

**JUGOSLOVENSKI
STANDARD**SA OBAVEZNOM
PRIMENOM
od 1987-12-23**Toplotna tehnika u građevinarstvu
METODE PRORAČUNA KOEFICIJENTA PROLAZA
TOPLOTE U ZGRADAMA****J U S**
U.J5.510
1987.

Pravilnik br. 07-93/234 od 1987-10-07; Službeni list SFRJ, br. 69/87.

*Heat in civil engineering. Coefficient of heat transfer in buildings**Ovaj standard je nastao revizijom standarda JUS U.J5.510 iz 1980. godine.**Napomene u ovom standardu imaju samo informativni karakter i neobavezne su.***S A D R Ž A J**

	Strana
1 Predmet standarda	1
2 Metode proračuna koeficijenta prolaza toplote k	1
3 Koeficijent prolaza toplote građevinskih konstrukcija u kontaktu sa tlom	27
4 Metode proračuna srednjeg koeficijenta prolaza toplote k_m	35

1 Predmet standarda

Ovim standardom se utvrđuju metode za proračun koeficijenta prolaza toplote k građevinskih konstrukcija zgrada pri stacionarnom prolazu toplote.

2 Metode proračuna koeficijenta prolaza toplote k **2.1 Homogena građevinska konstrukcija**

Homogena građevinska konstrukcija u smislu ovog standarda je konstrukcija koja se sastoji samo od jedne vrste materijala i u kojoj su spoljašnja i unutrašnja površina konstrukcije međusobno paralelne.

Koeficijent prolaza toplote k homogene građevinske konstrukcije dat je izrazom:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (1)$$

kako je: $\frac{1}{k} = R_k$, to je

$$R_k = R_i + R + R_e \quad (2)$$

gde je:

k — koeficijent prolaza toplote, u $W/(m^2 \cdot K)$,

α_i — koeficijent prelaza toplote koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru unutar zgrade, u $W/(m^2 \cdot K)$,

α_e — koeficijent prelaza toplote koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru izvan zgrade, u $W/(m^2 \cdot K)$,

- d — debljina homogene građevinske konstrukcije, u m,
 λ — koeficijent toplotne provodljivosti materijala posmatrane građevinske konstrukcije, u W/(m · K),
 R_k — ukupni toplotni otpor posmatrane homogene građevinske konstrukcije, u (m² · K)/W,
 R_i — toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru unutar zgrade, u (m² · K)/W,
 R_e — toplotni otpor koji se odnosi na graničnu površinu prema prostoru izvan zgrade, u (m² · K)/W,
 R — toplotni otpor same građevinske konstrukcije bez toplotnih otpora R_i i R_e , u (m² · K)/W.

2.2 Građevinska konstrukcija sastavljena od više homogenih slojeva

Koeficijent prolaza toplote k građevinske konstrukcije sastavljene od n homogenih slojeva dat je izrazom:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (3)$$

a ukupni toplotni otpor je:

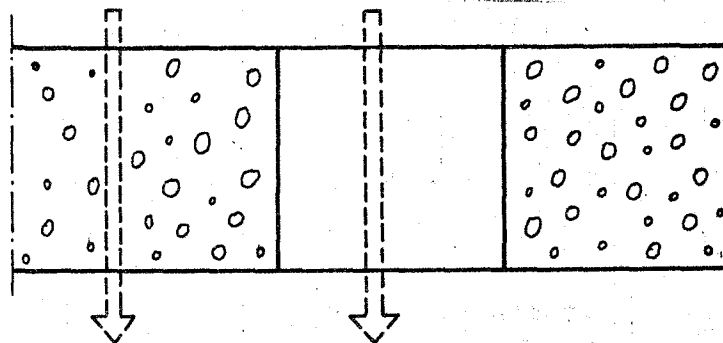
$$R_k = R_i + \sum R_j + R_e \quad (4)$$

gde je:

- d_j — debljina j -tog sloja građevinske konstrukcije, u m,
 λ_j — koeficijent toplotne provodljivosti materijala j -tog sloja posmatrane građevinske konstrukcije, u W/(m · K),
 R_j — toplotni otpor j -tog sloja posmatrane građevinske konstrukcije, u (m² · K)/W.

2.3 Građevinska konstrukcija jednostavne heterogenosti

Građevinska konstrukcija jednostavne heterogenosti u smislu ovog standarda je konstrukcija sastava kao na slici 1 (npr. zid od armiranobetonskog skeleta s ispunom od lakog betona).



Slika 1 — Građevinska konstrukcija jednostavne heterogenosti

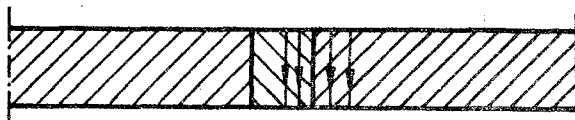
Izrazi u t. 2.1 i 2.2 primenjuju se za svaki homogeni deo ove građevinske konstrukcije. Srednji koeficijent prolaza toplote k čitave posmatrane građevinske konstrukcije dat je izrazom:

$$k = \frac{\sum A_j k_j}{\sum A_j} \quad (5)$$

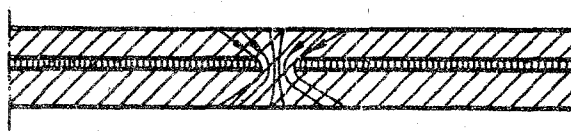
U ovom izrazu k_j je koeficijent prolaza toplote j -tog homogenog dela građevinske konstrukcije površine A_j .

Jedan zid ima jednostavnu heterogenost ako je:

- heterogeni deo tačno definisan i ograničen sa dve ravni upravne na površinu kroz koju prolazi toplota,
- sastav građevinske konstrukcije takav da ne postoji veći bočni protok toplote između heterogenog dela i ostatka građevinske konstrukcije. Slučaj je prikazan na slici 2. Suprotan primer je prikazan na slici 3.



Slika 2 — Građevinska konstrukcija jednostavne heterogenosti bez većeg bočnog protoka toplote



Slika 3 — Građevinska konstrukcija složene heterogenosti sa većim bočnim protokom toplote

2.4 Građevinska konstrukcija složene heterogenosti

Specifični gubici usled prolaza toplote kroz građevinske konstrukcije složene heterogenosti za razliku temperatura od 1 K dati su formulom:

$$k \cdot A = \sum_{j=1}^n (k_j A_j) + \sum_{j=1}^m (k_{Lj} \cdot L_j) \dots \dots \dots \text{W/K} \quad (6)$$

gde je:

k_j — koeficijent prolaza toplote, u $\text{W/m}^2 \text{ K}$, proračunat prema jednačini (1) ili (3),

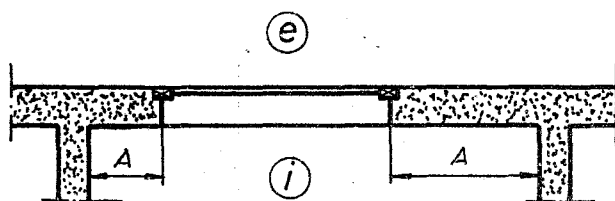
A_j — unutrašnja površina zida, u m^2 ,

k_{Lj} — koeficijent linijskog prolaza toplote j -te veze, u $\text{W/m} \cdot \text{K}$,

L_j — unutrašnja dužina j -te veze, u m.

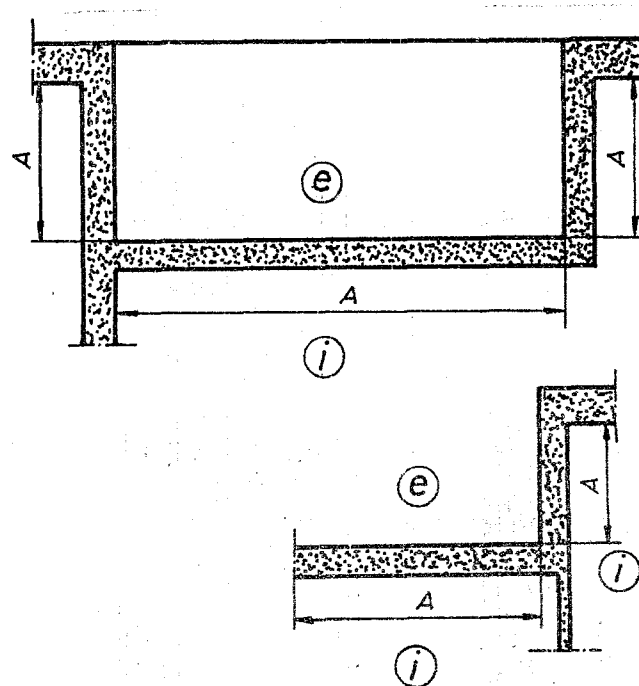
Napomena: Unutrašnja površina A određuje se kod grananja ili tupih uglova prema slikama 4 i 5.

U račun se uzimaju samo delovi zida koji imaju dva lica, spoljašnje i unutrašnje.



(e) — spolja
(i) — unutra

Slika 4 — Primer ravnog zida



Slika 5 — Primeri zida sa uglovima

2.4.1 Koeficijent prolaza toplote heterogene građevinske konstrukcije

Koeficijent prolaza toplote heterogene građevinske konstrukcije je jednak specifičnim gubicima toplote

usled prolaza kroz građevinsku konstrukciju (kA) datom jednačinom (6) podeljenom unutrašnjom površinom zida (ΣA). On mora zadovoljiti zahteve standarda JUS U.J5.600.

$$k = \frac{\sum^n (k_j A_j) + \sum^m (k_{Lj} L_j)}{\sum^n A_j} \quad (\text{W/m}^2 \text{ K}) \quad (7)$$

2.4.2 Konstrukcije koje imaju u sastavu vazdušni sloj

Izmena vazduha u sloju je okarakterisana:

- za vertikalne građevinske konstrukcije, odnosom ukupnog preseka otvora za ventilaciju (s), izraženog u m^2 , prema dužini građevinske konstrukcije (L), izraženoj u m ;
- za horizontalne građevinske konstrukcije, odnosom ukupnog preseka otvora za ventilaciju (s), izraženog u m^2 , prema površini građevinske konstrukcije (A), izraženoj u m^2 .

2.4.2.1 Sasvim slabo ventilisane građevinske konstrukcije

- $s/L < 0,002 \text{ m}^2/\text{m}$ za vertikalne građevinske konstrukcije,
- $s/A < 0,0003 \text{ m}^2/\text{m}^2$ za horizontalne građevinske konstrukcije.

U oba slučaja računa se sa vazdušnim slojem u mirovanju.

Za toplotni otpor vazdušnog sloja u jednačinama (2) ili (4) uzimaju se vrednosti date u standardu JUS U.J5.600 (tabela 11).

2.4.2.2 Slabo ventilisane građevinske konstrukcije

- $0,002 \leq s/L < 0,05 \text{ m}^2/\text{m}$ za vertikalne građevinske konstrukcije,
- $0,0003 \leq s/A < 0,003 \text{ m}^2/\text{m}^2$ za horizontalne građevinske konstrukcije.

Koeficijent k ovih građevinskih konstrukcija izračunava se prema jednačini:

$$k = k_1 + h (k_2 - k_1) \quad (\text{W/m}^2 \text{ K}) \quad (8)$$

U ovoj jednačini je:

- k_1 – koeficijent prolaza toplote izračunat sa jednačinama (2) ili (4) i prema zahtevima t. 2.4.2.1
- k_2 – koeficijent prolaza toplote izračunat jednačinom (10) datom u t. 2.4.3,
- h – veličina čije su vrednosti sledeće.

U slučaju vertikalnih građevinskih konstrukcija, h ima vrednosti date u tabeli 1, u funkciji odnosa s/L i R_2/R_1 .

R_2 i R_1 su:

- R_2 – toplotni otpor spoljnjeg dela građevinske konstrukcije,
- R_1 – toplotni otpor unutrašnjeg dela građevinske konstrukcije.

Pretpostavlja se da su preseki nizova ulaznih i izlaznih otvora jednaki ili približno jednaki i da rastojanje između ova dva niza otvora ne prevazilazi spratnu visinu.

U slučaju horizontalnih građevinskih konstrukcija $h = 0,4$.

Tabela 1 – Vrednosti za h

R_2/R_1	$h \text{ (m}^2/\text{m)}$	
	$0,002 \leq s/L < 0,02$	$0,02 \leq s/L < 0,05$
$R_2/R_1 < 0,1$	0,1	0,25
$0,1 \leq R_2/R_1 < 0,6$	0,2	0,45
$0,6 \leq R_2/R_1 < 1,2$	0,3	0,6

2.4.2.3 Dobro ventilisane građevinske konstrukcije

- $s/L \geq 0,05 \text{ m}^2/\text{m}$ za vertikalne građevinske konstrukcije,
- $s/A \geq 0,003 \text{ m}^2/\text{m}^2$ za horizontalne građevinske konstrukcije.

Obračunava se tako što se spoljašnji deo građevinske konstrukcije ne uzima u obzir.

Ukupni otpor prolazu toplote izračunava se prema jednačini:

$$R_k = \frac{1}{k} = R_i + R_1 + R'_i \quad (\text{m}^2 \text{ K/W}) \quad (9)$$

gde je:

- R'_i – toplotni otpor prolazu toplote vazduha međusloja.

Zbir toplotnih otpora prolazu toplote ima sledeće vrednosti:

- vertikalne građevinske konstrukcije (zidovi):

$$R_i + R'_i = 0,22 \quad (\text{m}^2 \text{ K/W})$$

- horizontalne građevinske konstrukcije:

- za uzlazni toplotni tok (krovovi)

$$R_i + R'_i = 0,18 \quad (\text{m}^2 \text{ K/W})$$

- za silazni toplotni tok (podovi)

$$R_i + R'_i = 0,34 \quad (\text{m}^2 \text{ K/W})$$

2.4.3 Zakloni (ekrani)

Ako spoljni deo građevinske konstrukcije predstavlja ekran (zaklon) postavljen na izvesnom rastojanju, a vazdušni međuprostor je potpuno otvoren najmanje sa dve strane, npr. slučaj brisoleja, spoljna sredina se više ne smatra kao miran vazduh i primenjuje se jednačina:

$$R_k = \frac{1}{k} = R_i + R_1 + R_e \quad (\text{m}^2 \text{ K/W}) \quad (10)$$

Zbir otpora prolazu toplote ima ovde sledeće vrednosti:

- vertikalne građevinske konstrukcije (zidovi):

$$R_i + R_e = 0,17 \quad (\text{m}^2 \text{ K/W})$$

- horizontalne građevinske konstrukcije

- za uzlazni toplotni tok (krovovi):

$$R_i + R_e = 0,17 \quad (\text{m}^2 \text{ K/W})$$

- za silazni toplotni tok (podovi):

$$R_i + R_e = 0,21 \quad (\text{m}^2 \text{ K/W})$$

2.4.4 Koeficijent prolaza toplote za specifične heterogene građevinske konstrukcije

2.4.4.1 Lake građevinske konstrukcije sa oblogama i armaturom sa ili bez prekida izolacije

Koeficijent prolaza toplote k ovih građevinskih konstrukcija dat je jednačinom:

$$k = k_o + k_L \frac{L}{A} \quad (\text{W/m}^2 \text{ K}) \quad (11)$$

gde je:

k_o – koeficijent prolaza toplote u osnovnom delu izračunat prema jednačinama 1 i 3,

k_L – koeficijent linijskog prolaza toplote obloge,

L – dužina obloge prema slikama 6, 7 i 8, izražena u m,

A – površina građevinske konstrukcije 2, izražena u m^2 .

Kada građevinske konstrukcije nemaju identičnu oblogu po celom svom obimu, npr. kad su donje veze drukčije od ostatka okvira, jednačina (11) glasi:

$$k = k_o + \frac{\Sigma(k_L \cdot L)}{A} \quad (12)$$

gde je:

$\Sigma(k_L \cdot L)$ — suma proizvoda koeficijenta k_L svake obloge i njene dužine L .

Napomena: Pošto postoji velika raznolikost oblika i sastava obloga, naročito ako postoje izolujući prekid, proračun koeficijenta k_L je kompleksan. Ovaj račun normalno nije potreban, jer se vrednost koeficijenta k dobija na osnovu merenja. Niže predstavljena metoda je u osnovi namenjena za studije koncepcija građevinskih konstrukcija.

