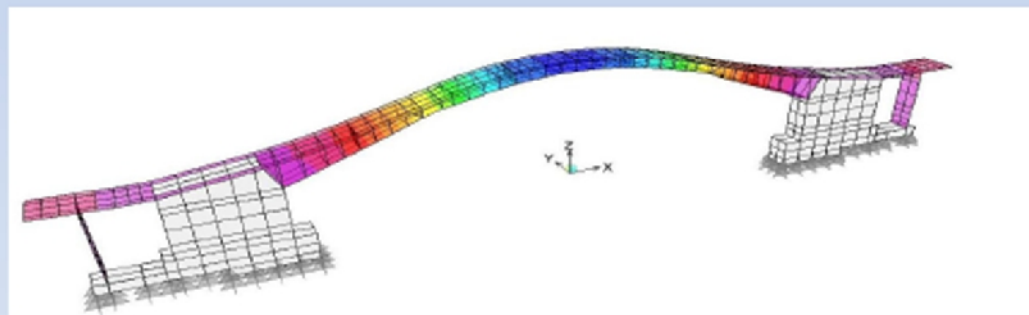


EN 1991-1-5: TERMIČKA DEJSTVA



Doc. dr Željka Radovanović, dipl.inž.građ.

PRIMJENA

EN 1991-1-5 Dejstva na konstrukcije. Termini ka dejstva

U ovom dokumentu prikazana su uputstva za propisan i termini ka dejstava na konstrukcije nastalih usljed:

- klimatskih uslova u određenoj zemlji;
- izloženosti objekta dnevnim i sezonskim klimatskim promjenama;
- terminim dejstvima koja su posljedica eksploatacije objekta.

Standard EN 1991-1-5 se primjenjuje u projektovanju:

- **zgrada;**
- **mostova;**
- konstrukcija u kojima su termini ka dejstva funkcija njihove eksploatacije, na primjer: **rashladni tornjevi, silosi, rezervoari, topli i hladni uskladišteni sadržaji.**

EN 1991-1-5 nudi preporu ene vrijednosti parametara za područja između u **45°N i 55°N** sjeverne geografske širine.

Crna Gora se prostire između u 41°51' i 43°33' sjeverne geografske širine.

Termini ka dejstva - KLASIFIKACIJA

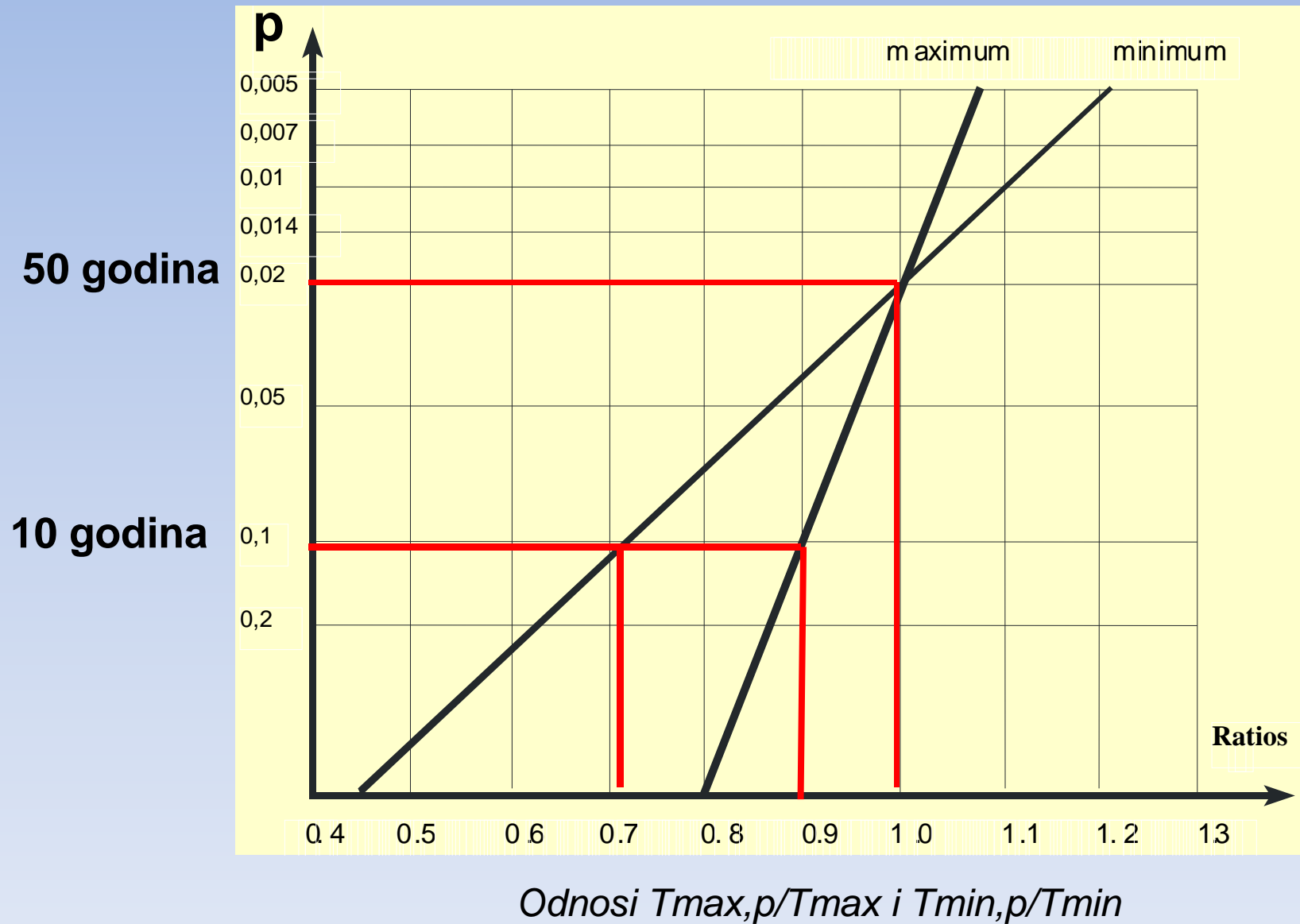
Dejstva prema **porijeklu** spadaju u **indirektna** opterećenja.

Dejstva prema **promjeni u vremenu i prostoru**, a u skladu sa proračunskim situacijama koje definiše Eurokod spadaju u promjenljiva dejstva.

Sve vrijednosti terminskih dejstava date u standardu EN 1991-1-5 su **karakteristične vrijednosti**.

