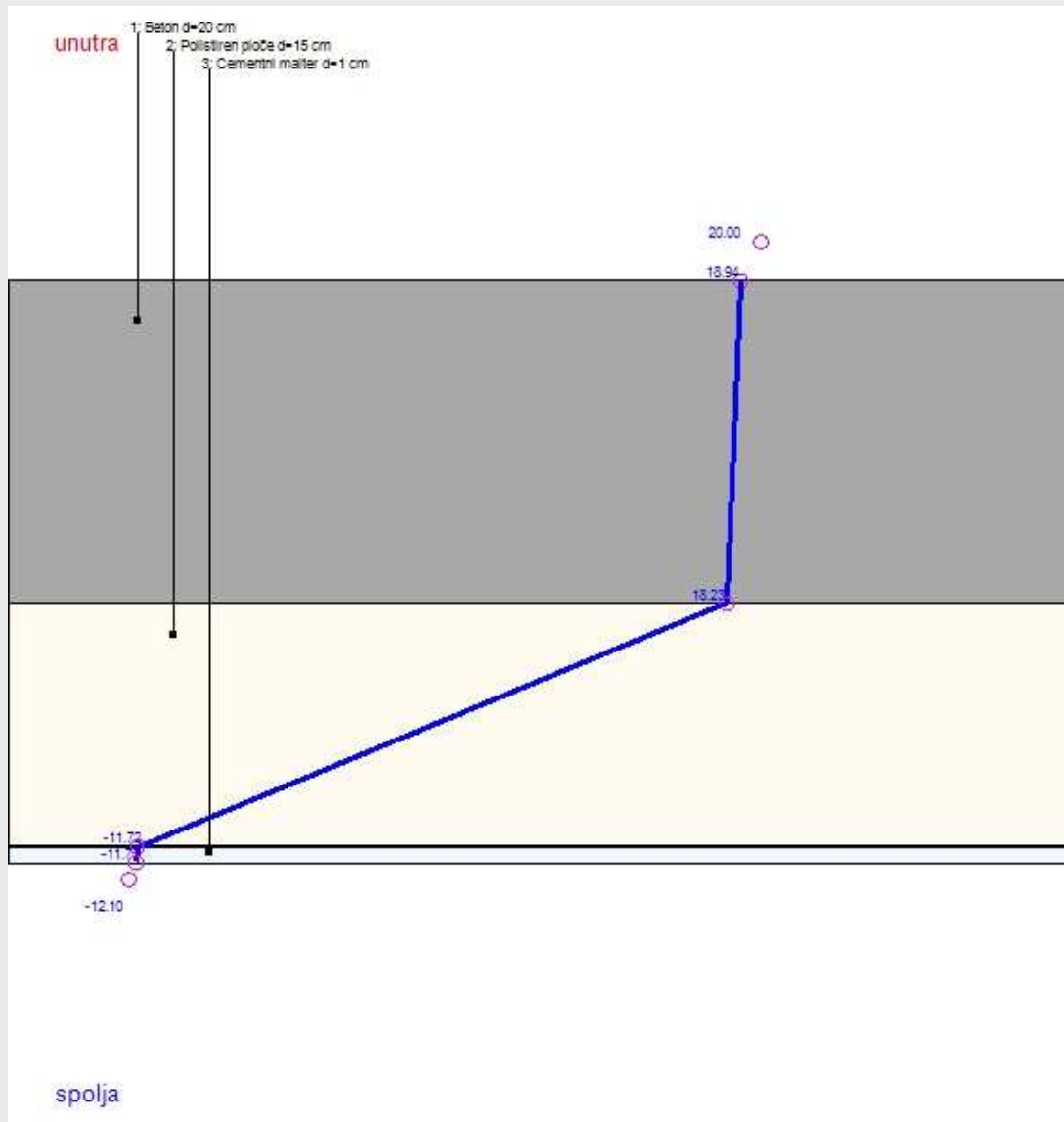
Нпр. За слој 1: $\Theta_1 = \Theta_0 - \Delta\Theta_1 = 18.963 - 1.064 = 18.232 \text{ K}$

број	материјал	d [cm]	R _{si} [m ² K/W]	ΔΘ рачун	ΔТ [°C]	Θ рачун	Θ [°C]
	унутра					Θ _i	20
	прелаз		0.130	8.185*0.13	1.064	20-1.064	18.963
1	А. бетон	20	0.086	8.185*0.086	0.704	18.963-0.704	18.232
2	Полистирен	15	3.659	8.185*3.659	29.949	18.232-29.949	-11.717
3	Цем. малтер	1	0.007	8.185*0.007	0.057	-11.717-0.057	-11.774
	прелаз		0.040	8.185*0.040	0.327	-11.774-0.327	-12.1
	споља					Θ _e	-12.1



Промене у температурном пољу, зимски период грејања са дијаграмом

Бр	материјал	d [cm]	$\Delta\theta$ [°C]	θ [°C]
	унутра			20
	прелаз		1.064	18.963
1	А. бетон	20	0.704	18.232
2	Полистирен	15	29.949	-11.717
3	Ц. малтер	1	0.057	-11.774
	прелаз		0.327	-12.1
	споља			-12.1



Дозвољена температура унутрашње површине

Дозвољена температура унутрашње површине спољне грађевинске конструкције мора на било ком месту (и на месту топлотних мостова) да буде већа од температуре тачке росе Θ_s за дате пројектне услове (температура и влажност ваздуха у просторији)

Температура тачке росе је у зависности од релативне влажности ваздуха ϕ_i [%] и температуре ваздуха Θ_i [°C], и може се прочитати из Табеле 3.3.1.1.

За случај унутрашње температуре $\Theta_i = 20^\circ\text{C}$, и релативне влажности ваздуха $\phi_i = 55\%$, температура тачке росе $\Theta_s = 10.7^\circ\text{C}$

Θ_i [°C]	Θ_s [°C]													
	ϕ_i [%]													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
20	1.9	4.1	6.0	7.7	9.3	10.7	12.0	13.2	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3	19.2

У посматраном примеру, израчуната температура на унутрашњој површини армирано бетонског зида је 18.96°C

Дозвољена температура унутрашње површине

У посматраном примеру, израчуната температура на унутрашњој површини армирано бетонског зида је $\Theta_i = 18.96 \text{ }^{\circ}\text{C}$, што је више од декларисаних $\Theta_s = 10.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$, те се сматра да конструкција задовољава.

У случају повећања релативне влажности ваздуха у просторији, овакав склоп задовољава све до $\phi_i = 93\%$.

Напомена:

Температура унутрашње површине зависи и од утицаја термичких мостова, тако да се у угловима или на спојевима јавља значајан пад температуре од неколико степени, већ у зависности од детаља везе грађевинских елемената. Правилник о ЕЕЗ, као и овај Курс, не третирају поступак прецизног израчунавања тих температура (са температурним фактором f_{RSi}), те је препорука да се при прорачуну температуре у основном делу склопа обезбеди “резерва” од бар 3-5 $^{\circ}\text{C}$



Дозвољена температура унутрашње површине

Минимална топлотна отпорност за спречавање орошавања конструкције изван зоне топлотног моста :

$$R_{\min} \geq (R_{si} * (\Theta_i - \Theta_e) / (\Theta_i - \Theta_s)) - (R_{si} - R_{se})$$

$$R_{si} = 0.25 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ (на страни сигурности, због појаве спреченог струјања ваздуха)}$$

$$R_{\min} \geq (0.25 * (20 - (-12.1)) / (20 - 10.7)) - (0.25 - 0.04)$$

$$R_{\min} \geq 0.65 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{slojeva}} = R_1 + R_2 + R_3 = 0.086 + 3.659 + 0.007$$

$$R_{\text{slojeva}} = 3.752 \ll 0.65 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Конструкција задовољава

Дозвољена температура унутрашње површине

Лоше испројектован или изведен склоп, као и нетачно израчунати параметри могу довести до појаве буђи на површинама чија је температура нижа од температуре рошења, што је нарочито изражено у угловима просторија.

Препреке (намештај) додатно блокирају природну вентилацију, чиме се услови за развој буђи побољшавају.

Буђ има веома негативни утицај на здравље људи, нарочито на особе склоне алергијским реакцијама.





Дифузија водене паре

Дифузија водене паре израчунава се за:

- Спољне нетранспарентне грађевинске конструкције које су контакту са ваздухом
- Унутрашње нетранспарентне конструкције које се граниче са негрејаним простором

Конструкције које су у контакту са тереном (под на тлу, укопани зидови, укопане таванице) се не третирају

Дифузија водене паре

Зграда мора бити пројектована и изграђена на начин да се код наменског коришћења водена пара која због дифузије продире у грађевинску конструкцију не кондезује

У случају да дође до кондезације водене паре у конструкцији, она се након рачунског периода исушивања мора сасвим ослободити из грађевинске конструкције.

Влага која се кондезује у конструкцији не сме довести до оштећења грађевинских материјала (корозија, буђ...)