Toplotni otpor R_L dat je jednačinom:

$$R_L = \frac{1}{\alpha_i (l + \Delta l_i)} + \frac{R_a}{l} + \frac{1}{\alpha_e (l + \Delta l_e)} \quad (\text{m K/W}) \quad (13)$$

gde je:

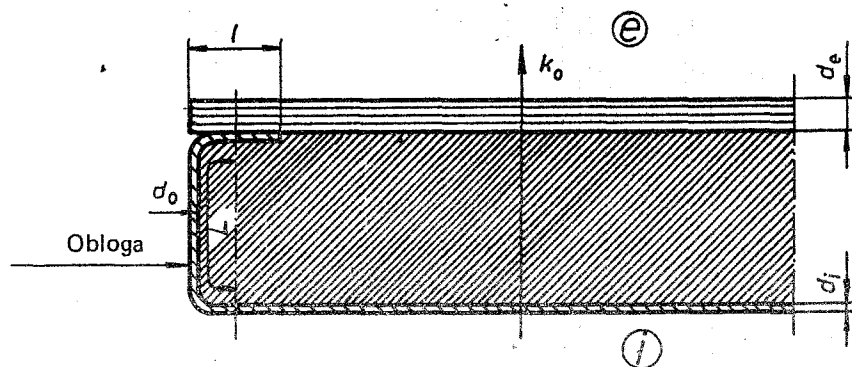
- l — širina obloge (izražena u m), prema slikama 6, 7 i 8;
- R_a — toplotni otpor obloge i njenog eventualnog izolujućeg prekida;
- Δl_i i Δl_e — povećanje širine obloge.

(Ne postoji jednostavni izraz za R_a .) Za uobičajene oblike, kao što su na slikama 6, 7 i 8, R_a je dato jednačinom:

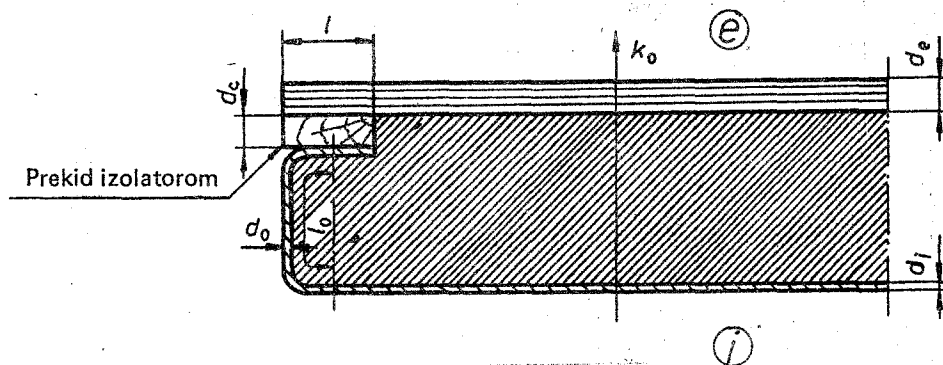
$$R_a = l \cdot \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{d_{c_j}}{\lambda_{c_j} \cdot l} \right) + \frac{l_o}{d_o \cdot \lambda_o} \right] \quad (14)$$

gde je:

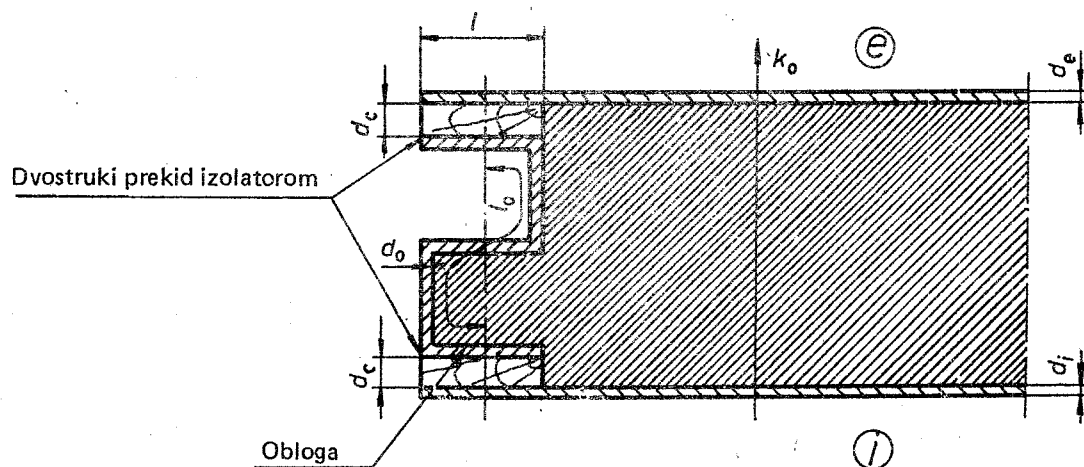
- n — broj termičkih prekida;
- d_c — debljina, izražena u m;
- λ — toplotna provodljivost termičkog prekida, ako on postoji;
- l_o, d_o, λ_o — širina, debljina, izražene u metrima, i toplotna provodljivost obloge; l_o se računa počev od ose obloge kako to pokazuju sl. 6, 7 i 8;



Slika 6 — Laka građevinska konstrukcija sa oblogom bez prekida izolacije



Slika 7 — Jedan prekid izolacije



Slika 8 – Dva prekida izolacije

$\Delta l_i, \Delta l_e$ – fiktivna uvećanja dužine obloge, zbog provodljivosti obloge, iznutra i spolja.

Njihove vrednosti su date u tabeli 2 u funkciji od vrste i debljine obloge, od R_a i k_o .

Za materijale koji nisu u tabeli 2, Δl se može izračunati iz jednačine:

(15)

$$\Delta l = \gamma \sqrt{d \cdot \lambda}$$

gde je:

– d i λ – debljina i toplotna provodljivost obloge,

– γ – koeficijent čija je vrednost data u funkciji proizvoda $d\lambda, R_a$ i k_o u tabeli 3.

Gornja metoda proračuna primenjuje se ako je R_a manje od $0,20 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Za veće vrednosti bočni protoci toplote su dovoljno slabi, pa se može koristiti jednačina (5) data u t. 2.3.

Tabela 2 – Vrednosti za Δl_i i Δl_e

Mere u mm

Materijal obloge	Debljina obloge mm	Toplotni otpor obloge R_a , u $\text{m}^2 \cdot \text{K/w}$					
		$R_a \leq 0,01$			$0,01 < R_a \leq 0,20$		
		Koeficijent k u osnovnom delu (k_0), u $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$					
		0,35 do 0,54	0,55 do 0,84	0,85 do 1,05	0,35 do 0,54	0,55 do 0,84	0,85 do 1,05
Čelik	0,6	0,040	0,040	0,035	0,035	0,030	0,030
	0,8	0,050	0,045	0,040	0,040	0,035	0,035
	1,0	0,055	0,050	0,045	0,045	0,040	0,040
	1,2	0,060	0,055	0,055	0,050	0,045	0,040
Aluminijum	1,0	0,105	0,095	0,085	0,095	0,080	0,075
	1,2	0,115	0,100	0,090	0,100	0,090	0,080
	1,5	0,125	0,110	0,095	0,115	0,095	0,090
	2,0	0,145	0,120	0,110	0,130	0,110	0,100
Staklo	6	0,020	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	8	0,020	0,020	0,020	0,020	0,015	0,015
Azbest-cementne ploče	3 do 3,5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	6 do 7	0,020	0,015	0,015	0,015	0,015	0,010
Gips-kartonske ploče	10	0,015	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010
	12,5	0,015	0,015	0,015	0,015	0,010	0,010
	15	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,010

Ove vrednosti se odnose na vertikalne građevinske konstrukcije ili građevinske konstrukcije koje čine sa horizontalom ugao veći od 60° . U ostalim slučajevima se smanjuju za 10%.

Tabela 3 – Vrednosti za γ

Bočna provodljivost obloge ($d\lambda$), u W/K	Toplotni otpor obloge R_a , u $m^2 \cdot K/w$					
	$R_a \leq 0,01$			$0,01 < r \leq 0,20$		
	Koeficijent k osnovnog dela (k_0), u $W/m^2 \cdot K$					
	0,35 do 0,54	0,55 do 0,84	0,85 do 1,05	0,35 do 0,54	0,55 do 0,84	0,85 do 1,05
Manje od 0,15	0,24	0,22	0,20	0,20	0,18	0,17
od 0,15 do 0,30	0,22	0,195	0,175	0,195	0,17	0,155
od 0,31 do 0,50	0,21	0,185	0,165	0,19	0,165	0,15

Ove vrednosti odnose se na vertikalne građevinske konstrukcije ili građevinske konstrukcije koje čine sa horizontalom ugao veći od 60° . U ostalim slučajevima se smanjuju za 10%.

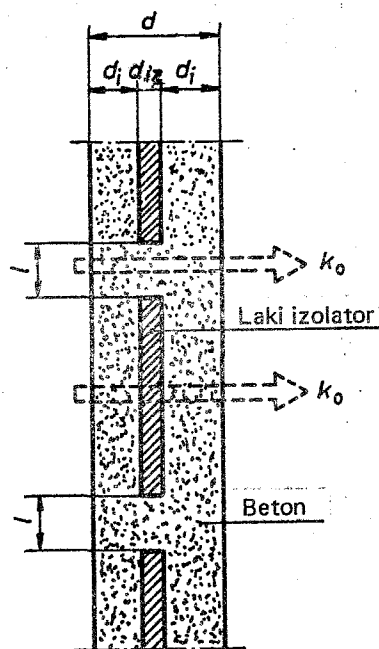
2.4.4.2 Sendvič građevinske konstrukcije

Ove konstrukcije su sastavljene od dva betonska platna razdvojena umetkom od lakog toplotnog izolatora.

Betonska platna mogu biti povezana:

- sa kontinualnim betonskim rebrom (sl. 9),
- sa betonskim čepovima,
- sa metalnim vezama.

Više tipova veza može se koristiti u istoj građevinskoj konstrukciji.



Slika 9 – Građevinska konstrukcija sa kontinualnim betonskim rebrom

Srednji koeficijent prolaza toplote ovih građevinskih konstrukcija dat je jednačinom:

$$k = \frac{\Sigma(k_o A_o) + \Sigma(k_L L) + \Sigma(k_t n)}{A} \quad (\text{W/m}^2 \text{ K}) \quad (16)$$

Prvi član brojitelja odgovara izolovanim delovima zida, drugi odgovara kontinuiranim betonskim rebrima, treći tačkastim vezama od betona ili čelika.

U jednačini je:

A — unutrašnja površina zida,

k_o — koeficijent prolaza toplote izolovanih delova, računatih prema jednačini (1) ili (3),

A_o — površina tih delova,

k_L — koeficijent linijskog prolaza toplote kontinuiranih rebara od betona,

L — dužina ovih veza,

k_t — koeficijent tačkastog prolaza toplote čepova od betona ili metalnih veza,

n — broj čepova ili veza.

a) Koeficijent linijskog prolaza toplote kontinuiranih betonskih rebara je dat jednačinom:

$$k_L = k_n \cdot l + (k_n - k_o) \cdot x \quad (\text{W/m K}) \quad (17)$$

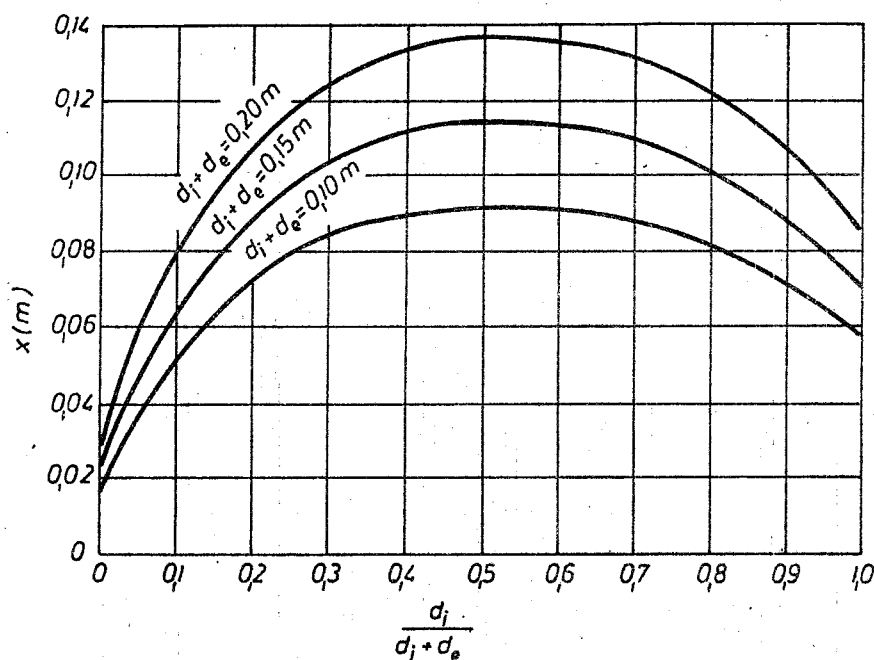
gde je:

k_n — koeficijent prolaza toplote kroz kontinuirana betonska rebra proračunata prema jednačini 1,

l — širina ovih rebara,

k_o — koeficijent prolaza toplote kroz izolovani deo; ako debljina izolacije nije ista sa svake strane rebra, k_o je jednak aritmetičkoj sredini ovih vrednosti,

x — podatak iz dijagrama iz slike 10 u funkciji ukupne debljine dva platna od betona ($d_i + d_e$) i odnosa $d_i / (d_i + d_e)$. Za ivična rebra x je jednako polovini vrednosti dato u dijagramu.



Slika 10 — Vrednost veličine x za proračun k_L

b) Vrednosti koeficijenta tačkastog prolaza toplote za čepove od betona i metalnih veza (k_t) date su u tabeli 4.

Tabela 4 – Vrednosti za k_t

Priroda čepova ili veza	Prečnik ili dužina mm	Vrednosti za k_t W/K
Čepovi od betona (armiranog)	40 do 60	0,035
Metalne veze	2 do 4	0,005
— okrugle od galvanizovanog čelika	5 do 8	0,007
	10 do 15	0,010
— okrugle od nerđajućeg čelika	2 do 4	0,0035
	5 do 8	0,006
	10 do 15	0,008

2.4.5 Koeficijent prolaza toplote veza

Razlikuju se četiri tipa građevinskih konstrukcija (osim t. 2.4.5.1):

- građevinske konstrukcije od homogenog materijala,
- građevinske konstrukcije sa spoljnom izolacijom,
- građevinske konstrukcije sa unutrašnjom izolacijom,
- sendvič građevinske konstrukcije beton—laki izolator.

Pod građevinskom konstrukcijom sa spoljnom ili unutrašnjom izolacijom podrazumeva se građevinska konstrukcija koja ispunjava sledeća tri uslova:

- izolacija od materijala slabe toplotne provodljivosti $\lambda < 0,12 \text{ W/mK}$,
- debljina izolacije je takva da je njen toplotni otpor $R > 0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$,
- izolacija je postavljena na spoljnu ili unutrašnju površinu građevinske konstrukcije.

Građevinske konstrukcije koje ne sadrže takav izolujući materijal (na primer zidovi od opeke) ili građevinske konstrukcije koje sadrže takav materijal, ali koji nije postavljen na jednu ili drugu površinu svrstavaju se među građevinske konstrukcije od homogenog materijala.

2.4.5.1 Metalna veza dve spoljne građevinske konstrukcije (slika 11)

Koeficijent k_L izračunava se prema jednačini:

$$\frac{1}{k_L} = \frac{1}{\alpha_i \cdot l_i} + \frac{1}{\alpha_e \cdot l_e} + \frac{L}{d_a \cdot \lambda_m} \quad (\text{mK/W}) \quad (18)$$

gde je:

l_i i l_e — razvijene dužine, spoljne i unutrašnje, metalne veze (njene dužine su prikazane na slikama 11.1 i 11.2),

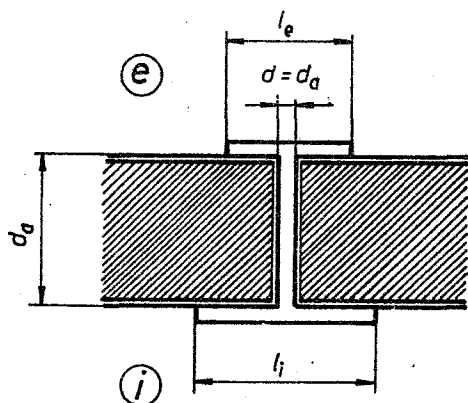
d_a — jednako debljini d umetka metalnih veza ako se radi o profilima I, U, T (slika 11.1),

d_a — jednako $2d$ ako se radi o cevi (slika 11.2),

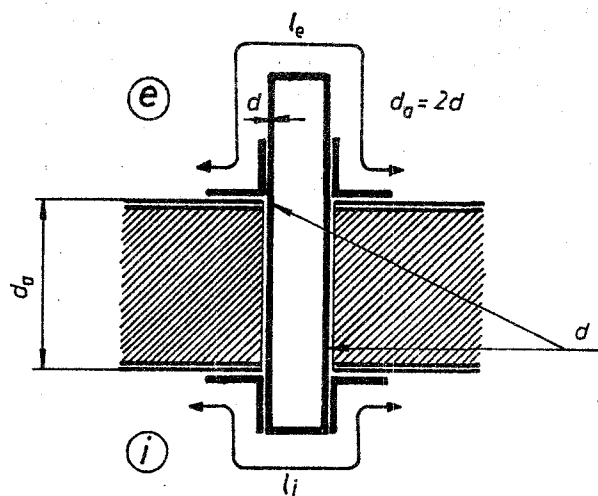
λ_m — toplotna provodljivost metala, izražena u W/m K,

L — dužina jednaka $d_k + (l_i + l_e)/8$, gde je d_k debljina građevinske konstrukcije, u m.