Karakteristične vrijednosti terminskih dejstava date u standardu su vrijednosti **sa godišnjom vjerovatnošću da budu prekoračene od 0.02**, ukoliko nije drugačije određeno. Na primjer za prolazne proračunske situacije.

Promjena povratnog perioda za prolazne proraunske situacije



DEJSTVO TEMPERATURE U STANDARDU EN 1991-1-5

Prema EN 1991-1-5 temperaturni profil može biti podijeljen na:

- ΔT_u je komponenta **ravnomjerne temperature**, (a);

$$\Delta T_u = T_e - T_0 \quad (1)$$

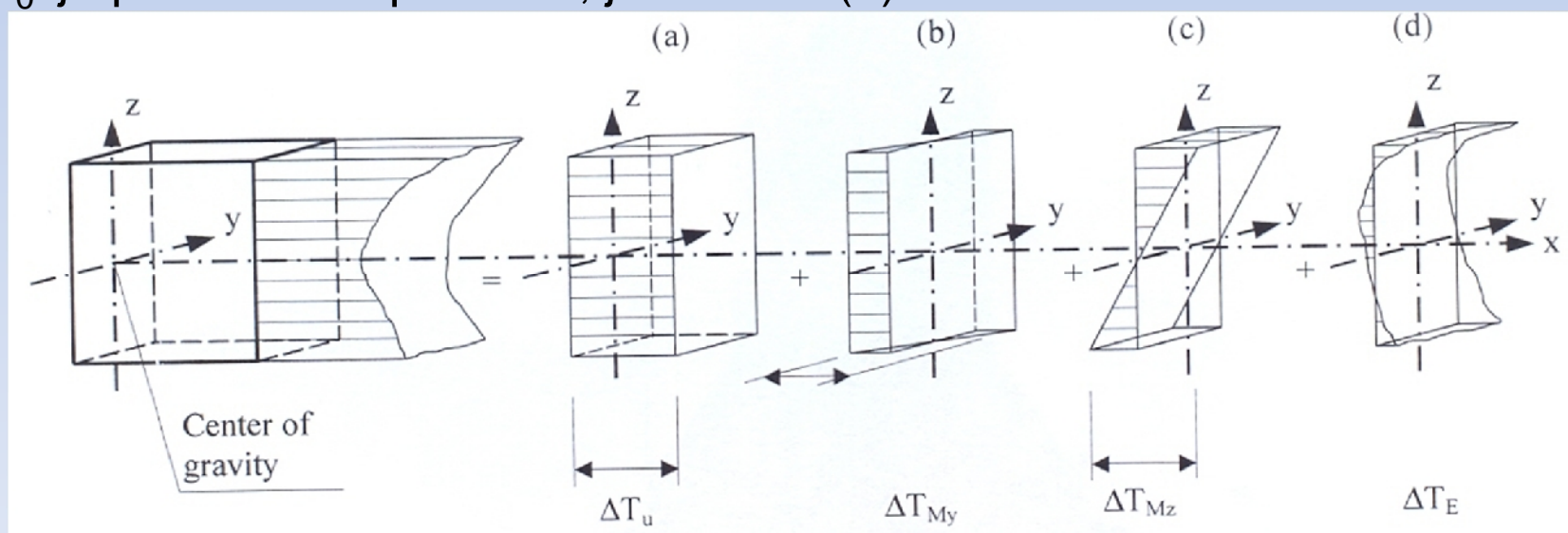
- ΔT_{My} je komponenta linearno promjenljive **temperaturne razlike** oko ose Z (b);

- ΔT_{Mz} je komponenta linearno promjenljive **temperaturne razlike** oko ose Y(c);

- ΔT_E je **nelinearna komponenta temperaturne razlike** (d);

- T_e je efektivna ili prosječna temperatura, jedna ina (1);

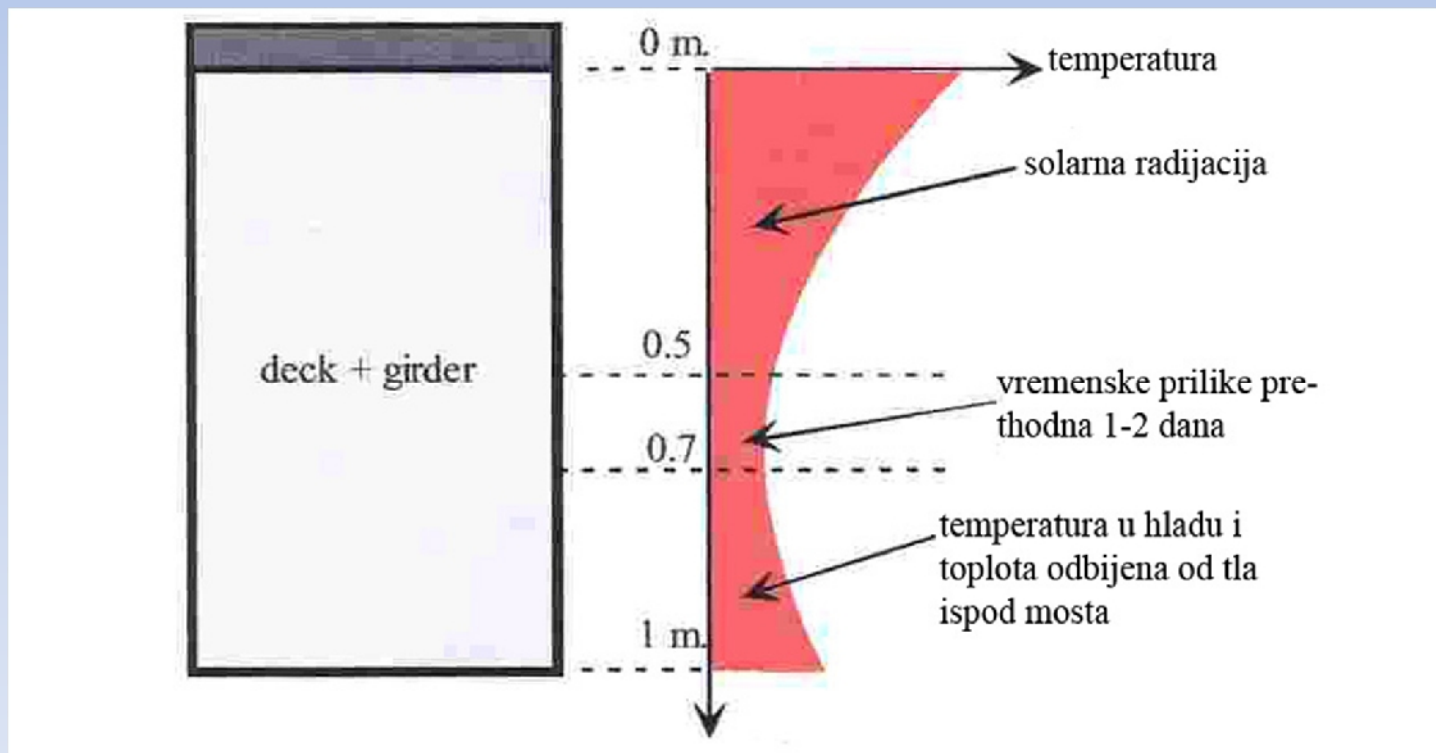
- T_0 je početna temperatura, jedna ina (1).