Дифузија водене паре

Потребно је израчунати:

- Хигротермичке карактеристика грађевинских елемената и конструкција
- Дифузију водене паре
- Кондезацију и исушење
- Опасност од површинске кондезације (орошавања)

Примењује се стандард SRPS EN ISO 13788, у опцијама:

- Сложени годишњи кумулативни прорачун
- Гласеров поступак, према **СРПС У.Ј5.520**

Прорачуни физичких величина и параметара којима се проверава дифузија водене паре грађевинског елемента саставни су део елабората ЕЕ.

Пример прорачуна за 1 позицију - ДИФУЗИЈА

За потребе поједностављеног прорачуна (Гласеров поступак) усваја се:

За период кондезације, за анализирану локацију (Београд) где је спољна пројектна температура за период грејања $\Theta_{ne} = -12^{\circ}\text{C}$, односно до $= -15^{\circ}\text{C}$:

- Температура спољног ваздуха за прорачун кондезације износи $\Theta_e = -5^{\circ}\text{C}$
- Релативна влажност спољног ваздуха износи $\phi_e = 90\%$
- Температура унутрашњег ваздуха се усваја према пројектним условима, у анализираном случају $\Theta_i = 20^{\circ}\text{C}$
- Релативна влажност унутрашњег ваздуха се усваја према пројектним условима или са вредношћу $\phi_i = 55\%$
- Трајање периода кондезације износи 60 дана



Пример прорачуна за 1 позицију - ДИФУЗИЈА

За период исушења, за анализирану локацију (Београд) усваја се:

- Температура спољног и унутрашњег ваздуха за прорачун исушења су исте и износе $\Theta_e = \Theta_i = 18^{\circ}\text{C}$
- Релативна влажност спољног и унутрашњег ваздуха за прорачун исушења су исте и износи $\phi_e = \phi_i = 65\%$
- Трајање периода исушења износи 90 дана



Пример прорачуна за 1 позицију - ДИФУЗИЈА

- Густина топлотног тока кроз склоп

$$q_{\text{dif}} = (\Theta_i - \Theta_{\text{e.dif}}) / R_u$$
$$q_{\text{dif}} = (20 - (-5)) / 3.922$$
$$q_{\text{dif}} = 6.374 \text{ W/m}^2$$

Пример прорачуна за 1 позицију - ДИФУЗИЈА

Промена температуре по слојевима, $\Delta\Theta_{n.dif} = q_{dif} * R_n$

Нпр. За слој 1: $\Delta\Theta_1 = q_{dif} * R_1 = 6.374 \text{ W/m}^2 * 0.086 \text{ m}^2\text{K/W} = 0.548 \text{ K}$

Температуре по слојевима, $\Theta_{n.dif} = \Theta_{n-1.dif} - \Delta\Theta_{n.dif}$

Нпр. За слој 1: $\Theta_{1.dif} = \Theta_{0.dif} - \Delta\Theta_{1.dif} = 19.171 - 0.548 = 18.623 \text{ K}$

број	материјал	d [cm]	R [m ² K/W]	$\Delta\Theta_{dif}$ рачун	$\Delta\Theta_{dif}$ [°C]	Θ_{dif} рачун	Θ_{dif} [°C]
	унутра					Θ_i	20
	прелаз		0.130	$6.374 * 0.13$	0.829	$20 - 0.829$	19.171
1	А. бетон	20	0.086	$6.374 * 0.086$	0.548	$19.171 - 0.548$	18.623
2	Полистирен	15	3.659	$6.374 * 3.659$	23.322	$18.623 - 23.322$	-4.699
3	Цем. малтер	1	0.007	$6.374 * 0.007$	0.045	$-4.699 - 0.045$	-4.745
	прелаз		0.040	$6.374 * 0.040$	0.255	$-4.745 - 0.255$	-5
	споља					Θ_e	-5

Пример прорачуна за 1 позицију - ДИФУЗИЈА

Релативни отпори дифузији водене паре слојева

За слој n : $r_n = d_n * \mu_n$

Нпр. За слој 1: $r_1 = d_1 * \mu_1 = 20\text{cm} * 70 / 100 = 14\text{ m}$

Напомена: Обратити пажњу на јединце (cm претворити у m)

број	материјал	Дебљина d [cm]	Отпор дифузији водене паре μ [-]	Релативни отпори дифузији – рачун	Релативни отпори дифу зији r [m]
-	унутра				
1	Армирани бетон	20	70	$20*70/100$	14
2	Полистирен	15	35	$15*35/100$	5.25
3	Цем. малтер	1	30	$1*30/100$	0.3
-	споља				



Притисак засићења водене паре

$$(\Theta_{\text{dif}} > 0) \quad p' = 610.6 * 10^{(7.5 * T / (265.5 + T))}$$

$$(\Theta_{\text{dif}} < 0) \quad p' = 610.6 * 10^{(9.5 * T / (237.5 + T))}$$

Односно,

$$(\Theta_{\text{dif}} > 0) \quad p' = 0.6107 * (1 + \Theta_{\text{dif}} / 109.8)^{8.02}$$

$$(\Theta_{\text{dif}} < 0) \quad p' = 0.6107 * (1 + \Theta_{\text{dif}} / 149)^{12.03}$$

Или табеларно,

Притисци засићења

interni ($\Theta_{i.dif} > 0$)

$$p'_{int} = 0.6107 * (1 + \Theta_{i.dif} / 109.8)^{8.02}$$

$$p'_{int} = 0.6107 * (1 + 20 / 109.8)^{8.02} = 2.337 \text{ kPa}$$

prelaz ($\Theta_{si.dif} > 0$)

$$p'_{si} = 0.6107 * (1 + \Theta_{si.dif} / 109.8)^{8.02}$$

$$p'_{si} = 0.6107 * (1 + 19.171 / 109.8)^{8.02} = 2.220 \text{ kPa}$$

Sloj 1 ($\Theta_{1.dif} > 0$)

$$p'_1 = 0.6107 * (1 + \Theta_{1.dif} / 109.8)^{8.02}$$

$$p'_1 = 0.6107 * (1 + 18.623 / 109.8)^{8.02} = 2.145 \text{ kPa}$$

Sloj 2 ($\Theta_{2.dif} < 0$)

$$p'_2 = 0.6107 * (1 + \Theta_{2.dif} / 149)^{12.03}$$

$$p'_2 = 0.6107 * (1 - 4.699 / 149)^{12.03} = 0.415 \text{ kPa}$$

Sloj 3 ($\Theta_{3.dif} < 0$)

$$p'_3 = 0.6107 * (1 + \Theta_{3.dif} / 149)^{12.03}$$

$$p'_3 = 0.6107 * (1 - 4.745 / 149)^{12.03} = 0.413 \text{ kPa}$$

prelaz($\Theta_{se.dif} < 0$)

$$p'_{se} = 0.6107 * (1 + \Theta_{se.dif} / 149)^{12.03}$$

$$p'_{se} = 0.6107 * (1 - 5 / 149)^{12.03} = 0.405 \text{ kPa}$$

Пример прорачуна за 1 позицију - ДИФУЗИЈА

Парцијални притисци водене паре

- Релативна влажност ваздуха, интерна $\phi_i = 55\%$
- Релативна влажност ваздуха, екстерна $\phi_e = 90\%$

$$p_{\text{int}} = p'_{\text{int}} * \phi_i / 100$$

$$p_{\text{int}} = 2.337 \text{ kPa} * 55 / 100 = 1.285 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{ext}} = p'_{\text{ext}} * \phi_e / 100$$

$$p_{\text{ext}} = 0.405 \text{ kPa} * 90 / 100 = 0.365 \text{ kPa}$$

Напомена:

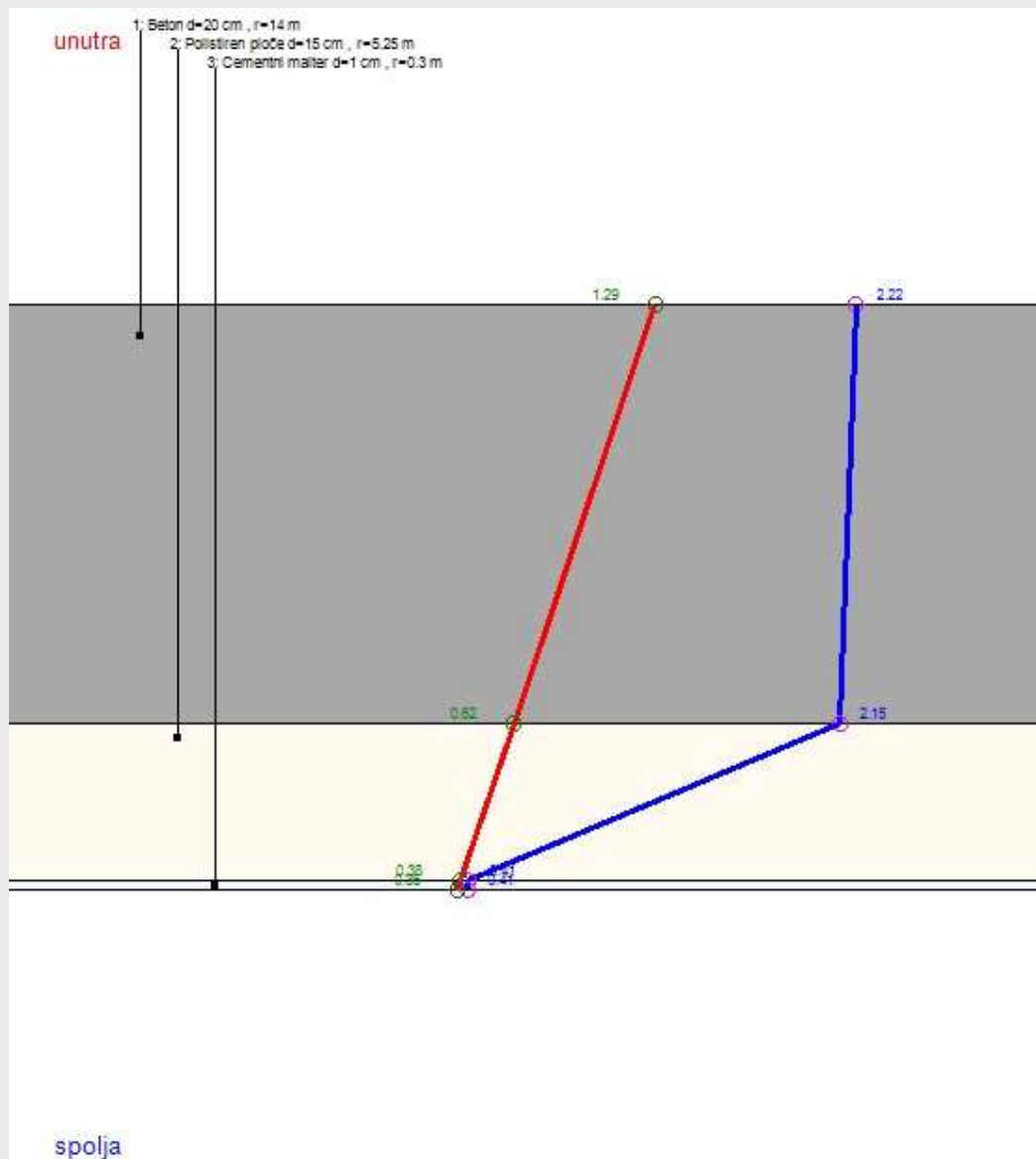
Графикон дифузије се црта у сразмери са дифузним отпорима слојева, тако да је линија која спаја интерну и екстерну страна права линија.

Међувредности, на границама слојева се добијају линеарном интерполацијом.

Дифузија водене паре, зимски период, са дијаграмом

Бр	материјал	d [cm]	p' [kPa]	p [kPa]
	унутра		2.337	
	прелаз		2.220	1.285
1	А. бетон	20	2.145	0.624
2	Полистирен	15	0.415	0.375
3	Ц. малтер	1	0.413	0.365
	прелаз		0.405	
	споља			

Из дијаграма је видљиво да при задатим условима **не долази до кондезације** водене паре унутар зида, јер линија парцијалног притиска **p** (црвена) ни на једном месту не пресеца линију притиска засићења **p'** (плава)

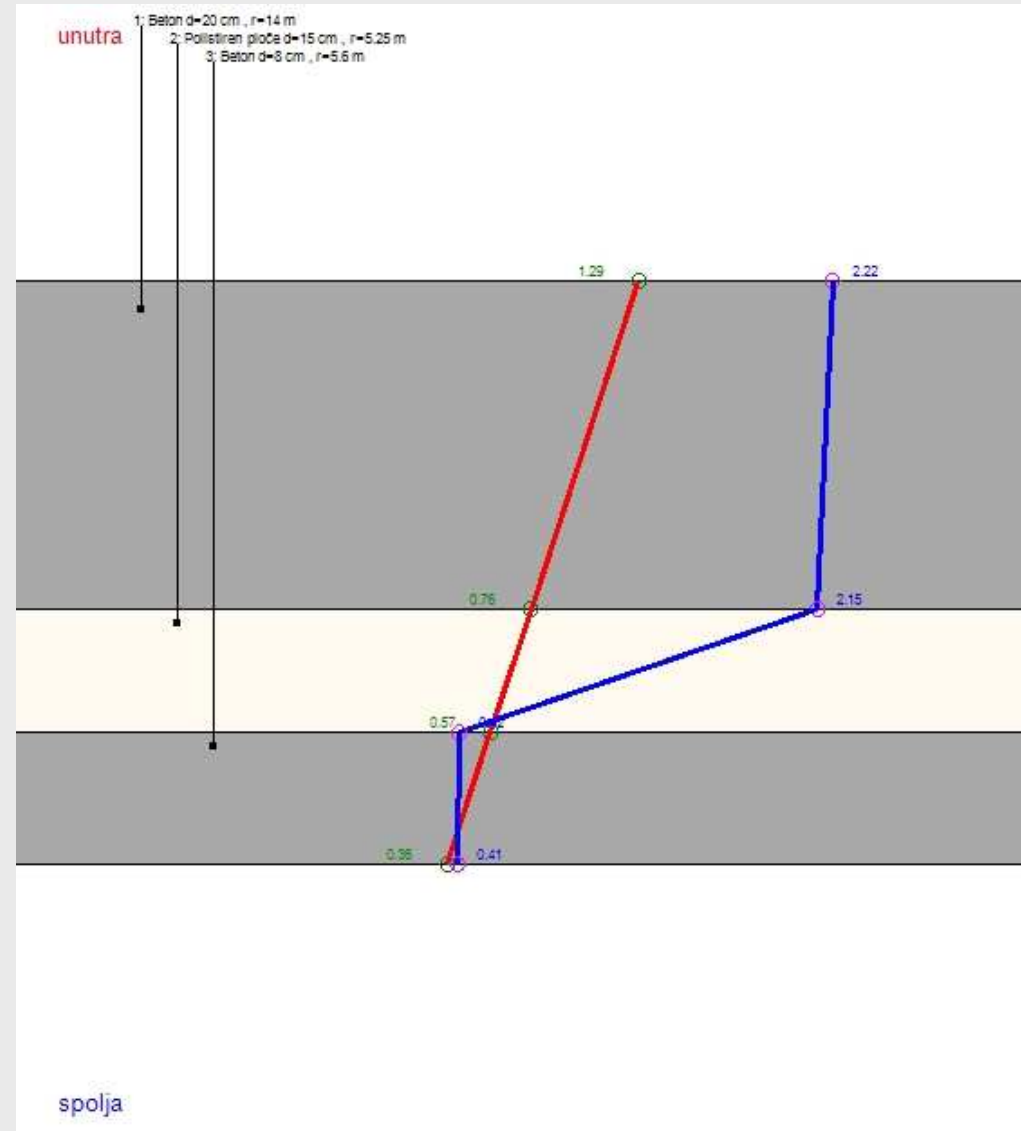


Дифузија водене паре, у случају кондезације, варијанта склопа

Бр	материјал	d [cm]	p' [kPa]	p [kPa]
	унутра		2.337	
	прелаз		2.221	1.285
1	А. бетон	20	2.147	0.765
2	Полистирен	15	0.418	0.569
3	А. бетон	8	0.410	0.365
	прелаз		0.405	
	споља			

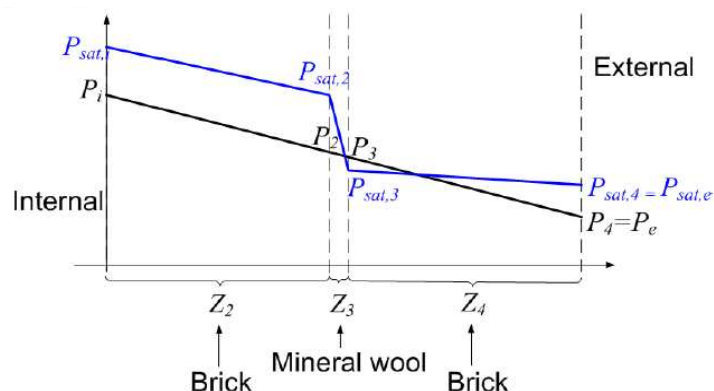
Из дијаграма је видљиво да при задатим условима долази до кондезације водене паре унутар зида, јер линија парцијалног притиска **p** (црвена) пресеца линију притиска засићења **p'** (плава).

Потребно је израчунати количину кондезата и потребно време исушења.