Ova jednačina se ne primenjuje na metalne veze prekinute izolacijom, delimično izolovane ili koje povezuju građevinske konstrukcije sa provodnim oblogama prema slikama 6, 7 i 8.



Slika 11.1



Slika 11.2

Slika 11 — Metalne veze dve spoljne građevinske konstrukcije

2.4.6 Veza između građevinske konstrukcije i stolarije

Proračunavanje koeficijenta k_L koji odgovara gubicima po metru obima prozorskih okvira, staklenih vrata ili spoljnih vrata

2.4.6.1 Građevinske konstrukcije od homogenog materijala (sl. 12)

a) Koeficijent k_L je dat sledećim jednačinama:

- stolarija ugrađena prema slikama 12.1 i 12.2

$$k_L = \frac{0,9 d}{1,25 + R_m} \quad (\text{W/mK}) \quad (19)$$

- stolarija ugrađena prema slici 12.3

$$k_L = \frac{1,4 d}{1,25 + R_m} \quad (\text{W/mK}) \quad (20)$$

gde je:

d — debljina građevinske konstrukcije, izražena u m,

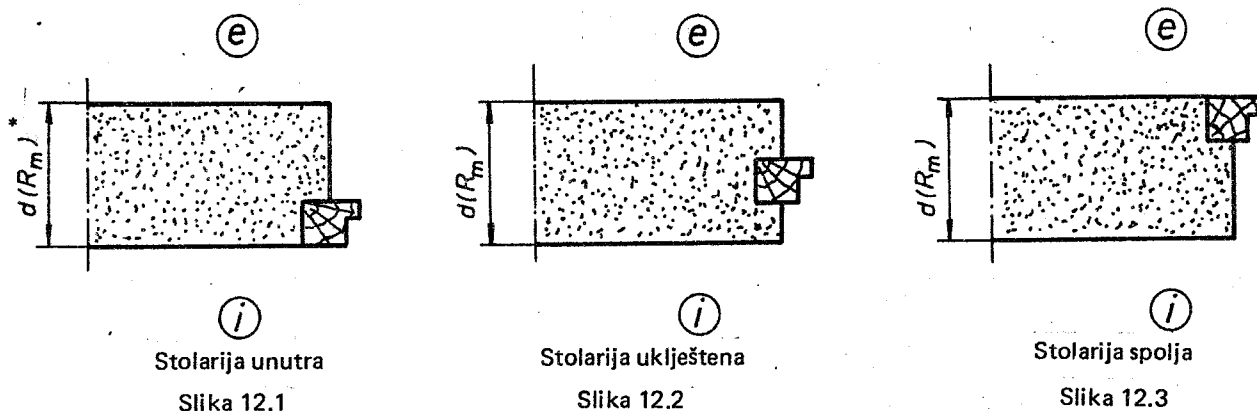
R_m — toplotni otpor građevinske konstrukcije kroz okvir (otpori prelaza se ne uzimaju), izražen u $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$,

L — ukupna dužina spoja stolarije sa građevinskom konstrukcijom, u m.

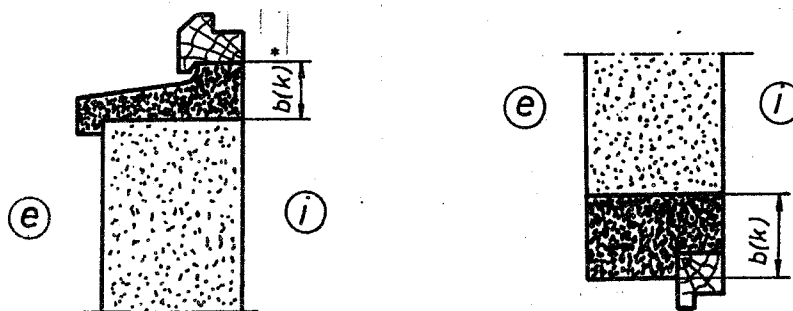
Koeficijent k_L nema obavezno istu vrednost za sve četiri ivice prozora. Ovo može biti slučaj kao na slikama 12.4 i 12.5; toplotni otpor koji se koristi u jednačinama (19) i (20) je tada toplotni otpor betonskog elementa; ovo ne isključuje uzimanje u račun gubitaka kroz ovaj element (proizvod $k \cdot A$); k se računa prema jednačini 6.

b) U slučaju dvostrukog prozora, ako je ukupna debljina stolarije mala u odnosu na debljinu građevinske konstrukcije, računa se kao da se radi o jednostrukom prozoru. Ako je ukupna debljina stolarije bliska debljini građevinske konstrukcije ili ako je jedan prozor sa unutrašnje strane građevinske konstrukcije a drugi sa spoljne, uzima se da je k_L nula.

c) Za lake fasade debljina stolarije je slična debljini zida i vrednost k_L je nula. Ovo ne isključuje uzimanje u račun gubitaka kroz metalnu vezu koja spaja fasadni zid i stolariju.



* d za proračun R_m



* $b \cdot L = A$ za proračun k

Slike 12.4 i 12.5 — Primeri ugrađivanja u beton

Slika 12 — Veze stolarije sa homogenim građevinskim konstrukcijama

2.4.6.2 Građevinska konstrukcija sa spoljašnjom izolacijom (sl. 13)

- a) Ako je stolarija ugrađena sa unutrašnje strane, izraz za koeficijent k_L je različit prema tome da li je izolacija prekinuta na zidu (sl. 13.1) ili prekriva zid (sl. 13.2),
- izolacija prekinuta na zidu:

$$k_L = \frac{0,6 d}{0,06 + R_m} \quad (\text{W/mK}) \quad (21)$$

- izolacija prekriva zid:

$$k_L = 0,6 k \cdot d' \quad (\text{W/mK}) \quad (21a)$$

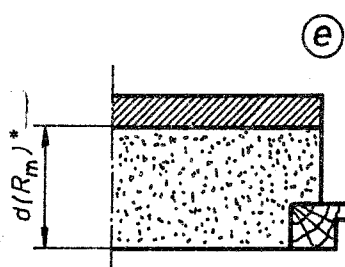
gde je:

d — debljina građevinske konstrukcije, izražena u m,

R_m — toplotni otpor unutrašnjeg dela izolacije, izražen u $\text{m}^2 \text{K/W}$,

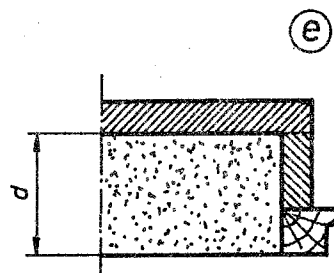
k — koeficijent prolaza toplote građevinske konstrukcije, izražen u $\text{W/m}^2 \text{K}$.

b) U drugim slučajevima, ako je stolarija postavljena kao na slikama 13.3 i 13.4 k_L je nula.

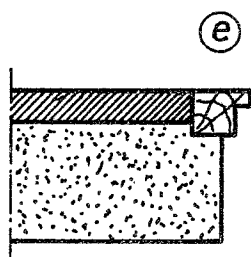


* d za proračun R_m

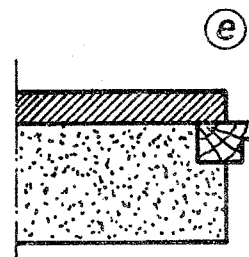
Slika 13.1 – Izolacija prekinuta na zidu



Slika 13.2 – Izolacija prekriva zid



Slika 13.3 – Stolarija spolja neizolovana



Slika 13.4 – Stolarija spolja delimično izolovana

Slika 13 – Veze između stolarije i zida sa spoljašnjom izolacijom

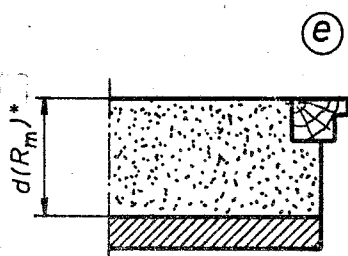
2.4.6.3 Građevinska konstrukcija sa unutrašnjom izolacijom (sl. 14)

- a) Ako je stolarija ugrađena spolja, izraz za koeficijent k_L je različit prema tome da li je izolacija prekinuta na zidu (sl. 14.1) ili prekriva zid (sl. 14.2).

Koeficijent k_L se računa prema jednačini (21) u prvom slučaju, a prema jednačini (21a) u drugom.

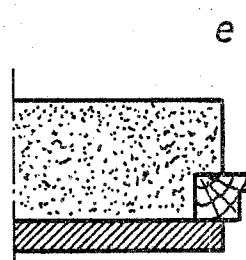
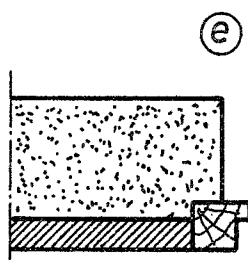
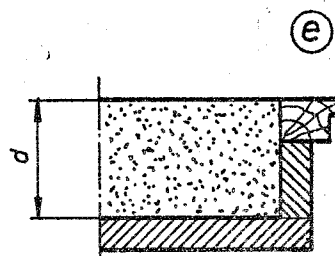
U ovim jednačinama d i R_m su debljina i toplotni otpor dela građevinske konstrukcije van izolacije, kako je prikazano na slikama 14.1 i 14.2;

- b) U drugim slučajevima, tj. ako je stolarija ugrađena iznutra, k_L je nula (sl. 14.3 i 14.4).



* d za proračun R_m

Slika 14.1 i 14.2 – Stolarija spolja
– izolacija prekinuta na zidu
– izolacija prekriva zid



Slike 14.3 i 14.4 – Stolarija unutra ili skoro unutra

Slika 14 – Veze između stolarije i zida sa unutrašnjom izolacijom

2.4.6.4 Sendvič građevinska konstrukcija beton—laki izolator

- a) Ako su prozori sa betonskim okvirom koji povezuje dva platna, koeficijent k_L se računa prema t. 2.4.6.1, gde je R_m toplotni otpor okvira.
- b) Ako je stolarija u ravni izolacije i produžetku izolacije, koeficijent k_L je nula.
- c) Ako izolacija prekriva jedan deo zida, koeficijent k_L se računa po jednačini (21a); d je debljina unutrašnjeg platna.

2.4.6.5 Poseban slučaj kada je opšivka prozorske klupe od lima (slika 15)

- a) Za slučaj prema slikama 15.1 i 15.2, koeficijent k_L okvira prozora je utvrđen u t. 2.4.6.1 i 2.4.6.4.
- b) Za slučaj prema slikama 15.3 i 15.4, koeficijent k_L se računa prema jednačini:

$$k_L = k_e + k_m \quad (\text{W/mK}) \quad (22)$$

gde je:

k_e — koeficijent k_L veze bez metalne opšivke čiji je način proračuna dat u t. 2.4.6.1 i 2.4.6.4,

k_m — izračunava se iz jednačine:

$$\frac{1}{k_m} = \frac{L}{d_i \cdot \lambda_m} + \frac{1}{\alpha_e \cdot l_e} + \frac{1}{\alpha_i \cdot l_i} \quad (\text{mK/W}) \quad (23)$$

gde su:

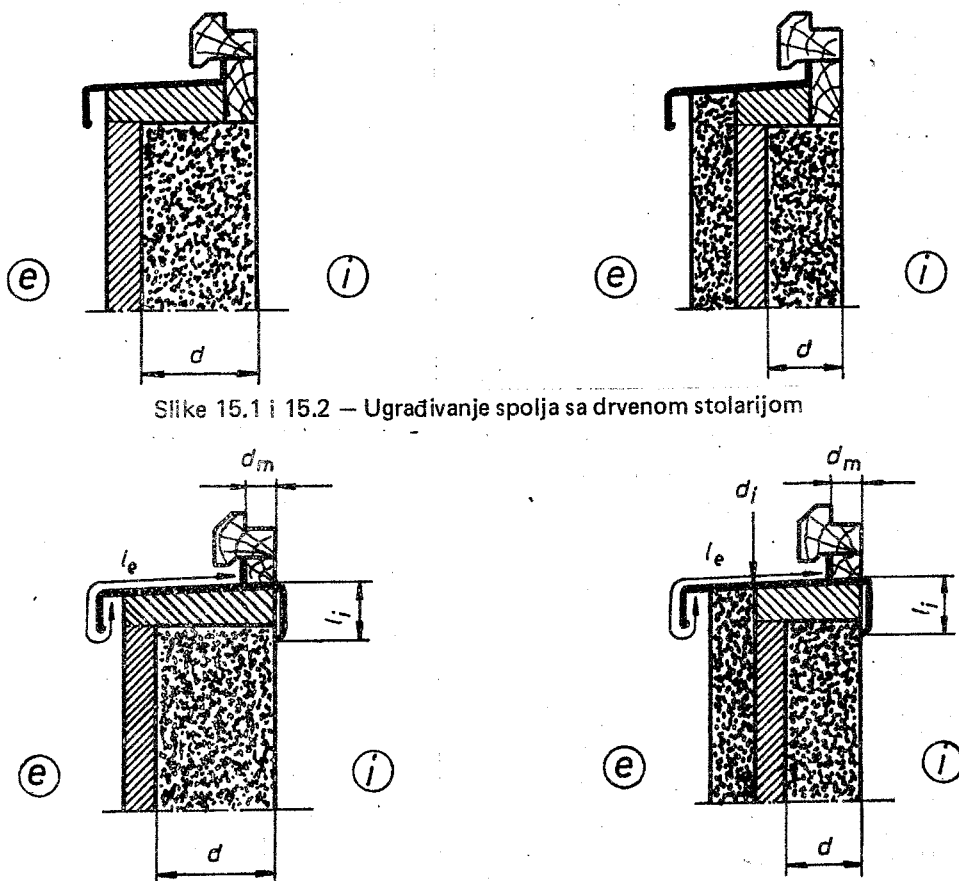
l_i i l_e — određene dužine na slikama 15.3 i 15.4, izražene u m,

$$L = d_m + \frac{(l_i + l_e)}{4}$$

gde je:

d_m — debljina stolarije, izražena u m;

d_i ; λ_m — debljina i toplotna provodljivost metalne opšivke, izražene u m, odnosno u W/mK.



Slike 15.1 i 15.2 — Ugrađivanje spolja sa drvenom stolarijom

Slike 15.3 i 15.4 — Ugrađivanje kojim se pokriva cela debljina zida

Slika 15 — Opšivka prozorskih klupa od lima

2.4.7 Dva spoljna zida pod uglom

k_L je koeficijent za građevinsku konstrukciju koja obrazuje ugao, bilo da se radi o oštrom ili tupom uglu. U proračun se uzima koeficijent prolaza toplote za svaku građevinsku konstrukciju.

2.4.7.1 Dve građevinske konstrukcije od homogenog materijala

a) Ako su dve građevinske konstrukcije identične (slike 16.1 i 16.4), koeficijent k_L je:

$$k_L = 0,2 k \cdot d \text{ (W/mK)} \quad (24)$$

gde je k koeficijent prolaza toplote konstrukcije i d debljina zidova.

b) Ako su dve građevinske konstrukcije različitih debljina a monolitno povezane (slučaj zida od opeke), koeficijent k_L je dat jednačinom (24), gde su k i d srednja vrednost koeficijenta prolaza toplote i debljina ovih građevinskih konstrukcija.

c) Ako su dve građevinske konstrukcije različite, a jedna od njih čini ugao (slike 16.2, 16.5 i 16.6), koeficijent k_L je dat jednačinom:

$$k_L = \frac{0,2 d}{0,2 + R_2 d_1/d_2} \text{ (W/mK)} \quad (25)$$

gde je:

R_2 — toplotni otpor građevinske konstrukcije koja čini ugao, označen sa 2 na slikama,

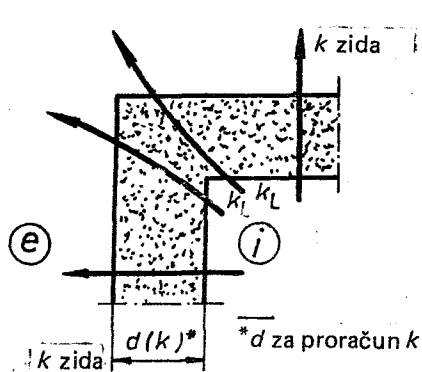
d_1 i d_2 — debljine građevinske konstrukcije 1 i 2, a d aritmetička sredina ovih debljina.

d) Ako se u uglu nalazi betonski stub (slika 16.3), koeficijent k_L je dat jednačinom:

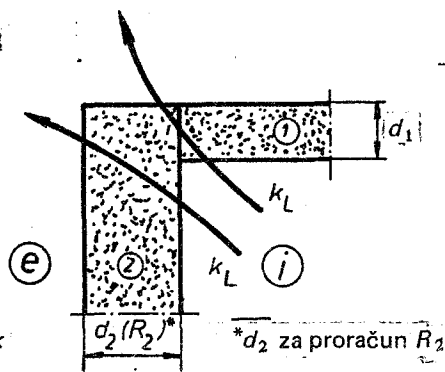
$$k_L = 0,45 d \text{ (W/mK)} \quad (26)$$

gde je:

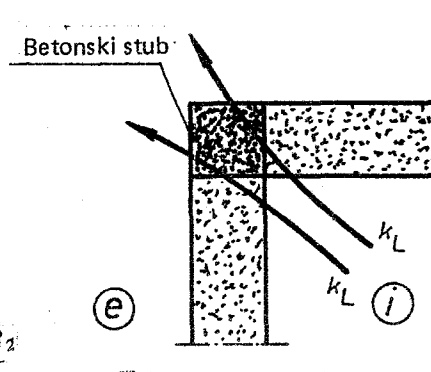
d —srednja aritmetička debljina dva zida.