Komponente temperaturnog profila u konstruktivnom elementu

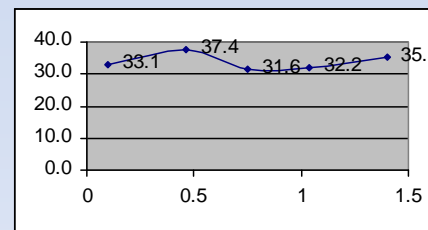
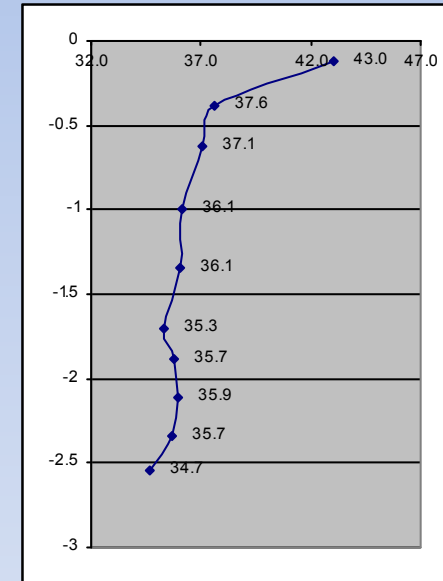
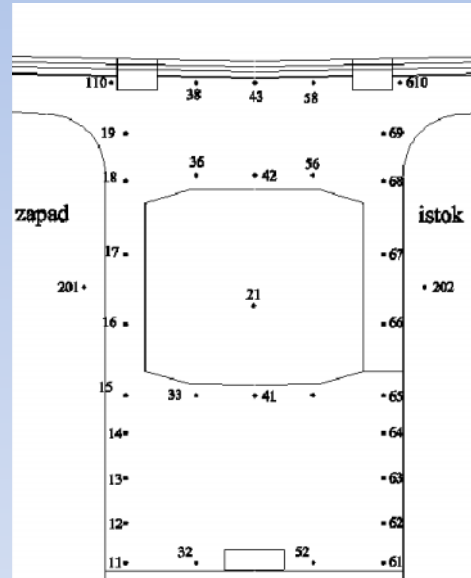
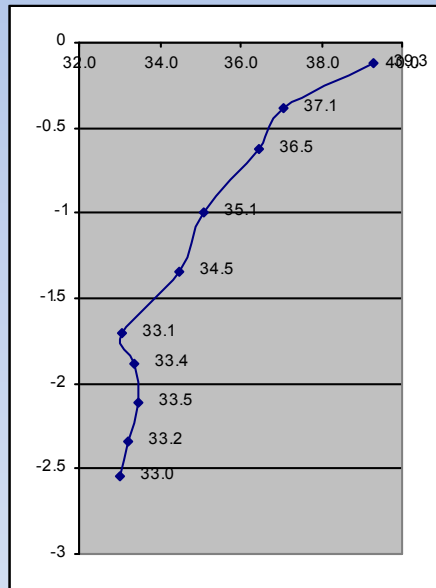
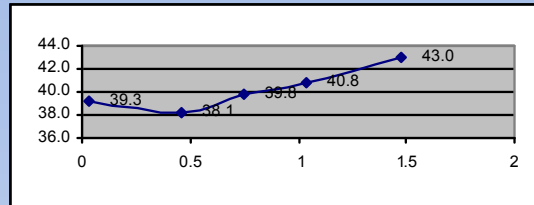
DEJSTVO TEMPERATURE U STANDARDU EN 1991-1-5

Veličina termičkih uticaja zavisi od lokalnih klimatskih uslova (solarna radijacija, dnevna i sezonska promjena temperature vazduha u hladu, vlaga i brzina vjetrova), orijentacije i ukupne mase konstrukcije, geometrije i graničnih uslova, kao i od fizičkih svojstava primjenjenih materijala i završnih obrada zagrijanih površina.



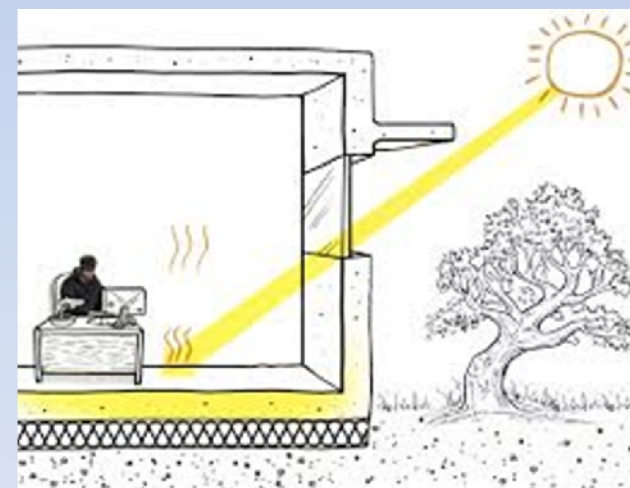
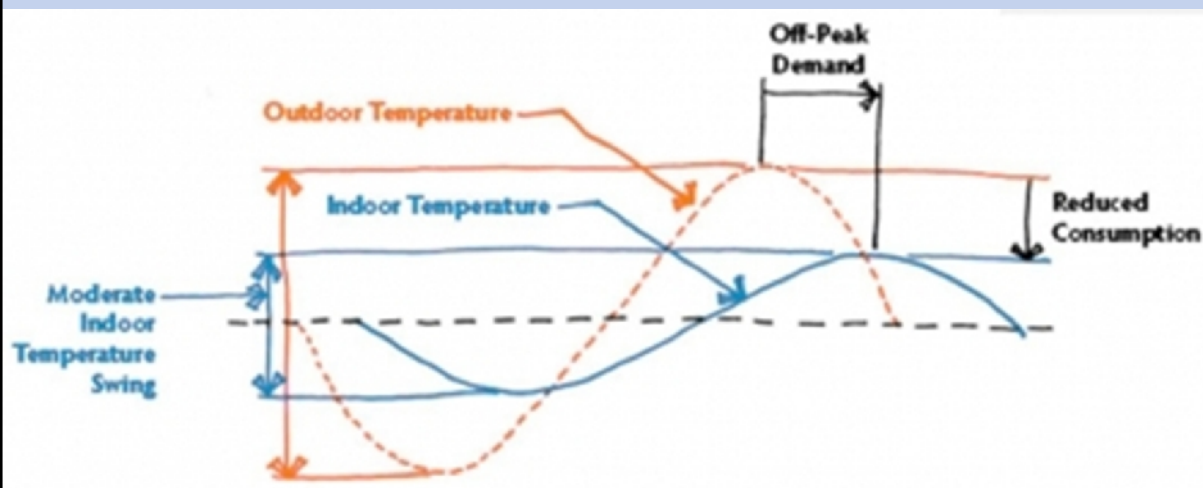
Faktori koji uti u na distribuciju temperature po dubini popre nog presjeka