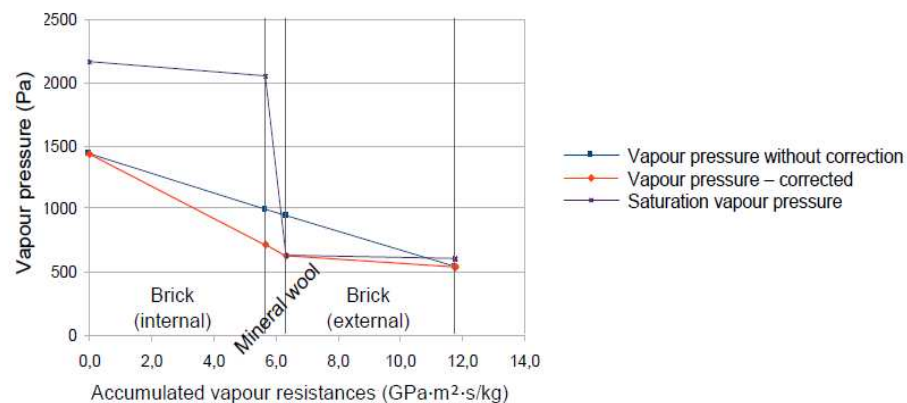


Графичко одређивање кондензације

- Пресек линија притиска паре и притиска засићења водене паре

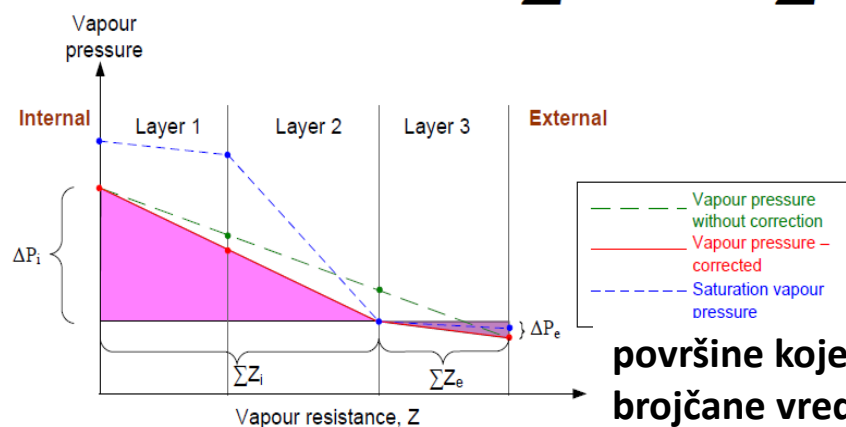


Притисак водене паре у склопу



Акумулација влаге

$$c_{accumulated} = c_{in} - c_{out} \quad c_{in} = \frac{\Delta P_i}{\sum Z_i} \quad c_{out} = \frac{\Delta P_e}{\sum Z_e}$$



површине које се упоређују (улаз и излаз) – розе трougлови, тако да су и бројчане вредности адекватне njима



Дифузија водене паре, прорачун исушења

Пројектни број дана влажења, $dana_{vlazenja.proj} = 60$

Пројектни број дана исушења, $dana_{isusenja.proj} = 90$

Густина дифузијског тока водене паре који улази у конструкцију

$$q_{m1} = 0.67 * (p_{int} - p'_{k1}) / r' \quad [g/m^2h]$$

$$q_{m1} = 0.67 * (1.285 - 0.418) / 19.25 = 0.030 g/m^2h$$

- q_{m1} = Густина дифузијског тока водене паре који улази у конструкцију
- p_{int} = Парцијални притисак водене паре у ваздуху у ентеријеру
- p'_{k1} = притисак засићења водене паре у равни кондензације
- r' = сума релативних отпора дифузији водене паре слојева конструкције који се налазе између унутрашње површине и равни кондензације

Напомена:

Ознака за дифузијски ток је овде дата са **q**, у складу са Правилником о ЕЕ, за разлику од JUS U.J5.520 из 1997, где је ознака била **g**. У претходним издањима овог стандарда ознака је била **q**, што може да доведе до конфузије

Дифузија водене паре, прорачун исушења

Густина дифузијског тока водене паре који излази из конструкције

$$q_{m2} = 0.67 * (p'_{k2} - p_{ext}) / r'' \quad [g/m^2h]$$

$$q_{m2} = 0.67 * (0.418 - 0.361) / 5.6 = 0.007 \quad g/m^2h$$

- q_{m2} = Густина дифузијског тока водене паре који излази из конструкције
- p_{ext} = Парцијални притисак водене паре у ваздуху у екстеријеру
- r'' = сума релативних отпора дифузији водене паре слојева конструкције који се налазе између равни кондензације и спољашње површине

Дифузија водене паре, прорачун исушења

Израчунавање количине кондезата

$$q'_m = q_{m1} - q_{m2} = 0.030 - 0.007 = 0.023 \text{ g/m}^2\text{h}$$

$$q'_{mz} = q'_{m1} * 24 * \text{dana}_{\text{vlazenja.proj}} = 0.023 * 24 * 60 = 33.12 \text{ g/m}^2$$

Прорачун исушења конструкције

- У периоду исушења $\Theta_i = \Theta_e = 18$; $\phi_i = \phi_e = 65\%$;

- $p_{\text{int}} = p_{\text{ext}} = p'_k * \phi = 2.063 * 65/100 = 1.341$

$$q_{m.\text{isusenja}} = (0.67 * (p'_k - p_{\text{int}}) / r') + (0.67 * (p'_k - p_{\text{ext}}) / r'')$$

$$q_{m.\text{isusenja}} = (0.67 * (2.063 - 1.341) / r') + (0.67 * (2.063 - 1.341) / r'')$$

$$q_{m.\text{isusenja}} = (0.67 * (2.063 - 1.341) / 19.25) + (0.67 * (2.063 - 1.341) / 5.6) = 0.111 \text{ g/m}^2$$

Прорачун потребног времена за исушење конструкције

$$\text{dana}_{\text{za isusenje}} = (1.3 * (g'_{mz} / 1000)) / ((q_{m.\text{isusenja}} / 1000) * 24)$$

$$\text{dana}_{\text{za isusenje}} = (1.3 * (33.12 / 1000)) / ((0.111 / 1000) * 24) = 16.2$$

$$\text{dana}_{\text{za isusenje}} < \text{dana}_{\text{isusenja.proj}}$$

$$16.2 < 90, \text{ конструкција задовољава}$$

- q'_{mz} = Укупна количина кондезоване водене паре на завршетку раздобља дифузије водене паре [kg/m²]

- $q_{m.\text{isusenja}}$ = Густина дифузијског тока водене паре који излази из конструкц. [kg/m²h]



Дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондезације

Укупна количина кондезоване влаге q_{\max} не сме да буде већа од:

- 1 kg/m^2 у општем случају
- 0.5 kg/m^2 уколико се кондезација дешава у слојевима-материјалима који немају својство капиларног упијања односно ослобађања влаге

У анализираном случају, укупна количина кондезата $q'_{mz} = 33 \text{ g/m}^2 = 0.033 \text{ kg/m}^2$ што је значајно мање од дозвољене вредности од 1 kg/m^2 :
конструкција задовољава

Највећи дозвољени проценат пораста садржаја влаге је:

- 5% у случају кондезације у слоју дрвета,
- 3% у случају кондезације у материјалима на бази дрвета

Дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондезације

Укупна масена влажност материјала у грађевинском елементу на крају периода кондезације

$$X'_{uk} = X'_r + X'_{dif}$$

X'_r [%] = просечна рачунска влажност материјала

X'_{dif} [%] = масена влажност настала услед кондезације

X'_r [%] је табеларна вредност из Табеле 3.3.3.1, а у случају анализираниог склопа, кондезација доминира у слоју спољног армираног бетона, усвојена у односу на најприближнију понуђену специфичну густину:

$$X'_r = 1.8\%$$

Материјал	ρ_o [kg/m ³]	X'_r [%]
Бетон		
Бетон са тешким агрегатом	2400	1.8
	2200	2.0
	2000	2.2
	1800	2.4



Дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондезације

На завршетку раздобља дифузије водене паре, повећање влажности материјала услед кондезације је:

$$X'_{\text{dif}} = (q'_z * 100) / (d_r * \rho_o) \text{ [%]}$$

q'_z = Укупна количина кондезоване водене паре на $[\text{kg}/\text{m}^2]$

d_r - рачунска дебљина слоја преграде у коме се кондезовала водена пара $[\text{m}]$

ρ_o – запреминска маса (густина) слоја преграде у исушеном стању $[\text{kg}/\text{m}^3]$

d_r

врста материјала	d_r - рачунска дебљина $[\text{m}]$
гас или пено бетон, или бетон са лаким агрегатима	0,02
опека	0,05
остали материјали	као дебљина датог материјала, али не веће од 0,07



Дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондезације

За анализирани случај:

$$X'_{\text{dif}} = (0.033 \text{ kg/m}^2 * 100) / (0.07\text{m} * 2500\text{kg/m}^3) = 0.02\%$$

Обзиром да је дефинисано да укупна масена влажност на крају периода кондезације износи:

$$X'_{\text{uk}} = X'_r + X'_{\text{dif}}$$
$$X'_{\text{uk}} = 1.8 + 0.02 = 1.82\%$$

Дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондезације

Максимална вредност масене влажности за слој материјала у коме се дешава кондезација :

$$X'_{\max} = X'_r + X'_{\text{dif.max}}$$

$$X'_{\text{dif.max}} = q_{\text{dif.max}} * 100 / d_r * \rho_o$$

q_{\max} = Максимална количина укупне кондезоване влаге на завршетку раздобља дифузије водене паре [kg/m²]

d_r - рачунска дебљина слоја преграде у коме се кондезовала водена пара [m]

ρ_o – запреминска маса (густина) слоја преграде у исушеном стању [kg/m³]

q_{\max}

карактеристичан случај	q_{\max} [kg/m ²]
општи случај	1,0
кондензација на додирним површинама слојева (један слој без могућности преузимања влаге)	0,5
дрвене конструкције	$0,05 * d_r * \rho_o$
материјали на бази дрвета	$0,03 * d_r * \rho_o$



Дозвољене вредности влаге услед дифузије и кондезације

За анализирани случај:

$$X'_{\text{dif.max}} = (1 * 100) / (0.07\text{m} * 2500\text{kg/m}^3) = 0.57\%$$

$$X'_{\text{max}} = 1.8 + 0.57 = 2.37 \%$$

Контрола:

$$X'_{\text{uk}} < X'_{\text{max}}$$
$$1.82 \% < 2.37 \%$$

Топлотна акумулативност

Прорачун топлотне акумулативности нетранспарентних спољних грађевинских елемената зграда (спољни зидови, кровови), за летњи период се врши у складу са стандардом СРПС.У.Ј5.530, коришћењем следећих величина:

- Фактор пригушења осцилације температуре v [-].....(n_i)
- Кашњење осцилације температуре η [h].....(η)

Најмање дозвољене вредности фактора пригушења амплитуде осцилације температуре v_{min} [-] су дате Табелом 3.2.1., што у анализираном случају износи $v_{min} = 15$

Грађевински елемент	v_{min} [-]
Равни кровови	25
Сви спољни зидови, осим оних на северној страни	15
Спољни зидови на северној страни	10

Топлотна акумулативност

Најмање дозвољене кашњења осцилације температуре η_{min} [h] су дате Табелом 3.2.2., што у анализираном случају износи $\eta_{min} = 8h$ (анализиран је најкритичнији случај)

Грађевински елемент	η_{min} [h]
Равни кровови хладњача	14
Равни кровови осим равних кровова хладњача	10
Спољни зидови и коси кровови ка западној и југозападној страни	8
Спољни зидови и коси кровови ка јужној и југоисточној страни	7
Спољни зидови и коси кровови на источној, североисточној и северозападној страни	6

Пример прорачуна за 1 позицију - ЛЕТЊА СТАБИЛНОСТ

Промена по слојевима за коефицијенат S24, (коефицијенат упијања топлоте упијања топлоте од стране материјала за топлотно деловање са периодом осцилације од 24 часа)

$$S24_n = 0.0085 * (\rho_n * c_n * \lambda_n)^{0.5}$$

Нпр. За слој 1: $S24_1 = 0.0085 * (2500 * 960 * 2.33)^{0.5} = 20.10$

број	материјал	d [cm]	Густина ρ [kg/m ³]	Спец. топл ота c [J/kgK]	Проводљивост λ [W/mK]	S24 [W/m ² K]
-	унутра					
1	Арм. бетон	20	2500	960	2.33	20.10
2	Полистирен	15	20	1260	0.041	0.27
3	Цем. малтер	1	2100	1050	1.4	14.93
-	споља					

Напомена: слојеви неизолоациони материјала дебљина мање од 2cm се по пропису не узимају у разматрање, али је овде то учињено



Пример прорачуна за 1 позицију - ЛЕТЊА СТАБИЛНОСТ

Промена по слојевима за коефицијент D (карактеристика топлотне инерције),

$$D_1 = R_1 * S24_1$$

Нпр. За слој 1: $D_1 = 0.086 * 20.10 = 1.73$

Промена по слојевима за коефицијент $U24$ (упијање топлоте) [W/m^2K]

$$U24_1 = (R_1 * S24_1^2 + 8) / (1 + R_1 * 8)$$

$$U24_n = (R_n * S24_n^2 + U24_{n-1}) / (1 + R_n * U24_{n-1})$$

Напомена: Овде се користи појам *коефицијент упијања топлоте*, обележен са **U24**, да би се направила разлика у односу на актуелне коефицијенте пролаза топлоте, који се такође обележавају са **U**.

број	материјал	d [cm]	R [m ² K/W]	S24	D	U24 [W/m ² K]
-	унутра					
1	Арм. бетон	20	0.086	20.10	1.73	20.10
2	Полистирен	15	3.659	0.273	1.0	0.273
3	Цем. малтер	1	0.007	14.93	0.1	1.83
	прелаз					
-	споља					



Пример прорачуна за 1 позицију - ЛЕТЊА СТАБИЛНОСТ

пригушење амплитуде осцилације температуре

$$e^x = 2.718^{((D1+D2+D3) / 1.41)}$$

$$e^x = 2.718^{((1.73+1+0.1) / 1.41)} = 7.44$$

$$clan_1 = (S24_1 + 8) / (S24_1 + U24_1)$$

$$clan_1 = (20.1 + 8) / (20.1 + 20.1) = 0.699$$

$$clan_2 = (S24_2 + U24_1) / (S24_2 + U24_2)$$

$$clan_2 = (0.273 + 20.1) / (0.273 + 0.273) = 37.31$$

$$clan_3 = (S24_3 + U24_2) / (S24_3 + U24_3)$$

$$clan_3 = (14.93 + 0.27) / (14.93 + 1.83) = 0.907$$

$$v = 0.9 * clan_1 * clan_2 * clan_3 * ((11.5 + U24_3) / 11.5) * e^x$$

$$v = 0.9 * 0.699 * 37.31 * 0.907 * ((11.5 + 1.83) / 11.5) * 7.44 = 183.6$$



Пример прорачуна за 1 позицију - ЛЕТЊА СТАБИЛНОСТ

Кашњење осцилације температуре

$$\eta_1 = 40.5 * \Sigma D$$

$$\eta_2 = \arctg(8 / (8 + U_{24_1} * 1.41))$$

$$\eta_3 = \arctg(u_n / (U_{24_n} + 11.5 * 1.41))$$

$$\eta = (\eta_1 - \eta_2 + \eta_3) / 15$$

$$\eta_1 = 40.5 * (D_1 + D_2 + D_3) = 40.5 * (1.73 + 1.0 + 0.1) = 114.65$$

$$\eta_2 = \arctg(8 / (8 + 20.1 * 1.41)) = \arctg(0.22) = 12.415$$

$$\eta_3 = \arctg(1.83 / (1.83 + 11.5 * 1.41)) = \arctg(0.1014) = 5.79$$

$$\eta = (114.65 - 12.415 + 5.79) / 15$$

$$\eta = 7.2$$



Пример прорачуна за 1 позицију - ЛЕТЊА СТАБИЛНОСТ

Минимални фактор пригушења амплитуде осцилације температуре $v_{min}=15$

Минимално кашњење осцилације температуре $\eta_{min}=8h$

Фактор пригушења амплитуде осцилације температуре $v=183.6 > 15$,
конструкција ЗАДОВОЉАВА

Кашњење осцилације температуре $\eta = 7.2 h < 8 h$, али с обзиром да је фактор пригушења амплитуде осцилације температуре $v > 35$, не постављају се захтеви за вредност η , те конструкција ЗАДОВОЉАВА

Подршка: Извод из ЈУС – СРПС У.Ј5.530, са коментаром

a) израчунавање фактора прегушења осцилације температуре v :

Рачунање се проводи супротно од топлinskог тока, дакле, изнутра према ван.

Најпrie се за сваки слој израчуна коефицијент упијања топлоте материјала за топлинско дјеловање с периодом осцилације од 24 сата:

$$S_{24} = 0,0085 \times \sqrt{\rho \times c \times \lambda} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

гдје је:

- ρ густина материјала (kg/m^3)
- λ топлинска проводљивост (W/mK)
- c специфична топлота (J/kgK)

Подршка: Извод из ЈУС – СРПС У.Ј5.530, са коментаром

Zatim se računa karakteristika toplotne inercije D:

$$D = R \times S_{24}$$

Nakon toga računaju se koeficijenti upijanja U za sve slojeve. Koeficijent U izražava se u W/m^2K .