Slika 16.1

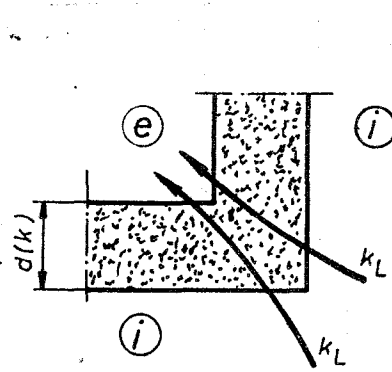


Slika 16.2

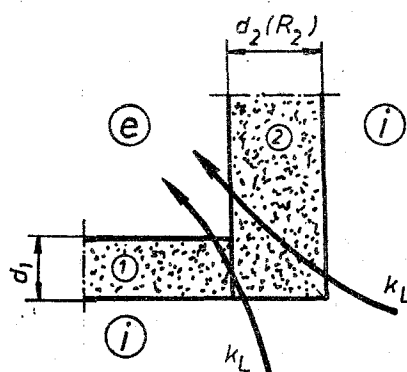


Slika 16.3

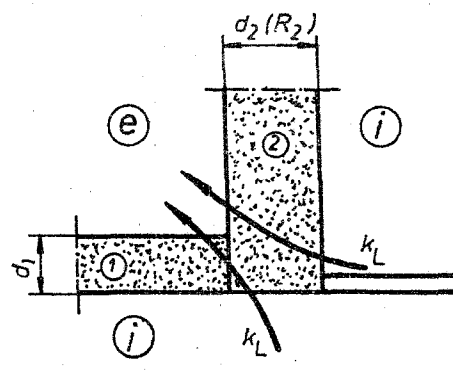
Oštri uglovi dva zida od homogenih materijala



Slika 16.4



Slika 16.5



Slika 16.6

Tupi uglovi dva zida od homogenih materijala

Slika 16 — Uglovi dve građevinske konstrukcije od homogenih materijala

2.4.7.2

Dva zida pod ostrim uglom sa spoljnom izolacijom ili dva zida pod tupim uglom sa unutrašnjom izolacijom

Ako su dva zida identična (slike 17.1 i 17.3), koeficijent k_L je dat jednačinom:

$$k_L = 0,6 kd \text{ (W/mK)} \quad (27)$$

Ako su dva zida različita (slike 17.2 i 17.4), koeficijent k_L je dat jednačinom:

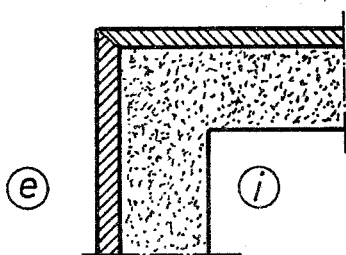
$$k_L = 0,6 k_2 d \text{ (W/mK)} \quad (28)$$

gde je:

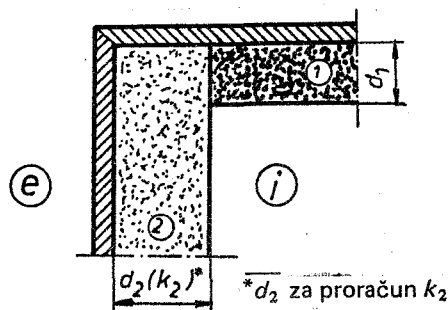
k_2 — koeficijent k zida koji čini ugao označen sa 2 na slikama 17.2 i 17.4,

d — aritmetička sredina debljina unutrašnjih delova bez izolacije ako se radi o oštroj uglu i spoljnih delova ako se radi o tupom uglu.

Ako su dva zida monolitno povezana, primenjuje se jednačina (28), ali se k zamenjuje srednjim koeficijentom prolaza toplote k za obe građevinske konstrukcije.

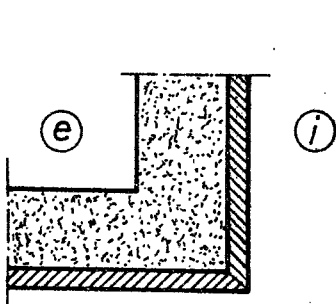


Slika 17.1

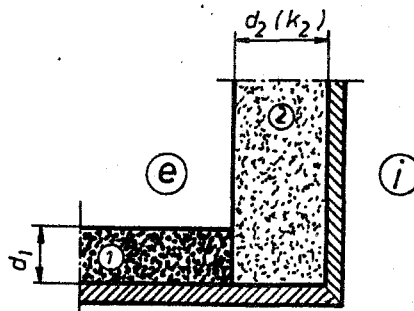


Slika 17.2

Oštri uglovi dva zida sa izolacijom spolja



Slika 17.3



Slika 17.4

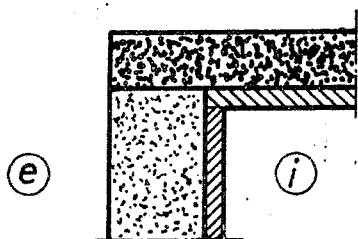
Tupi uglovi dva zida sa unutrašnjom izolacijom

Slika 17 — Građevinske konstrukcije pod uglom sa izolacijom

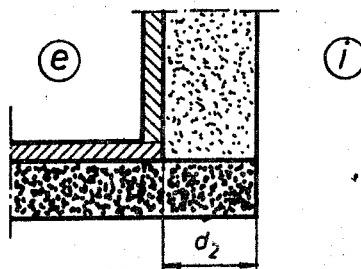
2.4.7.3

Dva zida pod ostrim uglom sa unutrašnjom izolacijom ili zid pod tupim uglom sa spoljnom izolacijom (slike 18.1 i 18.2)

Koeficijent k_L je nula.



Slika 18.1



Slika 18.2

Oštar ugao dva zida sa izolacijom iznutra

Tup ugao dva zida sa izolacijom spolja

Slika 18 — Uglovi dve različite građevinske konstrukcije sa izolacijom

2.4.7.4 Građevinske konstrukcije pod ostrim uglom sa spoljnom izolacijom i građevinske konstrukcije pod tupim uglom sa unutrašnjom izolacijom, od kojih je jedna od homogenog materijala, obeležene su na sledeći način:

- građevinske konstrukcije sa izolacijom spolja ili iznutra sa 1,
- građevinske konstrukcije od homogenog materijala sa 2.

Tri slučaja se posmatraju, a koeficijent k_L je dat jednačinama:

a) ugao je sastavljen kako je prikazano na slikama 19.1 i 19.4;

$$k_L = \frac{0,3 d_1}{0,06 + R_1 + R_2} \quad (\text{W/mK}) \quad (29)$$

b) ugao je sastavljen kao na slikama 19.2 i 19.5

$$k_L = \frac{0,3 \cdot d_1}{0,06 + R_1 + R'_2} \quad (\text{W/mK}) \quad (30)$$

c) ugao je sastavljen kao na slikama 19.3 i 19.6

$$k_L = 0,6 k_1 d \quad (\text{W/mK}) \quad (31)$$

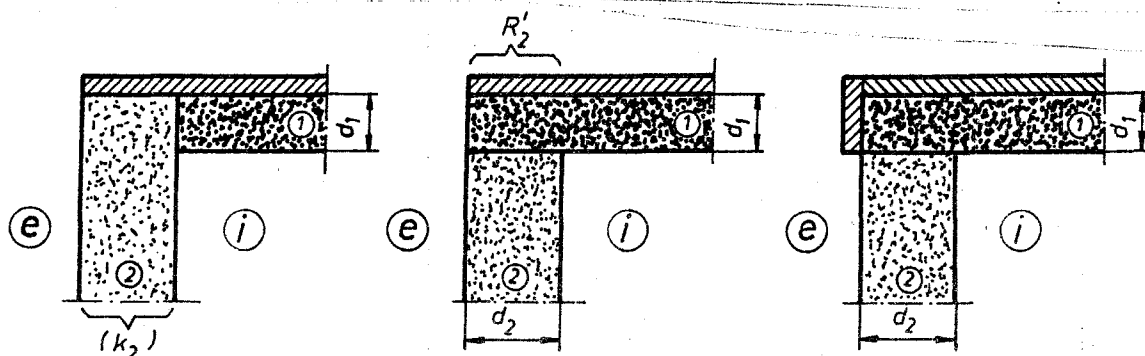
I kod monolitnog povezivanja građevinske konstrukcije 1 i 2 primenjuje se jednačina (31).

d) ugao je sastavljen kao što pokazuju slike 20.1 i 20.3:

$$k_L = \frac{0,2 d}{R_1 + 0,2} \quad (\text{W/mK}) \quad (32)$$

e) ugao je sastavljen kao što pokazuju slike 20.2 i 20.4:

$$k_L = 0,2 k_2 d \quad (\text{W/mK}) \quad (33)$$

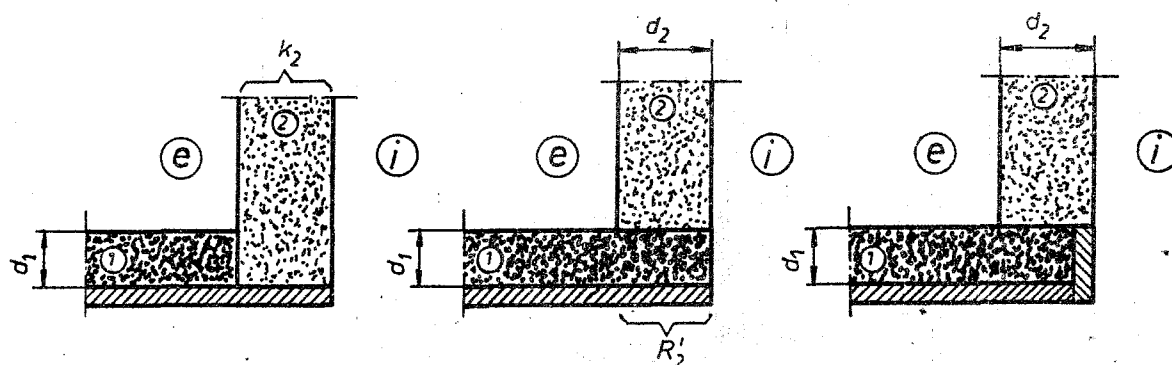


Slika 19.1

Slika 19.2

Slika 19.3

Oštri uglovi, jedan zid je sa izolacijom spolja

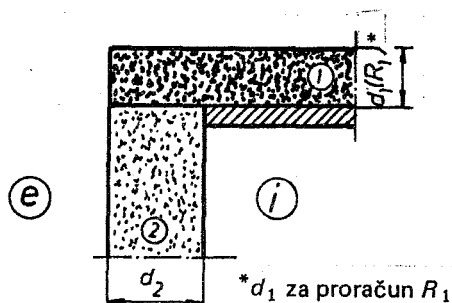


Slika 19.4

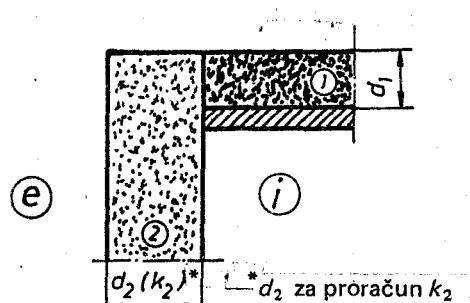
Slika 19.5

Slika 19.6

Tupi uglovi, jedan zid je sa izolacijom iznutra

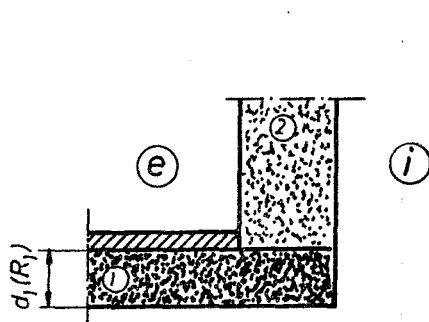


Slika 20.1

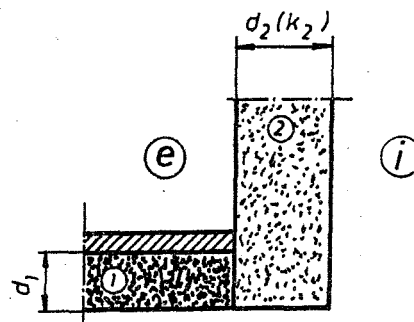


Slika 20.2

Oštri uglovi, jedan zid je sa izolacijom iznutra



Slika 20.3



Slika 20.4

Tupi uglovi, jedan zid je sa izolacijom spolja

Slika 20 — Ugaoni spoj izolovane i homogene građevinske konstrukcije

U jednačinama je:

- d_1 — debljina građevinske konstrukcije 1 bez izolacije,
- d_2 — debljina građevinske konstrukcije 2,
- d — aritmetička sredina d_1 i d_2 ,
- k_1 i k_2 — koeficijenti prolaza toplote građevinskih konstrukcija 1 i 2,
- R_1 — toplotni otpor dela građevinske konstrukcije debljine d_1 ,
- R_2 — toplotni otpor građevinske konstrukcije 2,
- R'_2 — toplotni otpor kroz zid 1 između spoljne i unutrašnje ravni građevinske konstrukcije 2.

2.4.7.5

Jedna građevinska konstrukcija sa spoljnom izolacijom a druga sa unutrašnjom izolacijom

Upotrebljene oznake imaju sledeća značenja:

- građevinska konstrukcija 1 — konstrukcija sa spoljnom izolacijom ako je ugao oštar i sa unutrašnjom izolacijom ako je ugao tup,
- građevinska konstrukcija 2 — druga konstrukcija.

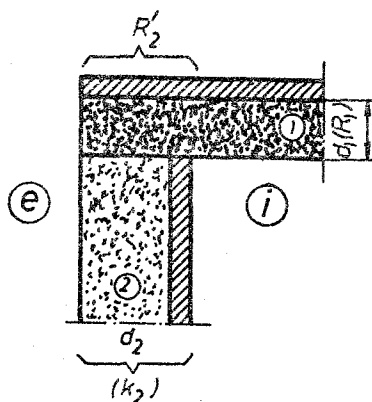
Razmatraju se dva slučaja. Koeficijent k_L dat je jednačinama:

- a) Spoljašnja izolacija je kontinualna do spoljne ravni građevinske konstrukcije sa unutrašnjom izolacijom (slike 21.1 i 21.3):

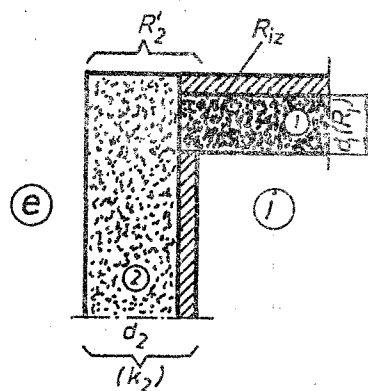
$$k_L = \frac{0,3 d_1 (1 + h_1)}{0,06 + R_1 + R'_2} \quad (\text{W/mK}) \quad (34)$$

- b) Spoljašnja izolacija je prekinuta kod unutrašnje ravni građevinske konstrukcije sa unutrašnjom izolacijom (slike 21.2 i 21.4)

$$k_L = \frac{0,3 d_1 (1 + h_1)}{0,06 + 0,5 R_1 + R'_2} \quad (\text{W/mK}) \quad (35)$$

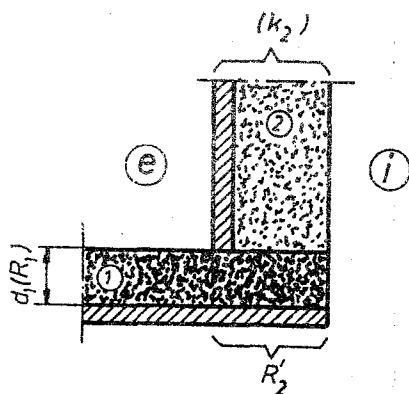


Slika 21.1

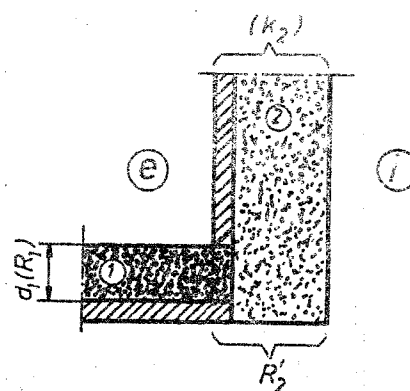


Slika 21.2

Oštri uglovi između zida sa izolacijom spolja i zida sa izolacijom iznutra



Slika 21.3



Slika 21.4

Tupi uglovi između zida sa izolacijom spolja i zida sa izolacijom iznutra

Slika 21 — Ugaoni spoj građevinskih konstrukcija od kojih jedna ima spoljašnju, a druga unutrašnju izolaciju

Vrednosti za h_1 su date u tabeli 7 u funkciji k_2 i R_{iz} , gde je:

d_1 i R_1 — debljina i toplotni otpor neizolovanog dela građevinske konstrukcije 1,

R_{iz} i k_2 — toplotni otpor izolacije i koeficijent prolaza toplote građevinske konstrukcije 2,

R'_2 — toplotni otpor kroz građevinsku konstrukciju 1 između spoljne i unutrašnje ravni građevinske konstrukcije 2.