MJERENJE TEMPERATURE NA REALNOJ KONSTRUKCIJI POPRE NI PRESJEK MOSTA



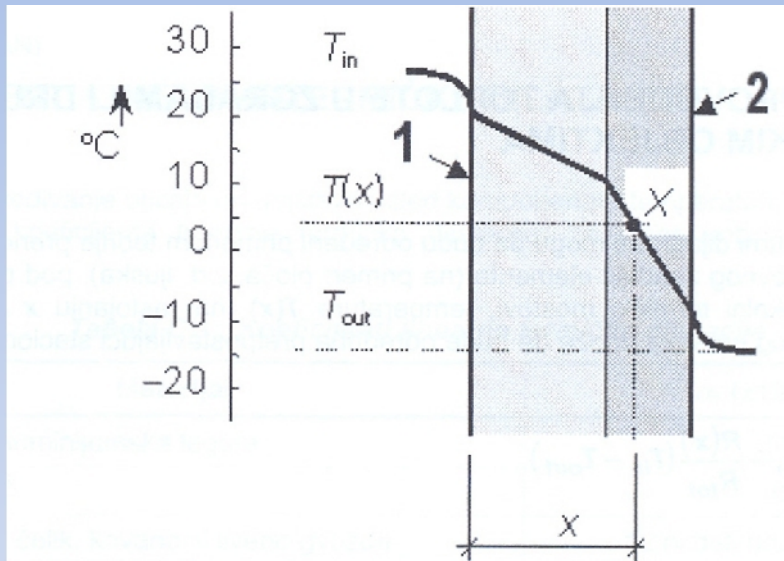
Distribucija temperature u presjeku mosta, ljeto 2007, u 15:00

TEMPERATURNE PROMJENE U ZGRADAMA



TEMPERATURNE PROMJENE U ZGRADAMA

Prosječna temperatura T , konstrukcijskog elementa u zgradama, određuje se korištenjem temperaturnog dijagrama provođenja toplote, za sezone zima i ljeto, kao prosječna temperatura konstrukcijskog elementa, slika i jednačine 2, 3 i 4.



Objašnjenje:

- 1) unutrašnja površina
- 2) spoljašnje površina

Dijagram provođenja toplote dvoslojnog elementa

$$T(x) = T_{in} - R(x)(T_{in} - T_{out}) / R_{tot} \quad (2)$$

Gdje su:

T_{in} - temperatura vazduha unutrašnje sredine

T_{out} - temperatura vazduha spoljašnje sredine

R_{tot} - ukupna toplotna otpornost elementa,

$R(x)$ - toplotna otpornost na unutrašnjoj površini i

$$R_{tot} = R_{in} + \sum h_i / \lambda_i + R_{out} \quad (3)$$

Gdje su:

R_{in} - toplotna otpornost na unutrašnjoj površini,

R_{out} - toplotna otpornost na spoljašnjoj površini,

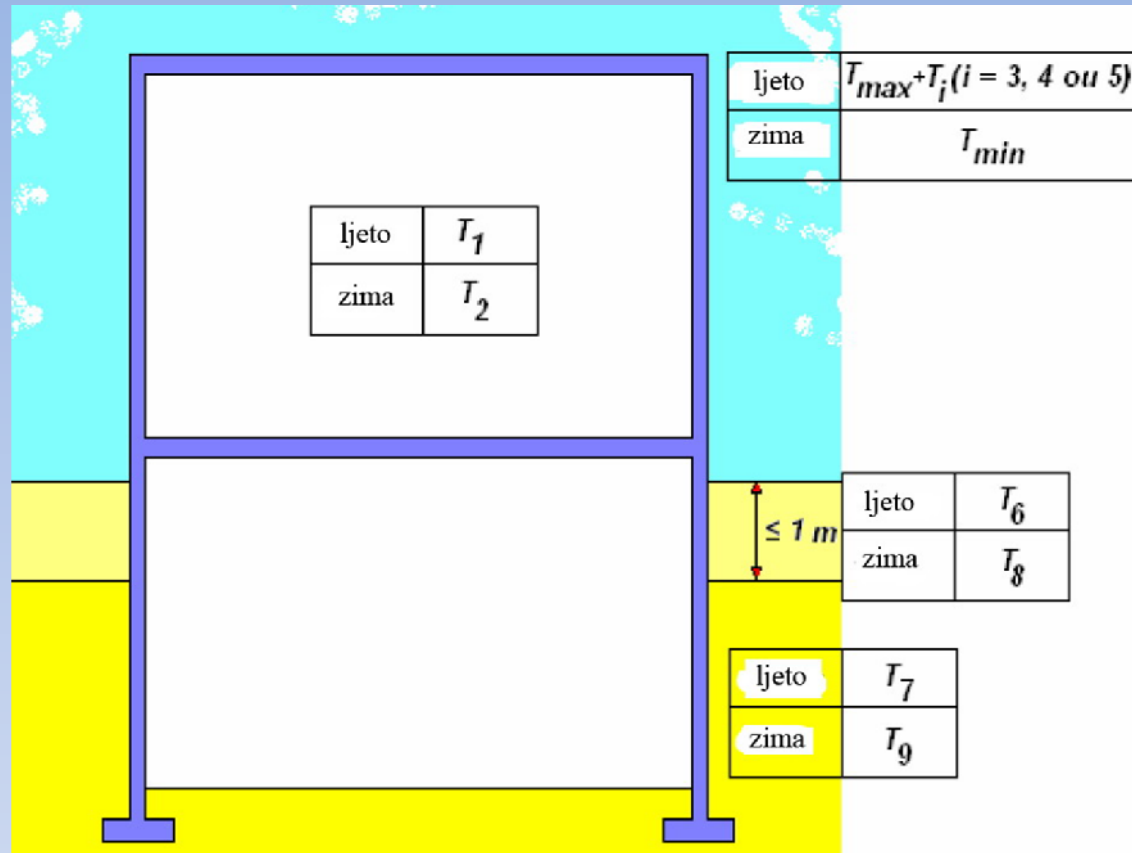
λ_i - toplotna provodljivost,

h_i - debljina sloja i

$$R(x) = R_{in} + \sum h_i / \lambda_i \quad \text{razmatraju se slojevi do tačke } x \quad (4)$$