Za prvi sloj iznutra računa se:

$$\text{ako je } D_1 \geq 1 \quad \rightarrow \quad U_1 = S_1$$

$$\text{ako je } D_1 < 1 \quad \rightarrow \quad U = \frac{R_1 \times S_1^2 + \alpha_i}{1 + R_1 \times \alpha_i}$$

za drugi sloj računa se:

$$\text{ako je } D_2 > 1 \quad \rightarrow \quad U_2 = S_2$$

$$\text{ako je } D_2 < 1 \quad \rightarrow \quad U_2 = \frac{R_2 \times S_2^2 + U_1}{1 + R_2 \times U_1}$$

za n-ti sloj računa se:

$$\text{ako je } D_n > 1 \quad \rightarrow \quad U_n = S_n$$

Napomena:
Obratiti pažnju na deo:
„ako je $D_1 \geq 1$, onda je $U_1 = S_1$ ”

Подршка: Извод из ЈУС – СРПС У.Ј5.530, са коментаром

$$\text{ako je } D_n < 1 \quad \rightarrow \quad U_n = \frac{R_n \times S_n^2 + U_{n-1}}{1 + R_n \times U_{n-1}}$$

u gornjim izrazima:

R – toplotni otpor promatranog sloja

α_i – koeficijent prijelaza toplote koji se odnosi na graničnu površinu promatrane konstrukcije prema unutra

Pošto smo izračunali koeficijente upijanja U izračunava se faktor prigušenja koji se označava sa ν (ni).

- za jednoslojni građevinski element:

$$\text{ako je } D < 1 \quad \rightarrow \quad \nu = 0,9 \times \frac{(S + \alpha_i) \times (\alpha_e + U)}{(S + U) \times \alpha_e} \times e^x$$

$$\text{ako je } D \geq 1 \quad \rightarrow \quad \nu = 0,9 \times \frac{(S + \alpha_i) \times (\alpha_e + S)}{2 \times \alpha_e \times S} \times e^x$$

- za dvoslojni element:

$$\nu = 0,9 \times \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + U_1} \times \frac{S_2 + U_1}{S_2 + U_2} \times \frac{\alpha_e + U_2}{\alpha_e} \times e^x$$

- za troslojni element:

$$\nu = 0,9 \times \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + U_1} \times \frac{S_2 + U_1}{S_2 + U_2} \times \frac{S_3 + U_2}{S_3 + U_3} \times \frac{\alpha_e + U_3}{\alpha_e} \times e^x$$

Подршка: Извод из ЈУС – СРПС У.Ј5.530, са коментаром

- за četveroslojni element:

$$\nu = 0,9 \times \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + U_1} \times \frac{S_2 + U_1}{S_2 + U_2} \times \frac{S_3 + U_2}{S_3 + U_3} \times \frac{S_4 + U_3}{S_4 + U_4} \times \frac{\alpha_e + U_4}{\alpha_e} \times e^x$$

u gornjim izrazima :

x – vrijednost $\sum D/\nu^2$

e – osnova prirodnih logaritama

(napomena: ove se vrijednosti nalaze izračunate u tablicama u standardu)

Prilikom proračuna faktora prigušenja ν i koeficijenta upijanja U, koeficijenti prijelaza toplote se uzimaju u sljedećim vrijednostima:

$$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \text{ K}; \quad \alpha_e = 11,5 \text{ W/m}^2 \text{ K};$$



Подршка: Извод из ЈУС – СРПС У.Ј5.530, са коментаром

Напомена:

Овде се користи појам *коэффициент упијања топлоте*, обележен са **U24**.
Да би се направила разлика у односу на актуелне коэффицијенте пролаза топлоте, који се такође обележавају са **U**.

С обзиром да се рачунају *коэффициенти упијања* за слојеве, постоји и додатни индекс, који означава број слоја:

$U_{24,1}$ – за слој 1

$U_{24,n}$ – за слој n

$U_{24,n-1}$ – за слој n-1

Из примера:

$$U_{24,1} = (R_1 * S_{24,1}^2 + 8) / (1 + R_1 * 8)$$

$$U_{24,n} = (R_n * S_{24,n}^2 + U_{24,n-1}) / (1 + R_n * U_{24,n-1})$$

Поента је да се код рачунице за слој n, *gleda šta je sa slojem n-1*. Код првог слоја, не постоји слој n-1, али постоји прелаз топлоте α , који има вредност **8**



Топлотна акумулативност

Детаљани поступци за прорачун топлотне акумулативности грађевинских елемената је садржани су у стандарду SRPS EN ISO 13786

Прорачуни физичких величина и параметара којима се проверава топлотна акумулативност грађевинског елемента саставни су део елабората ЕЕ

EN 13370

Thermal performance of buildings — Heat transfer via the ground —
Calculation methods

Односи се на:

- **Подове на тлу**
- **Уздигнуте подове и негрејане подруме**
- **Грејане подруме**



EN 13370

Значајне рачунске разлике у односу на резултате добијене напред објашњеним методама (EN 6946)

- **Коефицијенти пролаза топлоте који су израчунати у складу са ISO 13370 су нижи у просеку од 50% па навише, зато што ова метода укључује утицаје:**
 - **изолационе способности терена (земље)**
 - **геометријских односа (контактне површине, и дужине веза**
 - **међусобног утицаја изолационих карактеристика спојених позиција (нпр, зид у тлу и под на тлу)**
- **Код изузетно великих објеката (по површини пода на тлу), као што су нпр. индустријске хале, позитивни утицаји земље, у комбинацији са геометријским карактеристикама, резултују могућношћу изостављања термоизолације.**

EN 13370

Термичке особине земљишта

У случају да је познат тип земљишта, усвојити податке из табеле
У случају да није, користити $\lambda = 2.0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ и $\rho_c = 2.0 \times 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$.

Тип	Опис	Проводљивост $\lambda [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	Топлотни капацитет $\rho_c [\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})]$
1	Глина	1.5	3.0×10^6
2	Песак или шљунак	2.0	2.0×10^6
3	Хомогена стена	3.5	2.0×10^6



EN 13370

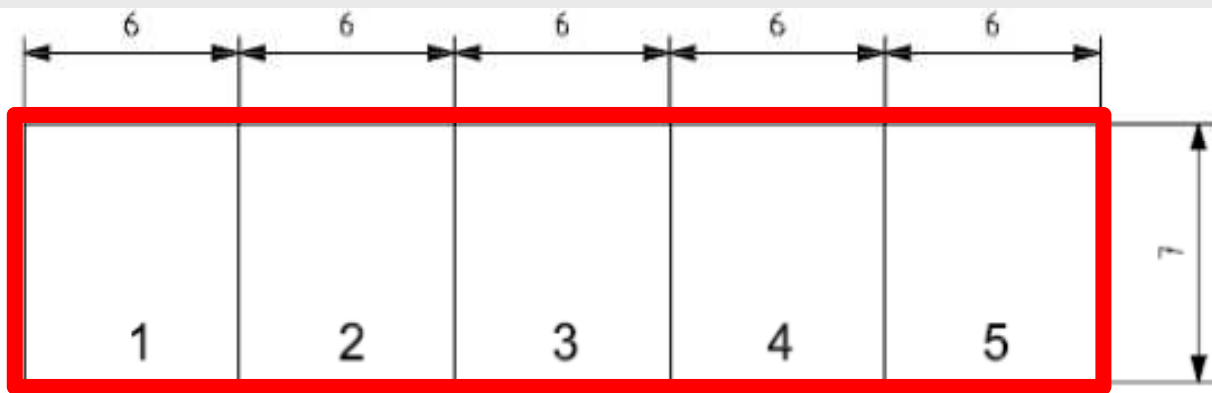
 ПОД НА ТЛУ : параметри за калкулацију

Појам	Појам (енглески)	Озн.	јединица	формула
Топлотна проводљивост несмрзлог тла	thermal conductivity of unfrozen ground	λ	W/(m·K)	Табеларна вредност
Обим	Perimeter	P	m	
Површина	Area	A	m ²	
Карактеристика димензије	characteristic dimension	B'	m	$B' = A / (0.5 \cdot P)$
Дебљина зида (укупна)	wall thickness	w	m	
Отпор прелаза топлоте, спољни	internal surface resistance	R _{si}	m ² ·K/W	
Отпор прелаза топлоте, унутрашњи	external surface resistance	R _{se}	m ² ·K/W	
Отпор пролазу топлоте	thermal resistance	R _f	m ² ·K/W	$R_f = \Sigma(d / \lambda)$
Еквивалентна дебљина	equivalent thickness	d _t	m	$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$
Пролаз топлоте	thermal transmittance	U	W/(m ² ·K)	Ako je: d _t < B' (neizolovani ili umereno izolovani) $U = (2\lambda / \pi B' + d_t) \ln(\pi B' / d_t + 1)$
				Ako je: d _t ≥ B' (dobro izolovani podovi) $U = \lambda / (0.457 \cdot B' + d_t)$