2.4.7.6 Sendvič građevinska konstrukcija beton—laki izolator

Koeficijent k_L može imati različitu vrednost za svaku građevinsku konstrukciju:

a) unutrašnja površina nije ograničena u uglu sa rebrom (zid označen sa 1 na slici 22).

Koeficijent k_L je dat jednačinom:

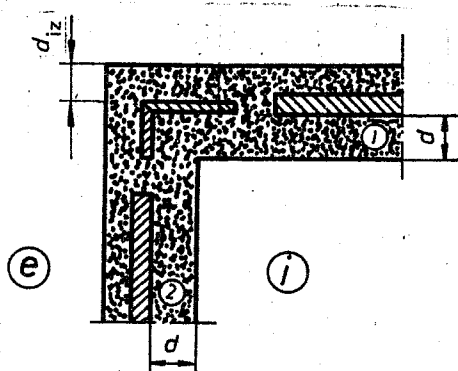
$$k_L = 0,6 k_1 d \quad (\text{W/mK}) \quad (36)$$

gde je:

k_1 — koeficijent prolaza toplote građevinske konstrukcije kroz izolaciju debljine d_{iz} ,

d — debljina unutrašnjeg platna.

- b) unutrašnja površina je ograničena u uglu sa rebrom (građevinska konstrukcija označena sa 2 na slici 22).



Slika 22 — Ugao između dve sendvič građevinske konstrukcije beton — laki izolator

Koeficijent k_L je dat jednačinom:

$$k_L = 0,85 \left[0,7 k_1 d + (k_2 - k_1) \cdot \frac{x}{2} \right] \quad (\text{W/mK}) \quad (37)$$

gde je:

k_2 — koeficijent prolaza toplote kroz rebra,

k_1 i d — imaju isto značenje kao pod a),

x — dat dijagramom na slici 10.

2.4.8 Veza između spoljne i unutrašnje građevinske konstrukcije

Sledeći proračuni važe za pregradne građevinske konstrukcije i tavanice, bilo da čine ili ne čine ispust napolje (i za slučaj kad postoji balkon ili lođa). Za pregrade tanje od 9 cm uzima se da je koeficijent k_L jednak nuli, osim ako ima prekida izolacije kao na slici 23.0, kada se pregrada posmatra kao pregradna građevinska konstrukcija.

2.4.8.1 Opšti slučaj

Za opšti slučaj, osim za sendvič građevinske konstrukcije beton—laki izolator (koje se računaju prema t. 2.4.8.5), k_L se računa iz jednačine:

$$k_L = 0,4 k_i \cdot d_i (1 + h_2) \quad (\text{W/mK}) \quad (38)$$

gde je:

k_i — koeficijent prolaza toplote fiktivne građevinske konstrukcije smeštene kroz unutrašnju građevinsku konstrukciju i ograničene spoljnom i unutrašnjom ravni spoljašnje građevinske konstrukcije (slike 23.2 i 23.4),

d_i — debljina unutrašnje građevinske konstrukcije, izražena u m,

h_2 — koeficijent čije su vrednosti date u t. 2.4.8.2, 2.4.8.3 i 2.4.8.4 u funkciji tipa i karakteristika spoljne građevinske konstrukcije.

Koeficijent k_i izračunava se jednačinom:

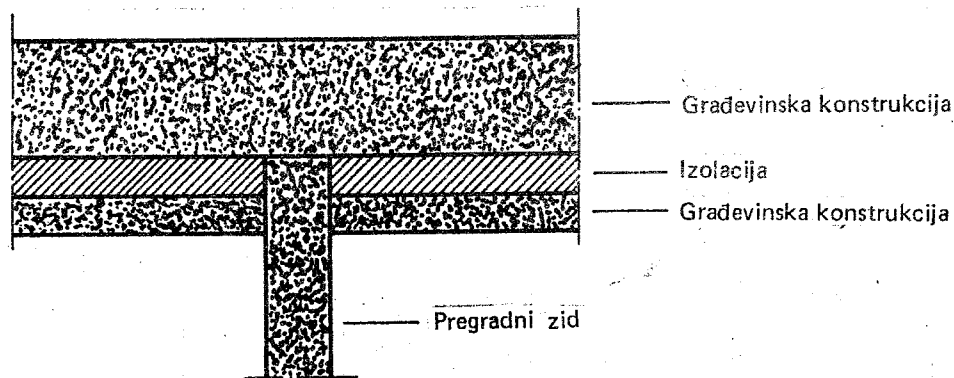
$$\frac{1}{k_i} = R + R_s \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad (39)$$

gde je:

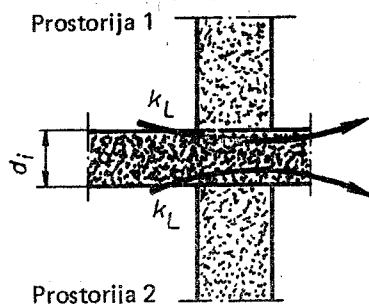
R — toplotni otpor fiktivne građevinske konstrukcije, izražen u $\text{m}^2 \text{K/W}$.

Napomena: R je nezavisno od eventualnog ispusta unutrašnje građevinske konstrukcije kroz spoljnu građevinsku konstrukciju.

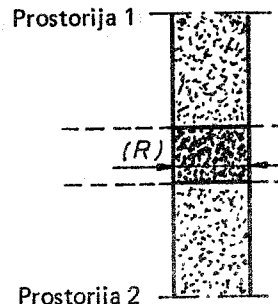
R_s — dodatni toplotni otpor, izražen u $\text{m}^2 \text{K/W}$, čije su vrednosti date u t. 2.4.8.2, 2.4.8.3 i 2.4.8.4.



Slika 23.0

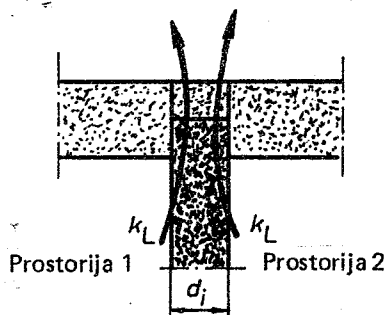


Slika 23.1

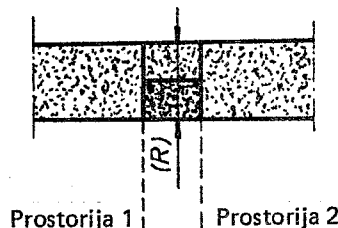


Slika 23.2

Veza građevinske konstrukcije – tavanica



Slika 23.3



Slika 23.4

Veza građevinske konstrukcije – pregrada

Slike 23 – Primeri veza između spoljne i unutrašnje građevinske konstrukcije

2.4.8.2 Vrednosti za h_2 i R_s kad je spoljna građevinska konstrukcija od homogenog materijala (slika 24)a) Vrednost za h_2

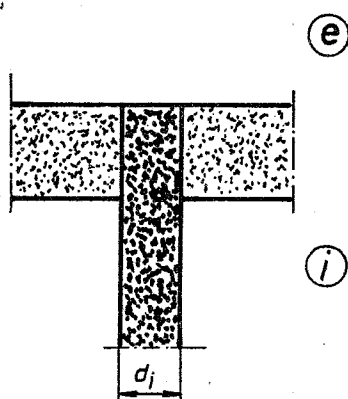
$$h_2 = 0$$

b) Vrednosti za R_s

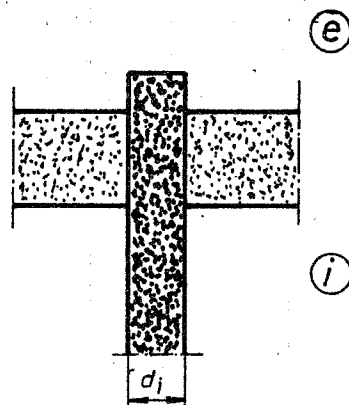
$R_s = 0,15 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Ako unutrašnja građevinska konstrukcija ima na svakoj svojoj površini oblogu sa toplotnim otporom većim od $0,30 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, $R_s = 0,25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Kad je spoljna građevinska konstrukcija laka fasada (manje od 300 kg/m^2), razlikuju se sledeća dva slučaja:

- 1) Kad je ispust unutrašnje građevinske konstrukcije obložen sa tri svoje strane izolatorom toplotnog otpora najmanje jednakog $0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (slika 24.5), R_s je funkcija toplotnog otpora ($R_{iz,e}$) ovog izolatora i dužine ispusta (D); njegova vrednost je data u tabeli 5.
- 2) Kada je unutrašnja građevinska konstrukcija delimično obložena sa svoje dve strane (unutra ili spolja) izolatorom toplotnog otpora najmanje $0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (slika 24.6), R_s je funkcija toplotnog otpora ($R_{iz,e}$ ili $R_{iz,i}$) izolacije i njene dužine (l); njene vrednosti su date u tabeli 6.

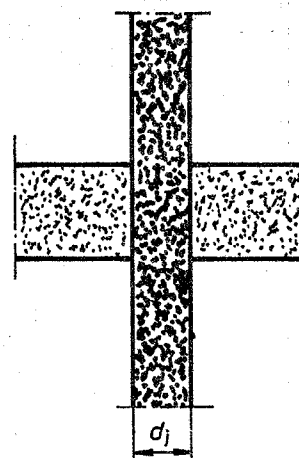
Ako je u ova dva poslednja slučaja unutrašnja građevinska konstrukcija istovremeno potpuno izolovana oblogom sa svoje unutrašnje strane toplotnom izolacijom otpora najmanje $0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, njegova vrednost za R_s dobija se dodajući $0,10 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ vrednostima datim u tabelama 5 i 6.



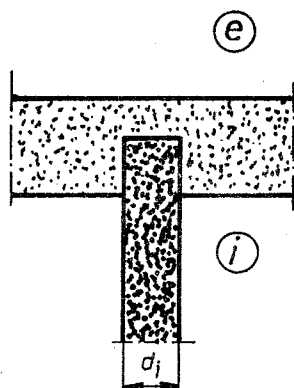
Slika 24.1



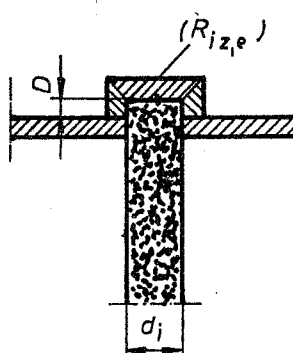
Slika 24.2



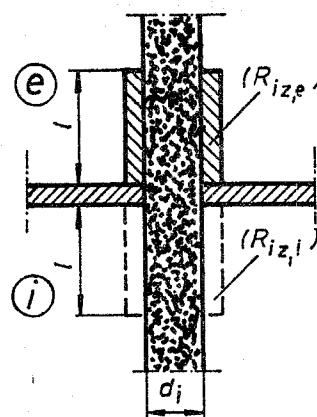
Slika 24.3



Slika 24.4



Slika 24.5



Slika 24.6

Slika 24 — Veze između spoljašnjeg zida od homogenog materijala i unutrašnje građevinske konstrukcije

Tabela 5 — Vrednosti za R_s za unutrašnji zid koji ispada i izolovan sa tri strane (u $\text{m}^2 \text{ K/W}$)

Toplotni otpor spoljne izolacije $R'_{iz,e}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)	Dužina ispusta D (m)				
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
0,5	0,44	0,37	0,33	0,30	0,28
0,75	0,57	0,47	0,40	0,36	0,33
1,0	0,71	0,57	0,48	0,43	0,39
1,25	0,84	0,67	0,56	0,49	0,44
1,5	0,98	0,77	0,64	0,56	0,50
1,75	1,11	0,87	0,71	0,62	0,55
2,0	1,25	0,97	0,79	0,69	0,61
2,5	1,52	1,17	0,94	0,82	0,72
3,0	1,79	1,37	1,10	0,95	0,83

Tabela 6 – Vrednosti za R_s kad je unutrašnji zid delimično izolovan sa dve strane spolja ili unutar prostorije (u $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)

Toplotni otpor unutrašnje izolacije $R'_{iz,i}$ ili spoljne $R'_{iz,e}$ ($\text{m}^2 \text{K/W}$)	Dužina izolacije l (m)				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,5	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26
0,75	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27
1,0	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27
1,25	0,27	0,27	0,28	0,29	0,29
1,5	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31
1,75	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32
2,0	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
2,5	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36
3,0	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38

Tabela 7 – Vrednosti za h_1

Koeficijent k spoljnog zida k_e ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	Toplotni otpor spoljne izolacije $R_{iz,e}$ ili unutrašnje izolacije $R_{iz,i}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)										
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
1,5	0,31	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,3	0,15	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,2	0,07	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	0	0,32	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	0	0,19	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	0	0,07	0,41	0,60	—	—	—	—	—	—	—
0,7	0	0	0,23	0,56	0,60	—	—	—	—	—	—
0,6	0	0	0,07	0,32	0,60	0,60	—	—	—	—	—
0,5	0	0	0	0,11	0,32	0,56	0,60	—	—	—	—
0,45	0	0	0	0,02	0,19	0,38	0,60	—	—	—	—
0,4	0	0	0	0	0,07	0,23	0,41	0,60	0,60	—	—
0,35	0	0	0	0	0	0,09	0,23	0,38	0,56	0,60	—
0,3	0	0	0	0	0	0	0,07	0,29	0,32	0,46	0,60

Za međuvrednosti k_e i $R_{iz,i}$ ili $R_{iz,e}$ interpoliše se linearno.

2.4.8.3 Vrednosti za h_2 i R_s kada spoljna građevinska konstrukcija ima izolaciju spolja (slika 25)

a) Vrednosti za h_2

h_2 je funkcija toplotnog otpora spoljne izolacije ($R_{iz,e}$) i koeficijenta prolaza toplote građevinske konstrukcije (k_e). Njegova vrednost je nula ako je izolacija kontinuirana preko unutrašnje građevinske konstrukcije (slika 25.3), za ostale slučajeve jednako je h_1 čije su vrednosti date u tabeli 7.

b) Vrednosti za R_s

Razlikuju se tri slučaja:

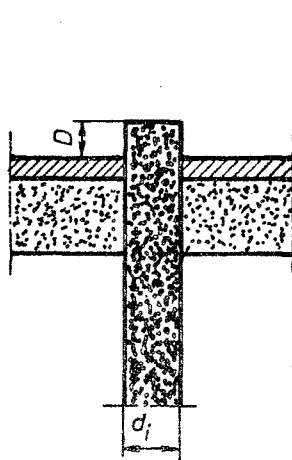
- 1) Kraj unutrašnje građevinske konstrukcije nije izolovan (slike 25.1 i 25.2) ili je izolacija spoljne građevinske konstrukcije kontinuirana preko unutrašnje građevinske konstrukcije (slika 25.3): R_s je jednako $0,15 \text{ m}^2 \text{K/W}$.

2) Spoljni ispust unutrašnje građevinske konstrukcije je obložen sa tri svoje strane izolacijom čiji je toplotni otpor najmanje $0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (slika 25.4); R_s je funkcija toplotnog otpora ($R_{iz,e}$) ove izolacije i dužine njegovog ispusta D ; njegova vrednost je data u tabeli 5.

