

ARHITEKTONSKI FAKULTET VARNA, UNIVERZITET "Černorizec Hrabar"
BEOGRAD

ELABORAT IZ GRAĐEVINSKE FIZIKE

profesor: Snežana Petrović

student: Marina Galic

Beograd, oktobar, 2007.

Sadržaj:

- Tehnički opis
- Pregled skraćenica
- Proračun koeficijenta prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare
- Proračun stabilnosti konstrukcije u letnjim uslovima
- Proračun zvučne zaštite
- Literatura

PREGLED SKRAĆENICA

- d – debljina sloja [m]
 ρ – zapreminska masa [kg/m^3]
 λ – koeficijent toplotne provodljivosti [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]
 k – koeficijent prolaza toplote
 μ – otpor difuzije vodene pare [-]
 c – specifična toplota [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$]
 g – površinska težina sloja [kg/m^2]
 R – toplotna otpornost [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]
 T – temperatura u sloju [$^{\circ}\text{C}$]
 ΔT – pad temperature u sloju [$^{\circ}\text{C}$]
 q – toplotni fluks [W/m^2]
 ϕ – relativna vlaga [%]
 P' – pritisak zasićenja vodene pare [Pa]
 P_p – parcijalni pritisak zasićenja vodene pare [Pa]
 r – redukovana dužina [m]
 g_z – gustina difuznog protoka vodene pare [$\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]
 g_z' – masa kondenzata po jedinici površine u toku vremena [$\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]
 S – koeficijent upijanja toplote od strane materijala sloja konstrukcije za toplotno delovanje (period 24h) [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]
 D – indeks inercije [-]
 U – koeficijent upijanja toplote od strane površinske konstrukcije
 ν – faktor prigušenja amplitude oscilacije temperature
 η – kašnjenje amplitude [h]

I . FASADNI ZID

- Proračun koeficijenata prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare
- Proračun stabilnosti konstrukcije u letnjim uslovima
- Proračun zvučne zaštite

II. POD NA TLU

- Proračun koeficijenata prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare

III. MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA

- Proračun koeficijenata prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare

TEHNIČKI OPIS:

- tip objekta – 108
- lokacija – *Pristina*

Na osnovu položaja i mesta objekta usvojeni su sledeći klimatski uslovi:

- klimatska zona – 2

-zimski period:

spoljašnja temperatura -18°C
unutrašnja temperatura +20°C
spoljašnja vlažnost 90%
unutrašnja vlažnost 60%

-letnji period:

spoljašnja temperatura +18°C
unutrašnja temperatura +18°C
spoljašnja vlažnost 65%
unutrašnja vlažnost 65%

I . FASADNI ZID

- Proračun koeficijenta prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare
- Proračun stabilnosti konstrukcije u letnjim uslovima
- Proračun zvučne zaštite

PROVOĐENJE TOPLOTE JUS U.J5.510, JUS U.J5.600

A proračun površinskih koeficijenata prolaza toplote za fasadni zid

B proračun toplotnih otpora i temperatura slojeva

br.	materijali	d [mm]	$\rho [\frac{kg}{m^3}]$	$c [\frac{J}{kg^{\circ}C}]$	$\lambda [\frac{W}{m^{\circ}C}]$	μ	$g [\frac{kg}{m^2}]$	$R [\frac{m^{2o}C}{W}]$	$\Delta T [^{\circ}C]$	T [°C]
1.	unutrašnjost									20
2.	uza zid							0.130	1.48	18.52
3.	gips-karton ploča	9.5	900	840	0.21	12	8.55	0.0452	0.515	18.003
4.	iverica-tvrda	10	1000	1880	0.12	17	10	0.083	0.95	17.05
5.	PVC folija	0.15	1200	960	0.19	42000	0.18	0.00079	0.009	17.044
6.	mineralna vuna	80	50	840	0.041	1	4	1.95	22.23	-5.186
7.	iverica	10	1000	1880	0.12	17	10	0.083	0.95	-6.136
8.	stiropor	40	20	1260	0.041	40	0.8	0.976	11.13	-17.266
9.	spoljašnjost							0.043	0.49	-18
								$R_{uk} = 3.312$		

A. Izračunati površinski koeficijent prolaza toplote za dati fasadni zid u skladu sa JUS.U.J5 600, zid se nalazi u Pristini – II klimatska zona.

$$g_j = d_j * \rho_j \rightarrow g = [m] * \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

$$g_3 = 0.0095 * 900 = 8.55 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_4 = 0.0001 * 1000 = 10 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_5 = 0.00015 * 1200 = 0.18 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_6 = 0.08 * 50 = 4 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_7 = 0.0001 * 1000 = 10 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_8 = 0.04 * 20 = 0.8 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Ukupni toplotni otpor } R_{uk} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_l}{\lambda_l} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum \frac{d_l}{\lambda_l} + R_e \rightarrow R_{uk} = \left[\frac{m^2 \cdot C}{W} \right]$$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad R_i = 0.130 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad R_e = 0.043 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

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

$$R_3 = \frac{0.0095}{0.21} = 0.0452 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_4 = \frac{0.01}{0.12} = 0.083 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_5 = \frac{0.00015}{0.19} = 0.00079 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_6 = \frac{0.80}{0.041} = 1.95 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_7 = R_4 = 0.083 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_8 = \frac{0.040}{0.041} = 0.976 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_{uk} = R_i + \sum R_{3-8} + R_e$$

$$R_{uk} = 0.130 + 0.0452 + 0.083 + 0.00079 + 1.95 + 0.083 + 0.976 + 0.043$$

$$R_{uk} = 3.312 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

Maksimalne dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote $k_{max} = 0,9 \frac{W}{m^2 K}$ za spoljašnji zid u drugoj klimatskoj zoni, prema JUS U.J5.600 (tabela1)

$$k = \frac{1}{R_{uk}} = 0.30 \frac{W}{m^2 \cdot C} < 0.90 \frac{W}{m^2 \cdot C} = k_{max} \Rightarrow \text{uslov je zadovoljen}$$

B. Izračunati toplotne otpore i temperature slojeva za dati fasadni zid u skladu sa JUS.U.J5 600, zid se nalazi u Pristini – II klimatska zona.