U zgradama toplotna otpornost $R_{in} = 0.10$ do 0.17 [m^2K/W] (zavisno od orijentacije strujanja toplote), a $R_{out} = 0.04$ (za sve orijentacije). Toplotna provodljivost λ_i za beton varira od 1.16 do 1.71 [W/mK].

ODRE IVANJE TEMPERATURE U ZGRADAMA



Sezona	Temperatura T_{in} [$^{\circ}C$]
Zimno	T_1 ($T_1 = 20^{\circ}C$)
Ljetno	T_2 ($T_2 = 25^{\circ}C$)

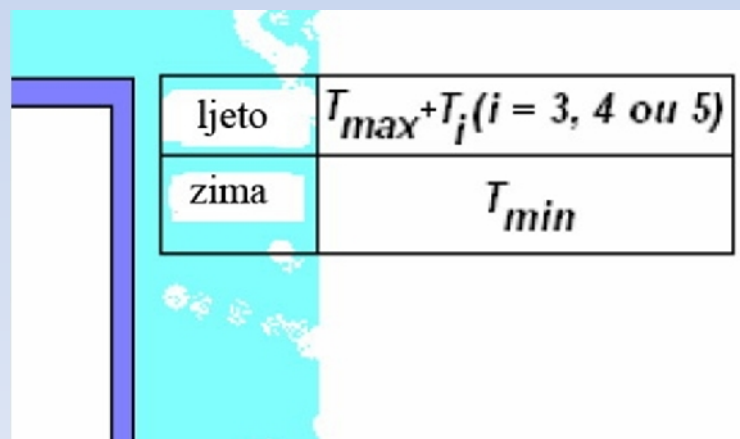
Tabela 1: Temperature T_{in}

Temperature unutrašnje, T_{in} i temperature spoljašnje sredine, T_{out} , u zgradama

Na slici je dat prikaz indikativnih temperatura, T_{in} i T_{out} . T_1 i T_2 su temperature unutrašnje sredine, T_{in} , a temperature od T_3 do T_9 su temperature spoljašnje sredine, T_{out} .

Sezona	Koeficijent zračenja		Temperatura T_{out} [°C]
Ljeto	Relativna absorptivnost zavisna od boje površine	0.5 jasna svijetla površina	$T_{max} + T_3$
		0.7 svijetlo obojena površina	$T_{max} + T_4$
		0.9 tamna površina	$T_{max} + T_5$
Zima			T_{min}
Za površine okrenute na sjevero-istok preporučuje se: $T_3=0^{\circ}\text{C}$, $T_4=2^{\circ}\text{C}$, $T_5=4^{\circ}\text{C}$ Za površine okrenute na jugo-zapad preporučuje se: $T_3=18^{\circ}\text{C}$, $T_4=30^{\circ}\text{C}$, $T_5=42^{\circ}\text{C}$			

Tabela 2: Indikativne temperature spoljašnje sredine iznad nivoa tla



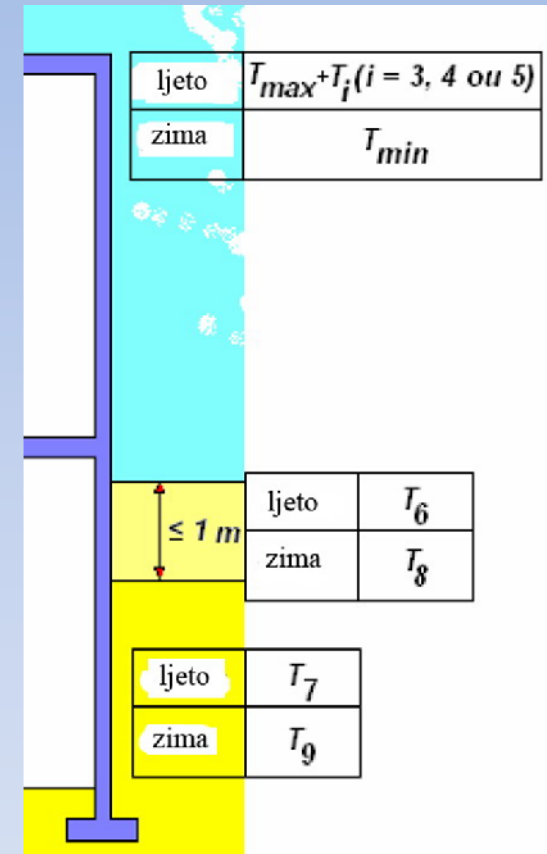
ljeto	$T_{max} + T_i (i = 3, 4 \text{ ou } 5)$
zima	T_{min}

Temperature spoljašnje sredine, T_{out} , nadzemni dio zgrade

Sezona	Dubina ispod nivoa tla	Temperatura T_{out} [$^{\circ}\text{C}$]
Ljeto	manje od 1m	T_6 ($T_6 = 8^{\circ}\text{C}$)
	više od 1 m	T_7 ($T_7 = 5^{\circ}\text{C}$)
Zima	manje od 1m	T_8 ($T_8 = -5^{\circ}\text{C}$)
	više od 1 m	T_9 ($T_8 = -3^{\circ}\text{C}$)

