

Ministarstvo ekonomije CG & GTZ

Obuka lica za vršenje energetskih pregleda i sertifikovanje zgrada

Mašinski fakultet i Arhitektonski fakultet UCG

Podgorica, 02.03.2011.

ARHITEKTONSKI PARAMETRI EEZ – PRORAČUN KOEFICIJENTA PROLAZA
TOPLOTE “U” (“k”): PRIMJER PRORAČUNA I UPOREDNA ANALIZA METODE
JUS U.J5.510 I EN ISO 6946
[Arhitektura_2c]

Prof. dr Dušan Vuksanović, dipl.inž.arh.

Arhitektonski fakultet u Podgorici

Primjer proračuna koeficijenta prolaza toplote U (k) po JUS-u

Toplotna zaštita zgrada: primjer proračuna pojedinačnih konstrukcija (1)

1. FASADNI ZID

a) PRORAČUN KOEFICIJENTA PROLAZA TOPLOTE k I TOPLOTNOG OTPORA KONSTRUKCIJE R

Uslovi za proračun prema T.3 iz U. J5. 600 za spolj. zidove:

Građevinsko-klimatska zona: III

$$k = 0.80 \text{ W/m}^2\text{K} = k_{\max}$$

$$R = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\min}$$

$$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_i = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W} = 1/\alpha_i$$

$$\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_e = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W} = 1/\alpha_e$$

- **Ukupni toplotni otpor konstrukcije R_k i relativni otpori difuziji vodene pare r**

$$R_k = R_i + R_j + R_e; \quad R_j = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j}; \quad r_j = d_j \cdot \mu_j$$

	sloj	d (m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	μ (-)	r (m)
	α_i				0.13		
1	prod. malter	0.02	1700	0.850	0.0235	15	0.30
2	betonski blok	0.20	1400	0.560	0.3571	4	0.80
3	topl.izol. malter	0.04	600	0.190	0.2105	6	0.24
4	fasadni malter	0.02	1850	0.700	0.0286	15	0.30
	α_e				0.04		
	Σ	0.28			0.7897		1.64

Ukupni toplotni otpor konstrukcije: $R_k = 0.80 \text{ m}^2\text{K/W}$

- **Koeficijent prolaza toplote k :**

$$k = 1/R_k = 1.25 \text{ W/m}^2\text{K} > 0.80 \text{ W/m}^2\text{K} = k_{\max}$$

Toplotni otpor same konstrukcije:

$$R_j = 0.63 \text{ m}^2\text{K/W} < 1.08 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\min}$$

- Koeficijent prolaza toplote k veći je od najvećeg dozvoljenog k_{\max} . Toplotni otpor same konstrukcije R manji je od najmanjeg dozv. R_{\min} .

⇒ **Prema zahtjevima JUS-a U.J5.600 za k i R :
KONSTRUKCIJA NE ZADOVOLJAVA.**

Toplotna zaštita zgrada: primjer proračuna pojedinačnih konstrukcija (2)

- b) PRORAČUN TEMPERATURA GRANIČNIH POVRŠINA v_i
I TEMPERATURE TAČKE ROSE t_r

Projektni temperaturski uslovi:

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

$$t_e = -21^\circ\text{C}$$

Prosječna temperaturska razlika za zimsko razdoblje:

$$\Delta t = t_i - t_e = 41^\circ\text{C}$$

Prosječni toplotni fluks za zimsko razdoblje:

$$q_{\text{zim}} = \frac{\Delta t}{R_k} = 51.25 \text{ W/m}^2$$

- Pad temperature po slojevima i vrijednosti temperature na graničnim površinama slojeva:

$$\Delta t_i = q_{\text{zim}} \cdot R_{i1} = \frac{\Delta t}{R_k} \cdot R_{i1}; \quad v_1 = v_i - \Delta t_1, \dots$$