Toplotni fluks $q = k * \Delta t \rightarrow q = \left[\frac{W}{m^2} \right]$ jednak je za ceo zid i za svaki sloj pojedinačno

$$q = k * \Delta t = 0.30 * (20 - (-18)) = 11.4 \frac{W}{m^2}$$

$$q = k * \Delta t = \frac{1}{R_i} * \Delta t_i$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = q * R_i$$

$$\Delta t_2 = 11.4 * 0.130 = 1.48^\circ C$$

$$\Delta t_3 = 11.4 * 0.0452 = 0.515^\circ C$$

$$\Delta t_4 = 11.4 * 0.083 = 0.95^\circ C$$

$$\Delta t_5 = 11.4 * 0.00079 = 0.009^\circ C$$

$$\Delta t_6 = 11.4 * 1.95 = 22.23^\circ C$$

$$\Delta t_7 = 11.4 * 0.083 = 0.95^\circ C$$

$$\Delta t_8 = 11.4 * 0.976 = 11.13^\circ C$$

$$\Delta t_{10} = 11.4 * 0.043 = 0.49^\circ C$$

$$T_1 = 20^\circ C$$

$$T_2 = 20 - 1.48 = 18.52^\circ C$$

$$T_3 = 18.53 - 0.515 = 18.003^\circ C$$

$$T_4 = 18.003 - 0.95 = 17.05^\circ C$$

$$T_5 = 17.05 - 0.009 = 17.004^\circ C$$

$$T_6 = 17.004 - 22.23 = -5.186^\circ C$$

$$T_7 = -5.186 - 0.95 = -6.136^\circ C$$

$$T_8 = -6.136 - 11.13 = -17.51^\circ C$$

$$T_9 = 17.51 - 0.49 = -18^\circ C$$

DIFUZIJA VODENE PARE JUS U.J5.520, JUS U.J5.600

A Proračun difuzije vodene pare u fasadnom zidu – bez kondenzacije

br.	materijali	d[mm]	ρ [$\frac{kg}{m^3}$]	λ [$\frac{W}{m^{\circ}C}$]	μ	R [$\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$]	ΔT [°C]	T [°C]	P' (Pa)	P _p (Pa)	r (m)
1.	unutrašnjost							20	2335		
2.	zid					0.130	0.975	19.025	2194	1401	
3.	gips-karton ploča	9.5	900	0.21	12	0.0452	0.339	18.7	2154	1380	0.11
4.	iverica-tvrda	10	1000	0.12	17	0.083	0.6225	18.1	2074	1350	0.17
5.	PVC folija	0.15	1200	0.19	42000	0.00079	0.0059	18.1	2074	461	6.3
6.	mineralna vuna	80	50	0.041	1	1.95	14.63	3.432	779	450	0.08
7.	iverica	10	1000	0.12	17	0.083	0.6225	2.77	741	425	0.17
8.	stiropor	40	20	0.041	40	0.976	7.32	-4.6	415	361	1.6
9.	spoljašnjost					0.043	0.3225	-5	401		
						$R_{uk}=3.312$	$\sum r = 8.434$				

$$g_j = d_j * \rho_j \rightarrow g = [m] * \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

$$g_3 = 0.0095 * 900 = 8.55 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_4 = 0.0001 * 1000 = 0.1 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_5 = 0.00015 * 1200 = 0.18 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_6 = 0.08 * 50 = 4 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_7 = 0.0001 * 1000 = 0.1 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_8 = 0.04 * 20 = 0.8 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Ukupni toplotni otpor } R_{uk} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_e \rightarrow R_{uk} = \left[\frac{m^2 \circ C}{W} \right]$$

$$R_i = \frac{1}{L_i} \quad R_i = 0.130 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_e = \frac{1}{L_e} \quad R_e = 0.043 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

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

$$R_3 = \frac{0.0095}{0.21} = 0.0452 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_4 = \frac{0.01}{0.12} = 0.083 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_5 = \frac{0.00015}{0.19} = 0.00079 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_6 = \frac{0.80}{0.041} = 1.95 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_7 = R_4 = 0.083 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_8 = \frac{0.040}{0.041} = 0.976 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

$$R_{uk} = R_i + \sum R_{3-8} + R_e$$

$$R_{uk} = 0.130 + 0.0452 + 0.083 + 0.00079 + 1.95 + 0.083 + 0.976 + 0.043$$

$$R_{uk} = 3.312 \frac{m^2 \circ C}{W}$$

Maksimalne dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote $k_{max} = 0,9 \frac{W}{m^2 K}$ za spoljašnji zid u drugoj klimatskoj zoni, prema JUS U.J5.600 (tabela1)

$$k = \frac{1}{R_{uk}} = 0.30 \frac{W}{m^2 \circ C} < 0.90 \frac{W}{m^2 \circ C} = k_{max} \Rightarrow \text{uslov je zadovoljen}$$

Toplotni fluks $q = k * \Delta t \rightarrow q = \left[\frac{W}{m^2} \right]$ jednak je za ceo zid i za svaki sloj pojedinačno

$$q = k * \Delta t = 0.30 * (20 - (-5)) = 7.5 \frac{W}{m^2}$$

$$q = k * \Delta t = \frac{1}{R_i} * \Delta t_i$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = q * R_i$$

