



## **TOPLOTNO OKOLJE IN UGODJE V PROSTORU III**

Merila notranjega okolja za načrtovanje in ocenjevanje toplotnih lastnosti stavb  
z upoštevanjem notranje kakovosti zraka, toplotnega okolja, svetlobe in hrupa  
(SIST EN 15251:2007)

Predloga laboratorijske vaje

Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo

doc. dr. Matjaž Prek

Ljubljana, 2013

## MERILA NOTRANJEGA OKOLJA ZA NAČRTOVANJE IN OCENJEVANJE TOPLOTNIH LASTNOSTI STAVB

Standard SIST EN 15251:2007 (Merila notranjega okolja za načrtovanje in ocenjevanje toplotnih lastnosti stavb z upoštevanjem notranje kakovosti zraka, toplotnega okolja, svetlobe in hrupa) določa vplivne parametre in/ali kriterije za notranje okolje ter način upoštevanja letih v smislu zahtev EPBD direktive. Najpomembnejše značilnosti standarda so, da:

- določa parametre notranjega okolja, ki vplivajo na energijsko učinkovitost stavbe, ter način vrednotenja parametrov notranjega okolja za načrtovanje stavbnih sistemov in izračuna energijske učinkovitosti,
- določa metode za vrednotenje notranjega okolja v daljšem časovnem obdobju za primer izračunanih ali izmerjenih vrednosti,
- določa merjene in prikazane parametre notranjega okolja za obstoječe stavbe,
- določila standarda so uporabna za naslednje vrste stavb: enodružinske hiše, večstanovanjske stavbe, upravne stavbe, šole, bolnišnice, hotele in restavracije, športne objekte, trgovske centre,
- določa način uporabe različnih kategorij kriterijev za parametre notranjega okolja
- standard ne določa postopka načrtovanja, temveč podaja potrebne parametre za načrtovanje stavbe, ogrevalnega, hladilnega, in prezračevalnega sistema ter sistema razsvetljave,
- standard ne vključuje kriterijev za lokalno neugodje kot so npr. prepih, asimetrija toplotnega sevanja, vertikalni gradient temperature zraka, površinska temperatura tal.

Priporočene ali zahtevane vrednosti parametrov notranjega okolja so podane glede na kategorijo pričakovanja kvalitete notranjega okolja (Tabela 1). Kategorizacija omogoča podajanje informacije o kompleksnem notranjem okolju na enostaven način.

*Tabela 1: Kategorizacija notranjega okolja*

Kategorija*	Opis
<b>I</b>	Visoka raven pričakovanja, upoštevana za prostore v katerih so občutljivi ljudje s posebnimi zahtevami
<b>II</b>	<b>Normalna raven pričakovanja, upoštevana za nove ali prenovljene stavbe</b>
<b>III</b>	Zmerna, sprejemljiva raven pričakovanja, uporabna predvsem za obstoječe stavbe
<b>IV</b>	Vrednosti izven kriterijev za zgornje kategorije

\* v drugih standardih, npr. EN 13779 in EN ISO 7730, so tudi upoštewane kategorije, vendar so lahko drugače označene (npr. A, B, C ali 1, 2, 3)

Zahteve za toplotno okolje so različne za stavbe z mehanskim prezračevanjem in hlajenjem ter za stavbe brez njih.

## 1. Priporočeni kriteriji za toplotno okolje

### 1.1 Priporočeni kriteriji za toplotno okolje pri načrtovanju stavb, in sistemov za ogrevanje, hlajenje, mehansko in naravno prezračevanje

