

Obuka: Upravljanje energijom u javnom sektoru
Modul 2: Energetska efikasnost zgrada i obnovljivi izvori energije

Energetska efikasnost zgrada

Doc. dr Milan Šekularac
milan.sekularac@ucg.ac.me

Univerzitet Crne Gore
Mašinski fakultet Podgorica
15. april 2020.

SADRŽAJ

Osnove toplotnih procesa u zgradama

Osnove sistema KGH - pregled tehničkih rješenja

Sistemi centralnog grijanja i klimatizacije

Toplotne pumpe - savremena tehnička rješenja

COP i klimatski uslovi

Priprema STV u objektima

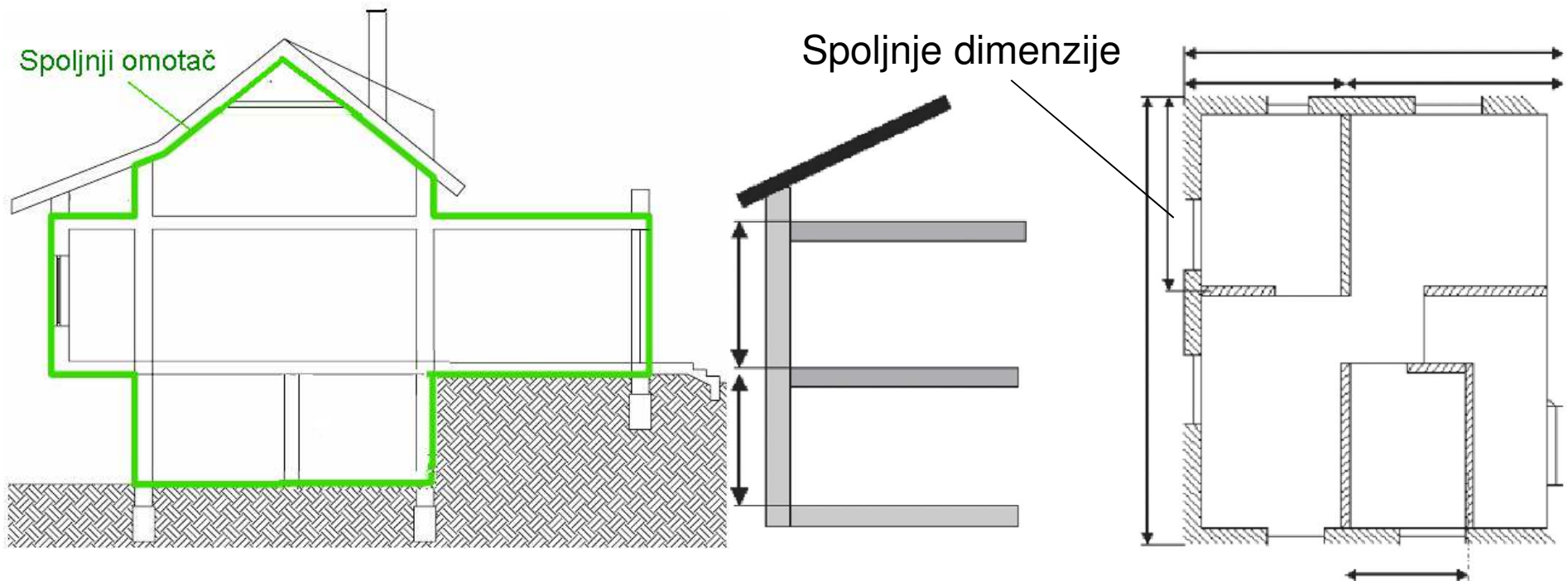
Rasvjeta

ZGRADE

Gradjevinski elementi zgrade

Za energetska analizu (potrošnja energije) **bitan** je spoljni omotač zgrade (spoljne dimenzije)

GEOMETRIJA: površine, zapremine



Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi
3. Prozori i vrata na krovu i fasadi
4. Zidovi i pod u dodiru sa tlom
5. Toplotni mostovi

Gradjevinski elementi zgrade

MINIMALNI TEHNICKI ZAHTJEVI

Tabela 1: Najveće dozvoljene vrijednosti koeficijenta prolaza toplote, U [$W/(m^2 \cdot K)$], građevinskih konstrukcija novih zgrada i postojećih zgrada nakon rekonstrukcije