$$\begin{aligned} \Delta t_2 &= 7.5 * 0.130 = 0.975^\circ\text{C} \\ \Delta t_3 &= 7.5 * 0.0452 = 0.339^\circ\text{C} \\ \Delta t_4 &= 7.5 * 0.083 = 0.6225^\circ\text{C} \\ \Delta t_5 &= 7.5 * 0.00079 = 0.005925^\circ\text{C} \\ \Delta t_6 &= 7.5 * 1.95 = 14.625^\circ\text{C} \\ \Delta t_7 &= 7.5 * 0,083 = 0.6225^\circ\text{C} \\ \Delta t_8 &= 7.5 * 0.976 = 7.32^\circ\text{C} \\ \Delta t_{10} &= 7.5 * 0.043 = 0.3225^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 20^\circ\text{C} \\ T_2 &= 20 - 0.975 = 19.025^\circ\text{C} \\ T_3 &= 19.025 - 0.339 = 18.686^\circ\text{C} \\ T_4 &= 18.686 - 0.6225 = 18.0635^\circ\text{C} \\ T_5 &= 18.0635 - 0.005925 = 18.057^\circ\text{C} \\ T_6 &= 18.057 - 14.625 = 3.432^\circ\text{C} \\ T_7 &= 3.432 - 0.6225 = 2.77^\circ\text{C} \\ T_8 &= 2.77 - 7.32 = -4.54^\circ\text{C} \\ T_9 &= -4.54 - 0.3225 = -5^\circ\text{C} \\ T_{10} &= -5^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Pritisak zasićenja vodene pare P' [Pa] izračunava se po obrascu:

$$P' = 610,6 * 10^{\frac{9,5t}{265,5+t}}, \text{ za } t < 0^\circ\text{C}$$

$$P' = 610,6 * 10^{\frac{7,5t}{237,5+t}}, \text{ za } t \geq 0^\circ\text{C}$$

ili se određuje na osnovu JUS U.J5.520 (tabela 1). Obrazac se može primeniti za temperature u opsegu od -20°C do 40°C .

Parcijalni pritisak vodene pare P_p [Pa] određuje se obrascima:

$$P_i = \varphi_i * P'_i \text{ za unutrašnji vazduh}$$

$$P_e = \varphi_e * P'_e \text{ za spoljašnji vazduh}$$

$\varphi_i = 60\%$ relativna vlažnost unutrašnjeg vazduha

$\varphi_e = 90\%$ relativna vlažnost spoljašnjeg vazduha - JUS U.J5.600 (tabela 10), spoljašnja relativna vlažnost za II klimatsku zonu

$$P_i = \varphi_i * P'_i = 0.6 * 2335 = 1401\text{Pa}$$

$$P_e = \varphi_e * P'_e = 0.9 * 401 = 361\text{Pa}$$

Ostale vrednosti parcijalnog pritiska ne računamo preko obrasca, već vrednosti očitavamo sa dijagrama.

Ekvivalentna debljina r izračunava se iz sledeće relacije:

$$r_j = d_j * \mu_j \rightarrow r = [m] * [1] = [m]$$

$$r_3 = 0.0095 * 12 = 0.114\text{m}$$

$$r_4 = 0.01 * 17 = 0.17\text{m}$$

$$r_5 = 0.00015 * 42000 = 6.3\text{m}$$

$$r_6 = 0.08 * 1 = 0.08\text{m}$$

$$r_7 = 0.01 * 17 = 0.17\text{m}$$

$$r_8 = 0.04 * 40 = 1.6\text{m}$$

$$\sum_{j=3}^8 r_j = r_3 + r_4 + r_5 + r_6 + r_7 + r_8 = 8.434\text{m}$$

Gustina difuzionog protoka vodene pare (fluks vodene pare; maseni fluks) bez izdvajanja kondenzata izračunava se preko obrasca:

$$g_z = 0.67 * 10^{-6} * \frac{(P_i - P_e)}{\sum_{j=3}^6 r} \rightarrow g_z = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{h}} \right]$$

$$g_z = 0.67 * 10^{-6} * \frac{(1401 - 361)}{8.434} = 123.31 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{h}}$$

Linije kod grafika se ne seku tako da ne dolazi do kondenzacije u fasadnom zidu

kgi grafik

PRORAČUN FAKTORA PRIGUŠENJA I PRORAČUN KAŠNENJA
OSCILACIJA TEMPERATURE KROZ SPOLJAŠNJE GRAĐEVINSKE
PREGRADE ZGRADA U LETNJEM RAZDOBLJU JUS U.J5.530

br.	materijali	d [mm]	$\rho [\frac{kg}{m^3}]$	$c [\frac{J}{kg^{\circ}C}]$	$\lambda [\frac{W}{m^{\circ}C}]$	$S (\frac{m^2}{K})$	$R [\frac{m^2 \cdot C}{W}]$	$D^{(1)}$	$U (\frac{W}{m^2 K})$
1.	mineralna vuna	80	200 (50)	840	0.041	0.353	1.95	0.688	0.48
2.	stiropor	40	20	1260	0.041	0.237	0.976	0.266	0.674

Za ovaj proračun se uzimaju materijali koji imaju $d \geq 2cm$,

Trebaju da se predvide određene mere, pa se za mineralnu vunu uzima

$$\rho = 200 \frac{kg}{m^3}$$

α_i - koeficijent prelaza toplote sa unutrašnje strane, prema JUS U.J5.530 (5.2, strana 3.) za

zidove $\alpha_i = 8,0 \frac{W}{m^2 K}$

α_e - koeficijent prelaza toplote sa spoljašnje strane, JUS U.J5.530 (5.2, strana 3.) za zidove

$$\alpha_e = 11,5 \frac{W}{m^2 K}$$

$D_j = S_{24,j} * R_j$ indeks toplotne inercije j-tog sloja

$S_{24,j} = 0,0085 \sqrt{\lambda_j * \rho_j * c_j}$ koeficijent upijanja toplote j-tog sloja sa periodom oscilovanja temperature od 24 h