#### 1.1.1 Priporočene kategorije in kriteriji za načrtovanje mehansko ogrevanih in hlajenih stavb

Glede na različne kriterije za toplotno ugodje v prostoru, izraženega kot PMV-PPD vrednost (EN ISO 7730), so določene tudi kategorije notranjega toplotnega okolja. Priporočene vrednosti PPD in PMV za različne kategorije so navedene v Tabeli 2. PMV-PPD indeks upošteva vpliv vseh šestih relevantnih parametrov (oblečenost, aktivnost, temperatura zraka, srednja sevalna temperatura, relativna hitrost zraka in vlažnost zraka). Pri predpostavljeni 50 % relativni vlažnosti in majhni hitrosti zraka lahko določimo ustrezno območje občutene temperature in izrazimo kriterij kot temperaturno območje. Za načrtovanje in dimenzioniranje je potrebno upoštevati še dodatne kriterije toplotnega okolja (prepih, vertikalni temperaturni gradient zraka, temperaturo tal, asimetrijo toplotnega sevanja, skladno z določili standarda EN ISO 7730).

Tabela 2a: Primer priporočenih kategorij za načrtovanje

Kategorija	integralno toplotno stanje človeka	
	pričakovan procent nezadovoljnih PPD	pričakovana povprečna presoja PMV
	%	-
I	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
<b>II</b>	<b>&lt; 10</b>	<b>-0,5 &lt; PMV &lt; +0,5</b>
III	< 15	-0,7 < PMV < +0,7
IV	>15	PMV < -0,7 ali +0,7 < PMV

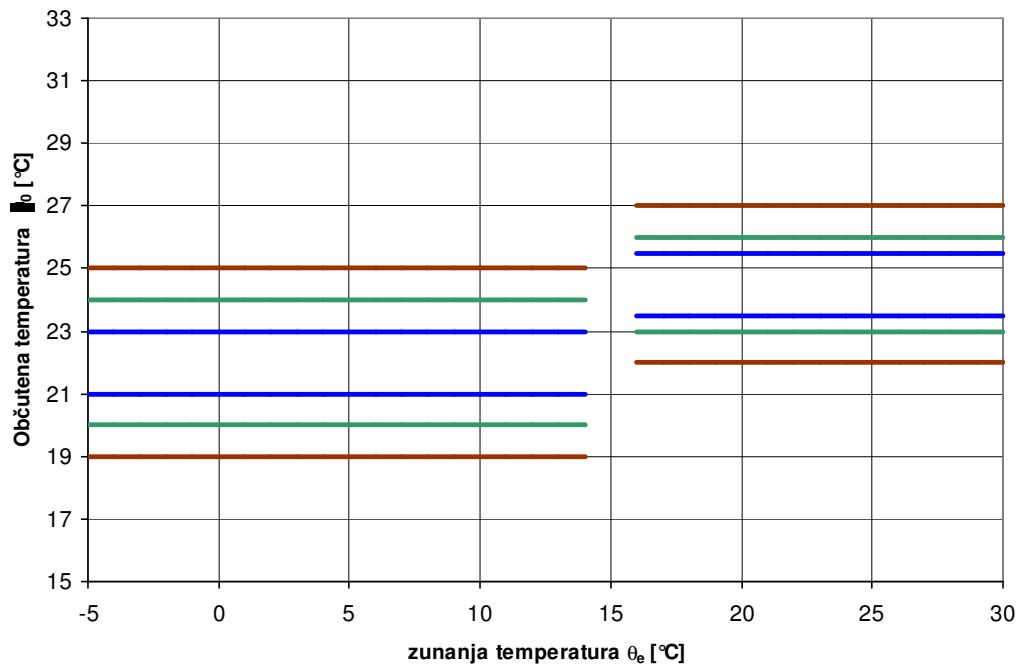
Tabela 2b: Primer priporočenih kategorij za načrtovanje

Kategorija	Občutena temp.		Max. hitrost zraka	
	Poletje / hlajenje 0,5 clo	Zima / ogrevanje 1,0 clo	Poletje / hlajenje 0,5 clo	Zima / ogrevanje 1,0 clo
A	23,5 – 25,5	21,0 - 23,0	0,18	0,15
<b>B</b>	<b>23,0 – 26,0</b>	<b>20,0 – 24,0</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>
C	22,0 – 27,0	19,0 – 25,0	0,25	0,21

V tabeli 3 so podane vrednosti občutene temperature za posamezne kategorije pri predpostavljeni aktivnosti (*met* vrednost) in oblečenosti za zimsko in poletno obdobje (*clo* vrednost).