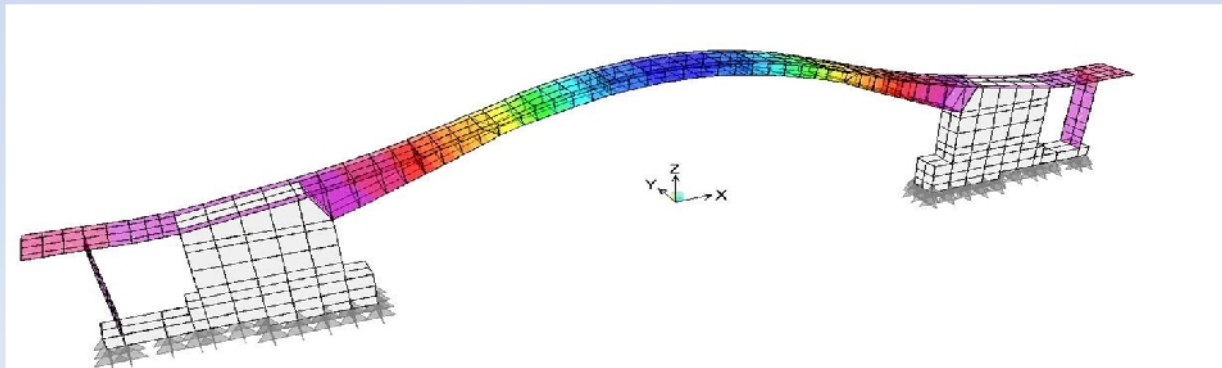
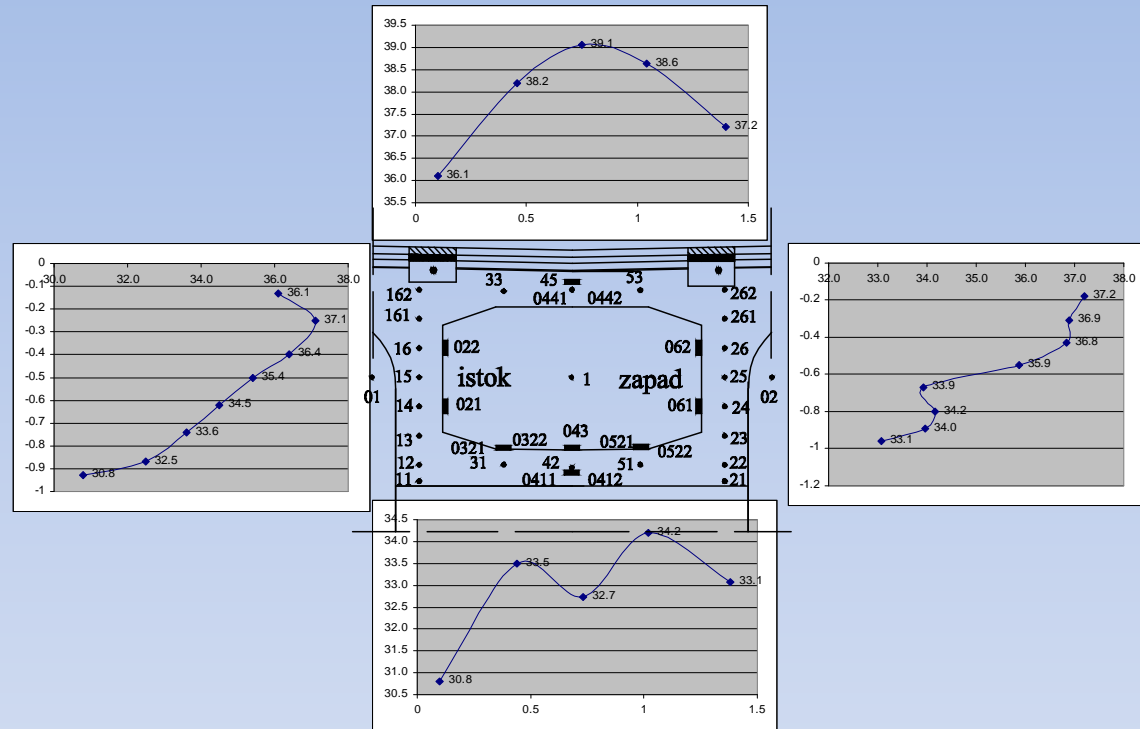
Tabela 3: Indikativne temperature spoljašnje sredine za podzemne djelove zgrade

Kada se razmatraju jednoslojni elementi i kada su uslovi sredine na obje strane slični prosječna temperatura u konstruktivnom elementu T može da bude određena kao prosjek unutrašnje i spoljašnje temperature sredine T_{in} i T_{out} .



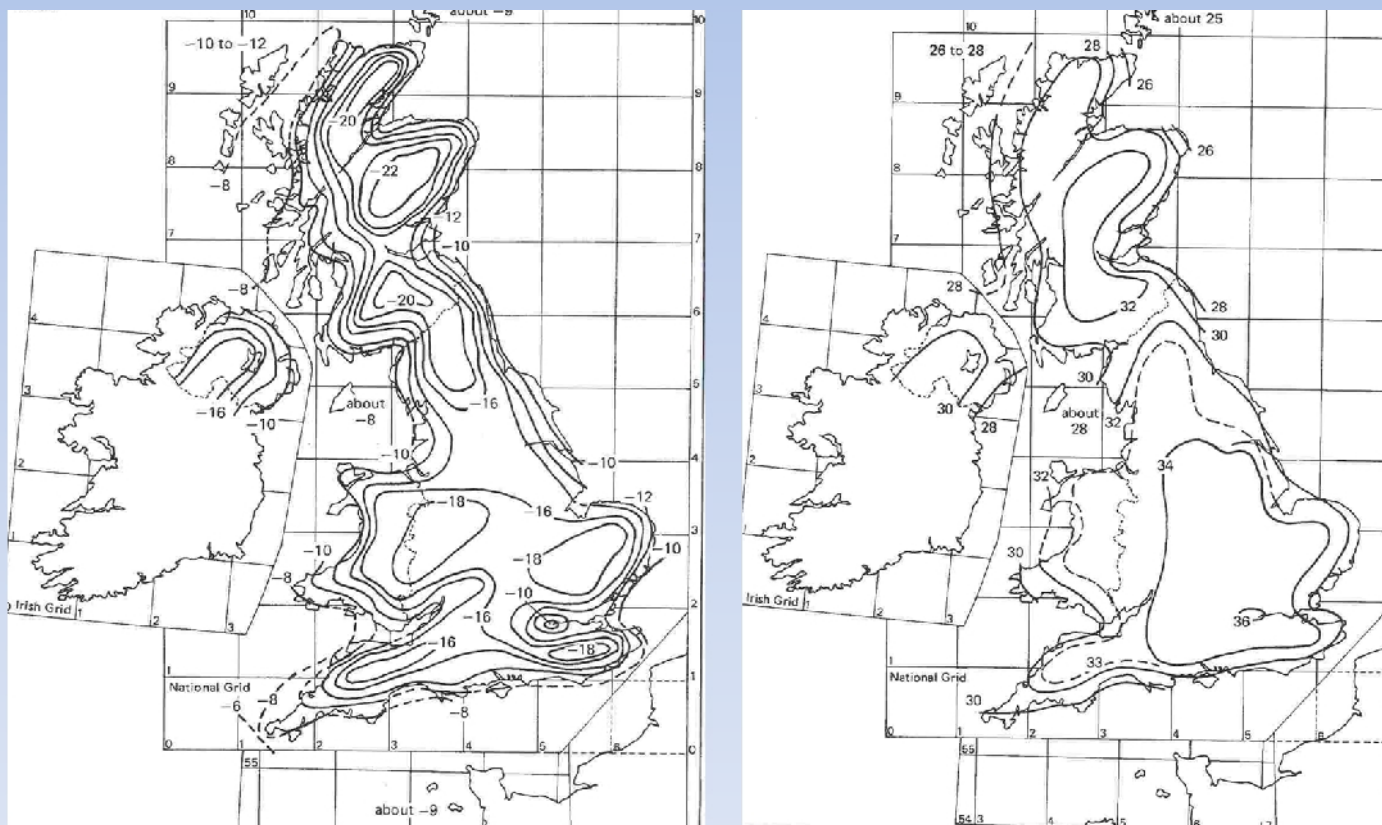
Temperature spoljašnje sredine, T_{out} , podzemni dio zgrade