$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$ toplotna otpornost j-tog sloja

$$S_1 = 0.0085 * \sqrt{0.041 * 200 * 840} = 0.705$$

$$S_2 = 0.0085 * \sqrt{0.041 * 20 * 1260} = 0.237$$

$$D_1 = 0.705 * 1.95 = 1.374$$

$$D_2 = 0.237 * 0.976 = 0.266$$

$$D_{uk} = 1.374 + 0.266 = 1.640$$

$$x = \frac{\sum D}{\sqrt{2}} \quad x = \frac{1.640}{\sqrt{2}} = 1.160$$

U_j koeficijent upijanja toplote j-tog sloja, izračunava se iz sledećih relacija:

a) za prvi sloj (prema unutrašnjosti prostorije)

$$D_1 \geq 1 \Rightarrow U_1 = S_1$$

$$D_1 < 1 \Rightarrow U_1 = \frac{R_1 * S_1^2 + \alpha_1}{1 + R_1 * \alpha_1}$$

$$D_1 > 1 \Rightarrow 1.374 > 1 \Rightarrow U_1 = \frac{1.95 * (0.705)^2 + 8}{1 + 1.95 * 8} = \frac{8.97}{16.6} = 0.540$$

b) za drugi sloj

$$D_2 \geq 1 \Rightarrow U_2 = S_2$$

$$D_2 < 1 \Rightarrow U_2 = \frac{R_2 * S_2^2 + U_1}{1 + R_2 * U_1}$$

$$D_2 < 1 \Rightarrow 0.266 < 1 \Rightarrow U_2 = \frac{0.976 * (0.237)^2 + 0.540}{1 + 0.976 * 0.540} = \frac{0.59}{1.53} = 0.39$$

Jednačina za proračun faktora prigušenja oscilacije temperature, za višeslojnu pregradu:

$$\nu = 0,9 \frac{S_1 + \alpha_1}{S_1 + U_1} * \frac{S_2 + U_1}{S_2 + U_2} * \dots * \frac{S_n + U_{n-1}}{S_n + U_n} * \frac{\alpha_e + U_n}{\alpha_e} * e^x \quad x = \frac{\sum_{j=1}^n D_j}{\sqrt{2}}$$

u našem slučaju:

$$v = 0.9 \frac{S_1 + \alpha_1}{S_1 + U_1} * \frac{S_2 + U_1}{S_2 + U_2} * \frac{\alpha_e + U_2}{\alpha_e} * e^x ; \quad x = \frac{\sum_{j=1}^6 D_j}{\sqrt{2}} ; \quad x = \frac{1.640}{\sqrt{2}} = 1.160$$

$$v = 0.9 * \frac{0.705 + 8.0}{0.705 + 0.540} * \frac{0.237 + 0.540}{0.237 + 0.39} * \frac{11.5 + 0.39}{11.5} * e^{1.160}$$

$$v = 8.03 * e^{1.160}$$

$$v = 25.61$$

Prema JUS U.J5.600, tabela 2 $v_{\min} = 15 \Rightarrow$ **rezultat zadovoljava kriterijume**

$$\eta = \frac{1}{15} (40.5 \sum_{j=1}^n D_j - \operatorname{arctg} \frac{\alpha_i}{\alpha_i + U_i \sqrt{2}} + \operatorname{arctg} \frac{U_n}{U_n + \alpha_e \sqrt{2}})$$

$$\eta = \frac{1}{15} (40.5 * 1.160 - \operatorname{arctg} \frac{8}{8 + 0.540 \sqrt{2}} + \operatorname{arctg} \frac{0.39}{0.39 + 11.5 \sqrt{2}})$$

$$\eta = \frac{1}{15} (46.98 - \operatorname{arctg} 0.91 + \operatorname{arctg} 0.022)$$

$$\eta = 34.62$$

KRITERIJUM DOZVOLJENE VREDNOSTI SPECIFIČNOG
TOPLOTNOG OPTEREĆENJA JUS U.J5.600

gde su:

A_z površina spoljašnjih zidova

A_{pr} površina prozora

A_p površina osnove zgrade

A_{sv} površina poda

A_s površina krova

$$A_{sv} = 31.10\text{m}^2$$

$$A_p = P_{bruto} = 35.77\text{m}^2$$

$$A_{pr} = 1*1.40 + 1*1.40 + 1*1.40 + 0.8*0.8$$

$$A_{pr} = 4.2 + 0.64 = 4.84\text{m}^2$$

Prema tehničkom opisu $H_{zida} = 2.60$

$$A_z = \sum duz * H$$

$$A_z = 25.12*2.60$$

$$A_z = 65.312\text{m}^2$$

$$A_s = 31.10\text{m}^2$$

Usvajamo $C = 1$ za tople krovove, JUS U.J5.510

$$A_{uk} = A_{sv} + A_p + A_{pr} + A_z + A_s = 168.12\text{m}^2$$

gde su:

k_z - koeficijent prolaza toplote zida

k_p - koeficijent prolaza toplote poda

k_s - koeficijent prolaza toplote krova

k_{sv} - koeficijent prolaza toplote bruto površine

k_{pr} - koeficijent prolaza toplote prozora

$$k_z = 0.3 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{dobijeno racunom} \quad \frac{1}{R_{uk}}$$

$$k_p = 0.90 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{uzeto iz JUS U.J5.600}$$

$$k_s = 0.45 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{uzeto iz JUS U.J5.600 (druga zona)}$$

$$K_{sv} = K_z + K_p = 0.3 + 0.9 = 1.2 \frac{W}{m^2 K}$$

$$k_{pr} = 2.70 \frac{W}{m^2 K}$$

$$K_m = \frac{k_z * A_z + k_{pr} * A_{pr} + c * k_s * A_s + 0.5 K_p * A_p + K_{sv} * A_{sv}}{A_{uk}}$$

$$k_m = \frac{0.3 * 65.312 + 2.70 * 4.84 + 1 * 0.45 + 0.5 * 0.9 * 35.77 + 1.2 * 31.10}{168.122}$$

$$k_m = \frac{86.52}{168.122} = 0.51 \frac{W}{m^2 K}$$

**TEHNIČKI USLOVI ZA PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE ZGRADA U
OBLASTI AKUSTIKE JUS U.J6.201, JUS U.J6.151**

