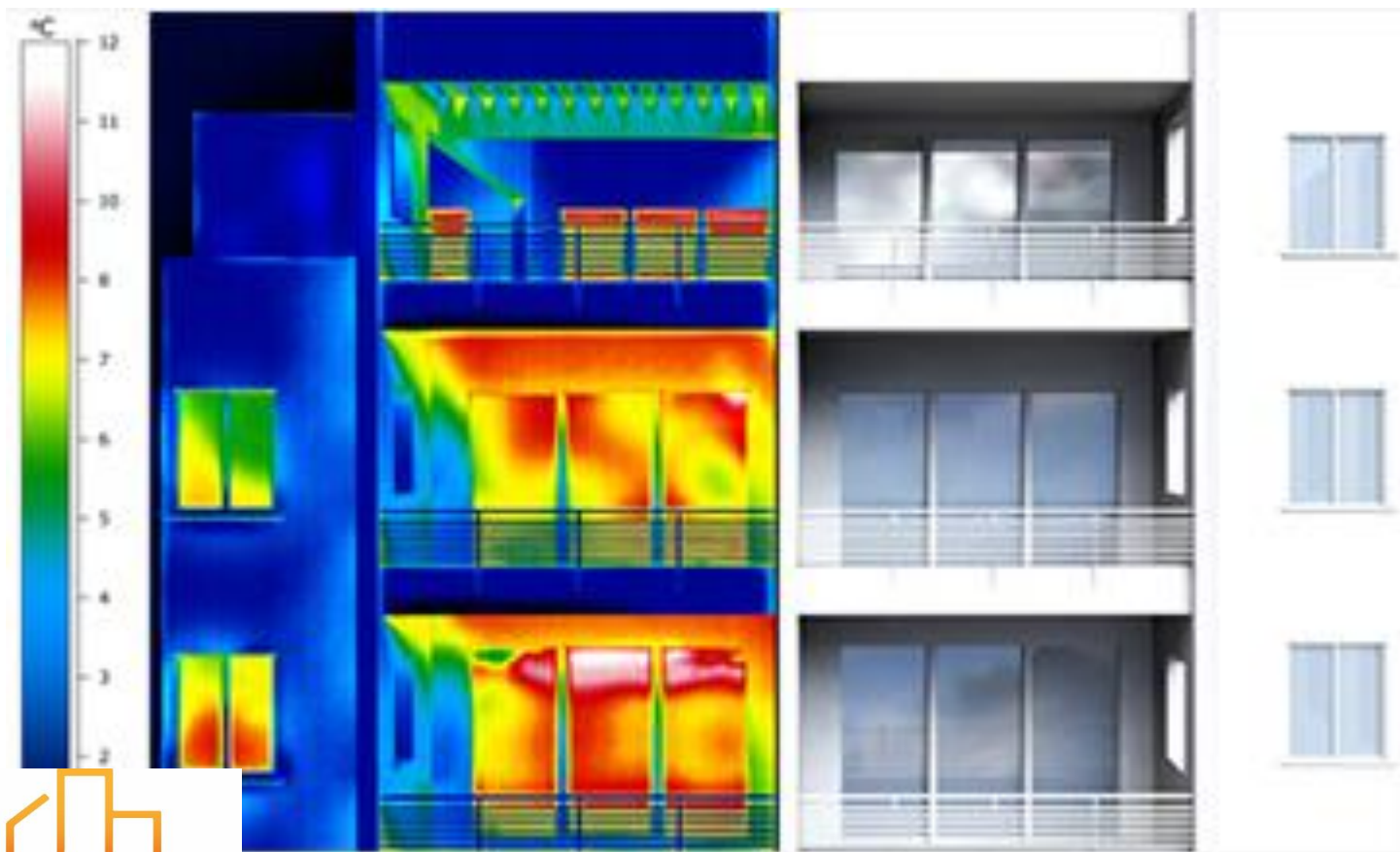
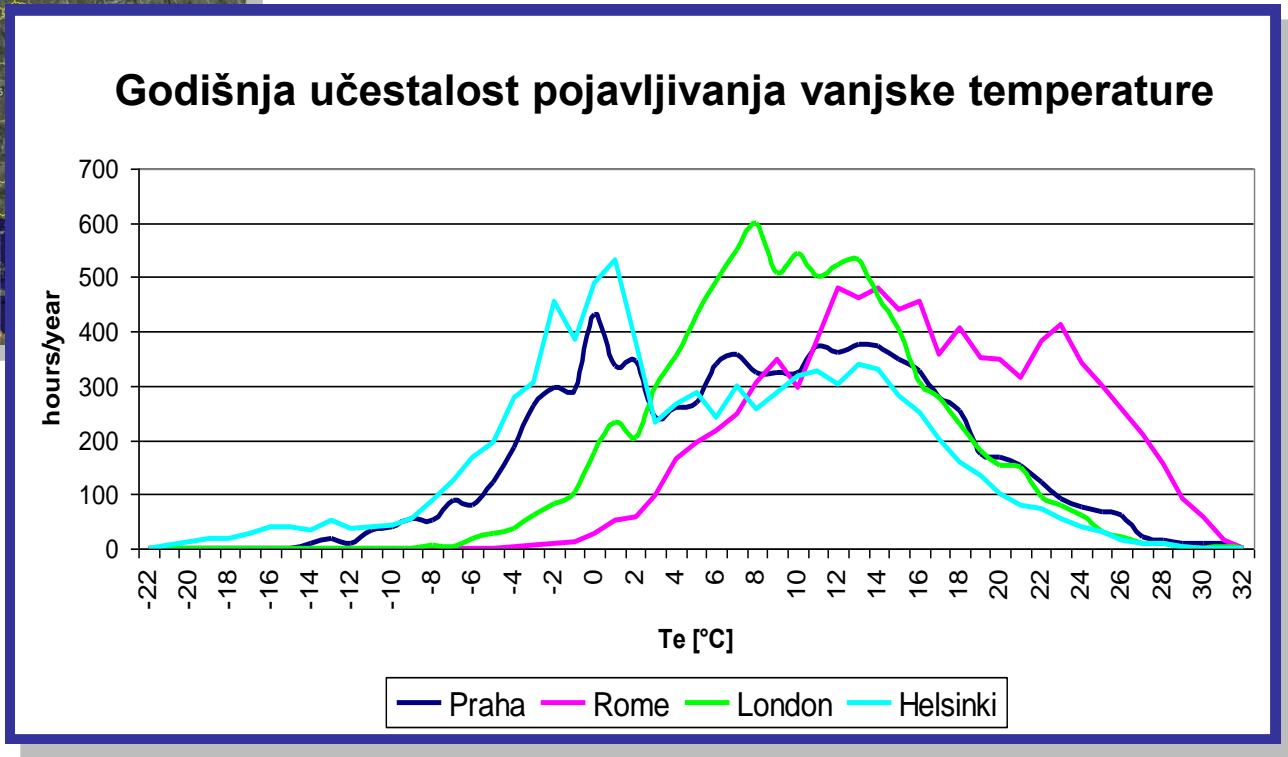
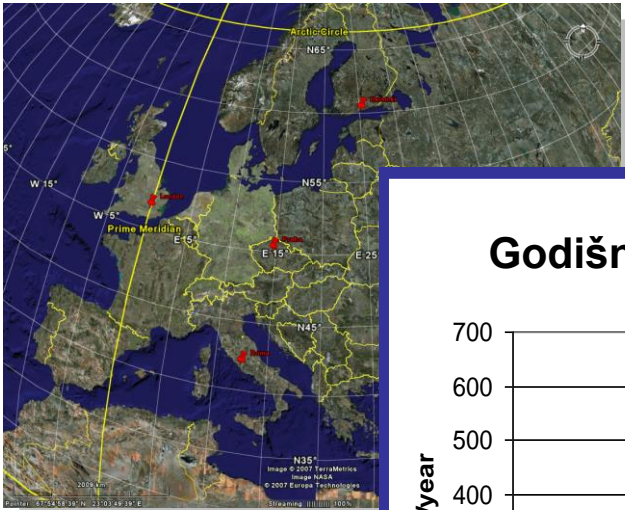


Ogrjevni učin i isporučena energija za grijanje



Klimatski podaci

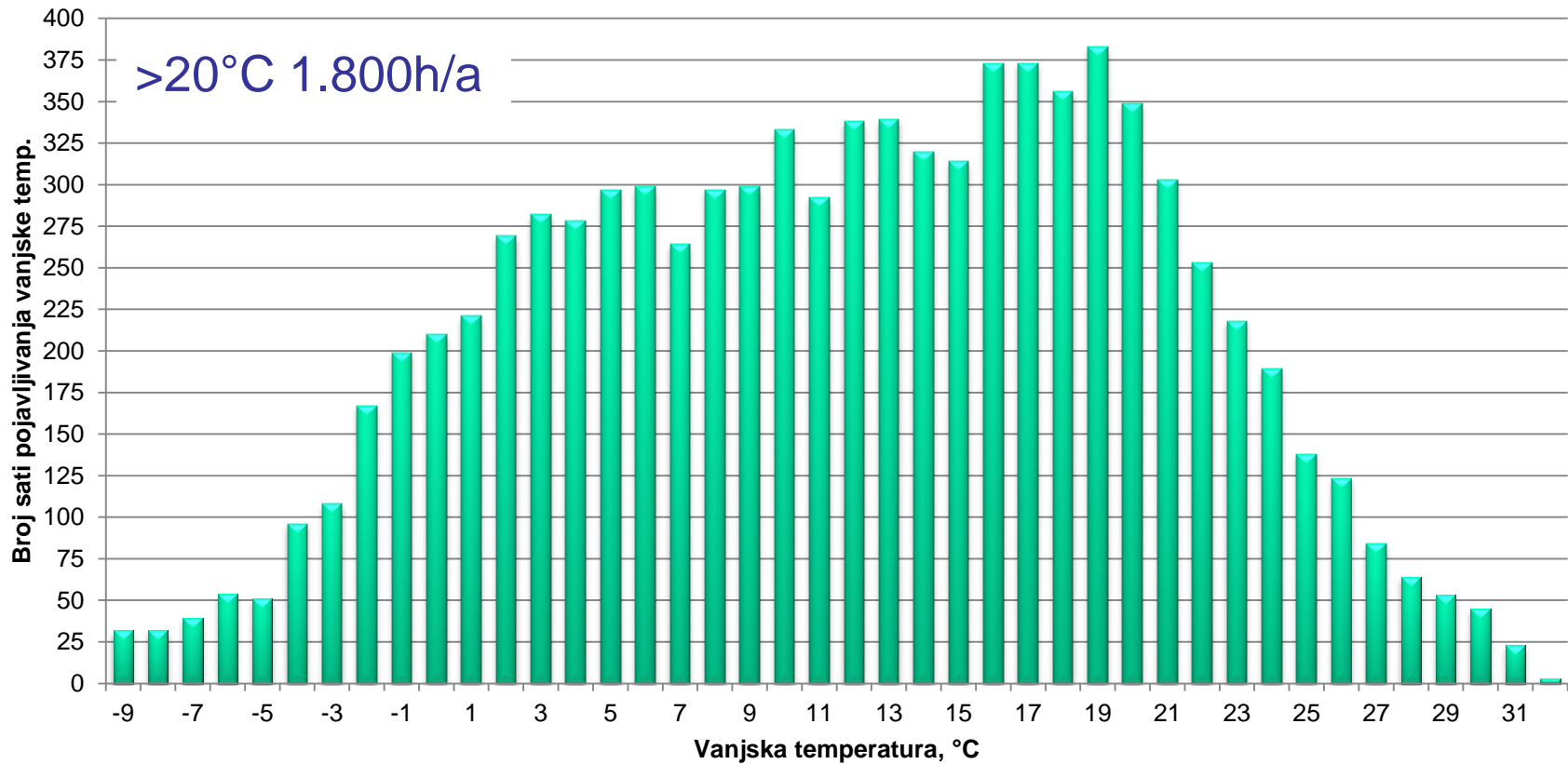
Promjenjivost temperature vanjskog okoliša:



Klimatski podaci

Promjenjivost temperature vanjskog okoliša:

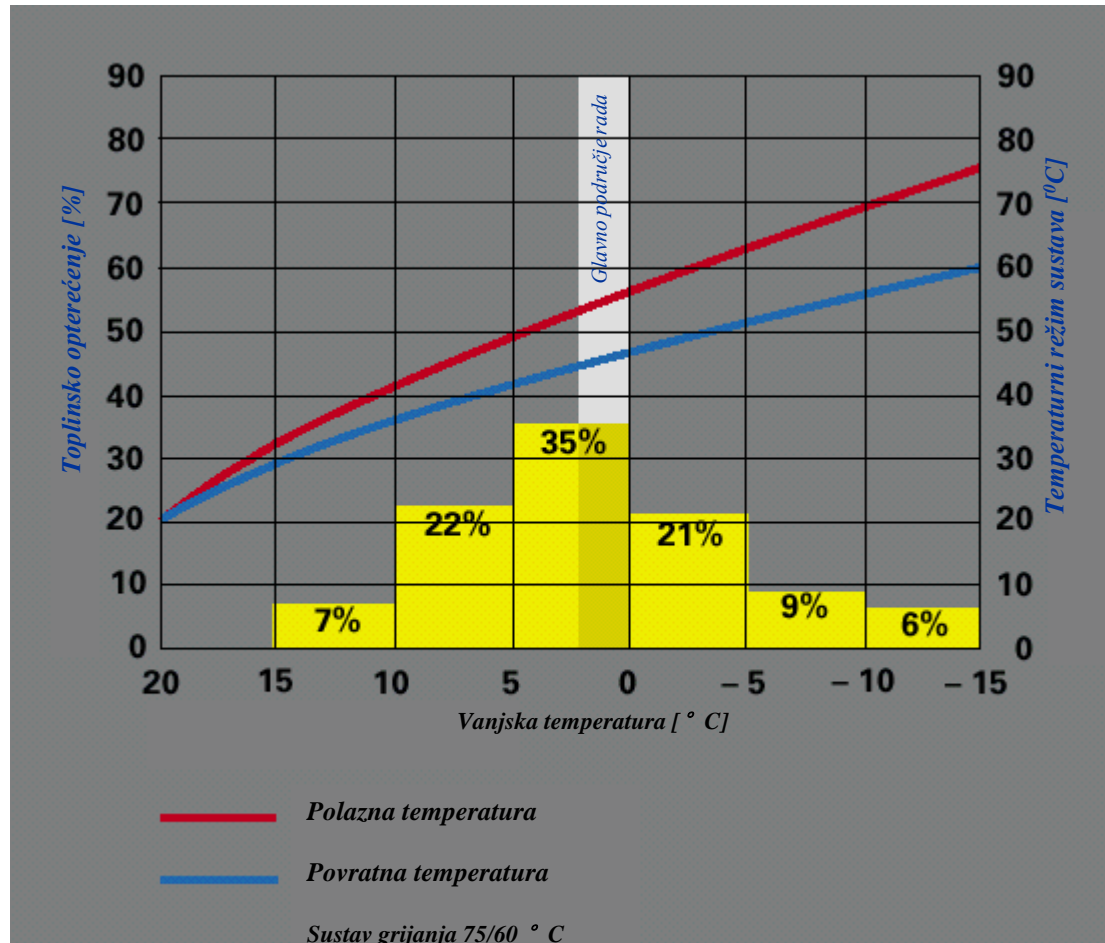
ZAGREB – godišnja učestalost pojavljivanja vanjske temperature



Raspodjela toplinskog opterećenja sustava grijanja

Promjene opterećenja sustava u različitim vremenskim uvjetima:

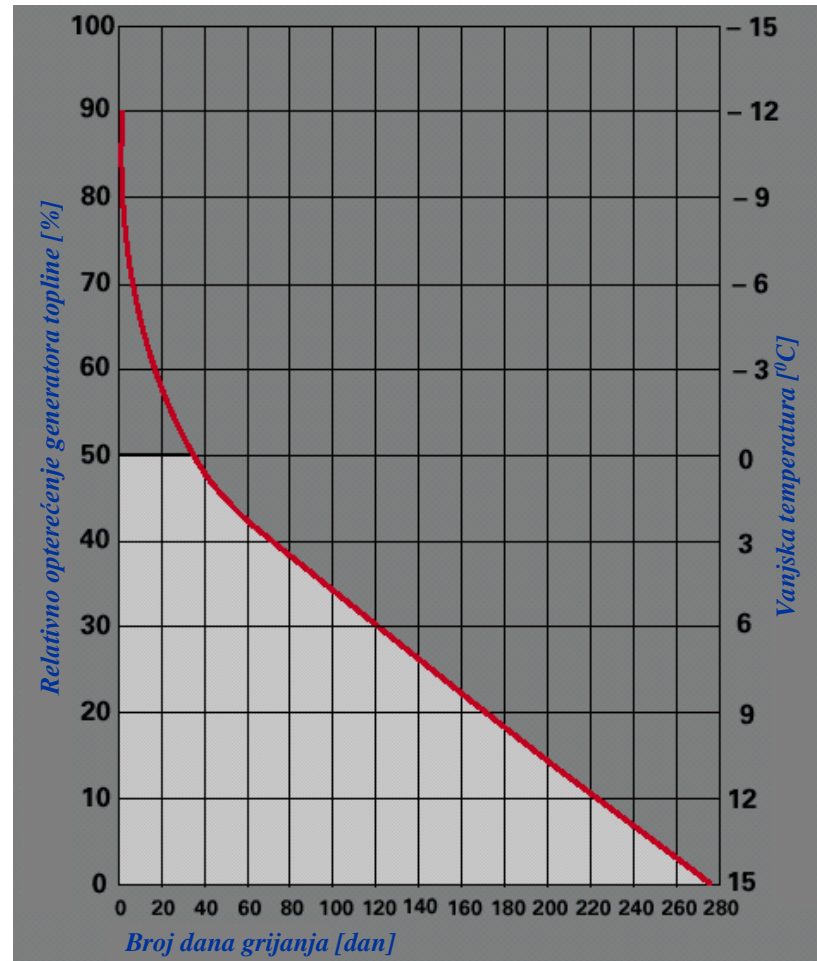
- najveći broj pogonskih sati u djelomičnom opterećenju (oko 0 °C)



Raspodjela toplinskog opterećenja sustava grijanja

Promjene topl. opterećenja sustava u različitim vremenskim uvjetima:

- izvor topline radi 80 do 90 % vremena ispod 50 % nazivnog učina
- priključak na toplanu
- dizalica topline
- kogeneracija...
- dizalica topline s vršnim kotlom



Mehanizmi izmjene topline u zgradi

Transmisija (prolaz) topline:

- konvekcija + provođenje + konvekcija

- toplinski tok kroz krutu stjenku između dva fluida različite temp.