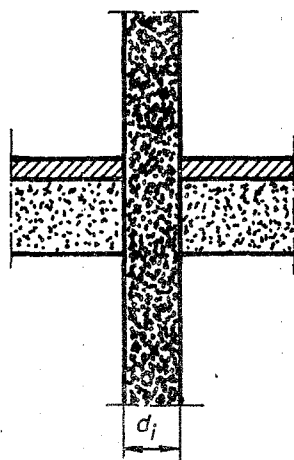
3) Spoljni ispust unutrašnje građevinske konstrukcije delimično je obložen sa dve strane izolacijom čiji je otpor najmanje $0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (slika 25.5); R_s je funkcija toplotnog otpora ($R_{iz,e}$) ove izolacije i njegove dužine L .

Njegova vrednost je data u tabeli 6.

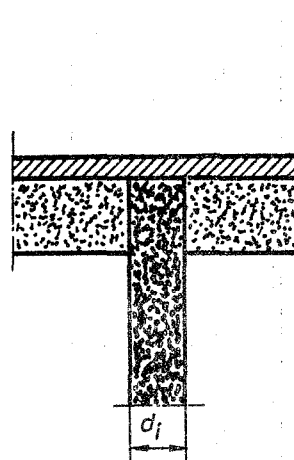
Izolacija postavljena na unutrašnjoj građevinskoj konstrukciji u prostorijama (slika 25.6) ne menja vrednosti R_s .



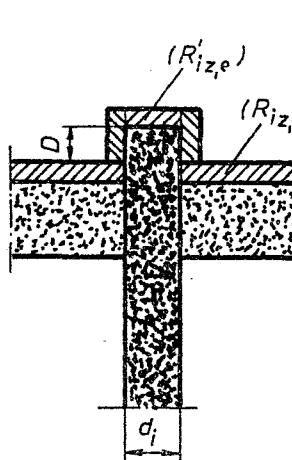
Slika 25.1



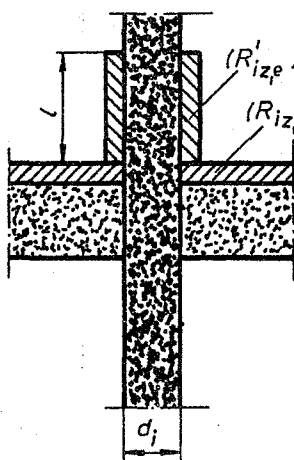
Slika 25.2



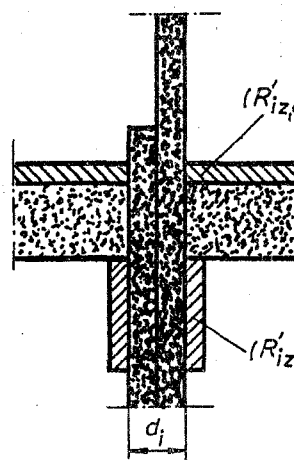
Slika 25.3



Slika 25.4



Slika 25.5



Slika 25.6

Slika 25 — Veze između spoljne građevinske konstrukcije izolovane spolja i jedne unutrašnje građevinske konstrukcije

2.4.8.4 Vrednost za h_2 i R_s kad spoljna građevinska konstrukcija ima unutrašnju izolaciju (slika 26)

a) Vrednosti za h_2

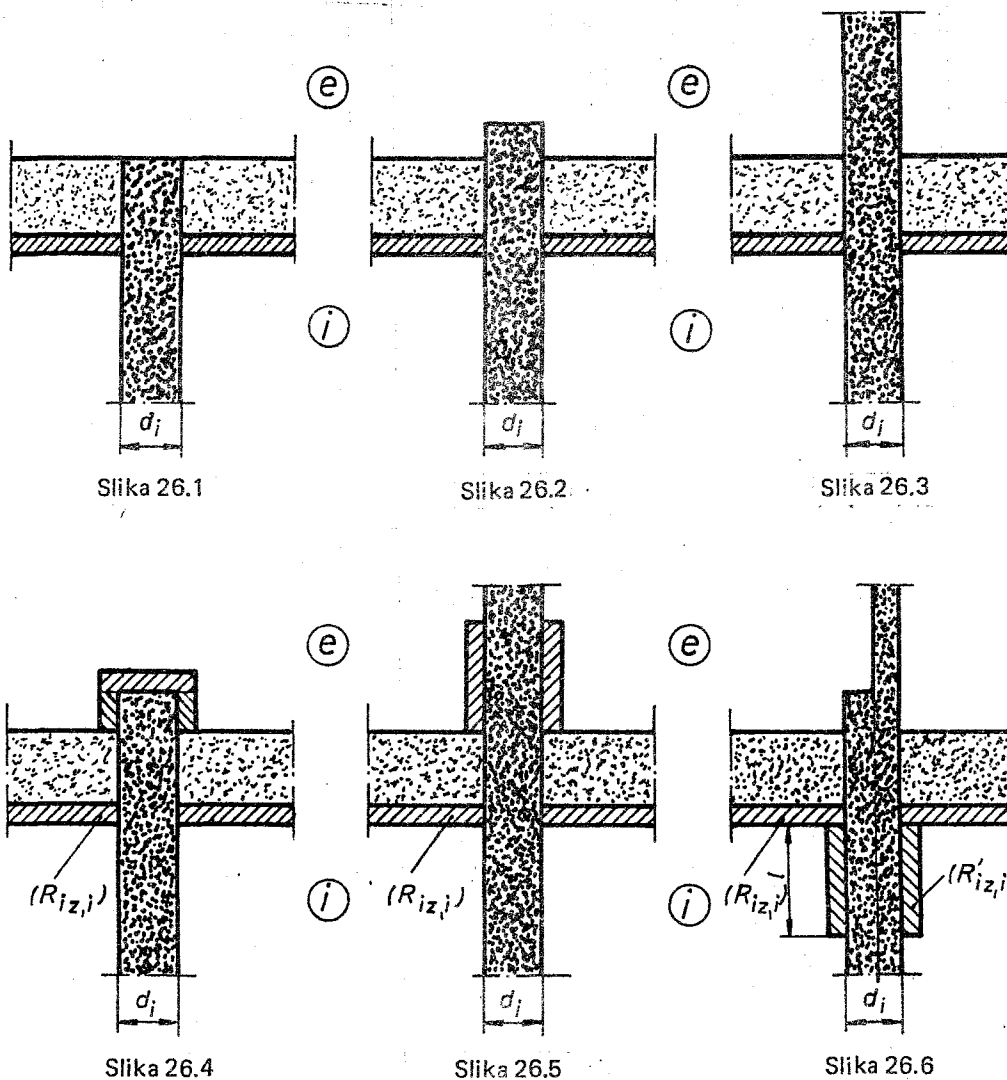
h_2 je funkcija toplotnog otpora ($R_{iz,i}$) unutrašnje izolacije i koeficijenta prolaza toplote spoljne građevinske konstrukcije (k_e). Njegova vrednost jednaka je h_1 i data u tabeli 7.

b) Vrednosti za R_s

Bilo da je spoljni ispust unutrašnje građevinske konstrukcije izolovan ili ne, vrednost R_s zavisi od izolacije unutrašnjeg dela ove građevinske konstrukcije i ima sledeće vrednosti:

- ako unutrašnji deo nije izolovan (slike 26.1 do 26.3), ako je izolovan samo sa jedne strane ili ako je izolovan sa dve strane sa izolacijom čiji je toplotni otpor manji od $0,3 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, R_s je jednako $0,15 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;

- ako je unutrašnji deo potpuno obložen sa dve strane izolacijom čiji je toplotni otpor najmanje $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, R_s je jednako $0,25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- ako je unutrašnji deo delimično ili potpuno obložen sa dve strane izolacijom čiji je toplotni otpor najmanje $0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (slika 26.6), R_s je funkcija toplotnog otpora ($R_{iz,i}$) ove izolacije i njene dužine l , a njegova vrednost je data u tabeli 8.



Slika 26 — Veze između spoljne građevinske konstrukcije sa unutrašnjom izolacijom i unutrašnje građevinske konstrukcije

2.4.8.5 Specijalan slučaj sendvič građevinske konstrukcije beton—laki izolator

Mogu se posmatrati četiri slučaja prema tome da li na ivici građevinske konstrukcije postoji rebro ili ne i da li je kraj građevinske konstrukcije izolovan ili ne.

a) Građevinska konstrukcija ima rebro na ivici, a unutrašnja građevinska konstrukcija nije izolovana (slika 27.1):

$$k_L = 0,4 k_n d_i \quad (\text{W/mK}) \quad (40)$$

b) Građevinska konstrukcija ima rebro na ivici, a kraj unutrašnje pregrade je izolovan (slika 27.2):

$$k_1 = 0,4 [(k_{o2} \cdot d_1) + (k_n - k_{o2}) x] \quad (\text{W/mK}) \quad (41)$$

c) Građevinska konstrukcija nema rebro na ivici, a kraj unutrašnje pregrade nije izolovan (slika 27.3):

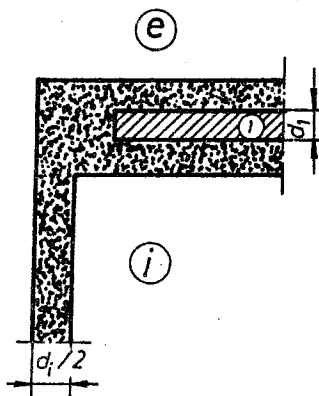
$$k_1 = 0,4 [k_n d_i + (k_n - k_{o1}) x] \quad (\text{W/mK}) \quad (42)$$

d) Građevinska konstrukcija nema rebro na ivici, izolacija je na kraju unutrašnje pregrade u ravni izolacije građevinske konstrukcije i nastavlja je (slika 27.4):

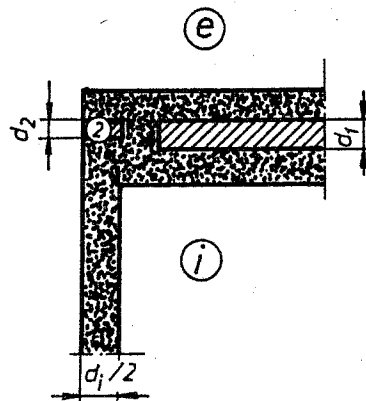
$$k_1 = 0,4 k_{o2} d_i \quad (\text{W/mK}) \quad (43)$$

gde je:

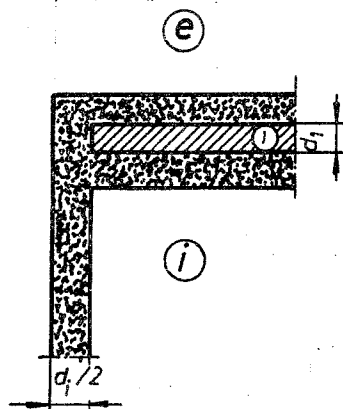
- k_n – koeficijent prolaza toplote kroz rebro ili u slučaju c) koeficijent k_L kroz unutrašnju građevinsku konstrukciju izračunat prema metodi opisanoj u t. 2.4.8.4; uzeto je da je $R_s = 0,17 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- k_{o1} – koeficijent prolaza toplote kroz izolaciju u osnovnom delu;
- k_{o2} – koeficijent prolaza toplote kroz unutrašnju građevinsku konstrukciju, izračunat prema metodi opisanoj u t. 2.4.8.1; uzeto je da je $R_s = 0,17 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- x – veličina definisana u t. 2.4.4.2.



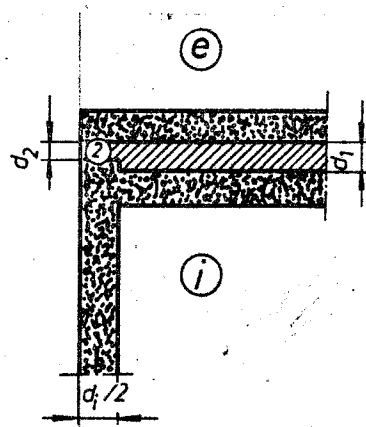
Slika 27.1



Slika 27.2



Slika 27.3



Slika 27.4

3

Koeficijent prolaza toplote građevinskih konstrukcija u kontaktu sa tlom

Razlikuju se podovi, vertikalne građevinske konstrukcije i tavanice (slika 28).

Za podove i zidove, toplotni gubici po jedinici razlike temperature spolja i unutra (ϕ_k) dati su jednačinom

$$\phi_k = k_L \cdot L \quad (\text{W/K}) \quad (44)$$

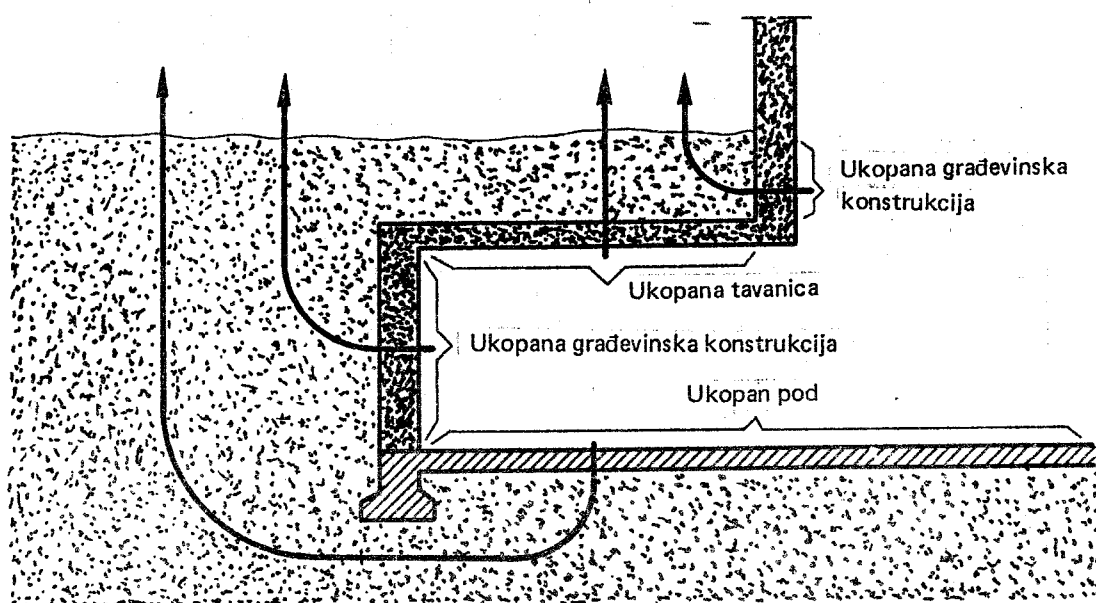
gde je:

k_L — koeficijent linijskog prolaza toplote poda ili građevinske konstrukcije kojima se daju vrednosti iz t. 3.1 i 3.1, u W/mK;

L — spoljni obim poda ili građevinske konstrukcije, u m.

Ova metoda proračuna obuhvata gubitke usled veza građevinska konstrukcija—pod, građevinska konstrukcija—međuspratna tavanica i građevinska konstrukcija—pregrada.

Za tavanice, toplotni gubici za jedinicu razlike temperature unutra i spolja proračunati su kao da se radi o tavanici u kontaktu sa spoljnom sredinom. Njeni toplotni gubici su jednaki proizvodu unutrašnje površine tavanice sa njenim koeficijentom prolaza toplote, pri čemu se ovaj računa prema metodi datoj u t. 3.3.

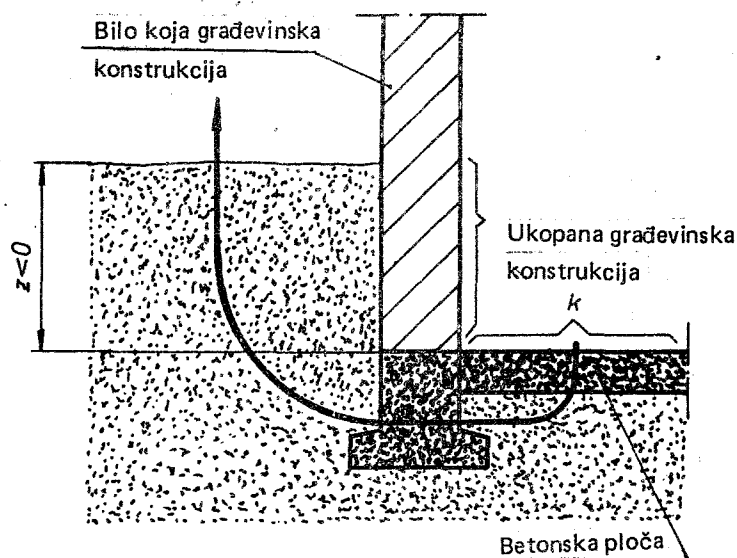


Slika 28 — Prolaz toplote kroz građevinsku konstrukciju u kontaktu sa tlom

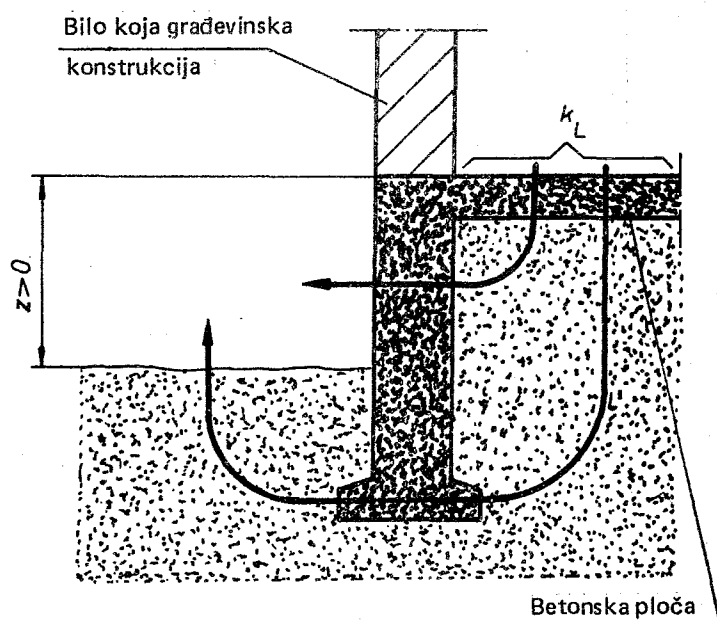
3.1 Podovi na tlu ili ukopani podovi

3.1.1 Pod bez posebne toplotne izolacije

Koeficijent k_L je funkcija razlike nivoa (z) između gornje površine poda i tla; z (dato u tabeli 8) je negativno ako je pod ispod tla (slika 29.1, pod ukopan) i pozitivno u suprotnom slučaju (slika 29.2).