Izolaciona moć preko Bergerovog zakona mase:

$$g_u > 200 \Rightarrow R = 23 \cdot \log g_u - 9 \text{ [dB]}$$

$$g_u < 200 \Rightarrow R = 13.5 \cdot \log g_u + 15 \text{ [dB]}$$

R - izolaciono svojstvo pregrade

$$\sum g_i = \sum \rho_i \cdot d_i$$

Fasadni zid

br.	materijali	d [mm]	$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
1.	gips-karton ploča	9.5	900
2.	iverica-tvrda	10	1000
3.	PVC folija	0.15	1200
4.	mineralna vuna	80	50
5.	iverica	10	1000
6.	stiropor	40	20

$$\sum g_i = \sum \rho_i \cdot d_i = 0.0095 \cdot 900 + 0.01 \cdot 1000 + 0.00015 \cdot 1200 + 0.8 \cdot 50 + 0.01 \cdot 1000 + 0.4 \cdot 20$$

$$\sum g_i = 76.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\sum g_i < 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$R = 13.5 \log 76.73 + 15 = 40.44 \text{ dB}$$

$$R_{doz} = R_{st} \pm I_z = 53 + 0 = 53 \text{ dB}$$

$R = 40.44 \text{ dB} < R_{doz} = 53 \text{ dB} \Rightarrow$ uslov nije zadovoljen

Zvučni nivo za tavanicu:

$$L = L_k + \Delta L_{po} + \Delta L \rightarrow L = [\text{dB}]$$

$$L = 12 + 0 + (-18) = -6 \text{ dB}$$

spuštamo nivo zvučne energije za 6dB, izolacioni sloj dobro snižava buku.

II. POD NA TLU

- Proračun koeficijenta prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare

PROVOĐENJE TOPLOTE *JUS U.J5.510, JUS U.J5.600*

A proračun površinskih koeficijenata prolaza toplote u podu

B proračun toplotnih otpora i temperatura slojeva

br.	materijali	d [mm]	$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$	$c \left[\frac{J}{kg^{\circ}C} \right]$	$\lambda \left[\frac{W}{m^{\circ}C} \right]$	μ	$g \left[\frac{kg}{m^2} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \cdot C}{W} \right]$	$\Delta T [^{\circ}C]$	T [°C]
1.	Unutrašnjost									20
2.	unutrašnja površina							0.170	2.58	17.42
3.	parket	20	700	1670	0.21	15	14	0.095	1.44	15.98
4.	cementni estrih	30	2200	1050	1.40	30	66	0.021	0.32	15.66
5.	stiropor	40	20	1260	0.041	40	0.08	0.976	14.84	0.82
6.	PVC folija	0.15	1200	960	0.19	42000	0.18	0.00079	0.012	0.81
7.	nabijeni beton	100	2500	960	2.33	90	250	0.043	0.65	0.00
8.	spoljašnjost							0.00	0.00	0.00
								$R_{uk}=1.306$		

A. Izračunati površinski koeficijent prolaza toplote za dati pod na tlu u skladu sa JUS.U.J5 600, pod se nalazi u Pristini– II klimatska zona.

$$g_j = d_j * \rho_j \rightarrow g = [m] * \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

$$g_3 = 0.02 * 700 = 14 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_4 = 0.03 * 2200 = 66 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_5 = 0.04 * 20 = 0.08 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_6 = 0.00015 * 1200 = 0.18 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_7 = 0.1 * 2500 = 250 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Ukupni toplotni otpor } R_{uk} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_e \rightarrow R_{uk} = \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad R_i = 0.130 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad R_e = 0.043 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

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

$$R_3 = \frac{0.02}{0.21} = 0.095 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_4 = \frac{0.03}{1.40} = 0.021 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_5 = \frac{0.04}{0.041} = 0.976 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_6 = R_5 = 0.00079 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_7 = \frac{0.1}{2.33} = 0.043 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_{uk} = R_i + \sum R_{3-8} + R_e$$

$$R_{uk} = 0.170 + 0.095 + 0.021 + 0.976 + 0.00079 + 0.043 + 0.00$$

$$R_{uk} = 1.306 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

Maksimalne dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote $k_{max} = 0,9 \frac{W}{m^2 K}$ za pod na tlu u drugoj klimatskoj zoni, prema JUS U.J5.600 (tabela1)

$$k = \frac{1}{R_{uk}} = 0.76 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} < 0.90 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} = k_{max} \Rightarrow \text{uslov je zadovoljen}$$

B. Izračunati toplotne otpore i temperature slojeva za dati pod na tlu u skladu sa JUS.U.J5 600, pod se nalazi u Pristini – II klimatska zona.

$$\text{Toplotni fluks } q = k * \Delta t \rightarrow q = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q = k * \Delta t = 0.76 * (20 - (0)) = 15.2 \frac{W}{m^2}$$

$$q = k * \Delta t = \frac{1}{R_i} * \Delta t_i$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = q * R_i$$