Tabela 3: Priporočene vrednosti notranje temperature za načrtovanje stavbe in HVAC sistema

Vrsta stavbe/prostora	Kategorija	Občutena temperatura [°C]	
		Minimalna za ogrevanje ~ 1,0 clo	Maksimalna za hlajenje ~ 0,5 clo
Stanovanjska stavba, bivalni prostori ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	<b>II</b>	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	18,0	27,0
Stanovanjska stavba, ostali prostori ~ 1,6 met	I	18,0	
	<b>II</b>	<b>16,0</b>	
	III	14,0	
Pisarna ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	<b>II</b>	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0
Konferenčna soba ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	<b>II</b>	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0
Restavracija ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	<b>II</b>	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0
Šola (učilnica) ~ 1,2 met	I	21,0	25,0
	<b>II</b>	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>
	III	19,0	27,0
Vrtec ~ 1,4 met	I	19,0	24,5
	<b>II</b>	<b>17,5</b>	<b>25,5</b>
	III	16,5	26,0
trgovina ~ 1,6 met	I	17,5	24,0
	<b>II</b>	<b>16,0</b>	<b>25,0</b>
	III	15,0	26,0



Slika 1: Projektna vrednost občutene temperature za stavbe z mehanskim hlajenjem v odvisnosti od povprečne zunanje temperature.

### 1.1.2 Priporočene notranje temperature za načrtovanje stavb brez mehanskega hlajenja

Za stavbe brez mehanskega hlajenja se za načrtovanje ogrevanja upoštevajo kategorije in kriteriji enako kot za mehansko ogrevane in hlajene stavbe. Za poletno obdobje so določene meje občutene temperature ob upoštevanju aklimatizacije (določene posredno s eksponentno obteženo povprečno zunanjo temperaturo v določenem časovnem intervalu).

$\theta_{rm}$  – eksponentno obteženo drseče povprečje zunanje dnevne temperature  $\theta_{ed}$

$$\theta_{rm} = (1 - \alpha) \cdot \{ \theta_{ed-1} + \alpha \cdot \theta_{ed-2} + \alpha^2 \cdot \theta_{ed-3} \dots \}$$

oziroma v poenostavljeni obliki:

$$\theta_{rm} = (1 - \alpha) \cdot \theta_{ed-1} + \alpha \cdot \theta_{rm-1}$$

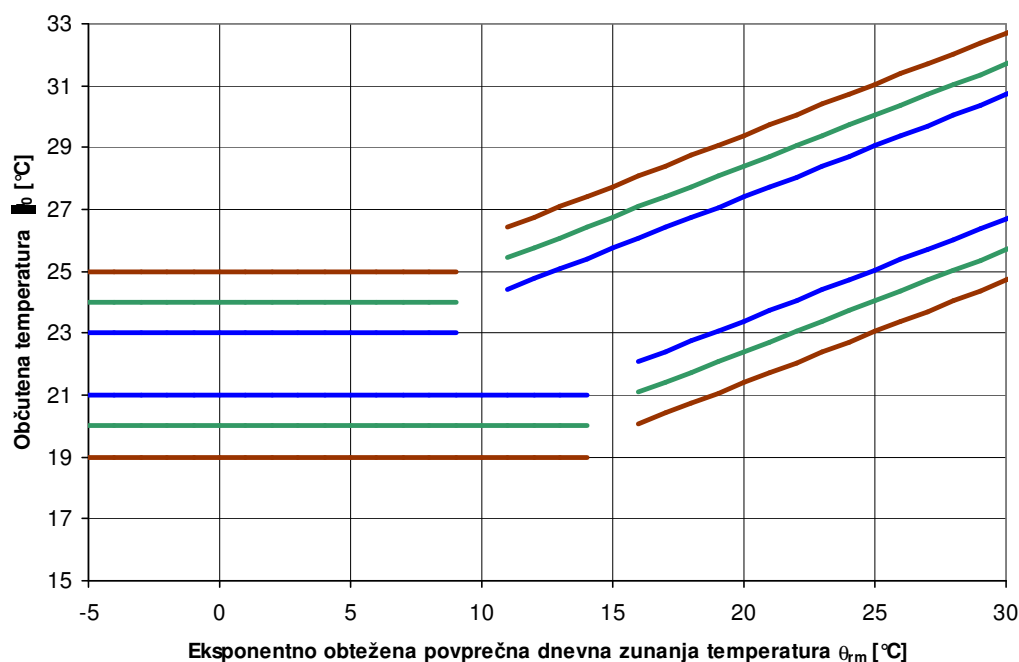
Uporablja se lahko tudi približek z uporabo enačbe, v kateri je upoštevan 7-dnevni časovni interval:

$$\theta_{rm} = \frac{\theta_{ed-1} + 0,8 \cdot \theta_{ed-2} + 0,6 \cdot \theta_{ed-3} + 0,5 \cdot \theta_{ed-4} + 0,4 \cdot \theta_{ed-5} + 0,3 \cdot \theta_{ed-6} + 0,2 \cdot \theta_{ed-7}}{3,8}$$

kjer je  $\theta_{rm}$  eksponentno obteženo drseče povprečje zunanje dnevne temperature za računski dan,  $\theta_{rm-1}$  eksponentno obteženo drseče povprečje zunanje dnevne temperature za predhodni dan,  $\theta_{ed-1}$  povprečna zunanja dnevna temperatura za predhodni dan,  $\theta_{ed-2}$  povprečna zunanja dnevna temperatura za pred-predhodni dan, itd.  $\alpha$  je konstanta med 0 in 1; priporočena vrednost je 0,8. Za časovni interval računanja eksponentno obtežene drseče povprečne zunanje dnevne temperature se običajno upošteva tedenski interval (7 dni). Meje občutene temperature ob upoštevanju aklimatizacije so podane v tabeli 4 in sliki 2.

Tabela 4: Meje občutene temperature za stavbe brez mehanskega hlajenja v odvisnosti od eksponentno obtežene zunanje dnevne temperature za posamezne kategorije stavbe.

Kategorija	Občutena temperatura [°C]	
I	zgornja meja:	$\theta_{i\max} = 0,33 \cdot \theta_{rm} + 18,8 + 2$
	spodnja meja:	$\theta_{i\min} = 0,33 \cdot \theta_{rm} + 18,8 - 2$
II	zgornja meja:	$\theta_{i\max} = 0,33 \cdot \theta_{rm} + 18,8 + 3$
	spodnja meja:	$\theta_{i\min} = 0,33 \cdot \theta_{rm} + 18,8 - 3$
III	zgornja meja:	$\theta_{i\max} = 0,33 \cdot \theta_{rm} + 18,8 + 4$
	spodnja meja:	$\theta_{i\min} = 0,33 \cdot \theta_{rm} + 18,8 - 4$



Slika 2: Projektna vrednost občutene temperature za stavbe brez mehanskega hlajenja v odvisnosti od eksponentno obtežene povprečne zunanje temperature.