	$t_i = 20.00^\circ\text{C}$
$\Delta t_1 = 6.66^\circ\text{C}$	$v_1 = 13.34^\circ\text{C}$
$\Delta t_2 = 1.20^\circ\text{C}$	$v_2 = 12.14^\circ\text{C}$
$\Delta t_3 = 18.30^\circ\text{C}$	$v_3 = -6.81^\circ\text{C}$
$\Delta t_4 = 10.79^\circ\text{C}$	$v_4 = -16.95^\circ\text{C}$
$\Delta t_5 = 1.47^\circ\text{C}$	$v_5 = -18.42^\circ\text{C}$
$\Delta t_6 = 2.05^\circ\text{C}$	$v_6 = -20.47^\circ\text{C}$
	$t_e = -21.00^\circ\text{C}$

- ⇒ Razlika između temperature unutrašnjeg vazduha ($t_i=20.00^\circ\text{C}$) i temperature unutrašnje površine konstrukcije ($v_1=13.34^\circ\text{C}$) **veća je od 3°C** ($t_i - v_1=6.66^\circ\text{C}$) - **NE zadovoljava fiziološki kriterijum.**

- Temperatura tačke rose:

$$\text{za } \begin{cases} t_i = 20^\circ\text{C} \\ \phi = 55\% \end{cases} t_r = 10.7^\circ\text{C} < 13.34^\circ\text{C} = v_1$$

- ⇒ Temperatura unutrašnje površine konstrukcije ($v_1 = 13.34^\circ\text{C}$) viša je od temperature tačke rose ($t_r = 10.7^\circ\text{C}$) - **ne dolazi do površinske kondenzacije.**

Uporedna analiza metoda proračuna po JUS-u i EN ISO 6946

Proračun koeficijenta (k) primjenom standarda JUS U.J5.510

Oznake veličina i jedinice:

k – koeficijent prolaza toplote	$W/(m^2 \cdot K)$
d – debljina homogene građevinske konstrukcije	m
Δt_j – razlika temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru unutar zgrade i prema prostoru izvan zgrade	$^{\circ}C$
U_i – temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru unutar zgrade	$^{\circ}C$
U_e – temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru izvan zgrade	$^{\circ}C$
α_i – koeficijent prelaza toplote koji se odnosi na površinu prema prostoru unutar zgrade	$W/(m^2 \cdot K)$
α_e – koeficijent prelaza toplote koji se odnosi na površinu prema prostoru izvan zgrade	$W/(m^2 \cdot K)$
λ – koeficijent toplotne provodljivosti materijala	$W/(m \cdot K)$
R_k – ukupni toplotni otpor homogene građevinske konstrukcije	$m^2 \cdot K/W$
R_i – toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru unutar zgrade	$m^2 \cdot K/W$
R_e – toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru izvan zgrade	$m^2 \cdot K/W$
R – toplotni otpor građevinske konstrukcije bez toplotnih otpora R_i and R_e	$m^2 \cdot K/W$

10. KROVNE KONSTRUKCIJE (KK2)

a) PRORAČUN KOEFICIENTA **k** PREMA U.J5.600 ZA KOSE KROVOVE:

Građevinsko-klimatska zona: **II**

$$k = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K} = k_{\max}$$

$$R = 1,37 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\min}$$

$$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} = 1/\alpha_i$$

$$\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} = 1/\alpha_e$$

Ukupni toplotni otpor konstrukcije R_k

$$R_k = R_i + \Sigma R + R_e$$

	SLOJ	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	$\alpha_i=8$	-	-	0,13
2	gips kartonske ploče	0,012	0,21	0,05714
3	rešetkasti nosač	>0,30	-	-
4	metalna podkonstrukcija	0,05		
5	čelični lim	0,0006	58,5	0,00001
6	mineralna vuna	0,1200	0,041	2,927
7	čelični lim	0,0006	58,5	0,00001
8	$\alpha_e=23$	-	-	0,040
	Σ	0,183		3,154