Slika 29.1



Slika 29.2

Tabela 8 — k_L u zavisnosti od z

z (u m)	k u $W/K \cdot m$
Manje od -6,00	0
od -6,00 do -4,05	0,20
od -4,00 do -2,55	0,40
od -2,50 do -1,85	0,60
od -1,80 do -1,25	0,80
od -1,20 do -0,75	1,00
od -0,70 do -0,45	1,20
od -0,40 do -0,25	1,40
od -0,20 do +0,20	1,75
od 0,25 do 0,40	2,10
od 0,45 do 1,00	2,35
od 1,05 do 1,50	2,55

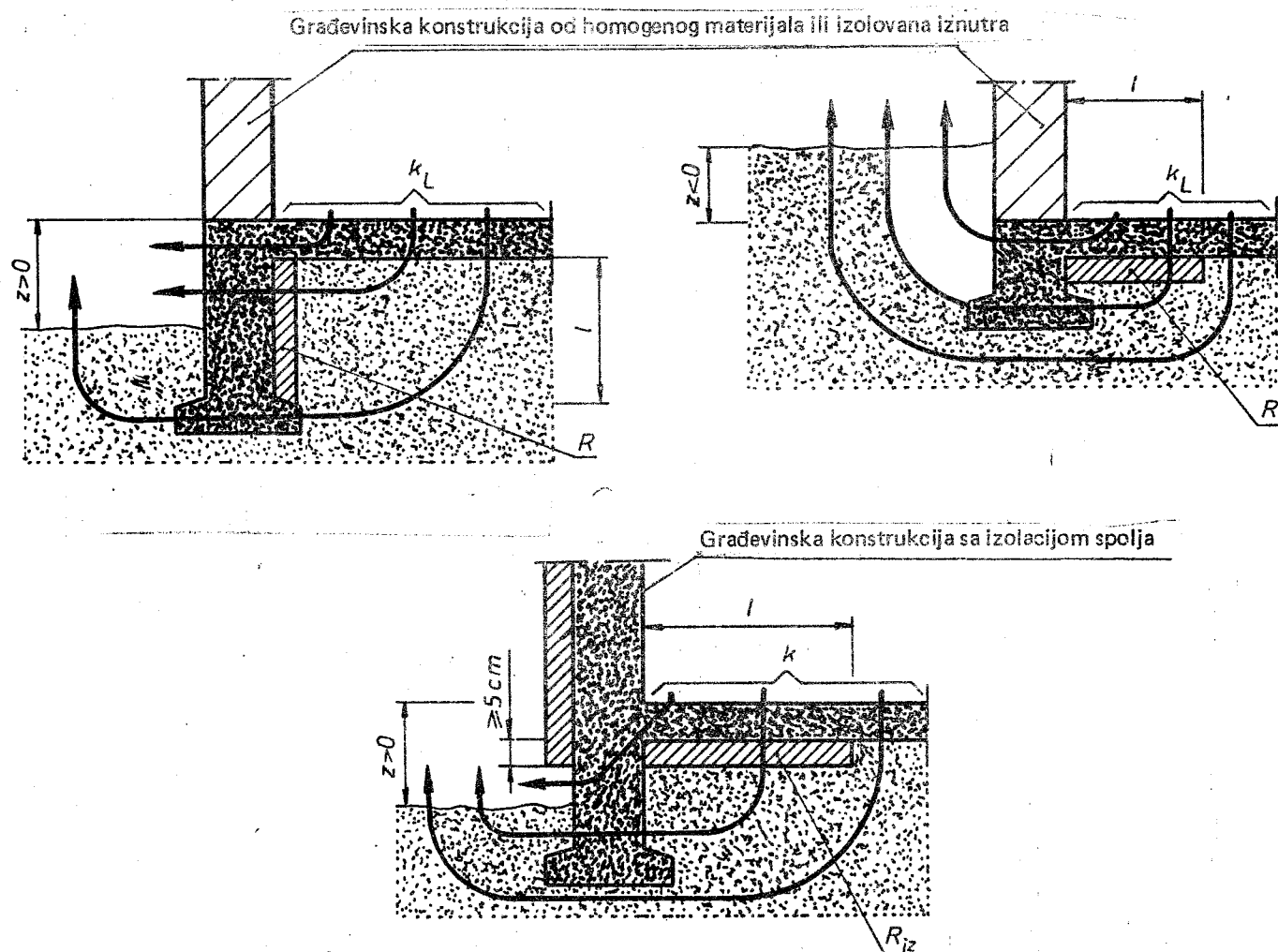
Slika 29 — Prolaz toplote kroz podove u kontaktu sa tlom

3.1.2 Pod sa vertikalnom ili horizontalnom izolacijom po obimu ili horizontalnom izolacijom po celoj površini poda

Ako se izolacija postavi na celu površinu poda ili samo po obimu, razlikuju se tri slučaja, prema tome da li je izolacija prekinuta, smanjena ili kontinuirana preko poda.

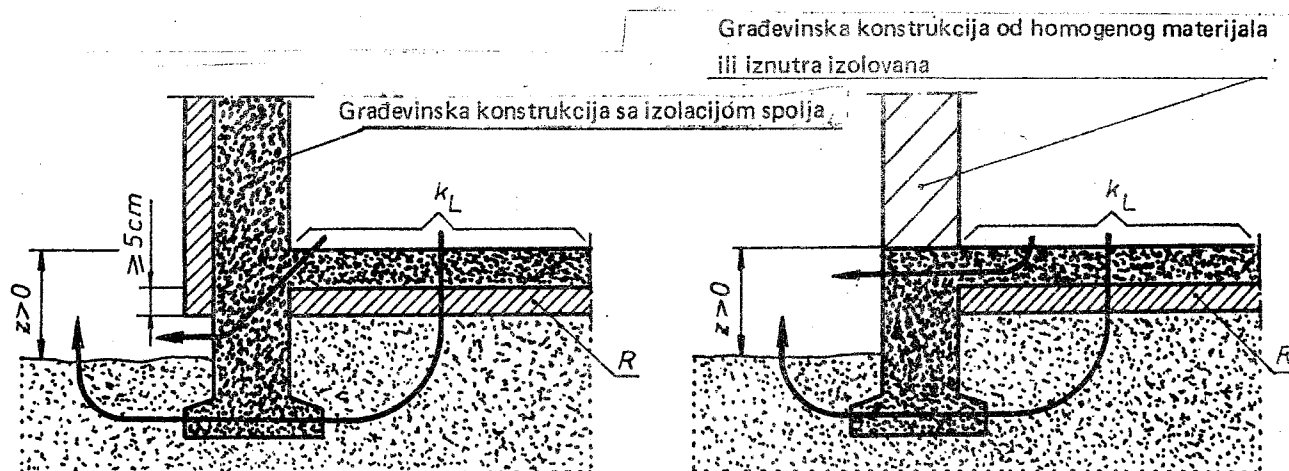
3.1.2.1 Izolacija je prekinuta preko poda.

Vrednosti koeficijenta linijskog prolaza toplote k_L koje odgovaraju izolaciji postavljenoj po obimu date su u tabeli 9 u funkciji razlike nivoa z , definisane u prethodnoj tački, širine izolacije l i toplotnog otpora izolacije R .



Slika 30 — Prolaz toplote kod prekinute izolacije poda

Vrednosti koeficijenta k_L koje odgovaraju izolaciji po celoj površini poda (slika 31) date su u drugom delu tabele 9 u funkciji razlike nivoa z i toplotnog otpora R izolacije.



Slika 31 — Prolaz toplote kod izolacije poda po celoj površini

Tabela 9 — Vrednosti koeficijenta linijskog prolaza toplote k_L

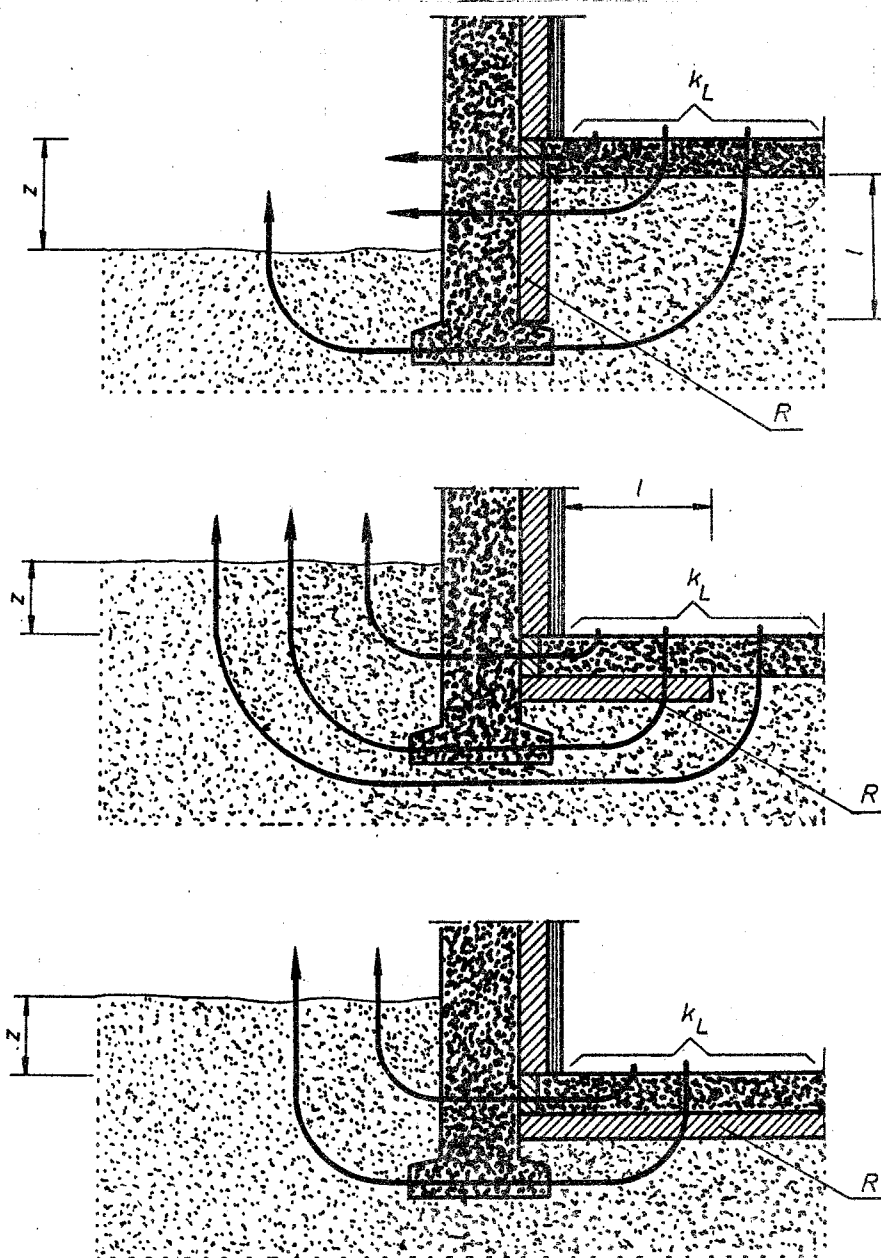
z m	Širina izolacije (l) m	R m ² · K/W						
		0,20	0,40	0,60	0,80	1,05	1,55	2,05
		do	do	do	do	do	do	do
		0,35	0,55	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00
k _L — izolacija po obimu, vertikalna ili horizontalna (W/K · m)								
od — 1,20 do — 0,75	0,25 do 1,00	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	0,90	0,85
od — 0,70 do — 0,45	0,25 do 1,00	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05
od — 0,40 do — 0,25	0,25 do 0,40	1,30	1,25	1,25	1,25	1,20	1,20	1,15
	0,45 do 1,00	1,25	1,25	1,20	1,15	1,15	1,10	1,05
od — 0,20 do + 0,20	0,25 do 0,40	1,60	1,55	1,50	1,50	1,45	1,45	1,40
	0,45 do 1,00	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,30
od 0,25 do 0,40	0,25 do 0,30	1,90	1,85	1,80	1,75	1,70	1,70	1,65
	0,35 do 0,45	1,85	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60	1,55
	0,50 do 0,65	1,85	1,75	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45
	0,70 do 1,00	1,80	1,70	1,60	1,55	1,45	1,40	1,35
od 0,45 do 1,00	0,25 do 0,30	2,10	2,05	2,00	2,00	1,95	1,90	1,90
	0,35 do 0,45	2,10	2,00	1,95	1,90	1,85	1,80	1,80
	0,50 do 0,65	2,05	1,95	1,85	1,80	1,75	1,70	1,65
	0,70 do 1,00	2,00	1,90	1,80	1,70	1,65	1,55	1,50
od 1,05 do 1,50	0,25 do 0,30	2,35	2,30	2,25	2,20	2,20	2,15	2,10
	0,35 do 0,45	2,30	2,25	2,15	2,15	2,10	2,05	2,00
	0,50 do 0,65	2,25	2,15	2,10	2,05	1,95	1,90	1,85
	0,70 do 1,00	2,20	2,10	2,00	1,95	1,85	1,80	1,70
	1,05 do 1,50	2,15	2,00	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50
k _L — horizontalna izolacija po celoj površini poda, u W/m · K								
manje od — 6,00		0	0	0	0	0	0	0
od — 6,00 do — 4,05		0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
od — 4,00 do — 2,55		0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30
od — 2,50 do — 1,85		0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40
od — 1,80 do — 1,25		0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,45
od — 1,20 do — 0,75		0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,55
od — 0,70 do — 0,45		1,05	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75	0,65
od — 0,40 do — 0,25		1,20	1,10	1,05	1,00	0,90	0,80	0,70
od — 0,20 do + 0,20		1,45	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85
od 0,25 do 0,40		1,70	1,55	1,45	1,30	1,20	1,05	0,95
od 0,45 do 1,00		1,90	1,70	1,55	1,45	1,30	1,15	1,00
od 1,05 do 1,50		2,05	1,85	1,70	1,55	1,40	1,25	1,10

3.1.2.2 Izolacija je smanjena na podu i nastavlja izolaciju spoljnog zida

Ako izolacija kroz pod ima toplotni otpor manji od R , a ne manji od $0,20 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, vrednosti koeficijenta k_L su one koje su date u tabeli 9, smanjene za veličinu:

0, ako je $z \leq -0,45 \text{ m}$,
0,05 ako je $-0,40 < z < -0,25 \text{ m}$,
0,10 ako je $z \geq -0,20 \text{ m}$.

Ako izolacija kroz pod ima toplotni otpor manji od $0,20 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, vrednosti date u tabeli 9 su bez promene.