TEMPERATURNE PROMJENE U MOSTOVIMA



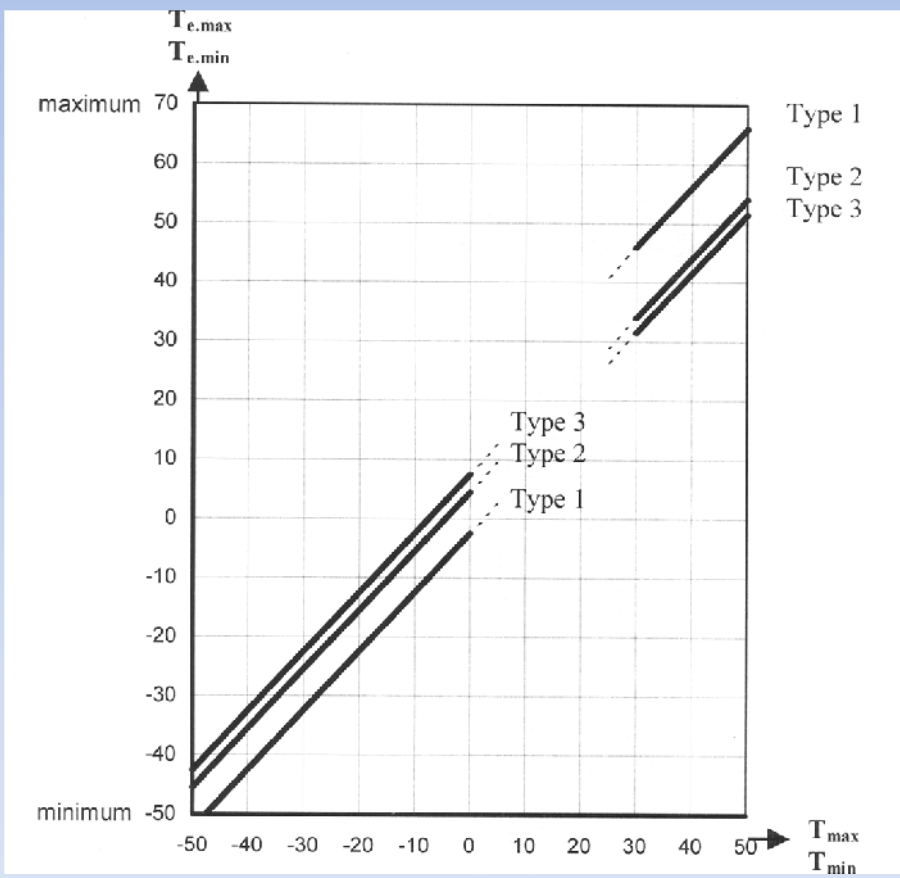
Temperatura u rasponskoj konstrukciji mosta

Karakteristične vrijednosti predstavljaju temperatura vazduha u hladu sa godišnjom vjerovatnošću da će biti prekoračena od 0.02, što je ekvivalentno srednjem povratnom periodu od 50 godina.



Minimalne i maksimalne temperature vazduha u hladu, srednji povratni period od 50 godina, na teritoriji Velike Britanije

Nakon očitavanja minimalne, odnosno maksimalne, temperature vazduha u hladu sa mapa izotermi, na primjer sa slike, očitavaju se minimalne, odnosno maksimalne efektivne komponente temperature. Treba zapaziti da su efektivne temperature u mostovima po svom karakteru isto što i prosječne temperature u zgradama.



Ravnomjerne temperature

$$\Delta T_{N, \text{con}} = T_0 - T_{e, \text{min}} \quad (6)$$

$$\Delta T_{N, \text{ext}} = T_{e, \text{max}} - T_0 \quad (7)$$

Gdje su:

$T_{e, \text{min}}$ - minimalna efektivna temperatura u konstrukciji;

$T_{e, \text{max}}$ - maksimalna efektivna temperatura u konstrukciji;

T_0 - po etna temperatura konstrukcije.

Odnos između minimalne/maksimalne temperature vazduha u hladu ($T_{\text{min}}/T_{\text{max}}$) i minimalne/maksimalne efektivne temperature ($T_{e, \text{min}}/T_{e, \text{max}}$)

Temperaturne razlike

Linearna vertikalna komponenta (Pristup 1)

ΔT_M , koja predstavlja razliku temperatura zagrijavanja gornje i donje površine poprečnog presjeka, za različite tipove rasponske konstrukcije mostova.

Tip kolovozne konstrukcije	Gornja površina toplija od donje	Donja površina toplija od gornje
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Tip 1: čelična kolovozna konstrukcija	18	13
Tip 2: spregnuta kolovozna konstrukcija	15	18
Tip 3: betonska kolovozna konstrukcija:		
- sandučasti nosač	10	5
- betonska ploča na gredama	15	8
- sama betonska ploča	15	8

Napomena 1: Vrednosti date u tabeli predstavljaju gornje granične vrednosti komponente linearne varijacije temperaturne razlike, za reprezentativni uzorak geometrije mostova.

Napomena 2: Vrednosti date u tabeli bazirane su na debljini kolovoznog zastora od 50 mm, za drumske i željezničke mostove. Za druge debljine kolovoznog zastora, te vrednosti treba da budu pomnožene koeficijentom k_{sur} . Preporučene vrednosti za koeficijent k_{sur} su date u tabeli 6.2.