EN 13370

ПОД НА ТЛУ : Пример 1



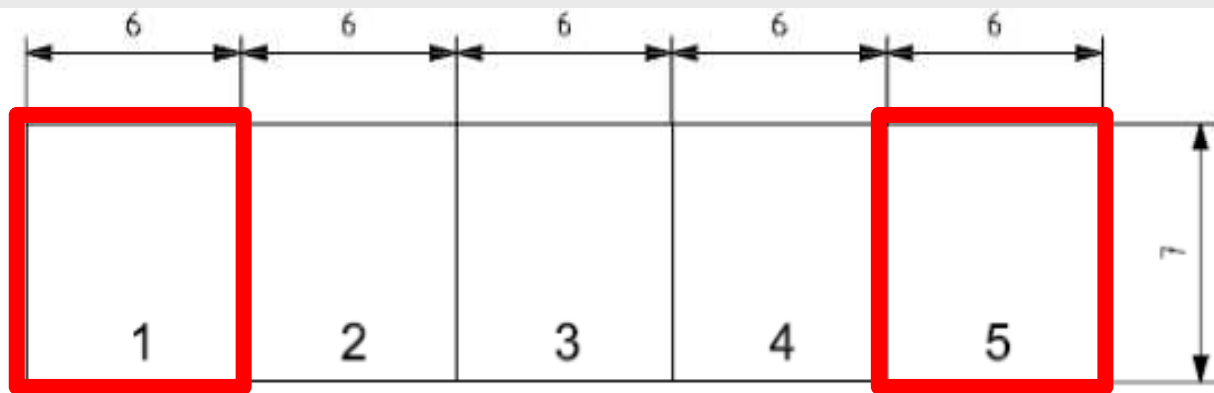
На слици је дат низ кућа, обележених од 1 до 5, са подом на тлу, глиновити тип тла, под је неизолован, дебљина зида 0.3m

Случај 1 (рачуница за целу зграду, свих пет посматрано заједно)

Појам	Ознака	Рачуница	Вредност
Обим	P	$6m \cdot 5 \cdot 2 + 7m \cdot 2$	74m
Површина	A	$6m \cdot 5 \cdot 7m$	210m ²
Карактеристика димензије	B'	$210 \text{ m}^2 / (0.5 \cdot 74m)$	5.676m
Еквивалентна дебљина	d _t	$0.3m + 1.5W/(m \cdot K) \cdot (0.17 + 0 + 0.04)W/(m \cdot K)$ Напомена: • топлотни отпор подне конструкције је занемарен ($R_f = 0 \text{ W}/(m \cdot K)$) • $d_t < B'$	0.615m
Пролаз топлоте	U	$(2 \cdot 1.5 / (3.14 \cdot 5.676 + 0.615)) \ln((3.14 \cdot 5.676 / 0.615) + 1)$	0.553W/(m²·K)

EN 13370

ПОД НА ТЛУ : Пример 1



На слици је дат низ кућа, обележених од 1 до 5, са подом на тлу, глиновити тип тла, под је неизолован, дебљина зида 0.3m

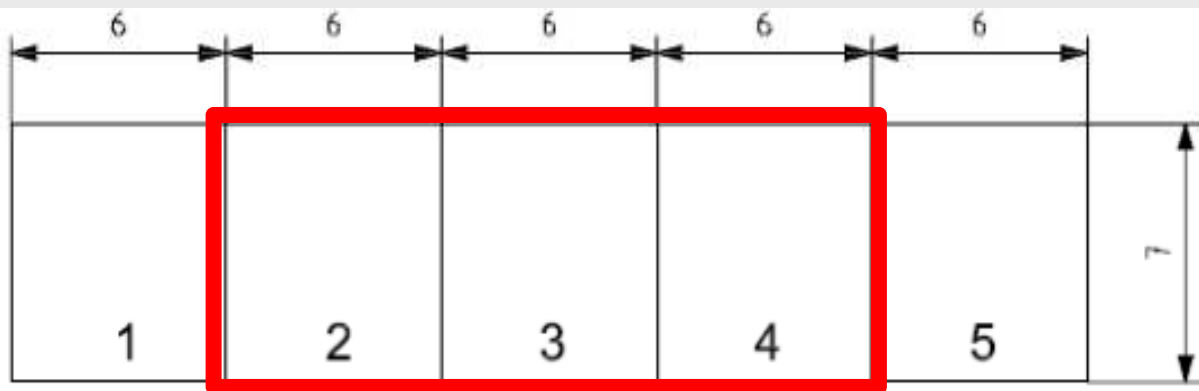
Случај 2 (рачуница за ивичне зграде 1 и 5)

Појам	Ознака	Рачуница	Вредност
Обим	P	$6m \cdot 2 + 7m$	19m
Површина	A	$6m \cdot 7m$	$42m^2$
Карактеристика димензије	B'	$42 m^2 / (0.5 \cdot 19m)$	4.421m
Еквивалентна дебљина	d_t	$0.3m + 1.5W/(m \cdot K) \cdot (0.17 + 0 + 0.04)W/(m \cdot K)$ Напомена: • топлотни отпор подне конструкције је занемарен ($R_f = 0 W/(m \cdot K)$) • $d_t < B'$	0.615m
Пролаз топлоте	U	$(2 \cdot 1.5 / (3.14 \cdot 4.421 + 0.615)) \ln((3.14 \cdot 4.421 / 0.615) + 1)$	0.615 W/(m²·K)



EN 13370

ПОД НА ТЛУ : Пример 1



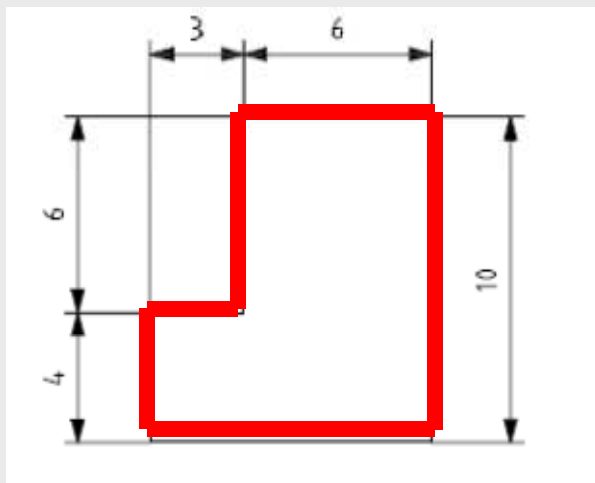
На слици је дат низ кућа, обележених од 1 до 5, са подом на тлу, глиновити тип тла, под је неизолован, дебљина зида 0.3m

Случај 3 (рачуница за средишне зграде 2, 3 и 4)

Појам	Ознака	Рачуница	Вредност
Обим	P	$6m \cdot 2$	12m
Површина	A	$6m \cdot 7m$	42m ²
Карактеристика димензије	B'	$42 \text{ m}^2 / (0.5 \cdot 12m)$	7m
Еквивалентна дебљина	d _t	$0.3m + 1.5W/(m \cdot K) \cdot (0.17 + 0 + 0.04)W/(m \cdot K)$ Напомена: • топлотни отпор подне конструкције је занемарен ($R_f = 0 \text{ W}/(m \cdot K)$) • $d_t < B'$	0.615m
Пролаз топлоте	U	$(2 \cdot 1.5 / (3.14 \cdot 7 + 0.615)) \ln((3.14 \cdot 7 / 0.615) + 1)$	0.478 W/(m²·K)

EN 13370

ПОД НА ТЛУ : Пример 2



На слици је дата слободностојећа кућа Г облика, са подом на тлу који има различите структуре у случајевима који следе. Песковити тип тла, дебљина зида 0.3m

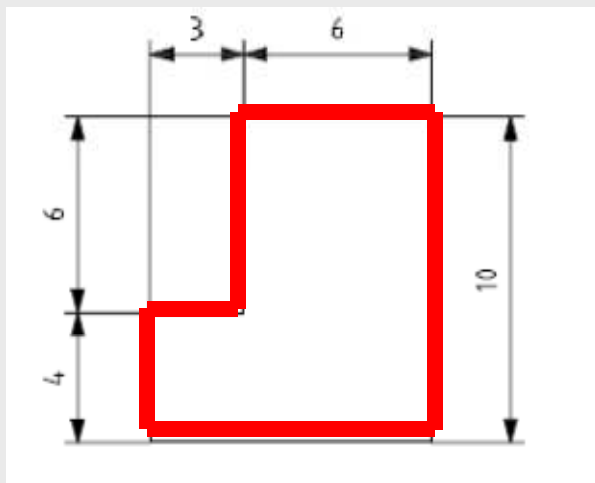
Обим	P	10+6+6+3+4+9	38m
Површина	A	$(10 \cdot 6) + (3 \cdot 4)$	72m ²
Карактеристика димензије	B'	72 m ² / 19m	3.789m

Случај 1 (неизолован под-топлотни отпор пода је занемарен)

Еквивалентна дебљина	d_t	$0.3m + 2.0W/(m \cdot K) \cdot (0.17 + 0 + 0.04)W/(m \cdot K)$ Напомена: • топлотни отпор подне конструкције је занемарен ($R_f = 0 W/(m \cdot K)$) • $d_t < B'$	0.72m
Пролаз топлоте	U	$(2 \cdot 2.0 / (3.14 \cdot 3.789 + 0.72)) \ln((3.14 \cdot 3.789 / 0.72) + 1)$	0.91 W/(m²·K)

EN 13370

ПОД НА ТЛУ : Пример 2



На слици је дата слободностојећа кућа Г облика, са подом на тлу који има различите структуре у случајевима који следе. Песковити тип тла, дебљина зида 0.3m