Primjer – troslojna ravna stjenka:

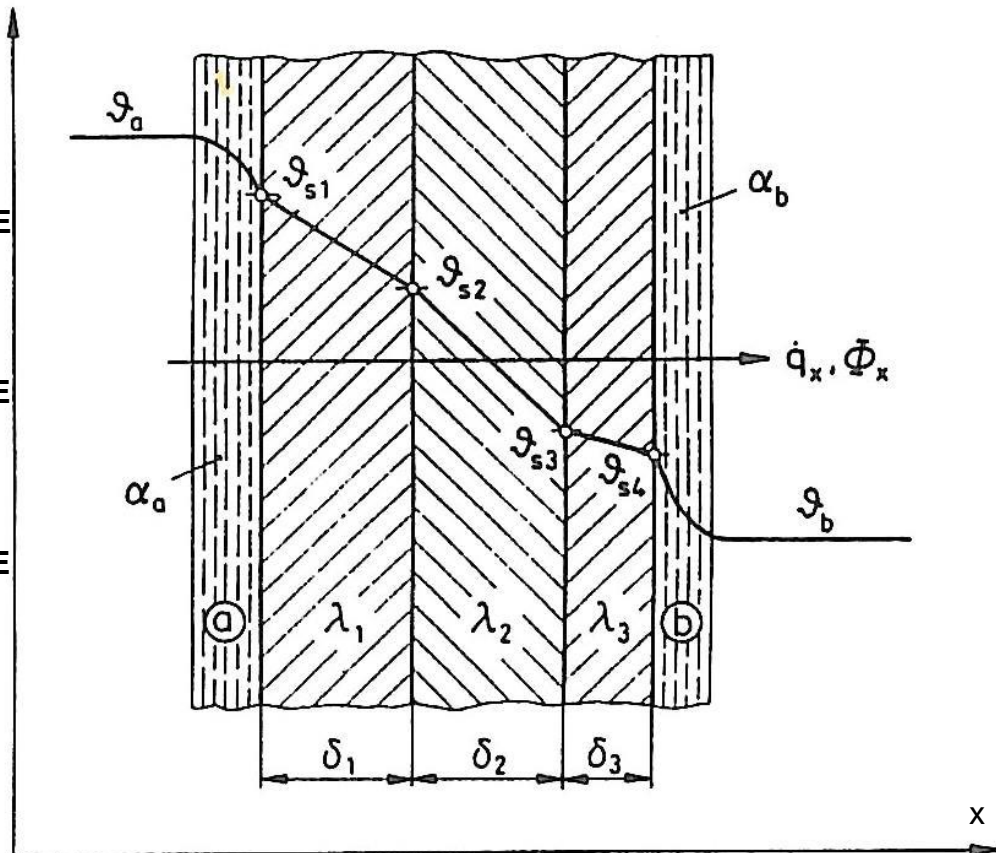
$$q_x = \alpha_a (\vartheta_a - \vartheta_{s1}) \text{ KONVEKCIJA}$$

$$q_x = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (\vartheta_{s1} - \vartheta_{s2}) \text{ PROVOĐENJE}$$

$$q_x = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (\vartheta_{s2} - \vartheta_{s3}) \text{ PROVOĐENJE}$$

$$q_x = \frac{\lambda_3}{\delta_3} (\vartheta_{s3} - \vartheta_{s4}) \text{ PROVOĐENJE}$$

$$q_x = \alpha_b (\vartheta_{s4} - \vartheta_b) \text{ KONVEKCIJA}$$



Mehanizmi izmjene topline u zgradi

Transmisija (prolaz) topline:

- višeslojna ravna stjenka s n slojeva:

$$q_x = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = U (\theta_i - \theta_e) \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad \Phi_x = A q_x [W]$$

R = 1/U

Koeficijent prolaza topline zida:

VANJSKI ZIDOVI		δ , [m]	λ , [W/(mK)]	R , [(m ² K)/W]	U , [W/(m ² K)]
	Unutarnji plošni otpor R_{si}	Vodoravni prolaz topline	X	0,130	→ ISO 6946
	vapneno-cementna žbuka	0,025	1,000	0,025	
	puna opeka od gline	0,250	0,450	0,556	
	građevinsko ljepilo	0,002	1,000	0,002	
	NOVOLIT STIROPOR EPS 200	0,100	0,033	3,030	
	Vanjski plošni otpor R_{se}	Vodoravni prolaz topline	X	0,040	
UKUPNO:		0,377		3,783	0,264

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,025 + 0,556 + 0,002 + 3,03 + 0,04} = \frac{1}{3,783} = 0,264 \quad \text{EPS PLOČA 10 cm}$$

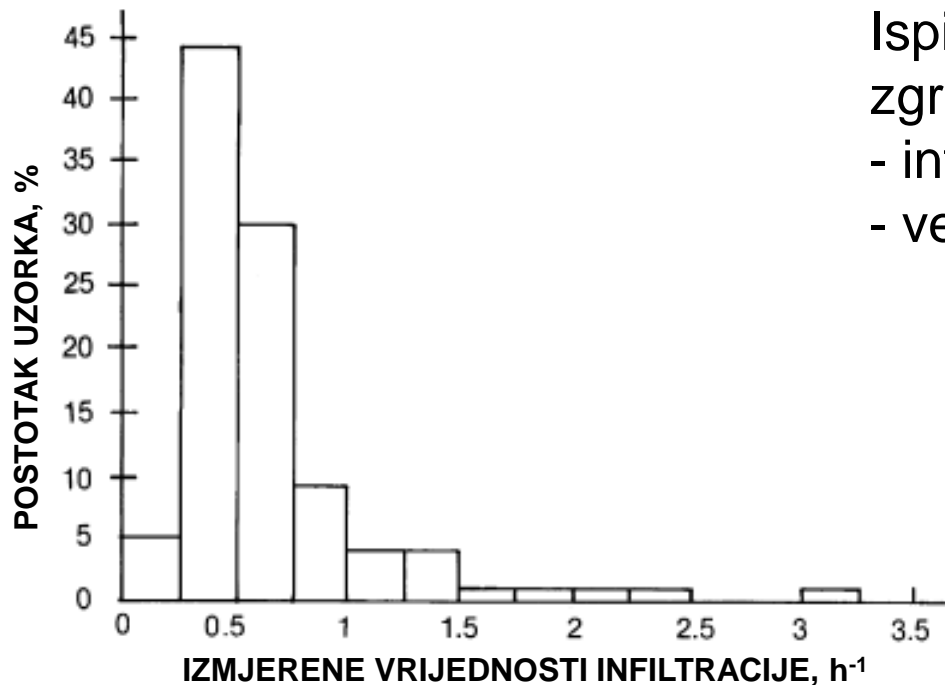
$$U = \frac{1}{0,13 + 0,025 + 0,556 + 0,002 + 0,04} = \frac{1}{0,753} = 1,328 \quad \text{bez T.I.}$$

Mehanizmi izmjene topline u zgradi

Ventilacija / infiltracija:

- zgrada je zrakopropusna
- dodatni toplinski tok zbog ulaska (hladnog) vanjskog u zgradu

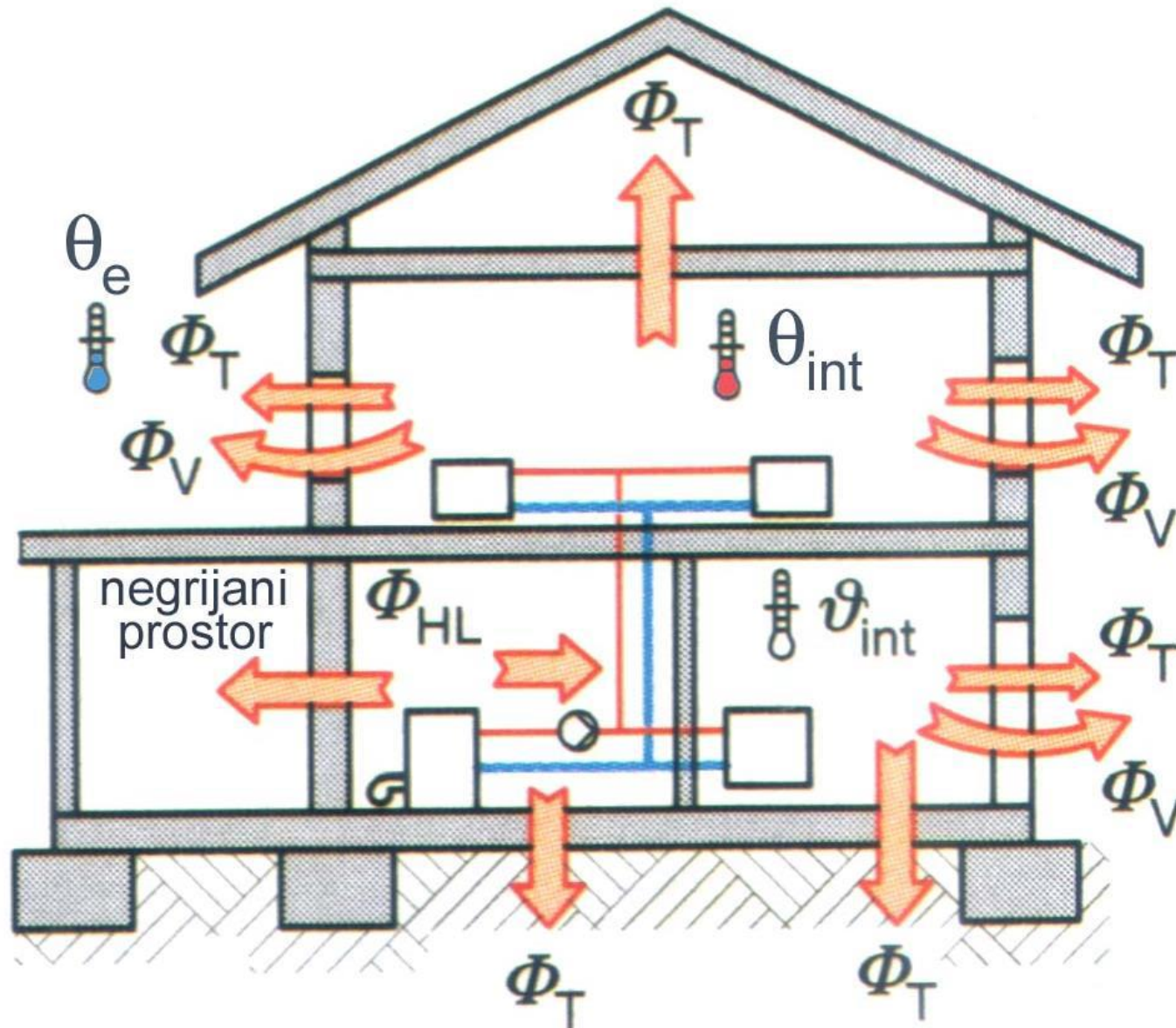
$$\Phi_V = \dot{V} \rho c_p (\theta_i - \theta_e) [W]$$



Ispitivanje zrakopropusnosti novih zgrada u SAD 1990-ih:

- infiltracija varira $n = 0.2 \div 2 \text{ h}^{-1}$
- većinom između $n = 0.4 \div 0.7 \text{ h}^{-1}$

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831



Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Tijek proračuna:

- jedan po jedan *grijani* prostor
- zbrajanje rezultata za grijane prostore → ukupni rezultat zgrade

Osnovni ulazni podaci:

- vanjska projektna temperatura θ_e , °C
- godišnja srednja vanjska temperatura $\theta_{m,e}$, °C
- unutarnja projektna temperatura θ_{int} , °C
- volumen prostora (unutarnje dimenzije) V_{int} , m³
- površine građevnih dijelova A_k , m²
- koef. prolaza topline građevnih dijelova U_k , W/(m²K)
- dužinski koef. prolaza topline linijskih topl. mostova ψ_i , W/(mK)
- duljine linijskih toplinskih mostova ℓ_i , m
- min. broj izmjena zraka prostora u satu n_{min} , h⁻¹
- broj izmjena zraka prostora u satu pri $\Delta p = 50$ Pa – n_{50} , h⁻¹
- infiltracijski protok zraka V_i , m³/s
- volumni protok dovedenog zraka u prostor V_{su} , m³/s
- volumni protok odvedenog zraka iz prostora V_{ex} , m³/s

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Vanjska projektna temperatura / godišnja srednja vanjska temperatura

ZAGREB MAKSIMIR

h: 123
 ϕ : 45° 49'19"
 λ : 16° 2'1"
 razdoblje: 1991-2010.

Dnevne vrijednosti po mjesecima

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
θ_{mm} [°C]	1.0	2.9	7.1	11.7	16.8	20.3	21.9	21.3	16.3	11.4	6.5	1.4	11.6
θ_{msd} [°C]	4.5	4.7	4.3	3.8	3.7	3.8	3.1	3.2	3.2	4.2	4.6	4.5	8.4
θ_{minmm} [°C]	-12.8	-11.9	-8.0	0.6	6.5	10.5	13.4	10.8	7.3	0.2	-5.7	-12.4	-12.8
θ_{maxmm} [°C]	13.4	14.9	17.2	21.3	26.5	29.6	29.3	29.6	25.0	21.0	19.3	14.5	29.6
θ_{SWmm} [°C]	6.8	9.5	10.4	11.1	11.6	11.5	11.9	11.8	10.7	9.4	7.4	6.0	9.8
R_{mm} [mm]	1.5	1.3	1.6	2.2	2.1	2.9	2.5	3.1	3.3	2.7	2.8	2.1	2.3
φ_{mm} [%]	81	74	68	67	66	67	67	69	76	80	83	85	74

$\theta_{m,e}$

Projektne vrijednosti prema metodologiji iz HRN EN ISO 15927-5

N	20
θ_{2d}^* [°C]	-8.7
θ_{2d}^{**} [°C]	-10.0
$\theta_{0.4\%}^*$ [°C]	27.6
θ_w^* [°C]	20.8
θ_d^* [°C]	17.7
$\varphi_{p0.4}^*$ [%]	98
$\varphi_{p99.6}^*$ [%]	42

Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu

N	20
$\theta_{min,y,m}$ [°C]	-12.8
$\theta_{max,y,m}$ [°C]	29.6
θ_w^* [°C]	19.7
θ_d^* [°C]	15.1
$\theta_{SW,y,m}$ [°C]	14.3

θ_e

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

TRANSMISIJSKI toplinski gubici:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int} - \theta_e) [W]$$

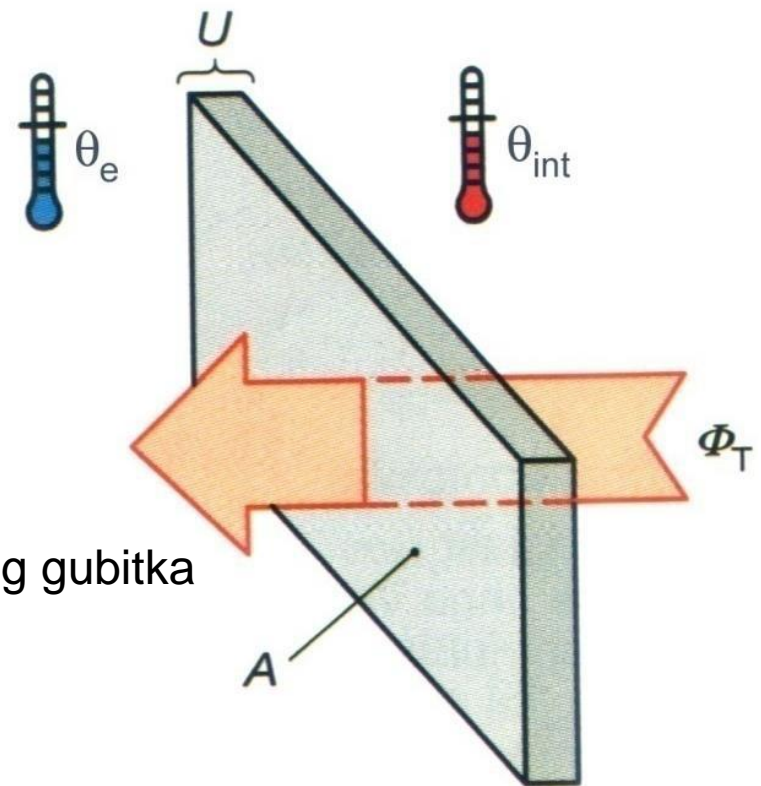
$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot e_l$$

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot b_u$$

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w$$

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$$

$H = f(U)$ [W/K] koeficijenti transmisijskog gubitka



Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

VENTILACIJSKI toplinski gubici:

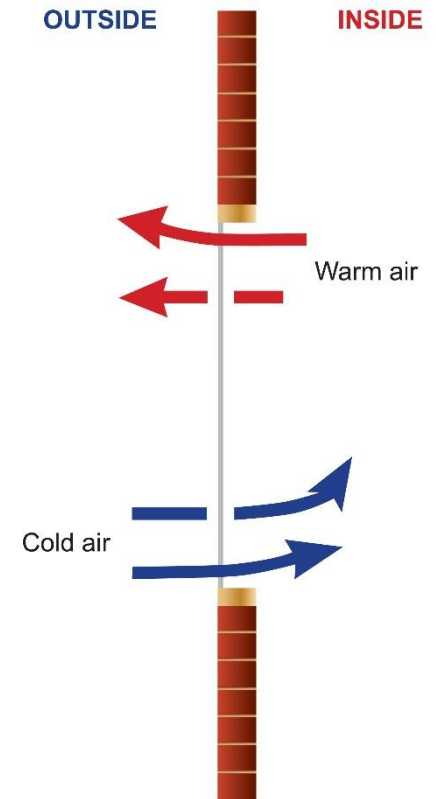
$$\Phi_V = \dot{V}_i \rho c_p (\theta_{int} - \theta_e) = 0,34 \dot{V}_i (\theta_{int} - \theta_e) = H_{V,i} (\theta_{int} - \theta_e) [W]$$

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [m^3/h]$$

$$\dot{V}_{inf,i} = 2V_R n_{50} e_i \varepsilon_i \quad [m^3/h]$$

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} V_R \quad [m^3/h]$$

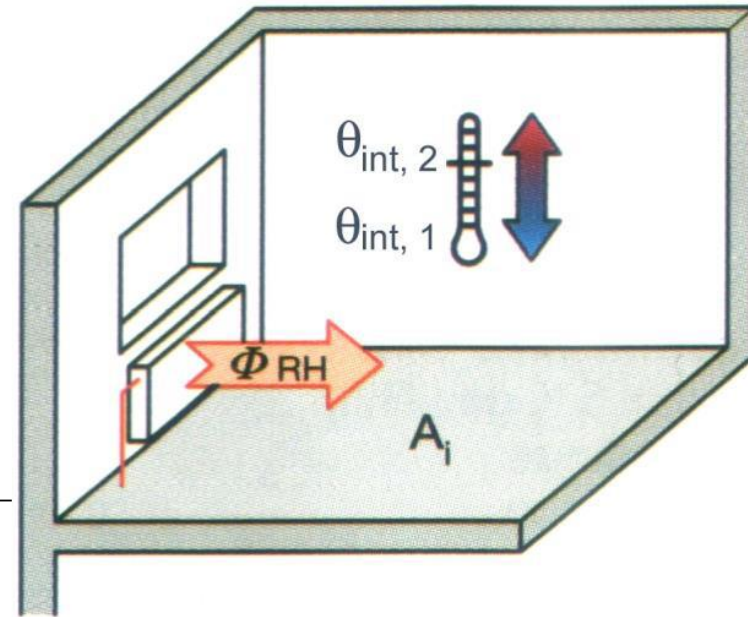
Vrsta prostorije	n_{min} , [h ⁻¹]
Prostor za boravak	0,5
Kuhinja/kupaona s prozorom	1,5
Uredi	1,0
Sobe za sastanke, razredi	2,0



Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

DODATNI učin za prekid grijanja:

$$\Phi_{RH} = A_i f_{RH} \text{ [W]}$$

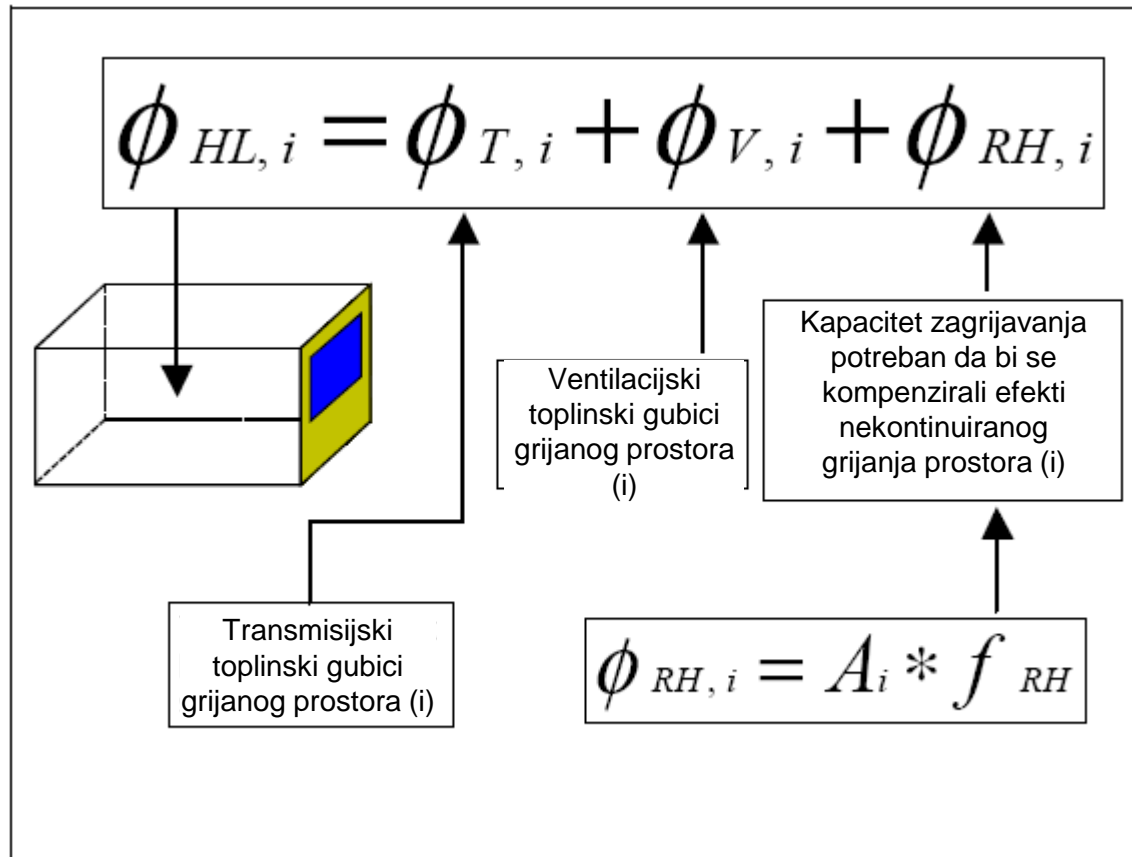


STAMBENE ZGRADE, noćni prekid do 8 h

Vrijeme zagr. h	f_{RH} W/m ²		
	Pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida		
	1 K	2 K	3 K
	masa zgrade velika	masa zgrade velika	masa zgrade velika
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

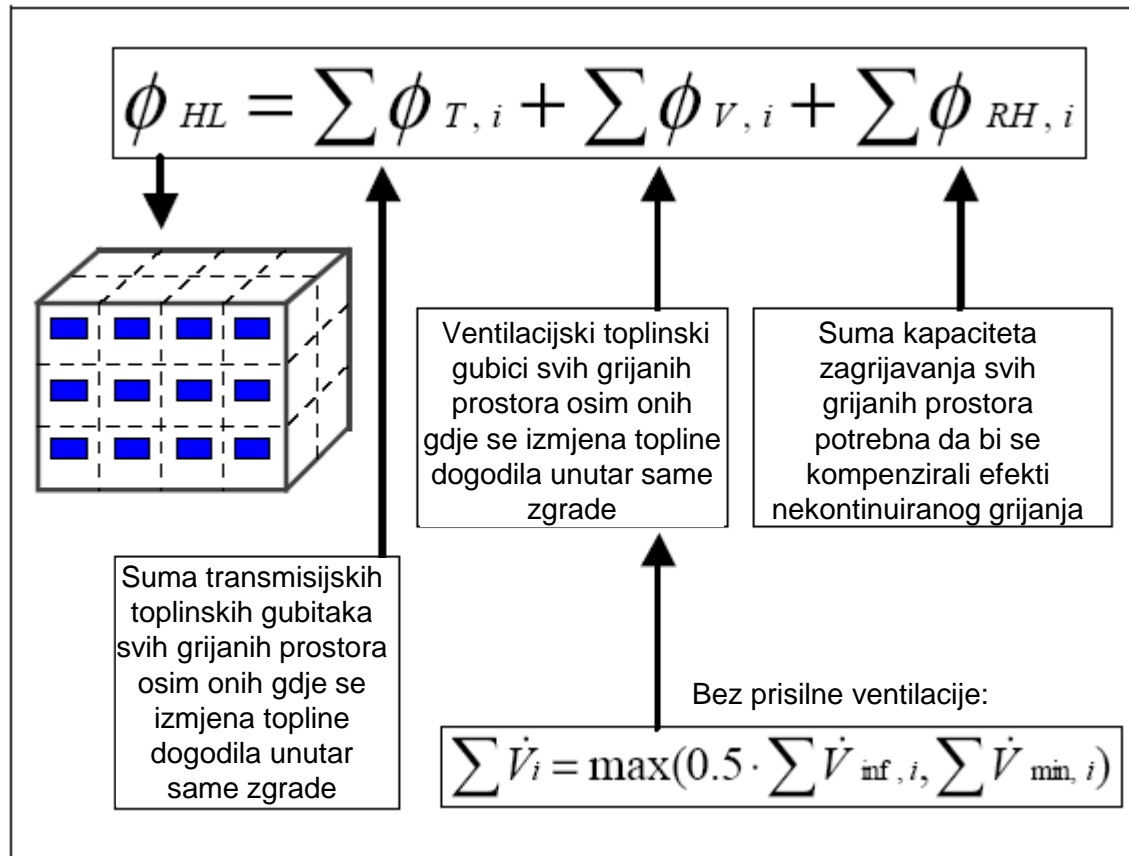
Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Projektni toplinski gubici pojedinog grijanog prostora:



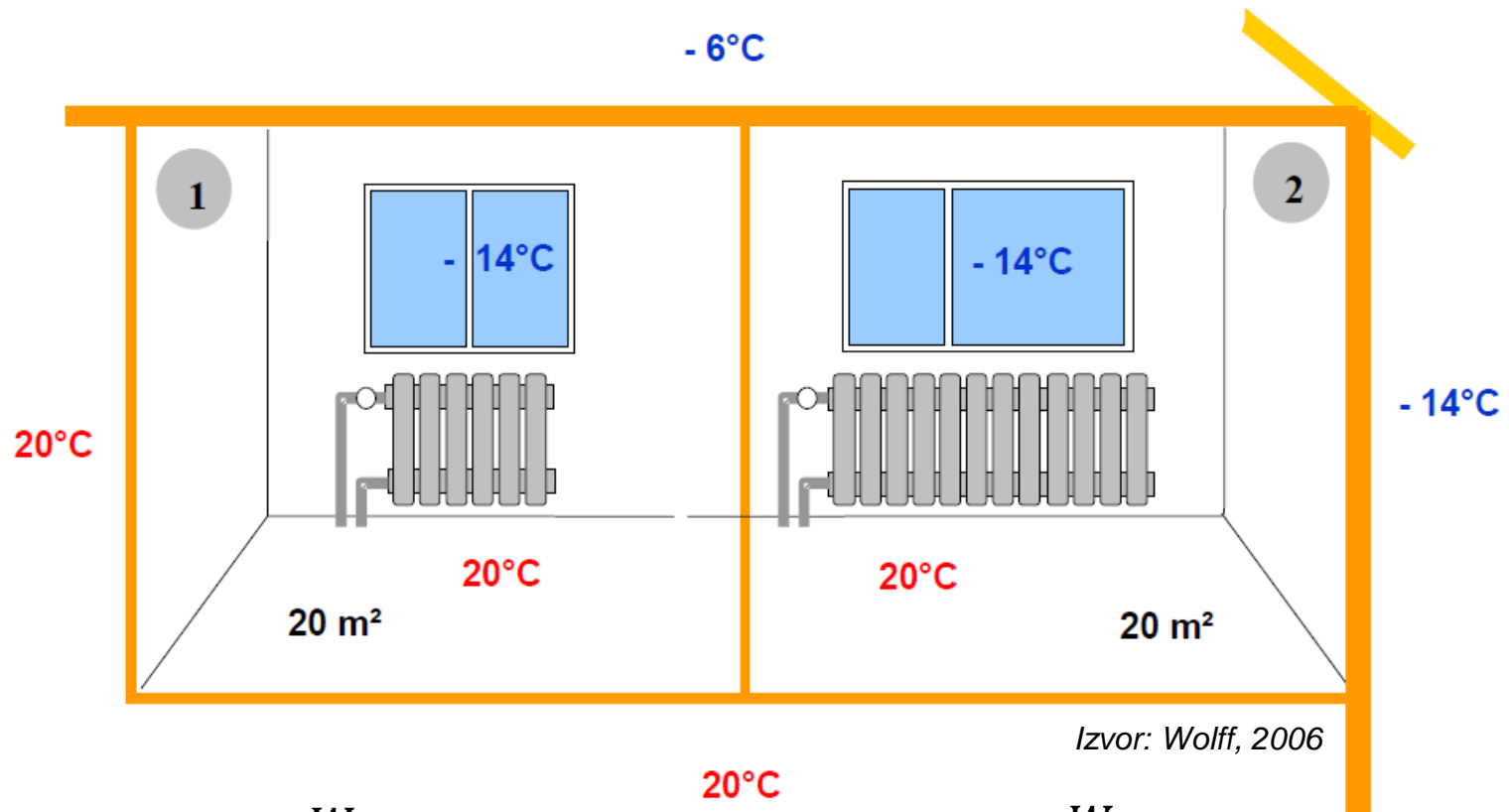
Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Projektni toplinski gubici zgrade:



Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

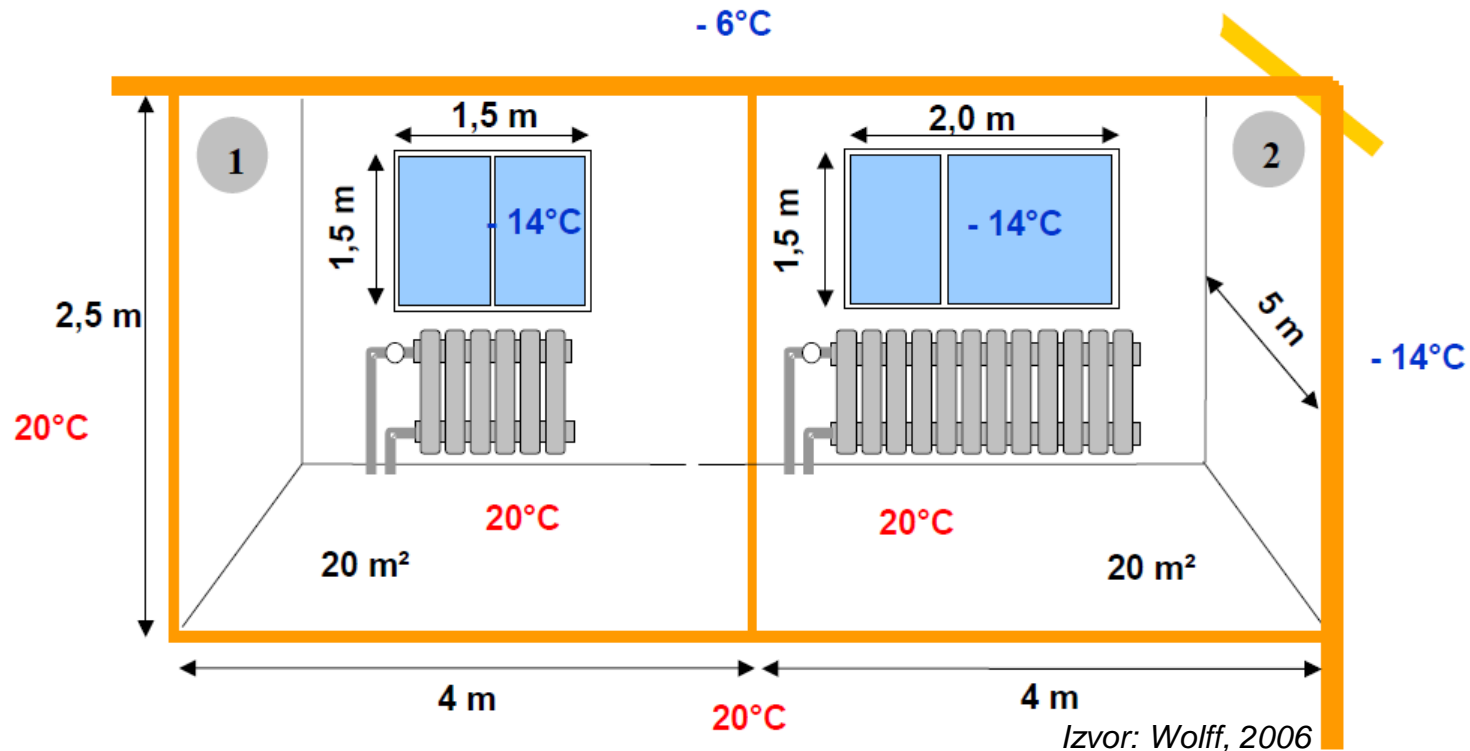
Projektni toplinski gubici prostorije – paušalno prema površini:



$$\Phi_{HL1} = 80 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 20 \text{ m}^2 = 1600 \text{ W} \quad \Phi_{HL2} = 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 20 \text{ m}^2 = 2000 \text{ W}$$

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Projektni toplinski gubici prostorije – prema normi:



POSTOJEĆE STANJE: $U_{PR} = 3,0 \frac{W}{m^2K}$ $U_{ST} = 1,5 \frac{W}{m^2K}$

$U_{VZ} = 1,33 \frac{W}{m^2K}$ $\Delta U_{TB} = 0,1 \frac{W}{m^2K}$

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Projektni toplinski gubici prostorije – pojednostavljeno P1:

$$\Phi_{Tr} = UA(\theta_i - \theta_e)$$

$$\Phi_{Tr,PR} = 3,0 \cdot 2,25 (20 - (-14)) = 230 \text{ W}$$

$$\Phi_{Tr,VZ} = 1,33 \cdot 7,75 (20 - (-14)) = 350 \text{ W}$$

$$\Phi_{Tr,ST,u} = 1,5 \cdot 20 (20 - (-6)) = 780 \text{ W}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Phi_{Tr,PR} = 230 \text{ W} \\ \Phi_{Tr,VZ} = 350 \text{ W} \\ \Phi_{Tr,ST,u} = 780 \text{ W} \end{array} \right\} \Phi_{Tr} = 1360 \text{ W}$$

$$\Phi_{Ve} = 0,34nV_R(\theta_i - \theta_e) = 0,34 \cdot 0,5 \cdot 50 (20 - (-14)) = 289 \text{ W}$$

$$\Phi_{HL1} = \Phi_{Tr} + \Phi_{Ve} = 1360 + 289 = 1649 \text{ W}$$

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Projektni toplinski gubici prostorije – pojednostavljeno P2:

$$\Phi_{Tr} = UA(\theta_i - \theta_e)$$

$$\Phi_{Tr,PR} = 3,03 (20 - (-14)) = 306 \text{ W}$$

$$\Phi_{Tr,VZ} = 1,337 (20 - (-14)) = 317 \text{ W}$$

$$\Phi_{Tr,VZ} = 1,3312,5 (20 - (-14)) = 565 \text{ W}$$

$$\Phi_{Tr,ST,u} = 1,520 (20 - (-6)) = 780 \text{ W}$$

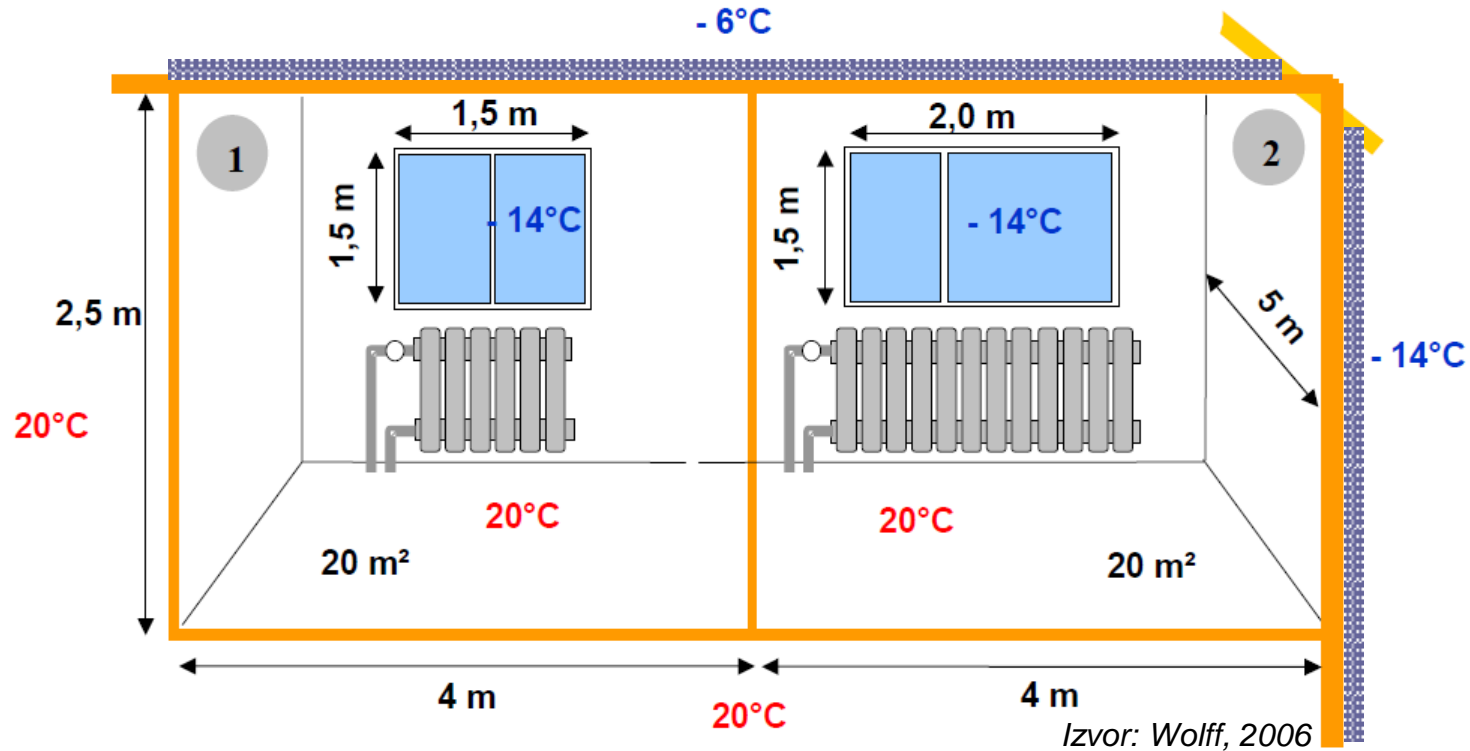
$$\Phi_{Tr} = 1968 \text{ W}$$

$$\Phi_{Ve} = 0,34nV_R(\theta_i - \theta_e) = 0,340,550 (20 - (-14)) = 289 \text{ W}$$

$$\Phi_{HL1} = \Phi_{Tr} + \Phi_{Ve} = 1968 + 289 = 2257 \text{ W}$$

Projektni toplinski gubici zgrade HRN EN 12831

Projektni toplinski gubici prostorije – prema normi:



OBNOVljENO STANJE: $U_{PR} = 1,4 \frac{W}{m^2K}$ $U_{ST} = 0,25 \frac{W}{m^2K}$

$$U_{VZ} = 0,25 \frac{W}{m^2K} \quad \Delta U_{TB} = 0,05 \frac{W}{m^2K}$$

**PROSTORIJA 2:
(nakon obnove)**

Raumnr.	2	Raumbezeichnung:			Rechenfunktionen hinterlegt			
Norm-Innentemperatur	θ_{int}	20	°C	Norm-Außentemperatur	$\theta_e = -14$	°C		
Raumlänge (Innenmaß)	l_R	5,00	m	Temperatur-Reduktionsfaktor				
Raubbreite (Innenmaß)	b_R	4,00	m	(normal 1,0 // bei 4 K und höher 1,5*) $f_{\Delta\theta,i} = 1,0$				
Raumfläche	A_R	20,00	m ²	* NA - Tabelle 12				
Geschosshöhe	h_G	2,80	m	Mindest-Luftwechselrate	n_{min}	0,5	h^{-1}	
Deckendicke	d	0,30	m					
Raumhöhe	h_R	2,50	m					
Raumvolumen	V_R	50,00	m ³	Wiederaufheizfaktor	(Tab. 3) $f_{RH} = 0$	W/m ²		

Transmissionswärmeverlust

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
					3 x 4 x 5		6 - 7			9 + 10	Tab. 2	8x11x12		13x14
Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite (s. Anleitg.)	Höhe/Länge (s. Anleitg.)	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	Wärmedurchgangskoeffizient	Korrektur für Wärmebrücken (0,1)	korrigerter Wärmedurchgangskoeffizient	Temperaturkorrekturfaktor	Wärmeverlustkoeffizient	Temperaturdifferenz	Transmissionswärmeverlust
-	-	n	b	h/l	A	A _{Abzug}	A'	U	ΔU_{WB}	U_c	f_k	H_T	$\Delta(\theta_{int}-\theta_e)$	Φ_T
-	-	-	m	m	m ²	-	m ²	$\frac{W}{m^2 K}$	$\frac{W}{m^2 K}$	$\frac{W}{m^2 K}$	-	W/K	K	W
n	PR	1	2,00	1,50	3,0		3,0	1,40	0,05	1,45	1,00	4,35	34	148
n	VZ	1	4,00	2,80	11,2	3,0	8,2	0,25	0,05	0,30	1,00	2,46	34	84
i	VZ	1	5,00	2,80	14,0		14,0	0,25	0,05	0,30	1,00	4,20	34	143
h	ST	1	20,00	1,00	20,0		20,0	0,25	0,05	0,30	0,76	4,56	34	155

Transmissionswärmeverlust $H_T = 16$ $\Phi_T = 529$

Lüftungswärmeverlust $[V_{min} = V_R \cdot n_{min} [0,5]]$ 25,00 Konst. V_{min} H_V $\Delta(\theta_{int}-\theta_e)$ in K Φ_V
 $C_p \cdot c_s$ m³/h W/K W

Lüftungswärmeverlust $HV = (Konst. \cdot V_{min})$ und $\Phi V = [(HV \cdot \Delta(\theta_{int}-\theta_e))]$ 0,34 25,00 8,50 34 289

Netto-Heizlast (spezif. Heizlast: 41 W/m² 16 W/m³) $\Phi_{HLNetto} = f_{\Delta\theta,i} \cdot (\Phi_T + \Phi_V) = 818$



Temperaturni režim HRN EN 442

Temperaturni režim sustava:

- prije obnove:

unutarnja temperatura $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

polazna temperatura $\theta_S = 80 \text{ }^\circ\text{C}$

povratna temperatura $\theta_R = 60 \text{ }^\circ\text{C}$

nadtemperatura $\Delta\theta_m = \frac{\theta_S + \theta_R}{2} - \theta_i = \frac{80 + 60}{2} - 20 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

- nakon obnove:

unutarnja temperatura $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

polazna temperatura $\theta_S = ? \text{ }^\circ\text{C}$

povratna temperatura $\theta_R = ? \text{ }^\circ\text{C}$

promjena učina $\frac{\Phi_{novo}}{\Phi_{staro}} = \left(\frac{\Delta\theta_{m,novo}}{\Delta\theta_{m,staro}} \right)^n$ $n = 1,3$ (radijatori)

$$\Delta\theta_{m,novo} = \Delta\theta_{m,staro} \left(\frac{\Phi_{novo}}{\Phi_{staro}} \right)^{1/n} = 50 \left(\frac{646}{1786} \right)^{1/1,3} = 22,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

- npr. $\theta_S = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_R = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperaturni režim HRN EN 442

Temperaturni režim sustava:

- da li radijator na sniženom temp. režimu zadovoljava nakon obnove?

omjer učina: $51/128 = 0,4$

- prije obnove radijator s 14 članaka:
 $\Phi_{HL1} = 1792 \text{ W (80/60/20 } ^\circ\text{C)}$

- nakon obnove isti radijator:
 $\Phi_{HL1,n} = 0,4 \cdot 1792 = 717 \text{ W}$
 (50/40/20 $^\circ\text{C}$)

$\Phi_{HL1,n} = 717 \text{ W} > 646 \text{ W}$

ZADOVOLJAVA!

Radijator Orion 500, kod $\Delta t=50$, $Q_n=128 \text{ W/čl. po HRN EN 442-2}$

tu ($^\circ\text{C}$)	tp	ti- izlazna temperatura vode iz radijatora, ($^\circ\text{C}$)										I toplinski učin u W		
		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
90	24	75	83	90	98	106	114	123	131	140	148	157	166	175
	22	81	89	97	105	113	121	129	138	146	155	164	173	182
	20	87	95	103	111	119	128	136	145	153	162	171	180	190
	18	94	101	109	118	126	134	143	152	161	170	179	188	197
	15	103	111	119	128	136	145	153	162	171	180	190	199	208
	12	113	121	129	138	146	155	164	173	182	192	201	210	220
85	24	68	75	83	90	98	106	114	123	131	140	148	157	
	22	74	81	89	97	105	113	121	129	138	146	155	164	
	20	80	87	95	103	111	119	128	136	145	153	162	171	
	18	86	94	101	109	118	126	134	143	152	161	170	179	
	15	95	103	111	119	128	136	145	153	162	171	180	190	
	12	105	113	121	129	138	146	155	164	173	182	192	201	
80	24	61	68	75	83	90	98	106	114	123	131	140		
	22	66	74	81	89	97	105	113	121	129	138	146		
	20	72	80	87	95	103	111	119	128	136	145	153		
	18	78	86	94	101	109	118	126	134	143	152	161		
	15	87	95	103	111	119	128	136	145	153	162	171		
	12	97	105	113	121	129	138	146	155	164	173	182		
75	24	54	61	68	75	83	90	98	106	114	123	131		
	22	59	66	73	80	87	94	101	109	117	125	133		
	20	65	72	80	87	95	103	111	119	128	136	144		
	18	71	78	86	94	101	109	118	126	134	143	151		
	15	80	87	95	103	111	119	128	136	145	153	161		
	12	89	97	105	113	121	129	138	146	155	164	172		
70	24	47	54	61	68	75	83	90	98	106	114	123		
	22	53	59	66	74	81	89	97	105	113	121	129		
	20	58	65	72	80	87	95	103	111	119	128	136		
	18	64	71	78	86	94	101	109	118	126	134	143		
	15	72	80	87	95	103	111	119	128	136	145	153		
	12	81	89	97	105	113	121	129	138	146	155	164		
65	24	41	47	54	61	68	75	83	90	98	106	114		
	22	46	53	59	66	74	81	89	97	105	113	121		
	20	51	58	65	72	80	87	95	103	111	119	128		
	18	57	64	71	78	86	94	101	109	118	126	134		
	15	65	72	80	87	95	103	111	119	128	136	144		
	12	74	81	89	97	105	113	121	129	138	146	155		
60	24	34	41	47	54	61	68	75	83	90	98	106		
	22	39	46	53	59	66	74	81	89	97	105	113		
	20	45	51	58	65	72	80	87	95	103	111	119		
	18	50	57	64	71	78	86	94	101	109	118	126		
	15	58	65	72	80	87	95	103	111	119	128	136		
	12	67	75	83	90	98	106	114	123	131	140	148		
55	24	28	34	41	47	54	61	68	75	83	90	98		
	22	33	39	46	53	59	66	74	81	89	97	105		
	20	38	45	51	58	65	72	80	87	95	103	111		
	18	43	50	57	64	71	78	86	94	101	109	118		
	15	51	58	65	72	80	87	95	103	111	119	128		
	12	59	66	73	80	87	94	101	109	118	126	134		
50	24	23	28	34	41	47	54	61	68	75	83	90		
	22	27	33	39	46	53	59	66	74	81	89	97		
	20	32	38	45	51	58	65	72	80	87	95	103		
	18	37	43	50	57	64	71	78	86	94	101	109		
	15	45	51	58	65	72	80	87	95	103	111	119		
	12	53	59	66	74	81	89	97	105	113	121	129		

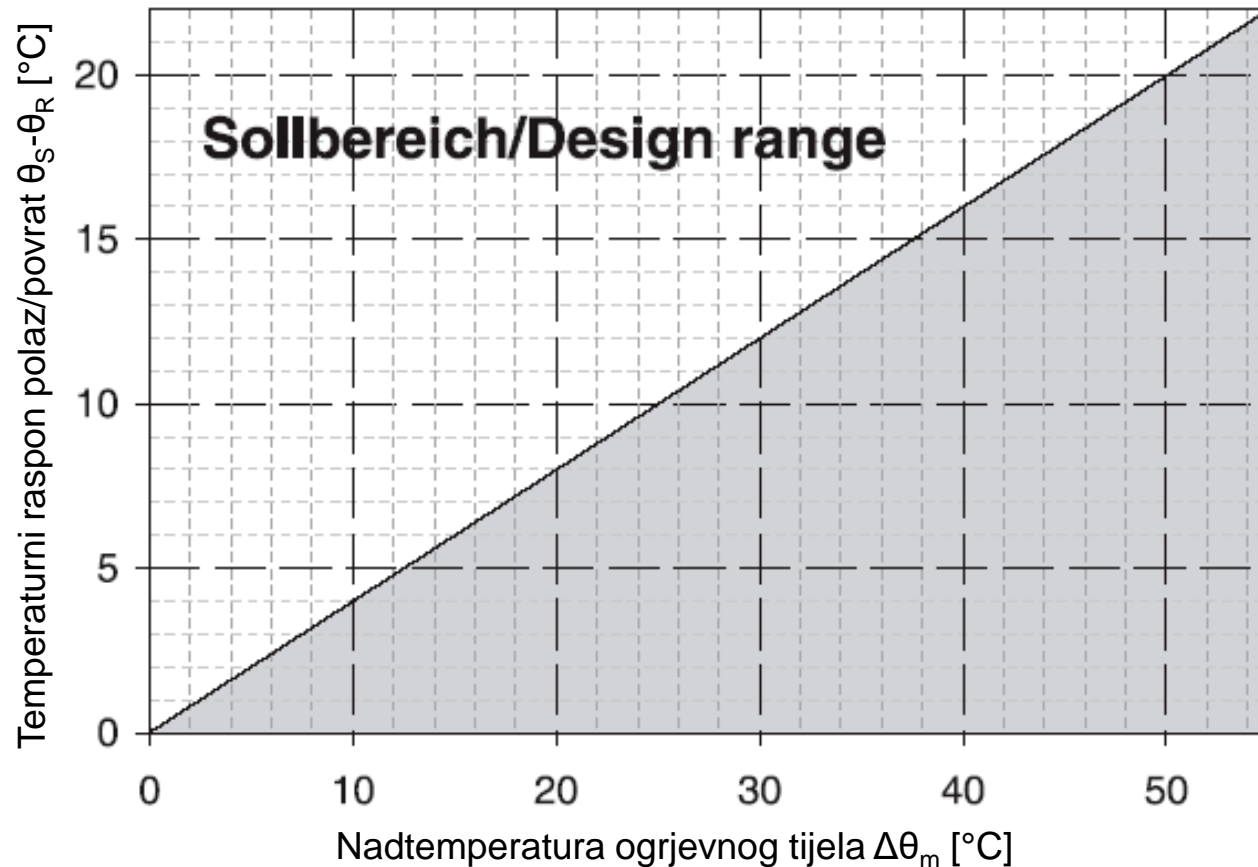
$Q = K_m \cdot \Delta t^n = K_m \cdot [(tu+ti)/2 - tp]^n, \text{ W}$

Orion 500, $K_m = 0,7318$, $n = 1,3194$
 Δt - razlika temperature grijanog prostora i srednje temp. vode u radijatoru, ($^\circ\text{C}$)
 tu- ulazna temperatura vode u rad., ($^\circ\text{C}$)
 ti- izlazna temperatura vode iz rad., ($^\circ\text{C}$)
 tp- temperatura grijanog prostora ($^\circ\text{C}$)

Temperaturni režim u praksi

Temperaturni režim sustava:

- dijagram za izbor temperaturne razlike polaza i povrata ogrjevnog vode



Temperaturni režim u praksi

Temperaturni režim sustava:

- Bachova jednađžba

$$A_H \Delta\theta_H \geq A_{PR} \Delta\theta_{PR} + A_{VZ} \Delta\theta_{VZ}$$

- npr. radiator Orion Lipovica 14 čl.

$$A_H = 0,7 \text{ m}^2$$

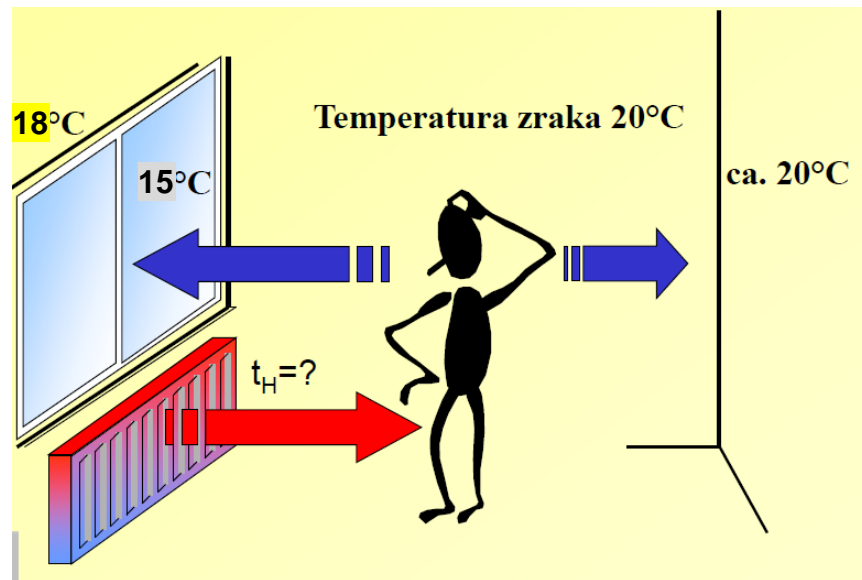
$$A_{PR} = 2,25 \text{ m}^2; \Delta\theta_{PR} = 5 \text{ }^\circ \text{ C}$$

$$A_{VZ} = 8,95 \text{ m}^2; \Delta\theta_{VZ} = 2 \text{ }^\circ \text{ C}$$

$$\Delta\theta_H \geq \frac{2,25 \cdot 5 + 8,95 \cdot 2}{0,7} = 41,6 \text{ }^\circ \text{ C}$$

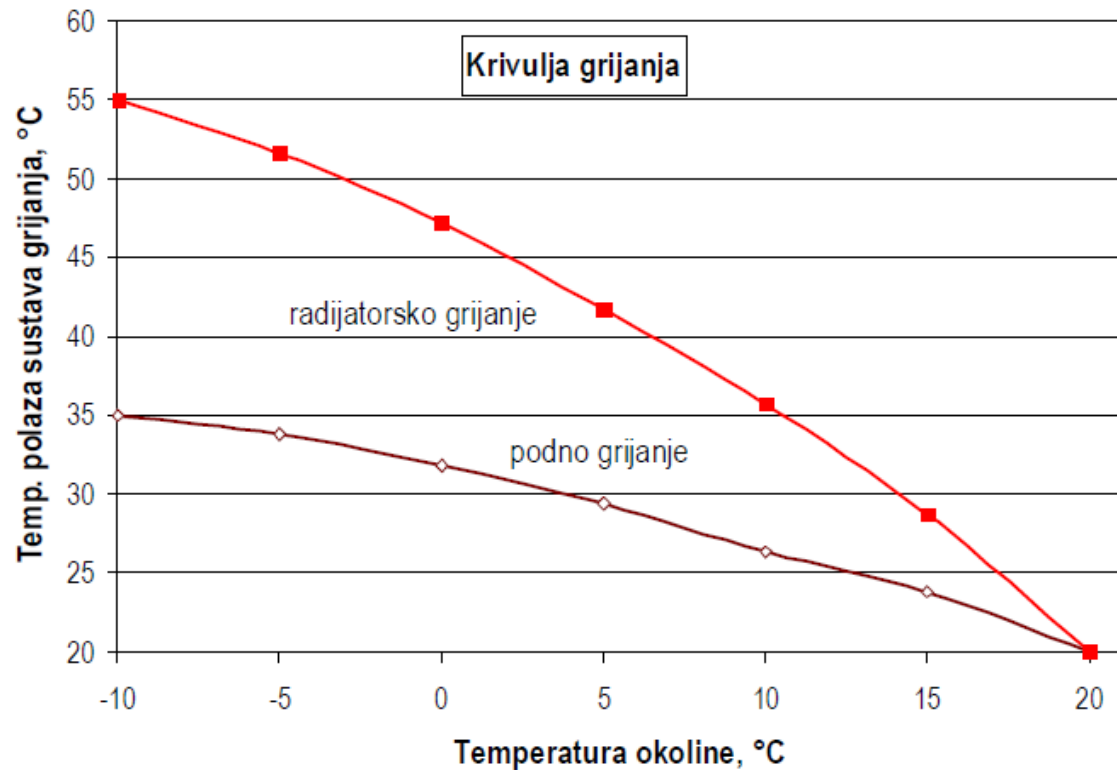
$$\frac{\theta_S + \theta_R}{2} = \theta_i + \Delta\theta_H = 20 + 42 \text{ }^\circ \text{ C} = 62 \text{ }^\circ \text{ C}$$