Slika 32 — Izolacija između poda i građevinske konstrukcije je smanjena

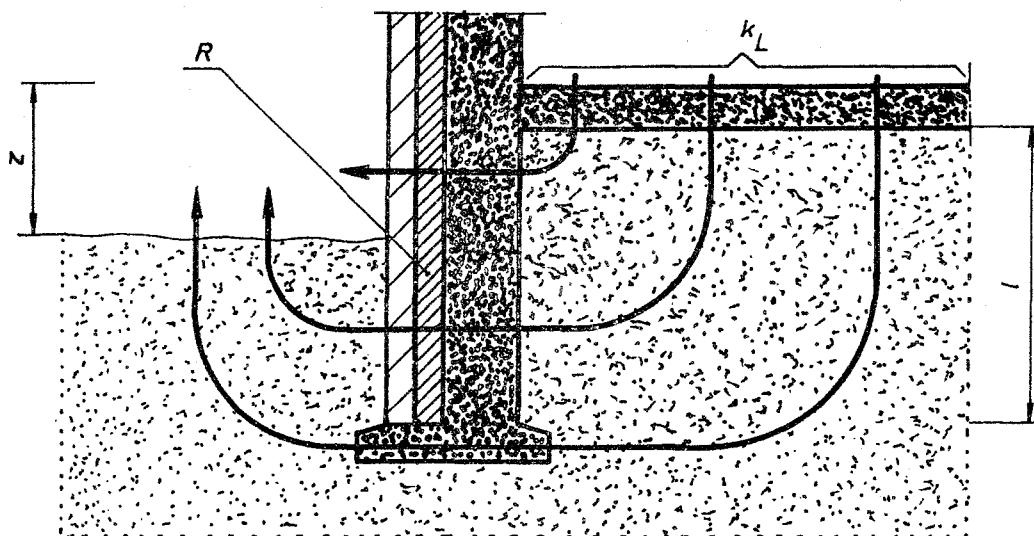
3.1.2.3 Građevinska konstrukcija je izolovana sa spoljne strane preko ravni poda.

Ako izolacija kroz pod ima toplotni otpor jednak ili veći od R , vrednosti koeficijenta k_L date u tabeli 9, smanjuju se za vrednosti koje su u funkciji z i R , date u tabeli 10.

Tabela 10 — Vrednosti razlike Δk_L , u $W/m \cdot K$

z^* (u m)	R (u $m^2 \cdot K/W$)			
	0,20 do 0,35	0,40 do 0,55	0,60 do 1,00	1,05 do 3,00
$z \leq -0,45$	0	0	0	0
$-0,40 < z < -2,50$	0,05	0,05	0,10	0,10
$z \geq -0,20$	0,15	0,15	0,20	0,25

*) z se zaokružuje na 0,05 m.



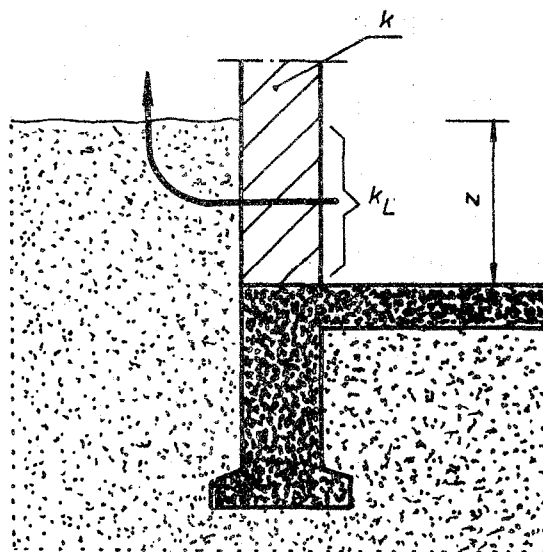
Slika 33 — Izolacija — građevinska konstrukcija je izolovana sa spoljašnje strane preko ravni poda

3.2 Ukopane građevinske konstrukcije

3.2.1 Poluukopane građevinske konstrukcije

3.2.1.1 Građevinske konstrukcije homogene po celom ukopanom delu (slika 34)

Koeficijent k_L je dat u tabeli 11 u funkciji dubine ukopavanja z i koeficijenta k zida, proračunatog kao da se radi o spoljnoj građevinskoj konstrukciji.



Slika 34 — Ukopana homogena građevinska konstrukcija

Tabela 11 – Vrednosti za k_L (u $W/m \cdot K$) za ukopanu homogenu građevinsku konstrukciju

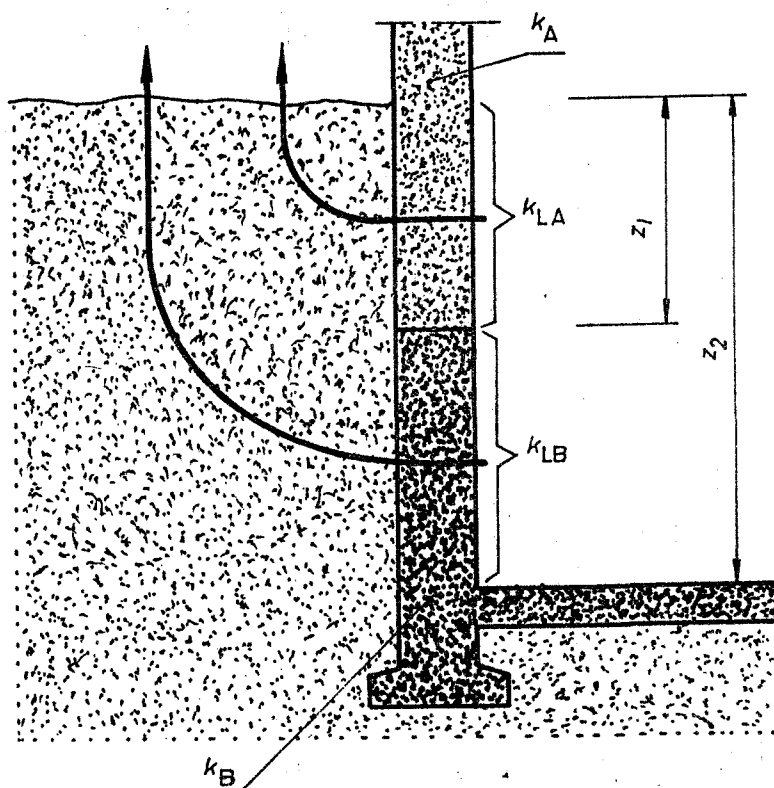
z m	Koeficijent k zida (u $W/m^2 \cdot K$)										
	0,40	0,50	0,65	0,80	1,00	1,20	1,50	1,80	2,20	2,60	3,10
	do 0,49	do 0,64	do 0,79	do 0,99	do 1,19	do 1,49	do 1,79	do 2,19	do 2,59	do 3,09	do 3,70
manje od – 6,00	1,40	1,65	1,85	2,05	2,25	2,45	2,65	2,80	3,00	3,20	3,40
od – 6,00 do – 5,05	1,30	1,50	1,70	1,90	2,05	2,25	2,45	2,65	2,85	3,00	3,20
od – 5,00 do – 4,05	1,15	1,35	1,50	1,65	1,90	2,05	2,25	2,45	2,65	2,80	3,00
od – 4,00 do – 3,05	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,85	2,00	2,20	2,35	2,55	2,70
od – 3,00 do – 2,55	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80	2,00	2,15	2,30	2,50
od – 2,50 do – 2,05	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,45	1,65	1,80	1,95	2,10	2,30
od – 2,00 do – 1,55	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,25	1,40	1,55	1,75	1,90	2,05
od – 1,50 do – 1,05	0,45	0,55	0,65	0,75	0,90	1,00	1,15	1,30	1,45	1,60	1,75
od – 1,00 do – 0,75	0,35	0,40	0,50	0,60	0,65	0,80	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40
od – 0,70 do – 0,45	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,10
od – 0,40 do – 0,25	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,55	0,60	0,70
od – 0,20 do – 0,00*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*) U ovom slučaju se gubici zida računaju kao da ih njegova cela površina daje direktno spoljnoj sredini.

3.2.1.2 Građevinska konstrukcija koja se sastoji od dva dela različitih toplotnih otpora

Koeficijent k_L je jednak zbiru $k_{LA} + k_{LB}$ svakog dela zida:

- vrednost k_{LA} je data u tabeli 11 za z jednako z_1 i koeficijent prolaza toplote jednak k_{LA} ,
- vrednost k_{LB} je jednaka razlici $k_{LB2} - k_{LB1}$ vrednosti k_L dobijenih (kao prethodno) u tabeli 11 za z koje odgovara z_2 i z_1 i k jednako k_B .

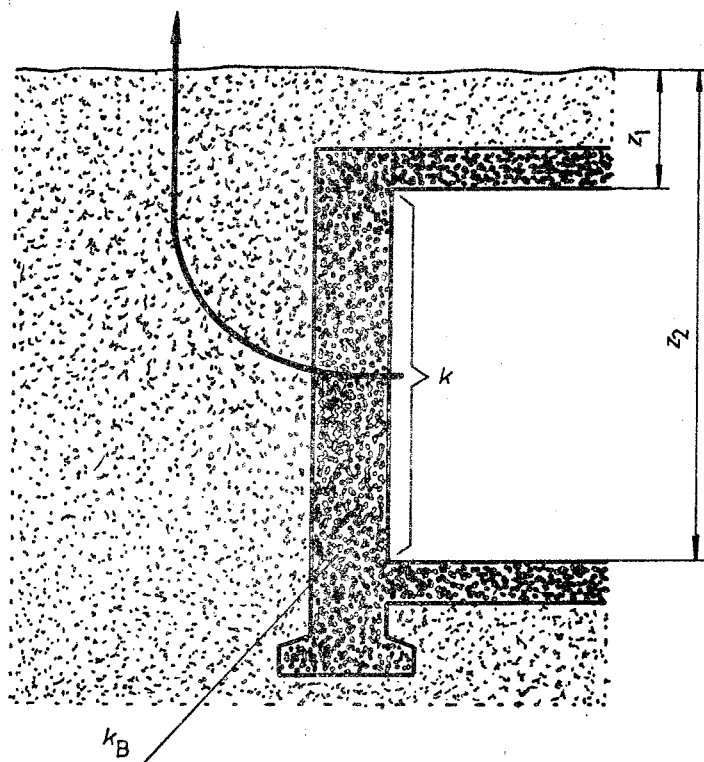


Slika 35 – Građevinska konstrukcija koja se sastoji od dva dela različitih toplotnih otpora

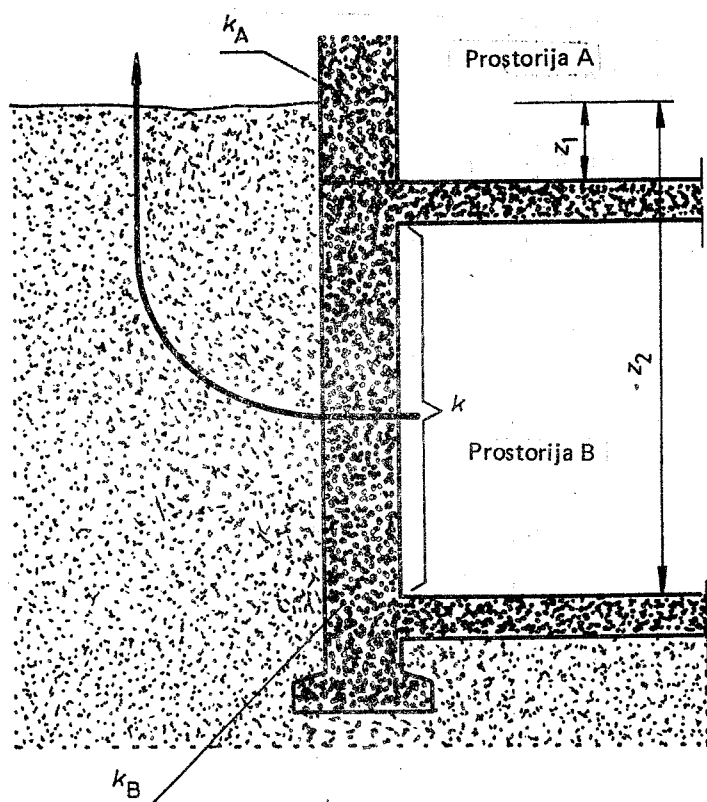
3.2.1.3 Zid prostorije potpuno ukopan (slika 36)

Koeficijent k_L je jednak razlici $k_{LB2} - k_{LB1}$ vrednosti k_L datih u tabeli 11 za z jednako z_2 i z_1 i koeficijent prolaza toplote jednak k_B .

Napomena: Koeficijent k_L građevinske konstrukcije prostorije A (slika 36.2) ima vrednost datu u tabeli 11 za z jednako z_1 i koeficijent prolaza toplote jednak k_A .



Slika 36.1



Slika 36.2

3.3

Ukopane tavanice

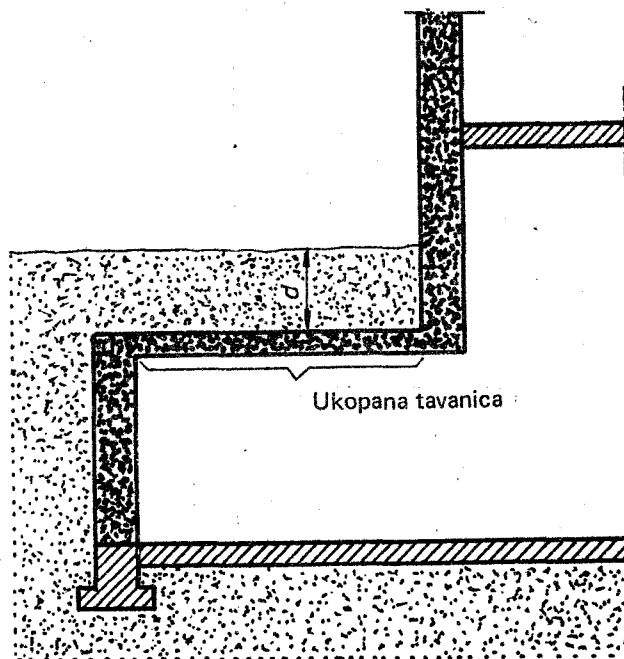
Koeficijent prolaza toplote (k) tavanica ukopanih prostorija izračunava se jednačinom:

$$\frac{1}{k} = 0,14 + R_p + \frac{d}{1,9} \quad (\text{m}^2 \text{ K/W}) \quad (45)$$

gde je:

R_p — toplotni otpor tavanice, u $\text{m}^2 \text{ K/W}$,

d — debljina sloja koji pokriva tavanicu, u m.



Slika 37 — Ukopane tavanice

4

Metoda proračuna srednjeg koeficijenta prolaza toplote k_m

4.1

Srednji koeficijent prolaza toplote k_m dat je izrazom:

$$k_m = \frac{\Phi_T}{A \cdot \Delta t} \quad (46)$$

$$k_m = \frac{\Phi_{VT}}{f_o \cdot \Delta t} \quad (47)$$

gde je:

k_m — srednji koeficijent prolaza toplote zgrade, u $\text{W/m}^2 \text{ K}$,

Φ_T — transmisioni gubici zgrade, u W,

Φ_{VT} — transmisioni gubici zgrade po jedinici zapremine zgrade, u W/m^3 ,

A — ukupna površina zgrade, kroz koju prolazi toplota, u m^2 ,

$\Delta t = t_i - t_e$ — temperaturna razlika, u K,

t_i — prosečna unutrašnja projektovana temperatura u zgradi, u $^{\circ}\text{C}$,

t_e — spoljna projektovana temperatura, u $^{\circ}\text{C}$,

f_o — faktor oblika zgrade, u m^{-1} .

4.1.1 Ukupna površina zgrade kroz koju prolazi toplota izračunava se pomoću izraza:

$$A = A_Z + A_{PR} + A_S + A_{SV} + A_P \quad (48)$$

gde je:

A_Z — površina spoljnih zidova (koji se graniče sa spoljnim vazduhom) i u izgrađenim potkrovljima bočnih zidova, koji nisu deo toplotno izolovanog krova, u m^2 ;

Za proračun uzimaju se spoljne građevinske mere i etažna visina.

A_{PR} — površina prozora (prozori, balkonska vrata, prozori na krovu, kupole, ulazna vrata), u m^2 ;

Određuje se na osnovu svetlih građevinskih mera.

A_S — toplotno izolovani strop ili krovna konstrukcija, u m^2 ;

A_P — površina osnove zgrade, u m^2 ;

Uzimaju se spoljne mere zgrade. Računa se površina koja se graniči sa zemljom ili sa negrejanim podrumom.

Ukoliko se podrum greje, potrebno je u tu površinu uračunati i vertikalne zidove koji se graniče sa zemljom.

A_{SV} — površine stropa (poda) koje se sa donje strane graniče sa spoljnim vazduhom (prolazi, itd), u m^2 .

4.1.2 Faktor oblika f_o izračuna se deljenjem površine A izračunate u t. 4.1.1 zapreminom zgrade V koju ta površina obuhvata:

$$f_o = \frac{A}{V} \quad (m^{-1}) \quad (49)$$

4.1.3 k_m izračunava se pomoću formule:

$$k_m = \frac{k_Z \cdot A_Z + k_{PR} \cdot A_{PR} + c \cdot k_s \cdot A_S + 0,5 k_P \cdot A_P + k_{SV} \cdot A_{SV}}{A} \quad (50)$$

gde su:

$k_Z, k_{PR}, k_S, k_P, k_{SV}$ — pripadajući koeficijenti prolaza toplote proračunati prema ovom standardu, u $W/m^2 K$,

$A_Z, A_{PR}, A_S, A_P, A_{SV}$ — pripadajuće površine,

A — ukupna površina, u m^2 ,

$c = 1$ za tople krovove (krov tavanica),

$c = 0,8$ za hladne krovove.