Обим	P	10+6+6+3+4+9	38m
Површина	A	(10*6) + (3*4)	72m ²
Карактеристика димензије	B'	72 m ² / 19m)	3.789m

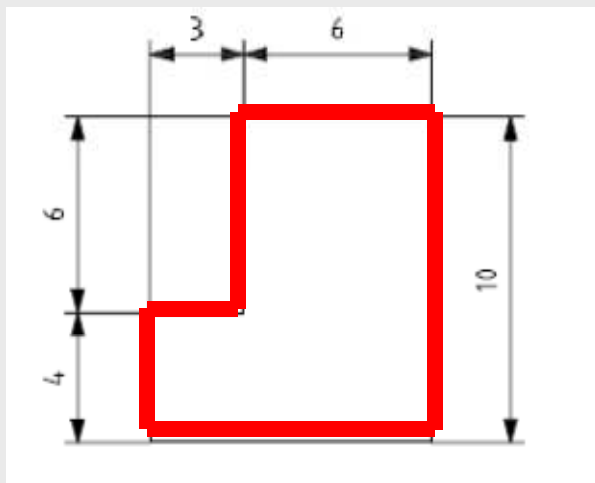
Случај 2 (умерено изолован под)

Подна конструкција је термоизолована са изолацијом чија је дебљина d=25mm, а проводљивост $\lambda = 0.04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Отпор пролазу топлоте пода	R_f	0.025m / 0.04 W/(m·K)	0.625 m ² ·K/W
Еквивалентна дебљина	d_t	0.3m+2.0W/(m·K)*(0.17+0.625+0.04)W/(m·K) Напомена: • $d_t < B'$	1.97m
Пролаз топлоте	U	(2*2.0/(3.14*3.789+1.97)) ln((3.14*3.789/1.97)+1)	0.56 W/(m²·K)

EN 13370

ПОД НА ТЛУ : Пример 2



На слици је дата слободностојећа кућа Г облика, са подом на тлу који има различите структуре у случајевима који следе. Песковити тип тла, дебљина зида 0.3m

Обим	P	10+6+6+3+4+9	38m
Површина	A	(10*6) + (3*4)	72m ²
Карактеристика димензије	B'	72 m ² / 19m)	3.789m

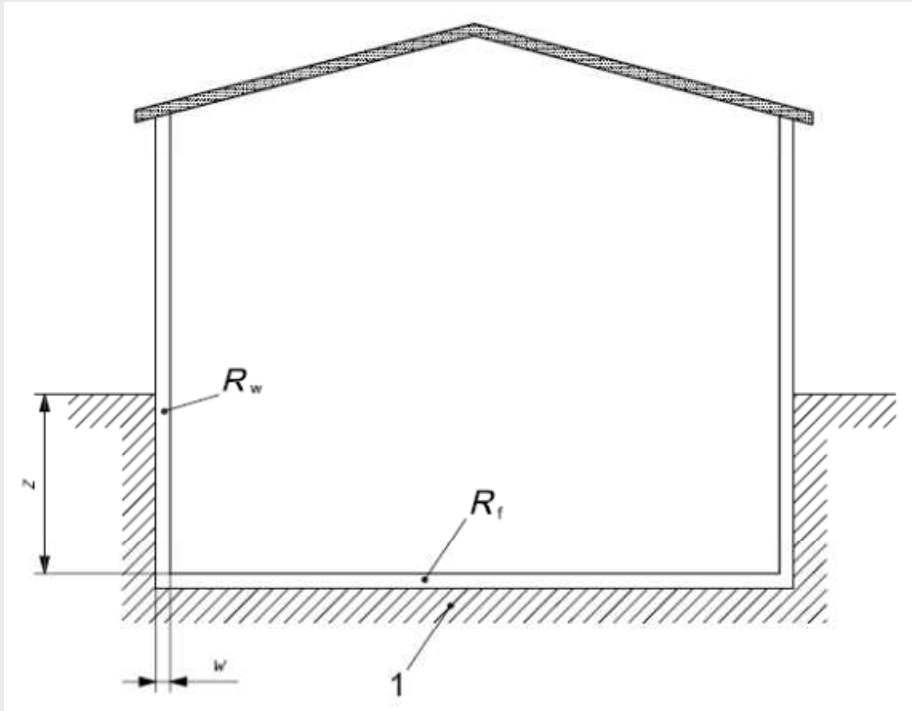
Случај 3 (добро изолован под)

Подна конструкција је термоизолована са изолацијом чија је дебљина d=100mm, а проводљивост $\lambda = 0.04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Отпор пролазу топлоте пода	R_f	0.1m / 0.04 W/(m·K)	2.5 m ² ·K/W
Еквивалентна дебљина	d_t	0.3m+2.0W/(m·K)*(0.17+2.5+0.04)W/(m·K) Напомена: • $d_t > B'$	5.72m
Пролаз топлоте	U	2/(0.457*3.789+5.72)	0.27 W/(m²·K)

EN 13370

ГРЕЈАНИ ПОДРУМ



R_f = Топлотни отпор подне конструкције

R_w = Топлотни отпор подрумских зидова

w = дебљина зидова

z = дубина укопавања

**EN 13370****ГРЕЈАНИ ПОДРУМ**

Појам	Појам (енглески)	Озн.	Једин.	формула
Дебљина зида (укупна)	wall thickness	w	m	
Отпор прелаза топлоте, спољни	internal surface resistance	R_{si}	$m^2 \cdot K/W$	
Отпор прелаза топлоте, унутрашњи	external surface resistance	R_{se}	$m^2 \cdot K/W$	
Отпор пролазу топлоте зида	thermal resistance of wall	R_w	$m^2 \cdot K/W$	$R_w = \Sigma(d/\lambda)$
Отпор пролазу топлоте пода	thermal resistance of floor	R_f	$m^2 \cdot K/W$	$R_f = \Sigma(d/\lambda)$
Еквивалентна дебљина зида	equivalent thickness of wall	d_w	m	$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se})$
Еквивалентна дебљина пода	equivalent thickness of floor	d_t	m	$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$
Пролаз топлоте кроз под	thermal transmittance of floor	U_{bf}	$W/(m^2 \cdot K)$	<p>Ako je: $d_t + 0.5z < B'$ (neizolovani ili umereno izolovani podovi) $U_{bf} = (2\lambda/\pi B' + d_t + 0.5z) \ln((\pi B'/(d_t + 0.5z)) + 1)$</p>
				<p>Ako je: $d_t + 0.5z \geq B'$ (добро изоловани подови) $U_{bf} = \lambda/(0.457B' + d_t + 0.5z)$</p>
Пролаз топлоте кроз подрумски зид	thermal transmittance of basement wall	U_{bw}	$W/(m^2 \cdot K)$	<p>Ako je: $d_w \geq d_t$ $U_{bw} = (2\lambda/\pi z) * (1 + (0.5d_t/(d_t + z))) \ln(z/d_w + 1)$</p>
				<p>Ako je: $d_w < d_t$ $U_{bw} = (2\lambda/\pi z) * (1 + (0.5d_w/(d_w + z))) \ln(z/d_w + 1)$</p>

**EN 13370****ГРЕЈАНИ ПОДРУМ: пример**

Под грејаног подрума има димензије 10m са 7.5m, и налази се на дубини од 2.5 m испод коте тла. Тло је песковитог типа, под је неизолован. Подрумски зид се састоји од опекарских блокова дебљине 300mm (проводљивост 1.7W/mK) и 50mm изолације (проводљивост 0.035W/mK)

Појам	Озн.	Рачуница	Вредност
Обим	P	$10m \cdot 2 + 7.5m \cdot 2$	35m
Површина	A	$10m \cdot 7.5m$	75m ²
Карактеристика дим.	B'	$75 \text{ m}^2 / (0.5 \cdot 35m)$	4.286m
Отпор пролазу топлоте пода	R _f	топлотни отпор подне конструкције је занемарен (R _f = 0 W/(m·K))	0 W/(m·K)
Отпор пролазу топлоте зида	R _w	$0.05/0.035 + 0.3/1.7$	1.605 W/(m·K)
Еквивалентна дебљина пода	d _t	$0.3m + 2.0W/(m \cdot K) \cdot (0.17 + 0 + 0.04)W/(m \cdot K)$ Напомена: • d _t < B'	0.72m
Еквивалентна дебљина зида	d _w	$2.0 \cdot (0.13 + 1.605 + 0.04)$	3.55 m
Пролаз топлоте кроз под	U _{bf}	$(2 \cdot 2.0 / (3.14 \cdot 4.286 + 0.72 + 1.25)) \cdot \ln((3.14 \cdot 4.286 / (0.72 + 1.25)) + 1)$	0.553 W/(m ² ·K)
Пролаз топлоте кроз подрумски зид	U _w	$(2 \cdot 2.0 / (3.14 \cdot 2.5)) \cdot (1 + (0.5 \cdot 0.72) / (0.72 + 2.5)) \cdot \ln((2.5 / 3.55) + 1)$	0.302 W/(m ² ·K)