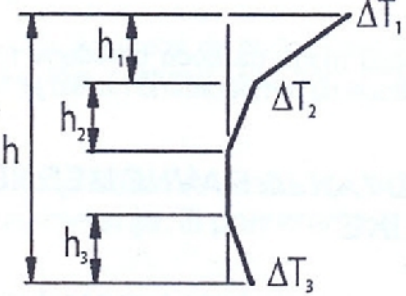
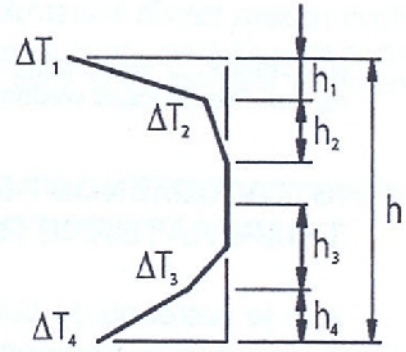
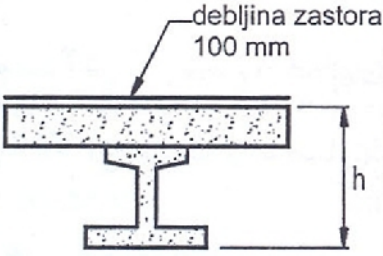

Tabela 4: Vrijednosti linearne komponente temperaturne razlike

Vrijednosti date u tabeli 4 odnose se na površine slojeva na konstrukciji debljine 50 mm za drumske i željezni ke mostove. Debljine slojeva na konstrukciji, koje se razlikuju od navedenih, množe se faktorom k_{sur} , koji je dat u tabeli 5.

Drumski, pešački i željeznički mostovi						
Debljina kolovoznog zastora	Tip 1		Tip 2		Tip 3	
	gornja površina toplija od donje	donja površina toplija od gornje	gornja površina toplija od donje	donja površina toplija od gornje	gornja površina toplija od donje	donja površina toplija od gornje
[mm]	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}
bez zastora	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
vodonepropustljiv ¹⁾	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
zastor (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

¹⁾ Te vrednosti predstavljaju gornje granične vrednosti za tamnu boju

Tabela 5: Faktor k_{sur} za površine razli ite debljine

Tip konstrukcije	Temperaturna razlika (ΔT)																																																																	
	a) grejanje	b) hlađenje																																																																
 <p>debljina zastora 100 mm</p> <p>3a) betonska kolovozna ploča</p>																																																																		
 <p>debljina zastora 100 mm</p> <p>3b) betonske grede</p>	<p>$h_1 = 0,3 h$, ali $\leq 0,15$ m $h_2 = 0,3 h$, ali $\geq 0,10$ m, ali $\leq 0,25$ m $h_3 = 0,3 h$, ali $\leq (0,10 \text{ m} +$ debljina zastora u metrima) (za tanke ploče, h_3 je ograničeno preko $h - h_1 - h_2$)</p>	<p>$h_1 = h_4 = 0,20 h$, ali $\leq 0,25$ m $h_2 = h_3 = 0,25 h$, ali $\geq 0,20$ m</p>																																																																
 <p>debljina zastora 100 mm</p> <p>3c) betonski sandučasti nosač</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> <th>ΔT_3</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th colspan="3">°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>8,5</td> <td>3,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>12,0</td> <td>3,0</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>$\geq 0,8$</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	m	°C			$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12,0	3,0	1,5	0,6	13,0	3,0	2,0	$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> <th>ΔT_3</th> <th>ΔT_4</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th colspan="4">°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>-2,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>-4,5</td> <td>-1,4</td> <td>-1,0</td> <td>-3,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>-6,5</td> <td>-1,8</td> <td>-1,5</td> <td>-5,0</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>-7,6</td> <td>-1,7</td> <td>-1,5</td> <td>-6,0</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>-8,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,5</td> <td>-6,3</td> </tr> <tr> <td>$\geq 1,5$</td> <td>-8,4</td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td>-6,5</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4	m	°C				$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3																																																															
m	°C																																																																	
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																															
0,4	12,0	3,0	1,5																																																															
0,6	13,0	3,0	2,0																																																															
$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5																																																															
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4																																																														
m	°C																																																																	
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																																														
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																														
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																														
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																														
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																														
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																														

Vertikalne temperaturne razlike za betonske mostove, tip 3

Horizontalna komponenta

Horizontalna komponenta temperaturne razlike treba da bude razmatrana kada je orijentacija mosta takva da je jedna strana mosta mnogo više izložena suncu od druge (na primjer osa mosta u pravcu sjever-jug).

EN 1991-1-5 preporu uje vrijednost od 5°C , kao horizontalnu komponentu temperaturne razlike.

Temperatura u stubovima mosta

U prora unu stubova moraju da budu razmatrane temperaturne razlike izme u spoljašnjih strana stubova mosta.

Preporu ena vrijednost je 5°C za stubove i 15°C za zidove.

Kombinacija ravnomjerne komponente temperature i temperaturene razlike

$$\Delta T_{M,\text{toplo}} \text{ (ili } \Delta T_{M,\text{hladno}}) + w_N \Delta T_{N,\text{toplo}} \text{ (ili } \Delta T_{N,\text{hladno}}) \quad (8)$$

ili

$$w_M T_{M,\text{toplo}} \text{ (ili } \Delta T_{M,\text{hladno}}) + \Delta T_{N,\text{toplo}} \text{ (ili } \Delta T_{N,\text{hladno}}) \quad (9)$$

Preporučene vrijednosti za w_M i w_N su: $w_N=0.35$ i $w_M=0.75$.

ZAKLJUČCI

- EN 1991-1-5 se koristi u proračunu slojeva na fasadama, a u cilju obezbjeđivanja energetske efikasnosti zgrada.
- Kombinovanje ravnomjerne temperature i temperaturne razlike je novi pristup u načinu definisanja dejstva temperature.
- Široke mostove, orijentacije sjever-jug, obavezno treba provjeriti za dejstva temperaturne razlike po širini.
- Nelinearni pristup definisanja temperature na mostove je predlog koji bolje od dosad važećeg koncepta opisuje dejstvo temperature.
- Nacionalno određene parametre treba pažljivo razmotriti s obzirom da se Crna Gora ne nalazi u rasponu geografskih širina za koje EN 1991-1-5 daje preporučene vrijednosti.
- Bez definisanih određivanja karakterističnih vrijednosti minimalnih i maksimalnih temperatura vazduha u hladu za teritoriju Crne Gore ovaj se standard ne može koristiti.



Željka Radovanovi

radovanovic@t-com.me

mob. tel. 069 073 273



Hvala na pažnji!