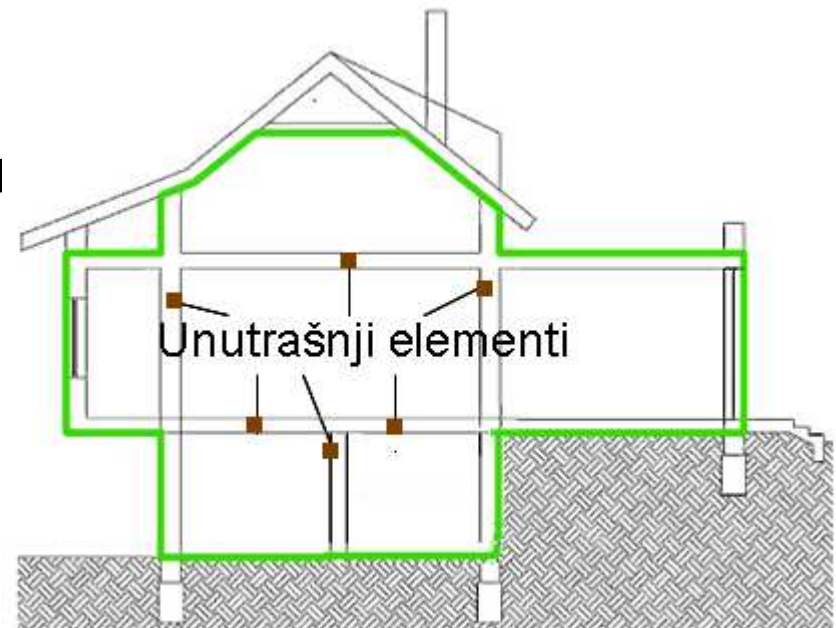
	Građevinska konstrukcija	U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
		$\Theta_i \geq 18 \text{ °C}$		$12 \text{ °C} < \Theta_i < 18 \text{ °C}$	
		I i II klimatska zona ¹⁾	III klimatska zona ¹⁾	I i II klimatska zona ¹⁾	III klimatska zona ¹⁾
1.	Spoljnji zidovi, zidovi prema garaži, tavanu	0.60	0.45	0.75	0.75
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, providni elementi fasade	2.0	2.0	3.00	3.00
3.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, tavanice prema tavanu	0.40	0.30	0.50	0.40
4.	Tavanice iznad spoljnjeg vazduha, tavanice iznad garaže	0.40	0.30	0.50	0.40
5.	Zidovi i tavanice prema negrijanim prostorijama, negrijanom stepeništu temperature više od 0 °C , prostorijama koje se povremeno koriste i prostoru druge namjene (stambeni-nestambeni)	0.65	0.50	2.00	2.00
6.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	$0.50^{2)}$	$0.50^{2)}$	$0.80^{2)}$	$0.65^{2)}$
7.	Spoljna vrata, vrata prema negrijanom stepeništu, vrata sa neprozirnim krilom	2.90	2.90	2.90	2.90
8.	Zidovi kutije za roletne	0.80	0.80	0.80	0.80
9.	Tavanice i zidovi - između stanova, - između grijanih radnih prostorija različitih korisnika	1.40	1.40	1.40	1.40

Gradjevinski elementi zgrade

U načelu, za energetska analizu (potrošnju energije) zgrade, unutrašnji elementi **nisu** bitni.

B. UNUTRAŠNJI ELEMENTI ZGRADE

1. Pregradni zidovi
2. Tavanice - Podovi
3. Unutrašnja Vrata i Prozori

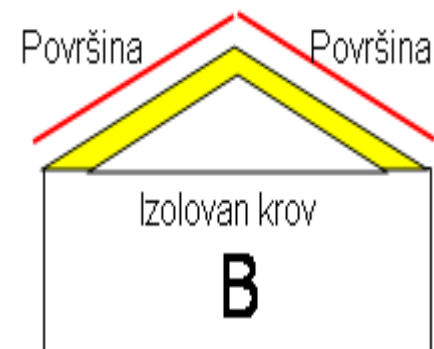
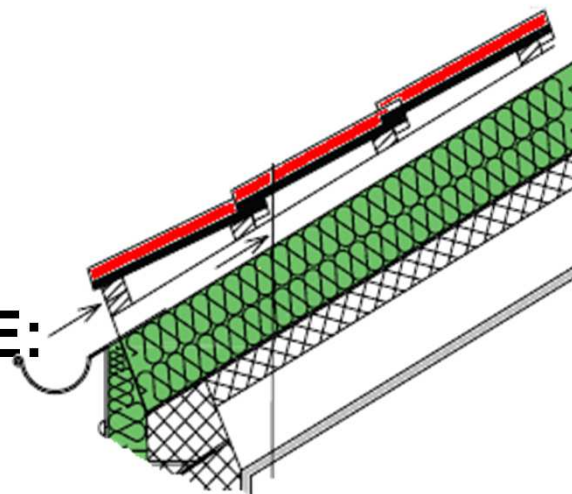


Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov

2. Spoljni zidovi
3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)
4. Zidovi (pod) u dodiru sa tlom
5. Toplotni mostovi



Zavisno od položaja izolacije, kao krovna površina se uzima A ili B.

Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov

2. Spoljni zidovi

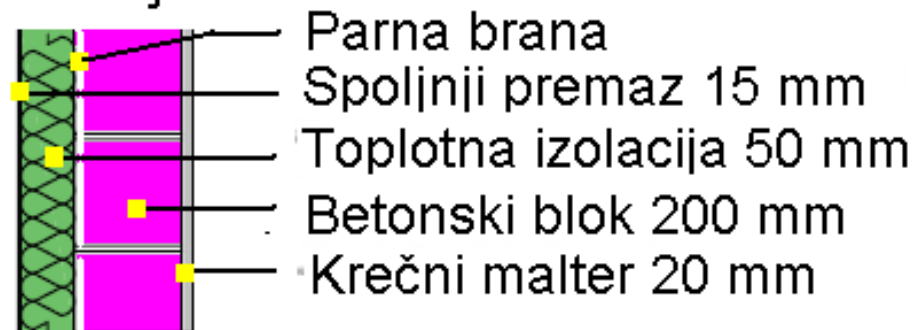
3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

4. Zidovi (pod) u dodiru sa tlom

5. Toplotni mostovi



Primjer



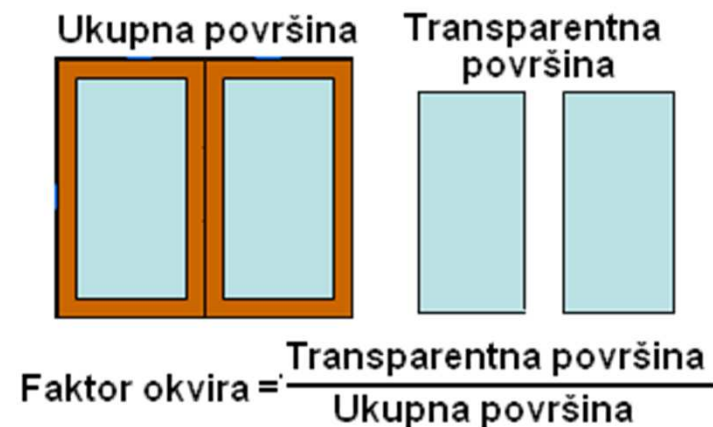
Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi
- 3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)**
4. Zidovi (pod) u dodiru sa tlom
5. Toplotni mostovi



$$\text{FAKTOR ZASTAKLJENJA} = \frac{\text{POVRŠINA PROZORA}}{\text{POVRŠINA FASADE}}$$

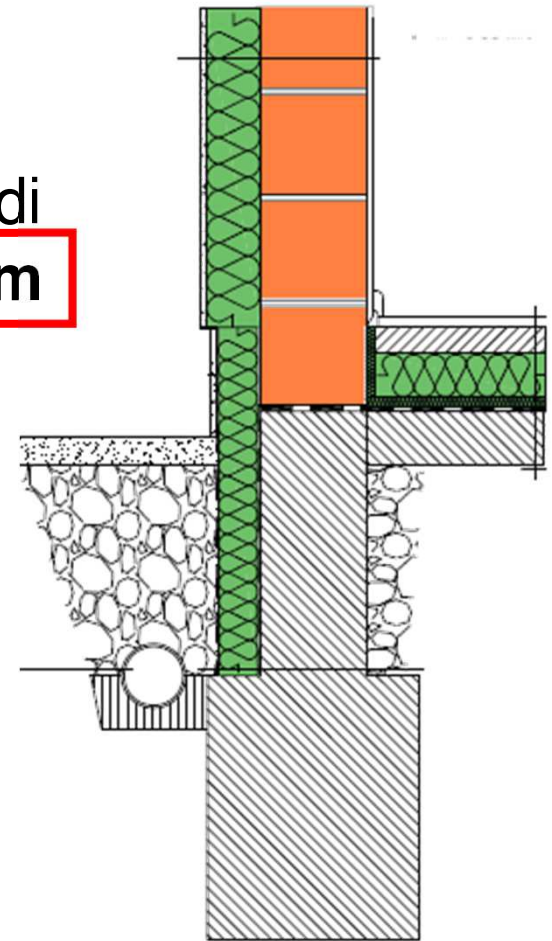
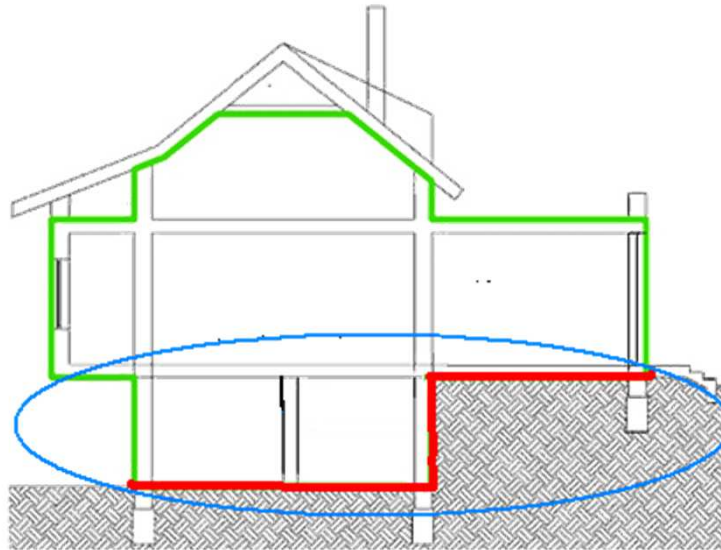