## 1.2 Priporočene notranje temperature za izračun rabe energije

Tabela 5: Priporočeno območje notranje temperature za izračun rabe energije za ogrevanje in hlajenje na osnovi urnega računskega intervala

Vrsta stavbe/prostora	Kategorija	Območje temperature [°C]	
		Ogrevanje ~ 1,0 clo	Hlajenje ~ 0,5 clo
Stanovanjska stavba, bivalni prostori ~ 1,2 met	I	21,0 – 25,0	23,5 – 25,5
	<b>II</b>	<b>20,0 – 25,0</b>	<b>23,0 – 26,0</b>
	III	18,0 – 25,0	22,0 – 27,0
Stanovanjska stavba, ostali prostori ~ 1,6 met	I	18,0 – 25,0	
	<b>II</b>	<b>16,0 – 25,0</b>	
	III	14,0 – 25,0	
Pisarna ~ 1,2 met	I	21,0 – 23,0	23,5 – 25,5
	<b>II</b>	<b>20,0 – 24,0</b>	<b>23,0 – 26,0</b>
	III	19,0 – 25,0	22,0 – 27,0
Vrtec ~ 1,4 met	I	19,0 – 21,0	22,5 – 24,5
	<b>II</b>	<b>17,5 – 22,5</b>	<b>21,5 – 25,5</b>
	III	16,5 – 23,5	21,0 – 26,0
trgovina ~ 1,6 met	I	17,5 – 20,5	22,0 – 24,0
	<b>II</b>	<b>16,0 – 22,0</b>	<b>21,0 – 25,0</b>
	III	15,0 – 23,0	20,0 – 26,0

## 2. Priporočeni kriteriji za kakovost zraka in prezračevanje

### 2.1 Priporočeni kriteriji za načrtovane pretoke zraka za nestanovanjske stavbe

#### 2.1.1 Metoda na osnovi števila ljudi in emisijskih lastnosti stavbe (onesnaževalcev)

Količina zraka (pretok) je določen na osnovi naslednje enačbe, ki upošteva potrebno količino zraka zaradi ljudi v prostoru in emisije onesnaževalcev stavbe:

$$\dot{V}_{skupni} = n \cdot \dot{V}_p + A \cdot \dot{V}_B$$

kjer je

$\dot{V}_{skupni}$  – skupni pretok zraka za prostor [l/s]

$n$  – število ljudi v prostoru [-]

$\dot{V}_p$  – pretok zraka za posameznega človeka [l/(s osebo)] – tabela 6

$A$  – neto tlorisna površina prostora [m<sup>2</sup>]

$\dot{V}_B$  – pretok zraka zaradi emisije onesnaževalcev stavbe [l/(s m<sup>2</sup>)] – tabela 7

Tabela 6: Pretok zraka zaradi emisije bioonesnaževalcev zaradi prisotnosti ljudi

Kategorija	Pričakovan odstotek nezadovoljnih PPD	Pretok zraka na osebo $\dot{V}_p$ l/s/osebo
I	15	10
<b>II</b>	<b>20</b>	<b>7</b>
III	30	4
IV	> 30	< 4

Tabela 7: Pretok zraka za zaradi emisije onesnaževalcev stavbe

Kategorija	Stavba z zelo majhno emisijo onesnaževalcev	Stavba z majhno emisijo onesnaževalcev	Stavba z veliko emisijo onesnaževalcev
I	0,5 l/(s m <sup>2</sup> )	1,0 l/(s m <sup>2</sup> )	2,0 l/(s m <sup>2</sup> )
<b>II</b>	<b>0,35 l/(s m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,7 l/(s m<sup>2</sup>)</b>	<b>1,4 l/(s m<sup>2</sup>)</b>
III	0,2 l/(s m <sup>2</sup> )	0,4 l/(s m <sup>2</sup> )	0,8 l/(s m <sup>2</sup> )
IV	< 0,2 l/(s m <sup>2</sup> )	< 0,4 l/(s m <sup>2</sup> )	< 0,8 l/(s m <sup>2</sup> )



### 2.1.2 Metoda na osnovi pretoka zraka na osnovi števila ljudi ali m<sup>2</sup> tlorisne površine

Tabela 8: Pretok zraka za nestanovanjske stavbe zaradi emisije onesnaževalcev stavbe