$$\Delta t_2 = 15.2 * 0.17 = 2.58^\circ C$$

$$\Delta t_3 = 15.2 * 0.095 = 1.44^\circ C$$

$$\Delta t_4 = 15.2 * 0.021 = 0.32^\circ C$$

$$\Delta t_5 = 15.2 * 0.976 = 14.84^\circ C$$

$$\Delta t_6 = 15.2 * 0.00079 = 0.012^\circ C$$

$$\Delta t_7 = 15.2 * 0.043 = 0.65^\circ C$$

$$T_1 = 20 \text{ }^\circ C$$

$$T_2 = 20 - 2.58 = 17.42 \text{ }^\circ C$$

$$T_3 = 17.42 - 1.44 = 15.98 \text{ }^\circ C$$

$$T_4 = 15.98 - 0.32 = 15.66 \text{ }^\circ C$$

$$T_5 = 15.66 - 14.84 = 0.82 \text{ }^\circ C$$

$$T_6 = 0.82 - 0.012 = 0.81 \text{ }^\circ C$$

$$T_7 = 0.81 - 0.65 = -0.000 \text{ }^\circ C$$

$$T_8 = -0.000 - 0.000 = -0.000 \text{ }^\circ C$$

DIFUZIJA VODENE PARE JUS U.J5.520, JUS U.J5.600

Proračun difuzije vodene pare u podu – sa kondenzacijom

br.	materijali	d [mm] l	ρ [$\frac{kg}{m^3}$]	λ [$\frac{W}{m^{\circ}C}$]	μ	R [$\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$]	ΔT [$^{\circ}C$]	T [$^{\circ}C$]	P' (Pa)	P_p (Pa)	r (m)
1.	unutrašnjost							20	2335		
2.	unutrašnja površina					0.17	2.58	17.42	1985	1401	
3.	parket	20	700	0.21	15	0.095	1.44	15.98	1816	1386.9	0.3
4.	cementni estrih	30	2200	1.40	30	0.021	0.32	15.66	1782	1344.5	0.9
5.	stiropor	40	20	0.041	40	0.976	14.84	0.82	647	1269.2	1.6
6.	PVC folija	0.1 5	1200	0.19	42000	0.00079	0.012	0.81	647	972.6	6.3
7.	nabijeni beton	100	2500	2.33	90	0.043	0.65	0.00	611	549.9	9
8.	spoljašnjost					0	0.00	0.00	611		

$$\text{Ukupni toplotni otpor } R_{uk} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_e \rightarrow R_{uk} = [\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}]$$

$$R_i = \frac{1}{L_i} \quad R_i = 0.17 \frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$$

$$R_e = \frac{1}{L_e} \quad R_e = 0.00 \frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$$

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

$$R_3 = \frac{0.02}{0.21} = 0.095 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_4 = \frac{0.03}{1.40} = 0.021 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_5 = \frac{0.04}{0.041} = 0.976 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_6 = R_5 = 0.00079 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_7 = \frac{0.1}{2.33} = 0.043 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_{uk} = R_i + \sum R_{3-8} + R_e$$

$$R_{uk} = 0.17 + 0.095 + 0.021 + 0.976 + 0.00079 + 0.043 + 0$$

$$R_{uk} = 1.306 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

Maksimalne dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote $k_{max} = 0,9 \frac{W}{m^2 K}$ za pod na tlu u drugoj klimatskoj zoni, prema JUS U.J5.600 (tabela1)

$$k = \frac{1}{R_{uk}} = 0.76 \frac{W}{m^2 \cdot C} < 0.90 \frac{W}{m^2 \cdot C} = k_{max} \Rightarrow \text{uslov je zadovoljen}$$

$$\text{Toplotni fluks } q = k * \Delta t \rightarrow q = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q = k * \Delta t = 0.76 * (20 - (0)) = 15.2 \frac{W}{m^2}$$

$$q = k * \Delta t = \frac{1}{R_i} * \Delta t_i$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = q * R_i$$

$$\Delta t_2 = 15.2 * 0.17 = 2.58^\circ C$$

$$\Delta t_3 = 15.2 * 0.095 = 1.44^\circ C$$

$$\Delta t_4 = 15.2 * 0.021 = 0.32^\circ C$$

$$\Delta t_5 = 15.2 * 0.976 = 14.84^\circ C$$

$$\Delta t_6 = 15.2 * 0.00079 = 0.012^\circ C$$

$$\Delta t_7 = 15.2 * 0.043 = 0.65^\circ C$$

$$T_1 = 20 \text{ }^\circ C$$

$$T_2 = 20 - 2.58 = 17.42 \text{ }^\circ C$$

$$\begin{aligned}
T_3 &= 17.42 - 1.44 = 15.98 \text{ } ^\circ\text{C} \\
T_4 &= 15.98 - 0.32 = 15.66 \text{ } ^\circ\text{C} \\
T_5 &= 15.66 - 14.84 = 0.82 \text{ } ^\circ\text{C} \\
T_6 &= 0.82 - 0.012 = 0.81 \text{ } ^\circ\text{C} \\
T_7 &= -0.81 - 0.65 = -0.000 \text{ } ^\circ\text{C} \\
T_8 &= -0.000 - 0.000 = -0.000 \text{ } ^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Pritisak zasićenja vodene pare P' [Pa] izračunava se po obrascu:

$$P' = 610,6 * 10^{\frac{9,5t}{265,5+t}}, \text{ za } t < 0^\circ\text{C}$$

$$P' = 610,6 * 10^{\frac{7,5t}{237,5+t}}, \text{ za } t \geq 0^\circ\text{C}$$

ili se određuje na osnovu tabele 1. JUS U.J5.520. Obrazac se može primeniti za temperature u opsegu od -20°C do 40°C .

Parcijalni pritisak vodene pare P_p [Pa] određuje se obrascima:

$$P_i = \varphi_i * P_i' \text{ za unutrašnji vazduh}$$

$$P_e = \varphi_e * P_e' \text{ za spoljašnji vazduh}$$

$\varphi_i = 60\%$ relativna vlažnost unutrašnjeg vazduha

$\varphi_e = 90\%$ relativna vlažnost spoljašnjeg vazduha - JUS U.J5.600 (tabela 10), spoljašnja relativna vlažnost za II klimatsku zonu

$$P_i = \varphi_i * P_i' = 2335 * 0.6 = 1401 \text{ Pa}$$

$$P_e = \varphi_e * P_e' = 611 * 0.9 = 549.9 \text{ Pa}$$

Ostale vrednosti parcijalnog pritiska ne računamo preko obrasca, već vrednosti očitavamo sa dijagrama.