Ukupni toplotni otpor konstrukcije: $R_k = 3,154 \text{ m}^2\text{K/W}$

Koeficient prolaza toplote k:

$$k = 1/R_k = 0.317 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,65 \text{ W/m}^2\text{K} = k_{\max}$$

Toplotni otpor same konstrukcije:

$$R_j = 2.984 \text{ m}^2\text{K/W} > 1.37 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\min}$$

Koeficijent prolaza toplote **k manji je** od najvećeg dozvoljenog **k_{max}**. Toplotni otpor same konstrukcije **R** veći je od najmanjeg dozvoljenog **R_{min}**.

Prema zahtjevima JUS-a U.J5.600 za k i R:
KONSTRUKCIJA ZADOVOLJAVA.

Proračun koeficijenta $U(k)$ primjenom standarda EN ISO 6946

Oznake veličina i jedinice:

U – koeficijent prolaza toplote	$W/(m^2 \cdot K)$
A – površina	m^2
d – debljina homogene građevinske konstrukcije	m
Δt_j – razlika temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru unutar zgrade i prema prostoru izvan zgrade	$^{\circ}C$
U_i – temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru unutar zgrade	$^{\circ}C$
U_e – temperatura granične površine građevinske konstrukcije prema prostoru izvan zgrade	$^{\circ}C$
h – površinski koeficijent prolaza toplote	$W/(m^2 \cdot K)$
λ – koeficijent toplotne provodljivosti materijala	$W/(m \cdot K)$
R_g – toplotni otpor sloja vazduha	$m^2 \cdot K/W$
R_k – ukupni toplotni otpor homogene građevinske konstrukcije	$m^2 \cdot K/W$
R_{si} – toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru unutar zgrade	$m^2 \cdot K/W$
R_{se} – toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru izvan zgrade	$m^2 \cdot K/W$
R'_T – gornja granica ukupne toplotne otpornosti	$m^2 \cdot K/W$
R''_T – donja granica ukupne toplotne otpornosti	$m^2 \cdot K/W$
R_T – toplotni otpor građevinske konstrukcije bez toplotnih otpora R_i and R_e	$m^2 \cdot K/W$

Proračun koeficijenta $U(k)$ primjenom standarda EN ISO 6946

PRORAČUN KOEFICIJENTA PROLAZA TOPLOTE U prema EN ISO 6946

EN ISO 6946 Građevinske konstrukcije i djelovi građevinskih konstrukcija zgrada -- Toplotni otpor i koeficijent prolaza toplote -- Metoda proračuna (ISO 6946:1996/DAmD 2:2003; EN ISO 6946:1996/prA2:2003). [Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method \(ISO 6946:1996/DAmD 2:2003; EN ISO 6946:1996/prA2:2003\)](#)

• Metoda proračuna

- Izračunavanje toplotnog otpora R svakog toplotno homogenog sloja;
 - Sabiranjem dobijenih vrijednosti toplotnih otpora pojedinačnih homogenih slojeva konstrukcije, uključujući i vrijednosti površinskih toplotnih otpora (prema JUS-u koeficijent α).
- Vrijednosti površinskih otpora i otpora sloja vazduha definisane su EN ISO 6946 normama.

Proračun koeficijenta U(k) primjenom standarda EN ISO 6946

- **Toplotni otpor** homogenog sloja:

$$R = d/\lambda$$

- ukupan toplotni otpor koji se sastoji od homogenih slojeva i površinskih toplotnih otpora:

$$R_T = R_{SI} + R_1 + R_2 + \dots + R_{SE}$$

gdje su:

$R_1, R_2, R_2 \dots$ toplotni otpori pojedinačnih slojeva

$R_{SI}, R_{se} \dots$ površinski toplotni otpori

- ukupan toplotni otpor koji se sastoji od homogenih i nehomogenih slojeva dat je izrazom:

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2$$

gdje je:

R'_T – gornja granica ukupnog toplotnog otpora, koja se računa u skladu sa tačkom 6.2.3 (EN ISO 6946);

R''_T – donja granica ukupnog toplotnog otpora, koja se računa u skladu sa tačkom 6.2.4 (EN ISO 6946);

Proračun koeficijenta U(k) primjenom norme EN ISO 6946

Koeficijent prolaza toplote se računa prema izrazu:

$$U = 1/R_T$$

Ukoliko je potrebno izvršiti korekciju koef. prolaza toplote, to se radi u skladu sa Aneksom D, EN ISO 6946, koji prikazuje korekcije koeficijenta prolaza toplote (zbog uticaja vazdušnih šupljina u sloju toplotne izolacije, mehaničkih spojnica i za obrnute krovove).

Korigovana vrijednost koef. prolaza toplote se računa prema izrazu:

$$U_c = U + \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta u_g + \Delta u_f + \Delta u_r$$

gdje su

ΔU_g – korekcije zbog uticaja vazdušnih šupljina u skladu sa tačkom (D.2);

ΔU_f - korekcije zbog uticaja mehaničkih spojnica u skladu sa tačkom (D.3);

ΔU_r – korekcije usled uticaja obrnutih krovova (D.4);

Ove korekcije će se primijeniti ukoliko je njihova vrijednost veća od 3% od vrijednosti kef. prolaza toplote.

$$\Delta U > 3\%U$$

10. KROVNE KONSTRUKCIJE (KK2)

PRORAČUN KOEFICIENTA **U** PREMA EN ISO ZA KROVNE KONSTRUKCIJE:

Građevinsko-klimatska zona: **II**

$$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K} = k_{\max}$$

$$R = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\min}$$

$$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W} = 1/\alpha_i$$

$$\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} = 1/\alpha_e$$

Ukupni toplotni otpor konstrukcije R_T

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

	SLOJ	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	$\alpha_i=8$	-	-	0,1
2	gips kartonske ploče	0,012	0,21	0,05714
3	rešetkasti nosač	>0,30	-	-
4	metalna podkonstrukcija	0,05		
5	čelični lim	0,0006	58,5	0,00001
6	mineralna vuna	0,1200	0,041	2,927
7	čelični lim	0,0006	58,5	0,00001
8	$\alpha_e=23$	-	-	0,040
	\sum	0,183		3,124

Ukupni toplotni otpor konstrukcije: $R_k = 3,124 \text{ m}^2\text{K/W}$

Koeficijent prolaza toplote U :

$$U = 1/R_T = 0.317 \text{ W/m}^2\text{K} > 0,30 \text{ W/m}^2\text{K} = U_{\max}$$

Toplotni otpor same konstrukcije:

$$R_j = 2.984 \text{ m}^2\text{K/W} > 2,5 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{\min}$$

Koeficijent prolaza toplote **U veći je** od najvećeg dozvoljenog U_{\max} . Toplotni otpor same konstrukcije **R veći je** od najmanjeg dozvoljenog R_{\min} .

Prema zahtjevima EN ISO 6946 za U i R:
KONSTRUKCIJA **NE ZADOVOLJAVA.**

Razlike u proračunu koeficijenta prolaza toplote između EN ISO 6946 i JUS-a U.J5.510

- Ne postoje značajnije razlike u metodologiji proračuna koef. prolaza toplote između EN ISO i JUS standarda. Razlikuju se oznake nekih veličina.
- Pored toga EU standardi koriste korekcije za prolaz toplote. Ove korekcije se koriste u završnoj fazi proračuna, u slučaju kada njihova vrijednost predstavlja više od 3% od vrijednosti U koeficijenta.
- Najznačajnija razlika između ove dvije metode odnosi se na zahtjeve u pogledu max dozv. vrijednosti koef. prolaza toplote i minimalne vrijednosti toplotnog otpora konstrukcije. U tom pogledu EN ISO standardi su znatno rigorozniji.