- npr. $\theta_S = 70 \text{ }^\circ \text{ C}$; $\theta_R = 55 \text{ }^\circ \text{ C}$



Temperaturni režim sustava s regulacijskom krivuljom

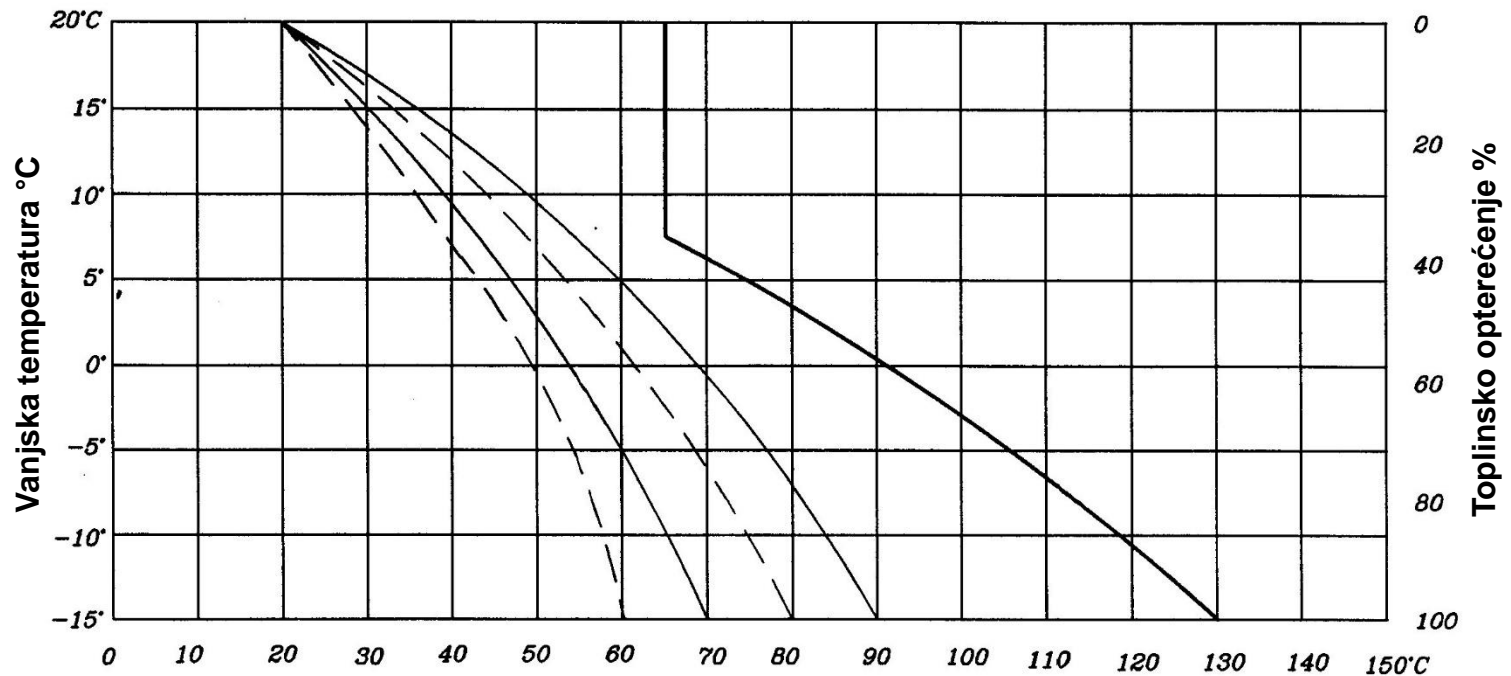
Temperaturni režimi za različita ogrjevna tijela



<https://mgipu.gov.hr>

Temperaturni režim sustava s regulacijskom krivuljom

Različiti temperaturni režimi za radijatore (primjer)

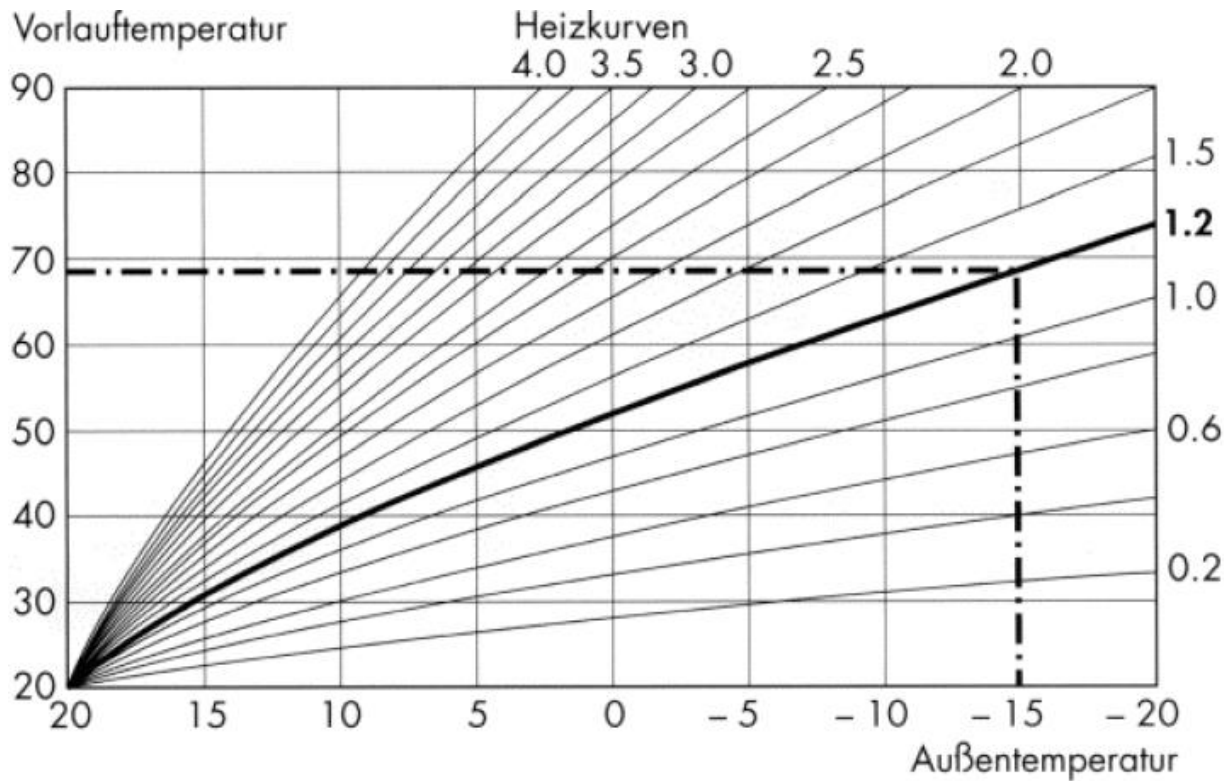


Izvor: HEP Toplinarstvo

Izbor regulacijske krivulje

Regulacijska krivulja:

- nagib i pomak



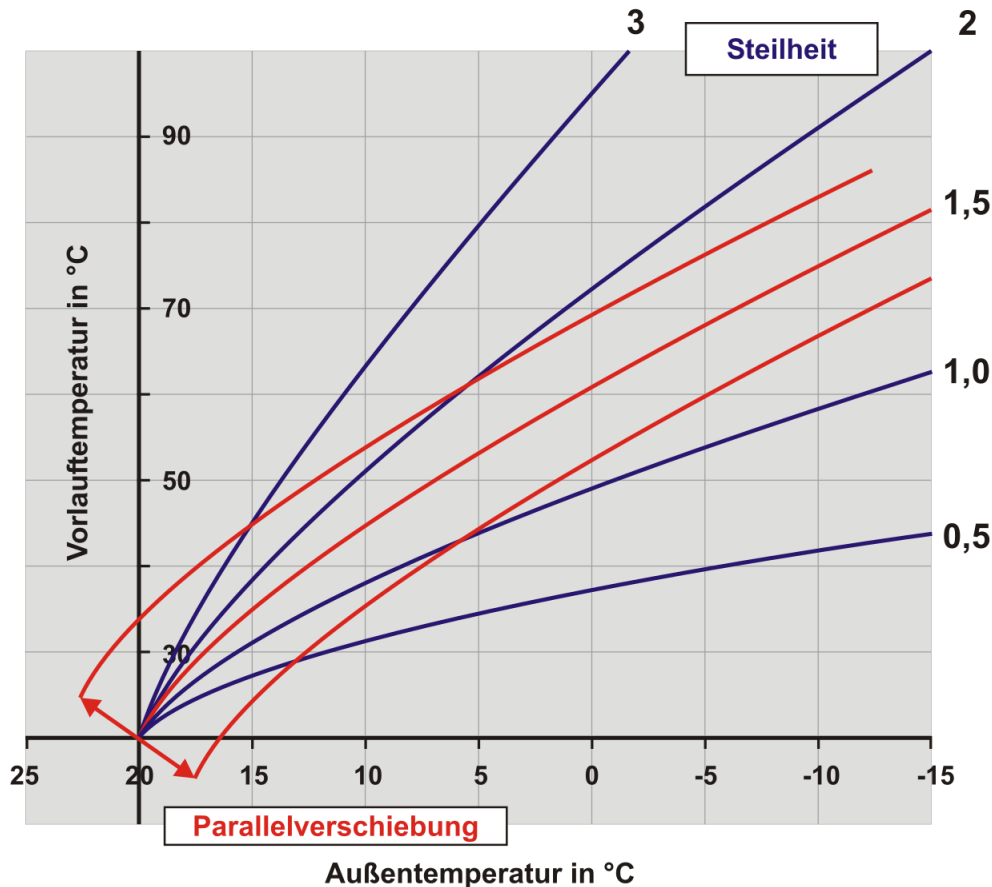
- *podno grijanje* nagib
0.2 do 0.6

- *radijatori* nagib
0.8 do 1.8

Izbor regulacijske krivulje

Regulacijska krivulja:

- nagib i pomak



- promjena položaja (pomak) krivulje ako se mijenja:

- temp. početka grijanja
- unutarnja temperatura

- promjena nagiba ako se mijenja:

- temperaturni režim (toplinska izolacija vanjske ovojnice zgrade)

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Godišnja potrebna energija za grijanje / hlađenje $Q_{H,nd}$ – računski određena količina topline koju sustavom grijanja/hlađenja treba tijekom jedne godine dovesti/odvesti u/iz zgradu/e za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom jedne godine.
(KORISNA ENERGIJA – bez gubitaka sustava)

- sezonski proračun
- mjesečni proračun
- satni proračun

Mjesečni proračun:

$$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol} + Q_{HW,rbl}) [kWh]$$

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol} - Q_{C,rbl}) - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve}) [kWh]$$

$Q_{HW/C,rbl}$ – iskoristivi toplinski gubici + iskoristiva pomoćna energija sustava
(u prvom prolasku proračuna = 0)

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Tijek proračuna:

- jedna po jedna *proračunska* zona
- zbrajanje rezultata za zone → ukupni rezultat zgrade

Osnovni ulazni podaci za mjesečni proračun:

- srednja mjesečna vanjska temperatura θ_e , °C
- unutarnja proračunska temperatura θ_{int} , °C
- srednji toplinski tok od sunčeva zračenja I_{sol} , W/m²
- površine građevnih dijelova A_k , m²
- podna površina kondicionirane zone zgrade A_f , m²
- koef. prolaza topline građevnih dijelova U_k , W/(m²K)
- dužinski koef. prolaza topline linijskih topl. mostova ψ_i , W/(mK)
- duljine linijskih toplinskih mostova ℓ_i , m
- broj izmjena zraka zone u satu n , h⁻¹
- broj izmjena zraka zone u satu pri $\Delta p = 50$ Pa – n_{50} , h⁻¹
- unutarnji dobici topline (paušalno) $q_{spec} = 5$ ili 6 , W/m²

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Srednje mjesečne vanjske temperature

ZAGREB MAKSIMIR

h: 123

ϕ : 45° 49'19"

λ : 16° 2'1"

razdoblje: 1991-2010.

Dnevne vrijednosti po mjesecima

	θ_e												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
θ_{mm} [°C]	1.0	2.9	7.1	11.7	16.8	20.3	21.9	21.3	16.3	11.4	6.5	1.4	11.6
θ_{msd} [°C]	4.5	4.7	4.3	3.8	3.7	3.8	3.1	3.2	3.2	4.2	4.6	4.5	8.4
θ_{minmm} [°C]	-12.8	-11.9	-8.0	0.6	6.5	10.5	13.4	10.8	7.3	0.2	-5.7	-12.4	-12.8
θ_{maxmm} [°C]	13.4	14.9	17.2	21.3	26.5	29.6	29.3	29.6	25.0	21.0	19.3	14.5	29.6
θ_{SWmm} [°C]	6.8	9.5	10.4	11.1	11.6	11.5	11.9	11.8	10.7	9.4	7.4	6.0	9.8
R_{mm} [mm]	1.5	1.3	1.6	2.2	2.1	2.9	2.5	3.1	3.3	2.7	2.8	2.1	2.3
φ_{mm} [%]	81	74	68	67	66	67	67	69	76	80	83	85	74

Projektne vrijednosti prema metodologiji iz HRN EN ISO 15927-5

N	20
θ_{2d}^* [°C]	-8.7
θ_{2d}^{**} [°C]	-10.0
$\theta_{0.4\%}^*$ [°C]	27.6
θ_w^* [°C]	20.8
θ_d^* [°C]	17.7
$\varphi_{p0.4}^*$ [%]	98
$\varphi_{p99.6}^*$ [%]	42

Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu

N	20
$\theta_{min,y,m}$ [°C]	-12.8
$\theta_{max,y,m}$ [°C]	29.6
θ_w^* [°C]	19.7
θ_d^* [°C]	15.1
$\theta_{SW,y,m}$ [°C]	14.3

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Ukupno sunčevo zračenje za različite orijentacije i nagibe ploha

ZAGREB_MAKSIMIR

Globalno sunčevo zračenje [MJ/m ²]													
H _{s,g,ic}		orijentacija						orijentacija					
nagib [°]	mj.	S	SE, SW	E, W	NE, NW	N	mj.	S	SE, SW	E, W	NE, NW	N	
0	I	117	117	117	117	117	II	183	183	183	183	183	
15		145	136	117	98	85		220	209	183	156	139	
30		166	150	117	84	75		246	226	182	133	103	
45		179	157	113	71	71		260	233	177	115	97	
60		184	156	107	65	65		262	229	167	92	90	
75		179	149	99	59	59		251	216	153	81	81	
90		166	135	87	51	51		227	193	136	72	72	
0		III	336	336	336	336		336	IV	470	470	470	470
15	376		364	334	299	281	495	488		466	437	423	
30	399		379	329	263	216	498	491		454	394	357	
45	403		379	317	232	168	479	476		434	350	277	
60	388		363	297	200	153	439	443		404	312	204	
75	356		333	271	152	140	381	395		365	261	182	
90	307		290	238	125	125	309	336		319	185	164	
0	V		607	607	607	607	607	VI		639	639	639	639
15		612	611	600	583	571	632		635	632	623	611	
30		593	597	582	538	503	602		613	610	581	545	
45		550	565	551	483	413	550		572	576	524	454	
60		486	514	509	429	309	478		515	530	465	347	
75		405	448	457	376	229	392		443	474	410	236	
90		315	373	396	291	207	299		365	410	327	214	

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Unutarnje proračunske temperature

Vrsta prostora	Sezona grijanja zimi ϑ_{int} , °C	Kontinentalna Hrvatska – sezona hlađenja ϑ_{int} , °C	Primorska Hrvatska - sezona hlađenja ϑ_{int} , °C
Obiteljske kuće	20	22	24
Stambene zgrade	20	22	24
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	20	22	24
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	20	22	24
Vrtići	22	22	24
Knjižnice – prostorije za čitanje	20	22	24
Knjižnice – prostorije s policama	20	22	24
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	22	22	24
Hoteli, moteli i sl.	20	22	24
Muzeji	20	22	
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, i sl.)	20	22	24
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	20	22	24
Sportske zgrade	18	22	24
Radionice i proizvodne hale	18	22	24
Kongresni centri	20	22	24
Kazališta i kina	20	22	24
Kantine	20	22	24

<https://mgipu.gov.hr>

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Energija za pokrivanje transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka:

$$Q_{Tr} = H_{Tr}(\theta_{int} - \theta_e)t \quad [kWh] \quad H_{tr} = H_D + H_{g,m} + H_U + H_A \quad [W/K]$$

$$Q_{Ve} = H_{Ve}(\theta_{int} - \theta_e)t \quad [kWh] \quad H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{Ve,mech}$$

Unutarnji (osobe, rasvjeta, oprema) i vanjski (solarni) toplinski dobici:

$$Q_{int} = \sum_k Q_{int,k} + \sum_l Q_{int,u,l} \quad [kWh] \quad \text{POJEDNOSTAVLJENO:} \quad Q_{int} = q_{spec} A_f t / 1000$$

$$Q_{sol} = \sum_k Q_{sol,k} + \sum_l Q_{sol,u,l} \quad [kWh]$$

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Faktor iskorištenja toplinskih gubitaka (grijanje):

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}} \quad \gamma_H > 0; \gamma_H \neq 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad \gamma_H > 0; \gamma_H = 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H} \quad \gamma_H < 0$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{int} + Q_{sol}}{Q_{Tr} + Q_{Ve}}$$

$$a_H = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

	a_0	τ_0 [h]
Mjesečni proračun	1	15
Sezonski proračun	0.8	30

- računa se za svaki mjesec za proračunsku zonu.