Ekvivalentna debljina r izračunava se iz sledeće relacije:

$$r_j = d_j * \mu_j \rightarrow r = [m] * [1] = [m]$$

$$r_3 = 0.02 * 15 = 0.30m$$

$$r_4 = 0.03 * 30 = 0.90m$$

$$r_5 = 0.04 * 40 = 1.6m$$

$$r_6 = r_5 = 6.3m$$

$$r_7 = 0.190 = 9m$$

$$\sum_{j=3}^7 r_j = r_3 + r_4 + r_5 + r_6 + r_7 = 18.1m$$

**Linije kod grafika se seku tako da dolazi do kondenzacije u podu
(moraju se preduzeti odgovarajuće mere da ne dodje do kondenzacije)**

III MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA

- Proračun koeficijenta prolaza toplote
- Proračun difuzije vodene pare

PROVOĐENJE TOPLOTE *JUS U.J5.510, JUS U.J5.600*

A proračun površinskih koeficijenata prolaza toplote za međuspratnu konstrukciju

B proračun toplotnih otpora i temperatura slojeva

br.	materijali	d [mm]	ρ [$\frac{kg}{m^3}$]	c [$\frac{J}{kg^{\circ}C}$]	λ [$\frac{W}{m^{\circ}C}$]	μ	g [$\frac{kg}{m^2}$]	R [$\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$]	ΔT [°C]	T [°C]
1.	unutrašnjost									20
2.	uza zid							0.1	1.54	18.46
3.	drvena lamperija	40	600	2090	0.14	70	24	0.286	4.41	14.05
4.	PVC folija (meko)	0.15	1200	960	0.19	42000	0.18	0.00079	0.012	14.038
5.	gips- karton ploča	9.5	900	840	0.21	12	8.55	0.0452	0.69	13.348
6.	mineralna vuna (tvrda)	80	200	840	0.041	1	16	1.951	30.104	-16.752
7.	Spoljašnjost							0.08	1.23	-18
								$R_{uk}=2.463$		

A. Izračunati površinski koeficijent prolaza toplote za međuspratnu konstrukciju u skladu sa JUS.U.J5 600, međuspratna konstrukcija se nalazi u Pristini – II klimatska zona.

$$g_j = d_j * \rho_j \rightarrow g = [m] * \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

$$g_3 = 0.04 * 600 = 24 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_4 = 0.00015 * 1200 = 0.18 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_5 = 0.0095 * 900 = 8.55 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_6 = 0.08 * 200 = 16 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Ukupni toplotni otpor } R_{uk} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_e \rightarrow R_{uk} = \left[\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad R_i = 0.10 \frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad R_e = 0.08 \frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$$

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

$$R_3 = \frac{0.04}{0.14} = 0.286 \frac{m^2 C}{W}$$

$$R_4 = \frac{0.00015}{0.19} = 0.00079 \frac{m^2 C}{W}$$

$$R_5 = \frac{0.0095}{0.21} = 0.0452 \frac{m^2 C}{W}$$

$$R_6 = \frac{0.08}{0.041} = 1.951 \frac{m^2 C}{W}$$

$$R_{uk} = R_i + \sum R_{3-8} + R_e$$

$$R_{uk} = 0.1 + 0.286 + 0.0010 + 0.0452 + 1.951 + 0.08$$

$$R_{uk} = 2.463 \frac{m^2 C}{W}$$

Maksimalne dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote $k_{max} = 0.8 \frac{W}{m^2 K}$ za meduspratnu konstrukciju u drugoj klimatskoj zoni, prema JUS U.J5.600 (tabela1)

$$k = \frac{1}{R_{uk}} = 0.406 \frac{W}{m^2 C} < 0.80 \frac{W}{m^2 C} = k_{max} \Rightarrow \text{uslov je zadovoljen}$$

B. Izračunati toplotne otpore i temperature slojeva za međuspratnu konstrukciju u skladu sa JUS.U.J5 600, međuspratna konstrukcija se nalazi u Pristini – II klimatska zona.

$$\text{Toplotni fluks } q = k * \Delta t \rightarrow q = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q = k * \Delta t = 0.406 * (20 - (-18)) = 15.43 \frac{W}{m^2}$$

$$q = k * \Delta t = \frac{1}{R_i} * \Delta t_i$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = q * R_i$$

$$\Delta t_2 = 15.43 * 0.10 = 1.54$$

$$\Delta t_3 = 15.43 * 0.286 = 4.41$$

$$\Delta t_4 = 15.43 * 0.00079 = 0.012$$

$$\Delta t_5 = 15.43 * 0.0452 = 0.69$$

$$\Delta t_6 = 15.43 * 1.951 = 30.104$$

$$\Delta t_7 = 15.43 * 0.08 = 1.234$$

$$T_1 = 20$$

$$T_2 = 20 - 1.54 = 18.46$$

$$T_3 = 18.46 - 4.41 = 14.05$$

$$T_4 = 14.05 - 0.012 = 14.038$$

$$T_5 = 14.038 - 0.69 = 13.348$$

$$T_6 = 13.348 - 30.104 = -16.756$$

$$T_7 = -16.756 - 1.234 = -18$$

DIFUZIJA VODENE PARE *JUS U.J5.520, JUS U.J5.600*

A. Proračun difuzije vodene pare u međuspratnoj konstrukciji – bez kondenzacije

br.	<i>materijali</i>	d [mm]	ρ [$\frac{kg}{m^3}$]	λ [$\frac{W}{m^{\circ}C}$]	μ	R [$\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$]	ΔT [°C]	T [°C]	P' (Pa)	P _p (Pa)	r (m)
1.	<i>unutrašnjost</i>							20	2335		
2.	<i>uza zid</i>					0.1	1.015	18.90	2181	1401	
3.	<i>drvena lamperija</i>	40	600	2090	70	0.286	2.90	16.08	1828	1087.5	2.8
4.	<i>PVC folija (meka)</i>	0.15	1200	960	42000	0.00079	0.0080	16.077	1828	382.3	6.3
5.	<i>gips- karton ploča</i>	9.5	900	840	12	0.0452	0.458	15.619	1770	369.9	0.11
6.	<i>mineralna vuna (tvrda)</i>	80	200	840	1	1.951	19.80	-4.181	433	361	0.08
7.	<i>Spoljašnjost</i>					0.08	0.81	-5	401		
						$R_{uk}=2.463$					

$$g_j = d_j \cdot \rho_j \rightarrow g = [m] \cdot \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

$$g_3 = 0.04 \cdot 600 = 24 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_4 = 0.00015 \cdot 1200 = 0.18 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_5 = 0.0095 \cdot 900 = 8.55 \frac{kg}{m^2}$$

$$g_6 = 0.08 \cdot 200 = 16 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Ukupni toplotni otpor } R_{uk} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_e \rightarrow R_{uk} = \left[\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad R_i = 0.10 \frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad R_e = 0.08 \frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W}$$