Kategorija	Pretok zraka na osebo l/s/osebo	Pretok zraka zaradi emisije onesnaževalcev stavbe l/(s m <sup>2</sup> )		
		Stavba z zelo majhno emisijo onesnaževalcev	Stavba z majhno emisijo onesnaževalcev	Stavba z veliko emisijo onesnaževalcev
I	10	0,5	1,0	2,0
<b>II</b>	<b>7</b>	<b>0,35</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>
III	4	0,2	0,4	0,8
IV	< 4	< 0,2	< 0,4	< 0,8

### 2.1.3 Metoda na osnovi koncentracije CO<sub>2</sub>

Tabela 9: Priporočene vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> nad zunanjo koncentracijo za posamezne kategorije stavbe in kontroliranem prezračevanju

Kategorija	Koncentracija CO <sub>2</sub> nad zunanjo koncentracijo ppm
I	350
<b>II</b>	<b>500</b>
III	800
IV	> 800

Tabela 10: Priporočene vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> za posamezne kategorije stavbe

Kategorija	Pričakovan odstotek nezadovoljnih PPD	Pretok zraka na osebo l/s/osebo	Koncentracija CO <sub>2</sub> nad zunanjo koncentracijo ppm	Absolutna koncentracija CO <sub>2</sub> (zunanja konc. 340 ppm) ppm
I	15	10	460	800
<b>II</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>660</b>	<b>1000</b>
III	30	4	1190	1530
IV	> 30	< 4	> 1190	>1530

## 2.2 Priporočeni kriteriji za načrtovane pretoke zraka za stanovanjske stavbe

Tabela 11: Priporočeni pretoki zraka za stanovanjske stavbe

Kategorija	Število izmenjav zraka*		Dnevne sobe, spalnice		Odvod zraka (l/s)		
	l/(s m <sup>2</sup> )	n <sup>-1</sup>	l/osebo	l/(s m <sup>2</sup> )	kuhinja	kopalnica	toaleta
I	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
<b>II</b>	<b>0,42</b>	<b>0,6</b>	<b>7</b>	<b>1,0</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>
III	0,35	0,5	4	0,6	14	10	7

Predpostavljeno neprekinjeno prezračevanje v času zasedenosti objekta

\*obe vrednosti sta določeni za višino stropa 2,5 m.

## 2.3 Priporočeni kriteriji za načrtovanje ovlaževanja in razvlaževanja

Tabela 12: Priporočene vrednosti za upoštevanje vlažnosti zraka v primeru vgrajene naprave za ovlaževanje/razvlaževanje

Kategorija	Projektna relativna vlažnost za razvlaževanje	Projektna relativna vlažnost za ovlaževanje
	%	%
I	50	30
<b>II</b>	<b>60</b>	<b>25</b>
III	70	20
IV	> 70	< 20

### 3. Vrednotenje toplotnega ugodja v daljšem časovnem obdobju

**Metoda A:** Izračunamo (ali izmerimo) število ali odstotek ur zasedenosti stavbe, ko je prišlo do prekoračitve meje PMV ali občutene temperature za dano kategorijo stavbe.

Različni parametri notranjega okolja zadostijo kriteriju za posamezno kategorijo stavbe, če predstavljajo 95 % površine zasedenosti stavbe in ne prekoračijo mejne vrednosti za več kot 3 % (ali 5 %) časa zasedenosti stavbe.

3% ali 5% periode	Dnevni min	Tedenski h	Mesečni h	Letni h
Delovni čas	15 / 24	1 / 2	5 / 9	61 / 108
Skupen čas	43 / 72	5 / 9	22 / 36	259 / 432

Primer podajanja kvalitete notranjega okolja:

Kvaliteta notranjega okolja izražena v % časa				
Odstotek	5	7	68	20
Toplotno okolje	IV	III	II	I
Odstotek	7	7	76	10
Kakovost zraka	IV	III	II	I