Potrebna energija za grijanje / hlađenje zgrade HRN EN ISO 13790

Potrebna energija za grijanje / hlađenje s prekidima:

$$Q_{H,nd,interm} = \alpha_{H,red} Q_{H,nd,cont} \quad [kWh/god]$$

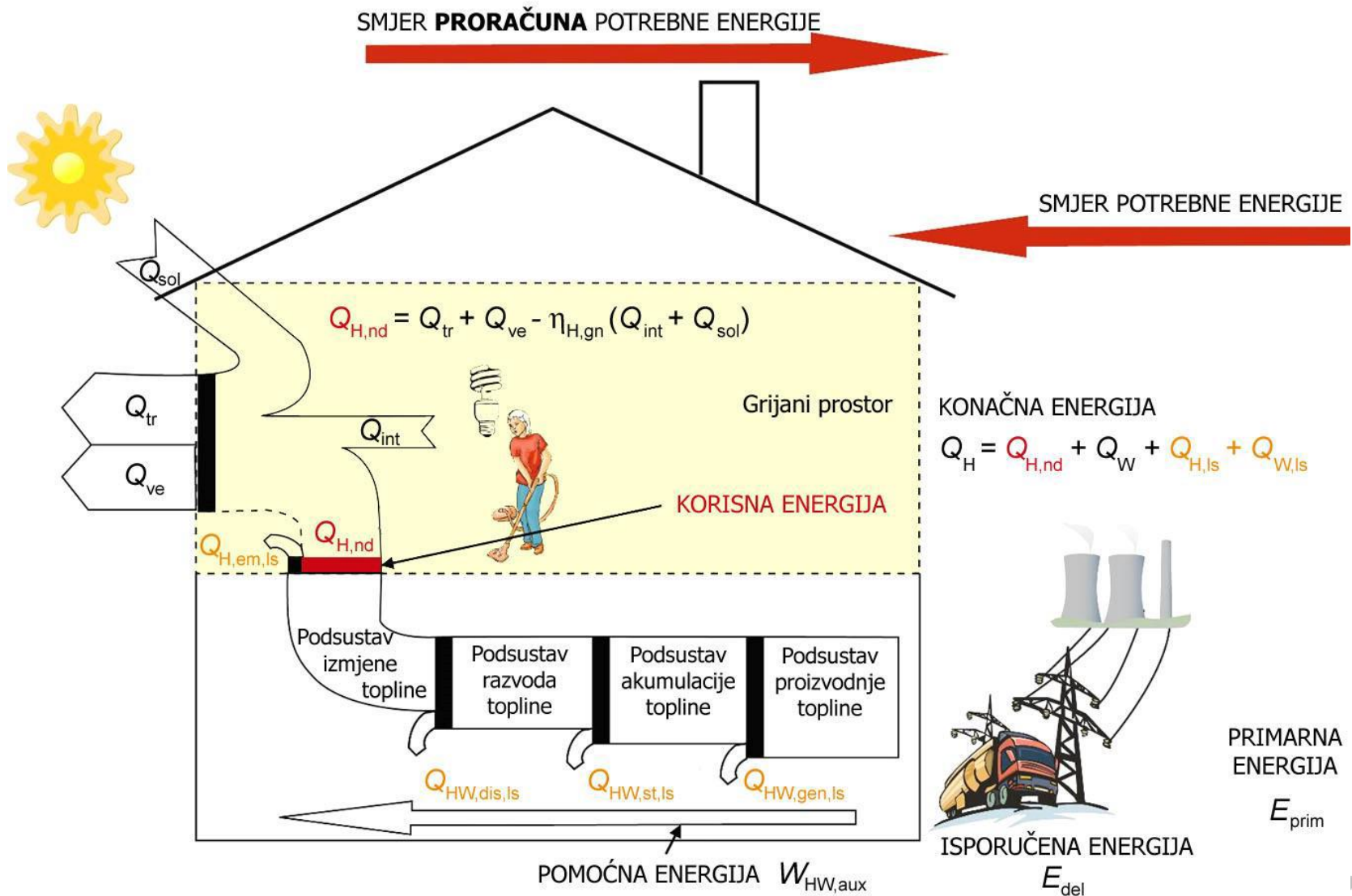
$$Q_{C,nd,interm} = \alpha_{C,red} Q_{C,nd,cont} \quad [kWh/god]$$

Godišnja potrebna energija za grijanje / hlađenje proračunske zone:

$$Q_{H,nd} = \sum_i Q_{H,nd,i} \quad [kWh/god]$$

$$Q_{C,nd} = \sum_i Q_{C,nd,i} \quad [kWh/god]$$

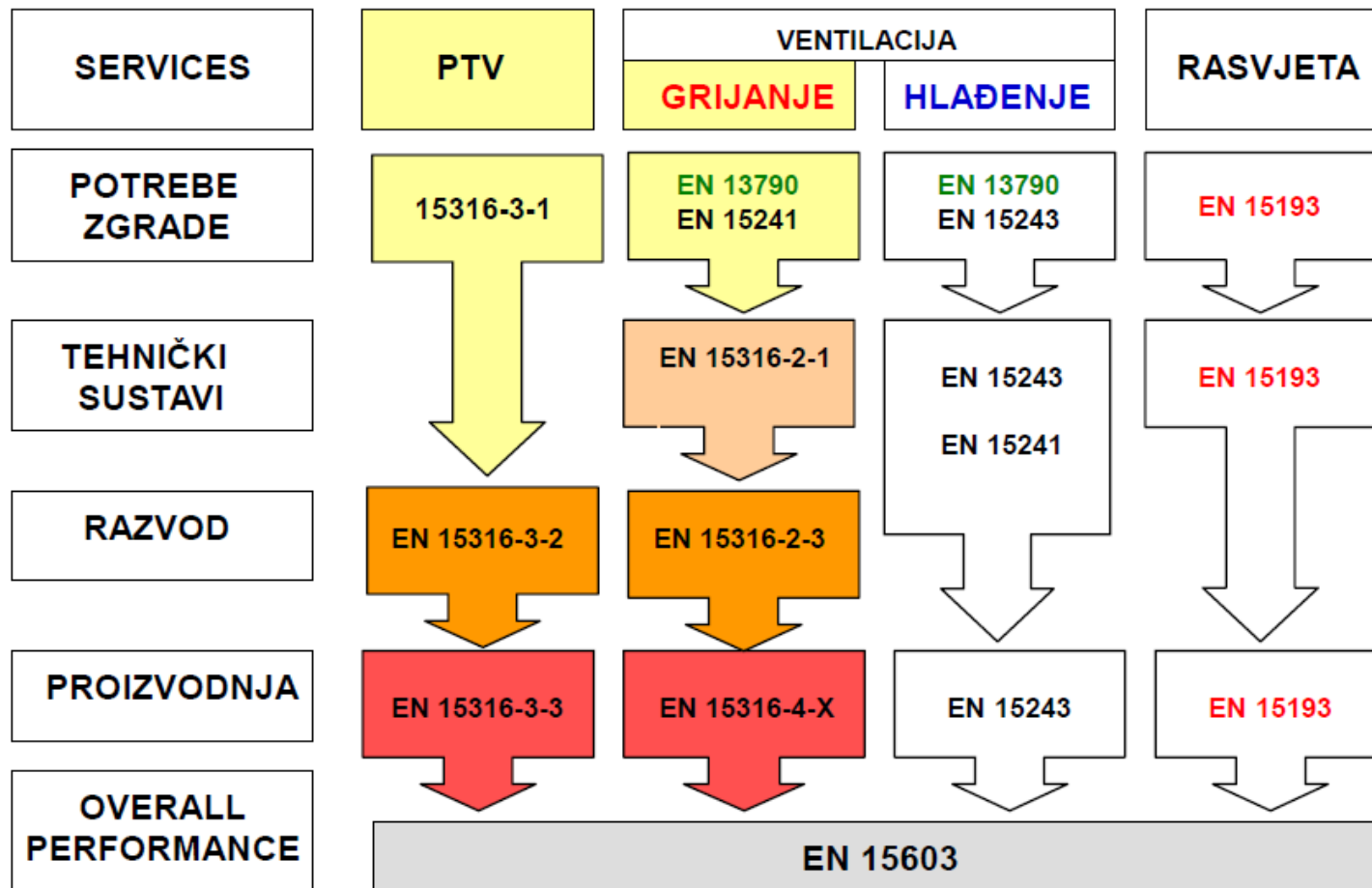
Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade



Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

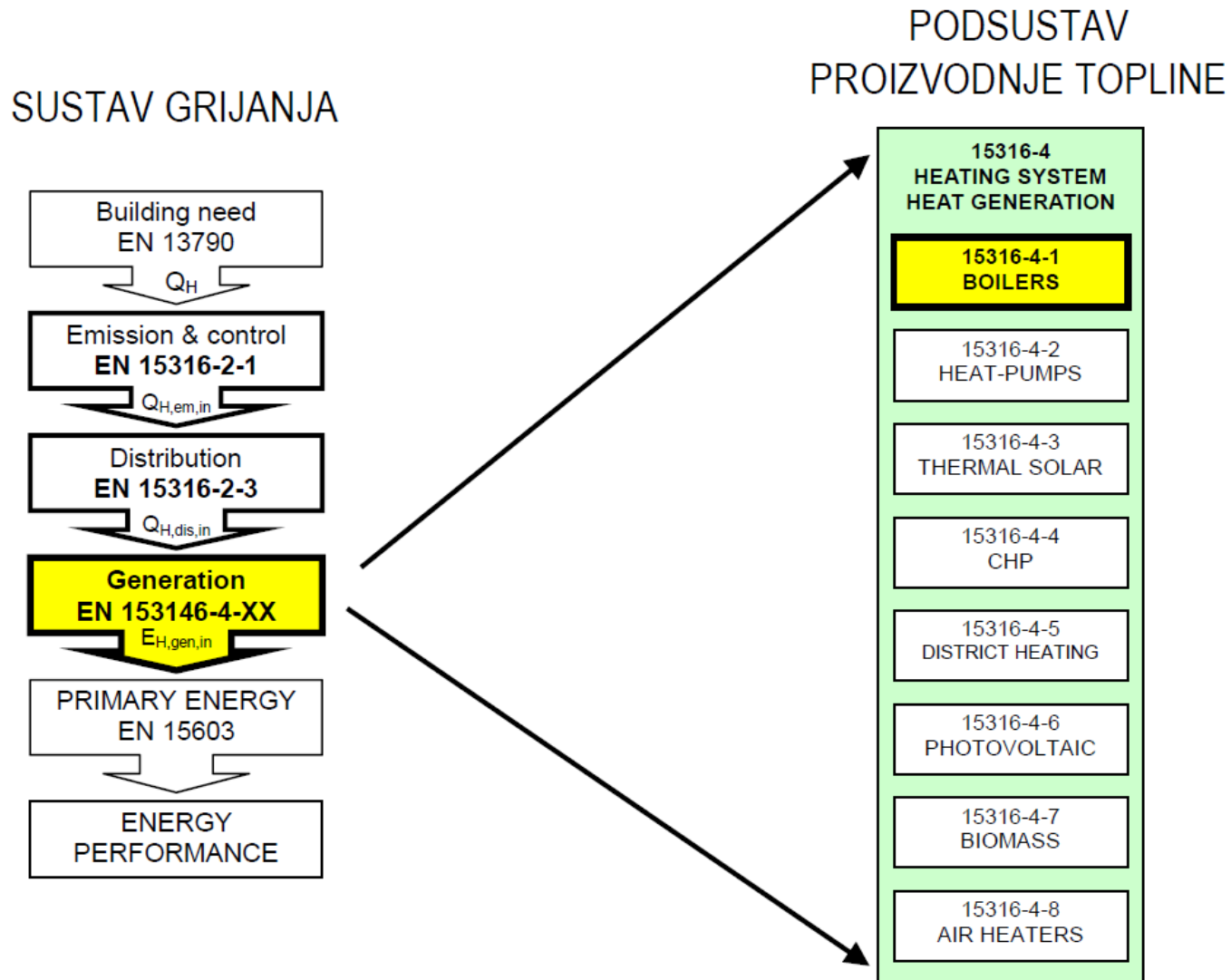
- trenutni algoritam s normama za proračune sustava:

PTV = potrošna topla voda



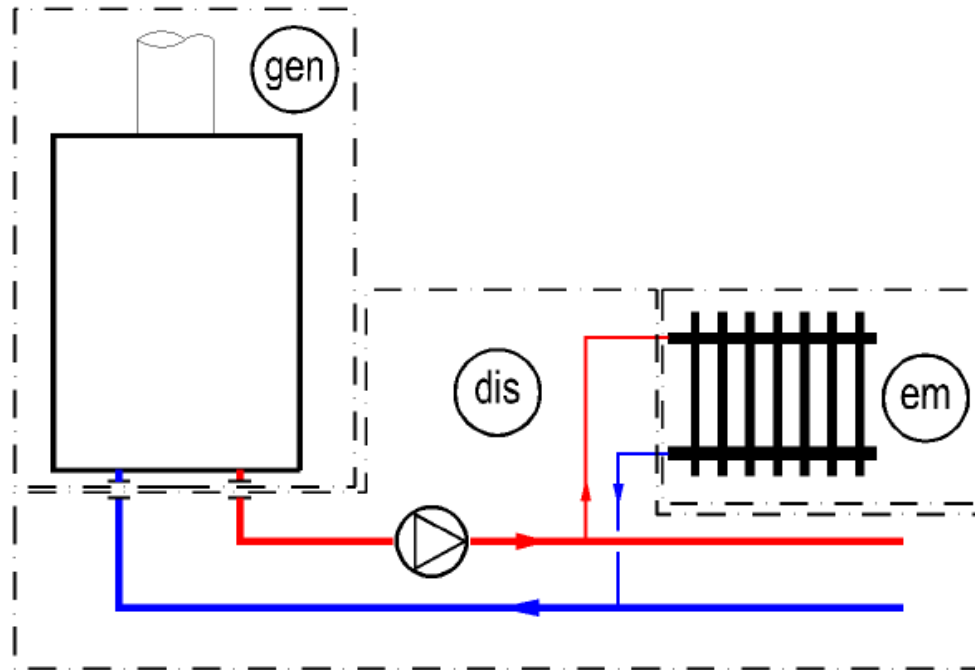
Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

- podsustavi proizvodnje topline za grijanje:

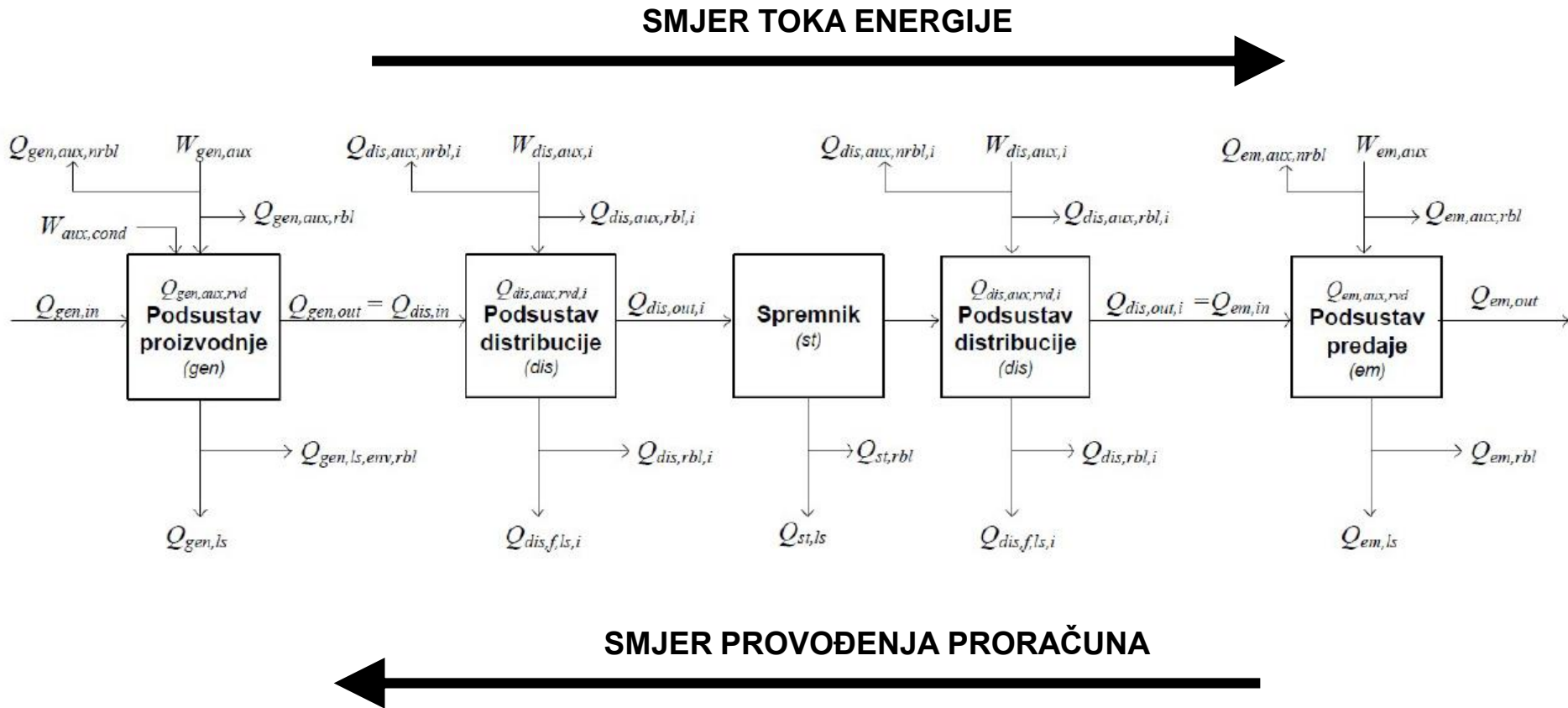


Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

- kod proračuna toplinskih gubitaka, sustav grijanja potrebno je podijeliti na podsustave predaje (*em*), razvoda (*dis*) i proizvodnje (*gen*).
- primjer podjele (kotao kao izvor topline):



Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade



Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

U prvom prolasku proračuna:

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd} \quad [kWh]$$

Proračun pojedinog podsustava (od predaje prema proizvodnji topline):

- proračun toplinskih gubitaka
- proračun iskoristivih toplinskih gubitaka
- proračun pomoćne (električne) energije

Ulazna energija u podsustav predaje:

$$Q_{H,em,in} = Q_{H,em,out} - Q_{H,em,aux,rvd} + Q_{H,em,ls} \quad [kWh]$$

Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

Ulazna energija u podsustav razvoda:

$$Q_{H,dis,out} = Q_{H,em,in} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{H,dis,in} = Q_{H,dis,out} - Q_{H,dis,aux,rvd} + Q_{H,dis,ls} \text{ [kWh]}$$

Ulazna energija u podsustav proizvodnje:

$$Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,in} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,gen,out} - Q_{H,gen,aux,rvd} + Q_{H,gen,ls} \text{ [kWh]}$$

Iskoristivi toplinski gubici i iskoristiva pomoćna energija:

$$Q_{H,rbl} = \sum_i (Q_{H,dis,ls,rbl,i} + Q_{H,gen,env,ls,rbl,i}) + \sum_i (Q_{H,em,aux,rbl,i} + Q_{H,dis,aux,rbl,i} + Q_{H,gen,aux,rbl,i}) \text{ [kWh]}$$

Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

Isporučena energija sustavu grijanja E_{del} – energija dovedena tehničkim sustavima zgrade za pokrivanje energijskih potreba za grijanje tijekom jedne godine.

$$E_{H,del} = Q_{H,gen,in} + \sum_i W_{H,aux,i} \quad [kWh/god]$$

Primarna energija:

$$E_{H,prim} = \sum_i Q_{H,gen,in,i} \cdot f_{P,i} + \sum_j W_{H,aux,j} \cdot f_{P,el} \quad [kWh/god]$$