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

$$R_3 = \frac{0.04}{0.14} = 0.286 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_4 = \frac{0.00015}{0.19} = 0.00079 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_5 = \frac{0.0095}{0.21} = 0.0452 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_6 = \frac{0.08}{0.041} = 1.951 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

$$R_{uk} = R_i + \sum R_{3-8} + R_e$$

$$R_{uk} = 0.1 + 0.286 + 0.0010 + 0.0452 + 1.951 + 0.08$$

$$R_{uk} = 2.463 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

Maksimalne dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote $k_{max} = 0.8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ za međuspratnu konstrukciju u drugoj klimatskoj zoni, prema JUS U.J5.600 (tabela 1)

$$k = \frac{1}{R_{uk}} = 0.406 \frac{W}{m^2 \cdot C} < 0.80 \frac{W}{m^2 \cdot C} = k_{max} \Rightarrow \text{uslov je zadovoljen}$$

$$\text{Toplotni fluks } q = k \cdot \Delta t \rightarrow q = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q = k \cdot \Delta t = 0.406 \cdot (20 - (-5)) = 10.15 \frac{W}{m^2}$$

$$q = k \cdot \Delta t = \frac{1}{R_i} \cdot \Delta t_i$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = q \cdot R_i$$

$$\Delta t_2 = 10.15 \cdot 0.10 = 1.015^\circ C$$

$$\Delta t_3 = 10.15 \cdot 0.286 = 2.90^\circ C$$

$$\Delta t_4 = 10.15 \cdot 0.00079 = 0.0080^\circ C$$

$$\Delta t_5 = 10.15 \cdot 0.0452 = 0.458^\circ C$$

$$\Delta t_6 = 10.15 \cdot 1.951 = 19.80^\circ C$$

$$\Delta t_7 = 10.15 \cdot 0.08 = 0.81^\circ C$$

$$T_1 = 20^\circ C$$

$$T_2 = 20 - 1.015 = 18.98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 18.98 - 2.90 = 16.08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 16.08 - 0.0080 = 16.077 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 16.077 - 0.458 = 15.619 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_6 = 15.619 - 19.80 = -4.181 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_7 = -4.181 - 0.81 = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Pritisak zasićenja vodene pare P' [Pa] izračunava se po obrascu:

$$P' = 610,6 * 10^{\frac{9.5t}{265.5+t}}, \text{ za } t < 0^\circ\text{C}$$

$$P' = 610,6 * 10^{\frac{7.5t}{237.5+t}}, \text{ za } t \geq 0^\circ\text{C}$$

ili se određuje na osnovu JUS U.J5.520 (tabela 1). Obrazac se može primeniti za temperature u opsegu od -20°C do 40°C .

Parcijalni pritisak vodene pare P_p [Pa] određuje se obrascima:

$$P_i = \varphi_i * P'_i \text{ za unutrašnji vazduh}$$

$$P_e = \varphi_e * P'_e \text{ za spoljašnji vazduh}$$

$\varphi_i = 60\%$ relativna vlažnost unutrašnjeg vazduha

$\varphi_e = 90\%$ relativna vlažnost spoljašnjeg vazduha - JUS U.J5.600 (tabela 10), spoljašnja relativna vlažnost za II klimatsku zonu

$$P_i = \varphi_i * P'_i = 2335 * 0.6 = 1401 \text{ Pa}$$

$$P_e = \varphi_e * P'_e = 401 * 0.9 = 361 \text{ Pa}$$

Ostale vrednosti parcijalnog pritiska ne računamo preko obrasca, već vrednosti očitavamo sa dijagrama.

Ekvivalentna debljina r izračunava se iz sledeće relacije:

$$r_j = d_j * \mu_j \rightarrow r = [m] * [1] = [m]$$

$$r_3 = 0.04 * 70 = 2.8 \text{ m}$$

$$r_4 = 0.00015 * 42000 = 6.3 \text{ m}$$

$$r_5 = 0.0095 * 12 = 0.11 \text{ m}$$

$$r_6 = 0.08 * 1 = 0.08 \text{ m}$$

$$\sum_{j=3}^6 r_j = r_3 + r_4 + r_5 + r_6 = 9.29 \text{ m}$$

Gustina difuzionog protoka vodene pare (fluks vodene pare; maseni fluks) bez izdvajanja kondenzata izračunava se preko obrasca:

$$g_z = 0,67 * 10^{-6} * \frac{(P_i - P_e)}{\sum_{j=3}^6 r} \rightarrow g_z = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{h}} \right]$$

$$g_z = 0,67 * 10^{-6} * \frac{(1401 - 361)}{9,29} = 111,948 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{h}}$$

Linije kod grafika se ne seku tako da ne dolazi do kondenzacije u međuspratnoj konstrukciji

Literatura:

- **JUS U.J5.510**
Toplotna tehnika u građevinarstvu - metode proračuna koeficijenata prolaza toplote u zgradama, 1987.
- **JUS U.J5.520**
Toplotna tehnika u građevinarstvu - proračun difuzije vodene pare u zgradama, 1997.
- **JUS U.J5.530**
Toplotna tehnika u građevinarstvu - proračun faktora prigušenja i proračun kašnjenja oscilacija temperature kroz spoljašnje građevinske pregrade zgrada u letnjem razdoblju, 1997.
- **JUS U.J5.600**
Toplotna tehnika u građevinarstvu - tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada, 1998.
- **JUS U.J6.151**
Akustika u građevinarstvu – standardne vrednosti za ocenu zvučne izolacije, 1982.
- **JUS U.J6.201**
Akustika u građevinarstvu – tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada, 1982.
- Zbirka tehničkih propisa u građevinarstvu – knjiga 2, Građevinska knjiga, 1987.
- Pravilno i pogrešno, Karl Moric, Građevinska knjiga, 1975.