Faktori primarne energije i emisija CO₂

Tablično su dani faktori primarne energije i faktori emisija CO₂

Energent		Faktor primarne energije [-]	Emisija CO ₂ [kg CO ₂ /GJ]	Emisija CO ₂ [kg CO ₂ /MWh]
Kameni ugljen		1,0381	95,49	343,78
Mrki ugljen		1,0540	98,09	353,14
Lignit		1,0814	105,13	378,48
Ogrjevno drvo		1,0000	8,08	29,09
Drveni briketi		1,0000	9,10	32,76
Drveni peleti		0,123	9,56	34,4
Drvena sjecka		0,154	11,76	42,35
Drveni ugljen		1,000	7,27	26,17
Sunčeva energija		0,000	0,00	0,00
Geotermalna energija		0,000	0,00	0,00
Prirodni plin		1,095	61,17	220,20
UNP		1,160	72,47	260,88
Petrolej		1,033	73,54	264,73
Ekstra lako loživo ulje		1,138	83,21	299,57
Loživo ulje		1,130	86,20	310,31
Električna energija		1,614	65,22	234,81
Daljinska toplina	Hrvatska prosjek	1,494	100,69	362,49
	CTS ZG+OS (kogeneracija)	1,466	97,59	351,33
	KO - prosjek za HR	1,597	109,57	394,46
	CTS ZG (kogeneracija)	1,462	96,05	345,78
	CTS OS (kogeneracija)	1,478	110,15	396,53
	KO - prosjek za ZG	1,559	107,86	388,31
	KO - prosjek za OS	1,529	93,66	337,18
	KO - prosjek za RI	1,569	106,84	384,62
	KO - prosjek za Sl. Brod	1,385	100,12	360,42
	KO - prosjek za Split	1,540	132,48	476,94
	KO - prosjek za KA	1,434	115,77	416,77
	KO - prosjek za VŽ	1,489	91,27	328,56
	KO - prosjek za Vinkovce	1,442	103,52	372,66
	KO - prosjek za Vukovar	1,363	86,00	309,61
	KO - prosjek za Sisak	2,419	148,13	533,25
	KO - prirodni plin	1,350	82,74	297,88
	KO - loživo ulje	1,444	124,41	447,88
	KO - ekstra lako loživo ulje	1,429	118,87	427,94

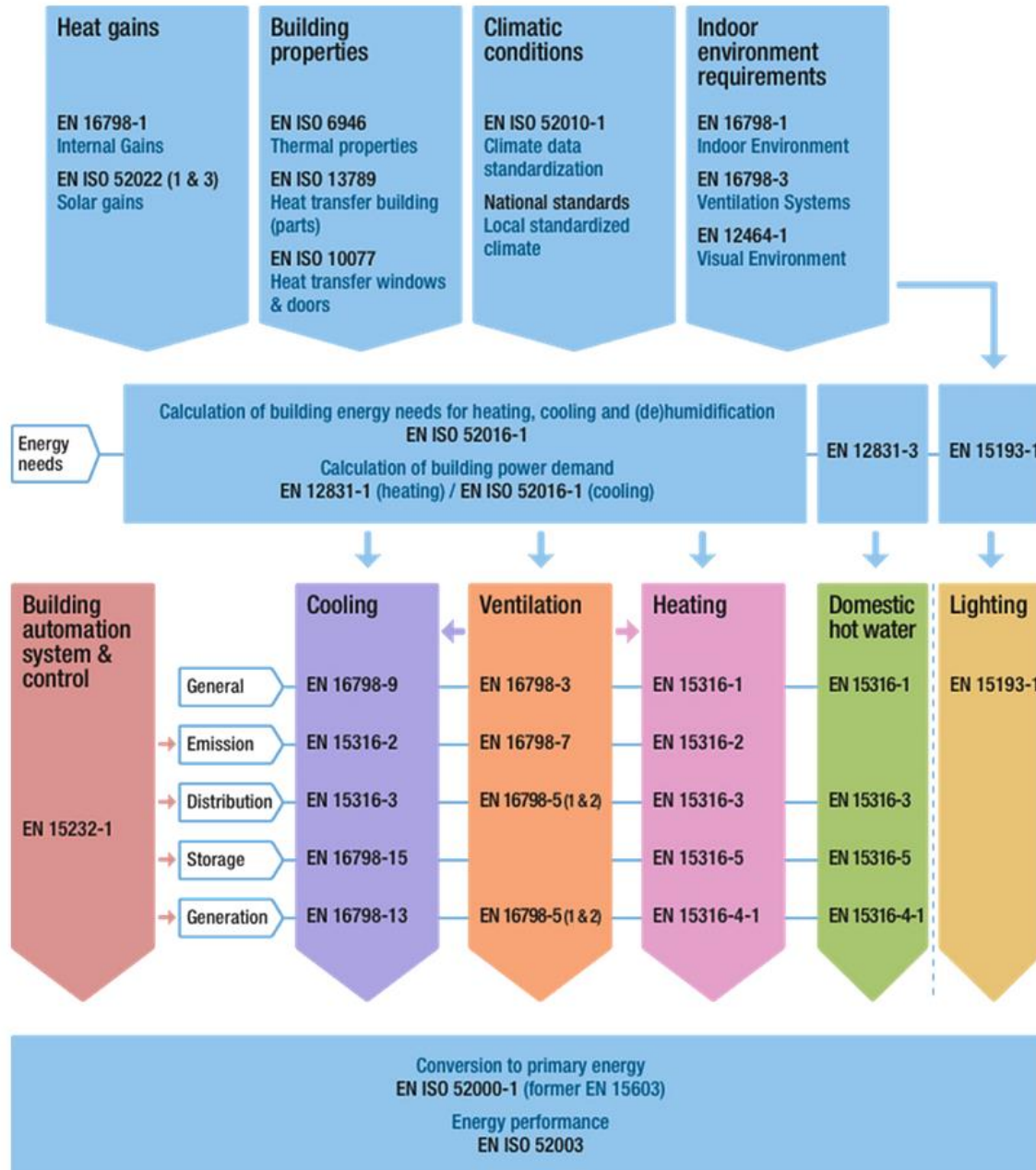
Navedeni faktori primarne energije i faktori emisija CO₂ se koriste **isključivo** za izračun primarne energije i godišnje emisije CO₂ za potrebe izračuna energetskog svojstva zgrade sukladno važećem tehničkom propisu, kao i u svrhu izrade energetskog certifikata i *Izvešća o provedenom energetskom pregledu zgrade.*

Ovi faktori primijenjuju se **od 30. rujna 2017. godine.**

<https://mgipu.gov.hr>



(Bliska) budućnost



Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

Pojednostavljeni proračun (alternativno):

$$Q_{H,gen,in} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{gen} \cdot \eta_{dis} \cdot \eta_{em}} \quad [kWh]$$

- gruba procjena potrošnje energije sustava grijanja (bez elek. energije)

Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

Detaljni model zgrade i dinamička simulacija računalnim softverom npr. TRNSYS (alternativno):

The screenshot displays the TRNSYS software interface for configuring a zone. The main window is titled "Zone: SOBA_310 - Airmode: SOBA_310".

Airmodes: The selected airmode is SOBA_310. Parameters include volume: 30.5821 m³ and capacitance: 37.2626 kJ/K. Icons for Infiltration, Heating, Gains, Initial Values, Ventilation, Cooling, Comfort, and Humidity are visible.

Walls: A table lists wall surfaces with their types, areas, and categories.

Surf	Type	Area	Category
10	U_OPEKA	6.25	ADJACENT HODNIK
12	U_OPEKA	12.96	ADJACENT SOBA_311
14	V_OPEKA	6.25	EXTERNAL S_0_90
4	U_OPEKA	12.96	ADJACENT KUHINJA
22	U_MEDUKATNA_KONSTRUKCIJA	11.54	BOUNDARY
23	U_MEDUKATNA_KONSTRUKCIJA	11.54	BOUNDARY

Windows: A table lists window surfaces with their types, areas, categories, and U/G values.

Surf	Type	Area	Category	U-Value	G-Value
233	INSUL	2.49	EXTERNAL	2.83	0.755

Therm. Zone: The right-hand panel shows settings for the thermal zone, including Radiation Modes and Geometry Modes.

Walls Configuration: The selected wall is V_OPEKA. Area: 6.254 m² (incl. windows). Category: EXTERNAL. Geosurf: 0 (1.4). Wall gain: 0 kJ/h. Orientation: S_0_90, N_180_90. View fac. to sky: 0.5.

Windows Configuration: The selected window is INSUL. Area: 2.4934 m². Category: EXTERNAL. Geosurf: 0 (233). Gain: 0 kJ/h. Orientation: S_0_90, N_180_90. View fac. to sky: 0.5. Shading control options are also visible.

Izvor: Žakula, 2018

Isporučena i primarna energija za grijanje zgrade

Detaljni model zgrade TRNSYS (alternativno):

```
EDITOR PUBLISH VIEW
+ Find Files Insert
New Open Save Compare Comment % % %
Print Indent Go To Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE EDIT NAVIGATE BREAKPOINTS RUN

1 % Function defines inputs for Type56 and /writes outputs from Type56
2 % save debugmyfcn.mat
3
4 % --- First call of the simulation: initial time step (no iterations) -----
5 %
6 if ( ( trnInfo(7) == 0) & ( trnTime-trnStartTime < 1e-6) )
7     mFileErrorCode = 120
8
9     nStep = 0;
10    no_zones = 33;
11
12    weather_data = csvread('weather.dat');
13    building_input = csvread('building_input_data.dat');
14
15    % reshape to 3D matrix -- M = reshape(M, [size_x1 size_x2 size_x3]);
16    building_input = reshape(building_input, [10*24*4 ...
17        no_zones size(building_input,2)/no_zones]);
18    ACH_inf = building_input(:,1);
19    Q_internal = building_input(:,2);
20    T_H = building_input(:,3);
21    P_H = building_input(:,4);
22    T_C = building_input(:,5);
23    P_C = building_input(:,6);
24
25    fid_print = 'building_output.dat';
26 end
27
28 % --- Very last call of the simulation (after the user clicks "OK"): -----
29 %
30 if (( trnInfo(8) == -1) & ( trnTime-trnStartTime > 1e-6) )
31     mFileErrorCode = 1000;
32
33     csvwrite(fid_print, Output);
34
```

```
EDITOR PUBLISH VIEW
+ Find Files Insert
New Open Save Compare Comment % % %
Print Indent Go To Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE EDIT NAVIGATE BREAKPOINTS RUN

1 clear all
2 clc
3
4 no_zones = 33;
5 no_hrs = 10*24;
6 no_hr_timesteps = 4;
7 no_steps = no_hrs*no_hr_timesteps;
8
9 % heating and cooling set points
10 T_H_on = 20; % heating set temperature for occupied hours
11 T_H_off = 15; % heating set temperature for non-occupied hours
12 T_C_on = 26; % cooling set temperature for occupied hours
13 T_C_off = 40; % cooling set temperature for non-occupied hours
14
15 % hourly schedules
16 hvac_schedule_hr = [0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0];
17 occupancy_schedule_hr = [0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0];
18 equipment_schedule_hr = [0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0];
19 light_schedule_hr = [0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0];
20 weekend_schedule_hr = zeros(1, 24);
21
22 % hourly schedule including timesteps
23 hvac_schedule_tmp = repmat(hvac_schedule_hr, no_hr_timesteps, 1);
24 occupancy_schedule_tmp = repmat(occupancy_schedule_hr, no_hr_timesteps, 1);
25 equipment_schedule_tmp = repmat(equipment_schedule_hr, no_hr_timesteps, 1);
26 light_schedule_tmp = repmat(light_schedule_hr, no_hr_timesteps, 1);
27 weekend_schedule_tmp = repmat(weekend_schedule_hr, no_hr_timesteps, 1);
28
29 hvac_schedule_step = hvac_schedule_tmp(:);
30 occupancy_schedule_step = occupancy_schedule_tmp(:);
31 equipment_schedule_step = equipment_schedule_tmp(:);
32 light_schedule_step = light_schedule_tmp(:);
33 weekend_schedule_step = weekend_schedule_tmp(:);
34
```

Izvor: Žakula, 2018

- točnije od algoritma po normama
- zahtjevno, traži znanja u programiranju

PRIMJER 1 – potrebna energija za grijanje i hlađenje

Zgrada s uredima (zona 1) i predavaionicom (zona 2):

ZONA 1 Uredi (prirodna ventilacija)

Meteorološka stanica:

Zagreb Maksimir

$$\theta_{\text{int}} = 20^{\circ} \text{ C}$$

$$A_k = 1189,7 \text{ m}^2; A_f = 1191,6 \text{ m}^2$$

$$V_e = 3717,8 \text{ m}^3$$

$$f_o = 0,82 \text{ 1/m}$$

$$U_{VZ1} = 1,93 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{VZ2} = 1,47 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{UZ1} = 2,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{POD}} = 1,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{KR}} = 1,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

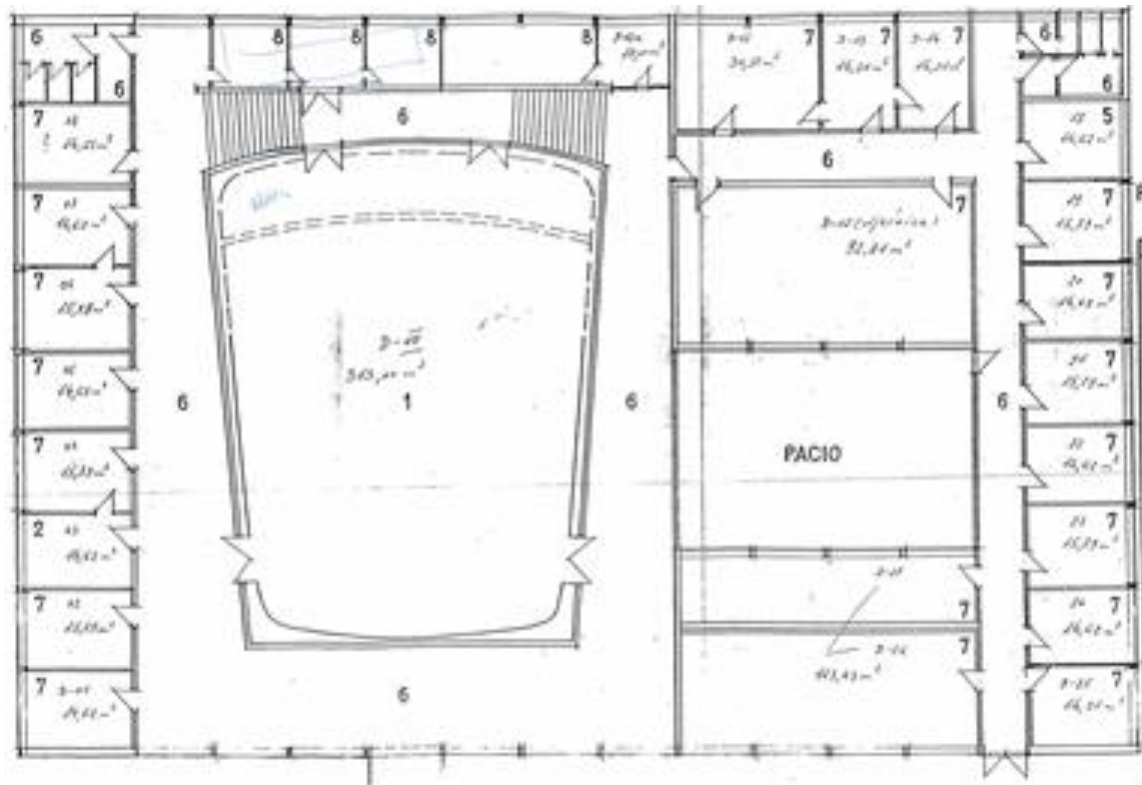
$$U_{\text{UV}} = 2,07 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{VZ2} = 1,47 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{VP}} = 3,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{VV}} = 4,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

...



PRIMJER 1 – potrebna energija za grijanje i hlađenje

Zona 1 Uredi – rezultati *postojeće stanje*:

Mjesec	Q H,nd,m [kWh]	Q C,nd,m [kWh]
Siječanj	32345,83	0,00
Veljača	22538,07	0,00
Ožujak	14566,30	0,00
Travanj	4897,65	0,00
Svibanj	573,51	1898,29
Lipanj	0,00	6693,47
Srpanj	0,00	9108,31
Kolovoz	0,00	11196,11
Rujan	0,00	3195,11
Listopad	6227,21	0,00
Studeni	13853,00	0,00
Prosinac	27566,07	0,00
UKUPNO =	122567,64	32091,29

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

$$Q''_{\text{H,nd}} = \mathbf{103,0} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god})$$

$$Q''_{\text{C,nd}} = 27,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god})$$

$$H'_{\text{Tr,adj}} = 1,33 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god})$$

$$H_{\text{Tr,adj}} = 4043,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god})$$

$$H_{\text{Ve,adj}} = 806,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god})$$

PRIMJER 1 – potrebna energija za grijanje i hlađenje

Zona 1 Uredi – rezultati *izoliran pod i krov*:

Mjesec	Q H,nd,m [kWh]	Q C,nd,m [kWh]
Siječanj	23084,09	0,00
Veljača	15256,56	0,00
Ožujak	8365,73	0,00
Travanj	1541,95	204,04
Svibanj	0,00	3701,79
Lipanj	0,00	8615,77
Srpanj	0,00	10725,13
Kolovoz	0,00	12178,76
Rujan	0,00	4743,43
Listopad	2066,33	0,00
Studen	8854,84	0,00
Prosinac	19642,60	0,00
UKUPNO =	78812,09	40168,93

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

$$U_{\text{POD}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$U_{\text{KR}} = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$Q''_{\text{H,nd}} = \mathbf{66,2} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god}) \text{ (}\downarrow \text{ 36 \%)}$$

$$Q''_{\text{C,nd}} = 33,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god}) \text{ (}\uparrow \text{ 25 \%)}$$

PRIMJER 1 – potrebna energija za grijanje i hlađenje

Zona 1 Uredi – rezultati zamjena dijela prozora:

Mjesec	Q H,nd,m [kWh]	Q C,nd,m [kWh]
Siječanj	30342,15	0,00
Veljača	21021,16	0,00
Ožujak	13380,15	0,00
Travanj	4314,94	0,00
Svibanj	455,59	1782,21
Lipanj	0,00	6487,94
Srpanj	0,00	8831,19
Kolovoz	0,00	10808,19
Rujan	0,00	3033,71
Listopad	5602,26	0,00
Studen	12805,04	0,00
Prosinac	25859,55	0,00
UKUPNO =	113780,84	30943,24

$$\theta_{\text{int}} = 20 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

$$U_{\text{VP}} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ (152 m}^2 \text{ – 44 \%)}$$

$$Q''_{\text{H,nd}} = \mathbf{95,6} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god}) \text{ (}\downarrow \text{ 7 \%)}$$

$$Q''_{\text{C,nd}} = 26,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god}) \text{ (}\downarrow \text{ 3,5 \%)}$$

PRIMJER 1 – potrebna energija za grijanje i hlađenje

Zona 1 Uredi – rezultati *povišenje unutarnje temperature*:

Mjesec	Q H,nd,m [kWh]	Q C,nd,m [kWh]
Siječanj	32027,95	0,00
Veljača	24673,20	0,00
Ožujak	18484,12	0,00
Travanj	8978,62	0,00
Svibanj	2659,49	3385,43
Lipanj	0,00	7019,47
Srpanj	0,00	9365,98
Kolovoz	0,00	8345,12
Rujan	0,00	1887,87
Listopad	11459,05	0,00
Studen	21285,43	0,00
Prosinac	32064,50	0,00
UKUPNO =	151632,36	30003,87

$$\theta_{\text{int}} = 22 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

$$Q''_{\text{H,nd}} = \mathbf{127,4} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god}) \text{ (}\uparrow 24 \text{ \%)}$$

$$Q''_{\text{C,nd}} = 25,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{god}) \text{ (}\downarrow 7 \text{ \%)}$$

PRIMJER 1 – isporučena i primarna energija za grijanje

Zona 1 Uredi – ulazni podaci *postojeće stanje*:

QH,nd	122567 kWh/god			
QC,nd	32091 kWh/god			
Tip sustava	GRIJANJE			
Termotehnički sustav	PLINSKI KOTAO			
Ogrjevni učin Φ_{em}	150 kW			
Hidrauličko uravnoteženje	Neuravnoteženi			
Ogrjevna tijela	Radijatori			
Smještaj ogrjevnih tijela	Uz vanjski zid - staklo bez zaštite od sunca			
Regulacija temperature	Neregulirana - centralna regulacija temp. polaza			
Vrsta regulacije	Električna s elektromotornim pogonom			
Broj cijevi	Dvocijevni sustav			
Toplinska izolacija	Neizolirane cijevi			
Način regulacije	U ovisnosti o vanjskoj temperaturi			
$\theta_{s,des}$	70 °C			
$\theta_{r,des}$	55 °C			
Vrsta regulacije kotla	S konst. temperaturom ogr. medija			
Smještaj pumpe	U grijanoj zoni			
Hidrauličko uravnoteženje mreže	Nebalansirana mreža			
Generator topline	Standardni, regulacija prema vanjskoj temp.			
Pe _l ,pmp	250 W			
Vrsta regulacije pumpe	Konstantna brzina vrtnje			
Energent	Prirodni plin			
Vrsta kotla	Standardni s ventilatorskim plamenikom			
Godina proizvodne	1987 do 1994			
Svrha kotla	Za grijanje			
Nazivni učin Φ_{Pn}	200 kW			
Smještaj kotla	U kotlovnici			

PRIMJER 1 – isporučena i primarna energija za grijanje

Zona 1 Uredi – rezultati *postojeće stanje*:

REZULTATI - GRIJANJE		
SUSTAV PREDAJE	$Q_{H,em,in}$ / (kWh/god)	78572
	$Q_{H,em,out}$ / (kWh/god)	70091
	$Q_{H,em,ls}$ / (kWh/god)	8480
SUSTAV RAZVODA	$Q_{H,dis,in}$ / (kWh/god)	150693
	$Q_{H,dis,out}$ / (kWh/god)	78571
	$Q_{H,dis,ls}$ / (kWh/god)	72432
	W_{aux} / (kWh/god)	415
SUSTAV PROIZVODNJE	$Q_{H,gen,in}$ / (kWh/god)	171209
	$Q_{H,gen,out}$ / (kWh/god)	150693
	$Q_{H,gen,ls}$ / (kWh/god)	20677
	W_{aux} / (kWh/god)	214
UKUPNO		
	E_{del} / (kWh/god)	171838
	E_{prim} / (kWh/god)	188490

$$\eta_{TOT} = \frac{Q_{H,nd}}{Q_{H,gen,in}} = \frac{122567}{171209}$$

$$\eta_{TOT} = 0,71$$

PRIMJER 1 – isporučena i primarna energija za grijanje

Zona 1 Uredi – ulazni podaci *poboljšan kotao*:

QH,nd	122567 kWh/god			
QC,nd	32091 kWh/god			
Tip sustava	GRIJANJE			
Termotehnički sustav	PLINSKI KOTAO			
Ogrjevni učin Φ_{em}	150 kW			
Hidrauličko uravnoteženje	Uravnoteženi - više od 8 OT po automatskom regulatoru			
Ogrjevna tijela	Radijatori			
Smještaj ogrjevnih tijela	Uz vanjski zid - staklo s zaštitom od sunca			
Regulacija temperature	P - regulator 1K			
Vrsta regulacije	Električna s elektro-toplinskim pogonom			
Broj cijevi	Dvocijevni sustav			
Toplinska izolacija	Izolirane cijevi			
Način regulacije	Prema unutarnjoj temperaturi s termost. ventilima			
$\theta_{s,des}$	70 °C			
$\theta_{r,des}$	55 °C			
Tip ogrjevnog tijela	Radijator			
Smještaj pumpe	U grijanoj zoni			
Hidrauličko uravnoteženje mreže	Balansirana mreža			
Generator topline	Standardni, regulacija prema vanjskoj temp.			
Pe _l ,pmp	250 W			
Vrsta regulacije pumpe	Konstantan dp			
Energent	Prirodni plin			
Vrsta kotla	Kondenzacijski kotao - poboljšani			
Godina proizvodne	Od 1999			
Svrha kotla	Za grijanje			
Nazivni učin Φ_{Pn}	200 kW			
Smještaj kotla	U kotlovnici			

PRIMJER 1 – isporučena i primarna energija za grijanje

Zona 1 Uredi – rezultati *poboljšan kotao*:

REZULTATI - GRIJANJE		
SUSTAV PREDAJE	$Q_{H,em,in}$ / (kWh/god)	111458
	$Q_{H,em,out}$ / (kWh/god)	111458
	$Q_{H,em,ls}$ / (kWh/god)	0
SUSTAV RAZVODA	$Q_{H,dis,in}$ / (kWh/god)	123975
	$Q_{H,dis,out}$ / (kWh/god)	111458
	$Q_{H,dis,ls}$ / (kWh/god)	12706
	W_{aux} / (kWh/god)	252
SUSTAV PROIZVODNJE	$Q_{H,gen,in}$ / (kWh/god)	121552
	$Q_{H,gen,out}$ / (kWh/god)	123974
	$Q_{H,gen,ls}$ / (kWh/god)	-2306
	W_{aux} / (kWh/god)	155
UKUPNO		
	E_{del} / (kWh/god)	121959
	E_{prim} / (kWh/god)	133757

$$\eta_{TOT} = \frac{Q_{H,nd}}{Q_{H,gen,in}} = \frac{122567}{121552}$$

$$\eta_{TOT} = 1,01$$

PRIMJER 1 – isporučena i primarna energija za grijanje

Zona 1 Uredi – ulazni podaci
dizalica topline zrak – voda:

QH,nd	122567 kWh/god			
QC,nd	32091 kWh/god			
Tip sustava	GRIJANJE			
Termotehnički sustav	DIZALICA TOPLINE ZRAK - VODA			
Ogrjevni učin Φ_{em}	150 kW			
Hidrauličko uravnoteženje	Uravnoteženi - najviše 8 OT po automatskom regulatoru			
Ogrjevna tijela	Podno grijanje - mokri sustav			
Smještaj ogrjevnih tijela	Minimalna izolacija prema HRN EN 1264			
Regulacija temperature	Ogrjevna voda - dvopoložajni on-off/P-reg			
Vrsta regulacije	Električna s elektromotorim pogonom			
Broj cijevi	Dvocijevni sustav			
Toplinska izolacija	Izolirane cijevi			
Način regulacije	Prema unutarnjoj temperaturi s termost. ventilima			
$\theta_{s,des}$	40 °C			
$\theta_{r,des}$	30 °C			
Tip ogrjevnog tijela	Podno grijanje			
Smještaj pumpe	U grijanoj zoni			
Hidrauličko uravnoteženje mreže	Balansirana mreža			
Generator topline	Standardni, regulacija prema vanjskoj temp.			
Pel,pmp	250 W			
Vrsta regulacije pumpe	Konstantan dp			
Energent	Električna energija			
Vrsta izvora	Dizalica topline zrak-voda			
Režim rada	Paralelni			
Dodatni električni grijač	Da			
Svrha izvora	Za grijanje			
Nazivni učin Φ_{Pn}	150 kW			
Granica grijanja tgr	15 °C			
Smještaj pomoćnih uređaja	U grijanom prostoru			
$\theta_{hp,opr}$	55 °C			
Standardna radna točka	A7/W50 HRN EN 252-2			
Karakteristike θ_{sc}	-7, 2, 7, 20 °C			
Smještaj spremnika DT za grijanje	Grijani prostor			
VH,st	1500 lit			
LH,p	20 m			

PRIMJER 1 – isporučena i primarna energija za grijanje

Zona 1 Uredi – rezultati *dizalica topline zrak – voda*:

REZULTATI - GRIJANJE		
SUSTAV PREDAJE	$Q_{H,em,in}$ / (kWh/god)	120617
	$Q_{H,em,out}$ / (kWh/god)	120617
	$Q_{H,em,ls}$ / (kWh/god)	0
SUSTAV RAZVODA	$Q_{H,dis,in}$ / (kWh/god)	124825
	$Q_{H,dis,out}$ / (kWh/god)	120617
	$Q_{H,dis,ls}$ / (kWh/god)	4401
	W_{aux} / (kWh/god)	264
SUSTAV PROIZVODNJE	$Q_{H,gen,in}$ / (kWh/god)	127953
	$Q_{H,gen,out}$ / (kWh/god)	124825
	$Q_{H,gen,ls}$ / (kWh/god)	780
	W_{aux} / (kWh/god)	33919
	UKUPNO	
	E_{del} / (kWh/god)	34183
	E_{prim} / (kWh/god)	55172

$$SCOP = \frac{Q_{H,nd}}{W_{aux,DT}} = \frac{122567}{33919}$$

$$SCOP = 3,6$$

$T_{bal} = -10^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{bal} = 0^{\circ}\text{C}$	
UKUPNO	
E_{del} / (kWh/god)	37117
E_{prim} / (kWh/god)	59907

+ 8,5%

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Višestambena zgrada:

- adresa: Osijek, Sjenjak 101
- god. izgradnje: 1979
- broj stanova: 133
- GBP: 11.636,46 m²
- A_K : 8.554,87 m²

Energetski razred prije obnove: D

($Q''_{H,nd} = 114 \text{ kWh/m}^2\text{god}$)

- grijanje: HEP Toplinarstvo

Facebook: Sjenjak Stojedan

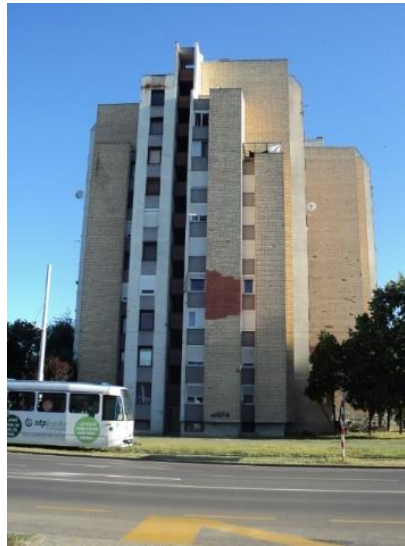


Izvor: Ižaković, 2018

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Višestambena zgrada prije obnove:

- potrebna energija za grijanje: $Q_{H,nd} = 974.740$ kWh/god
- isporučena toplinska energija: $Q_{H,gen,in} = 1.507.020$ kWh/god (mjereni prosjek 2008-2015)
- stupanj korisnosti sustava grijanja (prosjek): $\eta_{TOT} = 0,65$



Izvor: Ižaković, 2018

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Koraci obnove:

- 2011. zamjena zajedničke stolarije u hodniku
- 2013. sanacija krovišta i toplinska izolacija 10 cm EPS
- 2015. rekonstrukcija sustava grijanja
- 2017. energetska obnova vanjske ovojnice

Energija	Toplinska en.(toplana) (kWh)											Prosjek od 2008 - 2015
	2008 g.	2009 g.	2010 g.	2011 g.	2012 g.	2013 g.	2014 g.	2015 g.	2016 g.	2017 g.	2018 g.	
Mjeseci:												
siječanj	354.000	368.000	382.000	338.000	332.000	298.000	272.000	231.000	198.000	264.000	118.000	321.875
veljača	218.000	258.000	273.000	285.000	318.000	267.000	203.000	227.000	143.000	158.000	125.000	256.125
ožujak	194.000	246.000	190.000	217.000	179.000	239.000	142.000	213.000	33.000	88.000		202.500
travanj	147.000	92.000	129.000	76.000	100.000	113.000	102.000	88.000	25.000	71.000		105.875
svibanj	60.000	33.000	1.000	36.000	0	0	58.000	0	0	12.000		23.500
lipanj				0	0	0	0	0	0	0		0
srpanj				0	0	0	0	0	0	0		0
kolovoz				0	0	0	0	0	0	0		0
rujan	36.000	0	19.000	0	0	0	0	0	0	18.000		7.857
listopad	154.000	106.000	165.000	97.000	85.000	117.000	90.000	79.000	75.000	54.000		116.286
studeni	187.000	208.000	213.000	273.000	184.000	189.000	196.000	134.000	134.000	94.000		207.143
prosinač	216.000	271.000	295.000	263.000	295.000	300.000	221.000	163.000	201.000	116.000		265.857
UKUPNO:	1.566.000 kWh	1.582.000 kWh	1.667.000 kWh	1.585.000 kWh	1.493.000 kWh	1.523.000 kWh	1.284.000 kWh	1.135.000 kWh	926.000 kWh	875.000 kWh		1.507.018 kWh

Izvor: Ižaković, 2018



PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Rekonstrukcija sustava grijanja (strojarski projekt) 2015. g.:

- nova toplinska podstanica (direktni sustav → indirektni sustav)
 - automatski balans ventili
 - termostatski ventili + razdjelnici topline
- promjena angažirane toplinske snage s 1.214 kW na 932 kW



Izvor: Ižaković, 2018

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Energetska obnova vanjske ovojnice 2017. g.:

- toplinska izolacija svih grijanih površina
- dodatna toplinska izolacija svih terasa i krovnih površina
- zamjena zajedničke stolarije na požarnim stubištima i podrumima
- zamjena vlastite stolarije po želji (60 % iznosa je subvencionirano iz sredstava EU)



→ promjena angažirane toplinske snage s 932 kW na 575 kW (novi strojarski projekt)

Izvor: Ižaković, 2018

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Energetska obnova vanjske ovojnice:

- projektirana ušteda za opseg obnove: 68 %

Energetski razred nakon obnove: B

($Q_{H,nd} = 213.960$ kWh/god; $Q''_{H,nd} = 25$ kWh/m²god)

Trenutačno ostvarena ušteda u odnosu na 2015/16 i 2016/17: 32 %.

U odnosu na period prije rekonstrukcije sustava grijanja ušteda oko 44 %.



Izvor: Ižaković, 2018

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Troškovi grijanja za stan Ižaković:

Računi HEP toplinarstva Ižaković							
	Mjeseci:	2013 g.	2014 g.	2015 g.	2016 g.	2017 g.	2018 g.
1.	siječanj		599,55 kn	527,15 kn	421,24 kn	589,00 kn	249,43 kn
2.	veljača		483,85 kn	521,11 kn	351,84 kn	404,44 kn	287,23 kn
3.	ožujak		382,44 kn	497,21 kn	309,24 kn	266,84 kn	241,83 kn
4.	travanj		315,05 kn	288,72 kn	157,24 kn	226,04 kn	134,08 kn
5.	svibanj		242,52 kn	141,04 kn	145,84 kn	127,94 kn	116,23 kn
6.	lipanj		145,16 kn	141,41 kn	116,24 kn	116,24 kn	84,81 kn
7.	srpanj		144,96 kn	141,27 kn	116,24 kn	116,24 kn	84,81 kn
8.	kolovoz		144,69 kn	141,27 kn	116,24 kn	116,24 kn	84,81 kn
9.	rujan		141,13 kn	141,13 kn	116,23 kn	135,84 kn	84,81 kn
10.	listopad		291,58 kn	248,30 kn	244,84 kn	185,24 kn	
11.	studeni	460,45 kn	468,64 kn	325,24 kn	337,64 kn	232,28 kn	
12.	prosinac	646,38 kn	510,44 kn	366,64 kn	465,24 kn	275,23 kn	
		1.106,83 kn	3.870,01 kn	3.480,49 kn	2.898,07 kn	2.791,57 kn	1.368,04 kn

Izvor: Ižaković, 2018

PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Isporučena toplinska energija 2016-2018 Osijek, Sjenjak 101:

Instalirana snaga ogrjevnih tijela u objektu: 575,304 kW

Grijana površina objekta: 7.601,59 m²

MJESEC OBRAČUNA	OBRAČUNATA TOPLINSKA ENERGIJA KRAJNJEM KUPCU U kWh		
	2016. kWh	2017. kWh	2018. kWh
1	2	3	4
01.	198.000	264.000	118.000
02.	143.000	158.000	125.000
03.	117.000	88.000	104.000
04.	33.000	71.000	21.000
05.	25.000	12.000	0
06.	0	0	0
07.	0	0	0
08.	0	0	0
09.	0	18.000	0
10.	75.000	54.000	46.000
11.	134.000	94.000	68.000
12.	201.000	116.000	111.000
Ukupno:	926.000	875.000	593.000

Izvor: HEP Toplinarstvo, 2019



PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Isporučena toplinska energija 2016-2018 Osijek, neobnovljena jednaka zgrada:

Instalirana snaga ogrjevnih tijela u objektu: 1.206,739 kW

Grijana površina objekta: 7.633,91 m²

MJESEC OBRAEUNA	OBRAEUNATA TOPLINSKA ENERGIJA KRAJNJEM KUPCU U kWh		
	2016. kWh	2017. kWh	2018. kWh
1	2	3	4
01.	278.396	372.852	260.499
02.	218.740	241.608	286.350
03.	176.980	151.129	216.751
04.	100.421	123.290	66.616
05.	37.782	24.857	0
06.	0	0	0
07.	0	0	0
08.	0	0	0
09.	0	36.788	0
10.	117.324	107.381	101.416
11.	203.826	201.837	164.055
12.	303.253	245.585	249.562
Ukupno:	1.436.722	1.505.327	1.345.249

Izvor: HEP Toplinarstvo, 2019



PRIMJER 2 – obnova stambene zgrade

Usporedba s neobnovljenom jednakom zgradom:

Mjesec obračuna	Sjenjak 101 kWh	Slična zgrada	Energetska ušteda
1/2014	272.000	267.467	
2/2014	203.000	199.854	
3/2014	142.000	178.974	
4/2014	102.000	113.350	
5/2014	58.000	60.652	
6/2014	0	0	
7/2014	0	0	
8/2014	0	0	
9/2014	0	0	
10/2014	90.000	106.390	
11/2014	196.000	171.020	
12/2014	221.000	252.552	
	1.284.000	1.350.259	66.259
			5%

Mjesec obračuna	Sjenjak 101 kWh	Slična zgrada	Energetska ušteda
1/2018	118.000	260.499	
2/2018	125.000	286.350	
3/2018	104.000	216.751	
4/2018	21.000	66.616	
5/2018	0	0	
6/2018	0	0	
7/2018	0	0	
8/2018	0	0	
9/2018	0	0	
10/2018	46.000	101.416	
11/2018	68.000	164.055	
12/2018	111.000	249.562	
	593.000	1.345.249	752.249
			56%

Izvor: Ižaković, 2018

HVALA!

Prof.dr.sc. Igor Balen
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Zavod za termodinamiku, toplinsku i procesnu tehniku
e-mail: Igor.Balen@fsb.hr