Gradjevinski elementi zgrade

MEST 12831

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi
3. Prozori i vrata na krovu i fasadi
- 4. Zidovi (pod) u dodiru sa tlom**
5. Toplotni mostovi

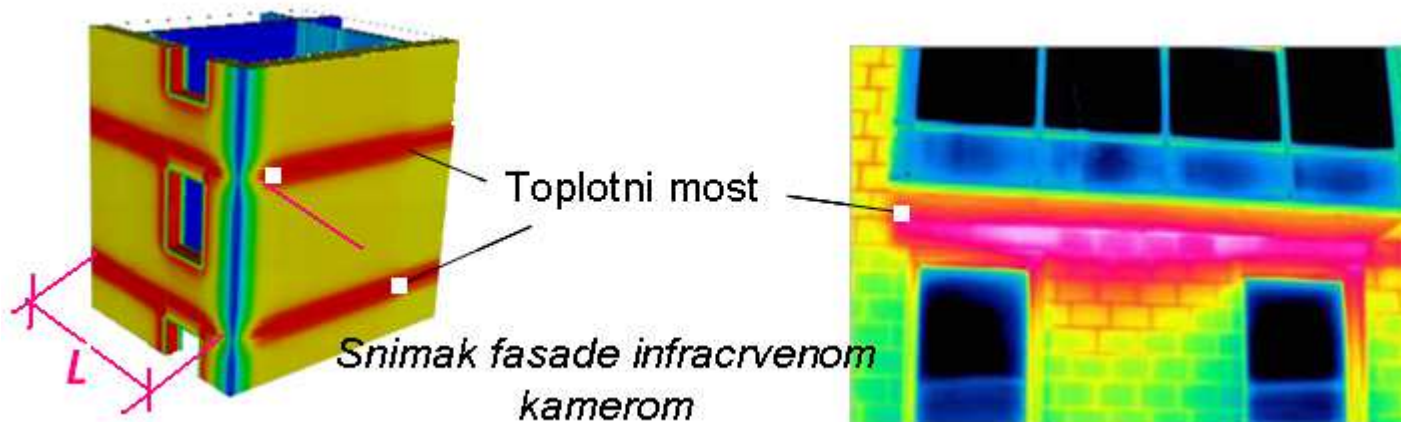


Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi
3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)
4. Zidovi (pod) u dodiru sa tlom

5. Toplotni mostovi



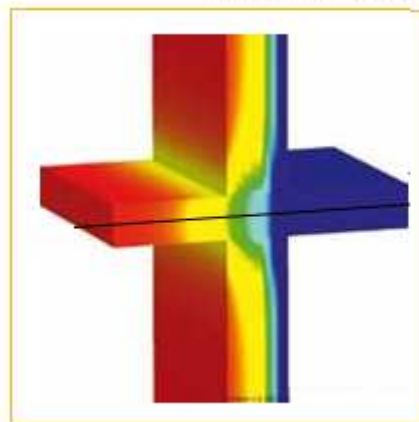
Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi
3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)
4. Zidovi (pod) u dodiru sa tlom

5. Toplotni mostovi

TEMPERATURSKO POLJE U ZIDU



TOPLOTNI MOST



HOMOGENI ZID

3. Zgradarstvo:

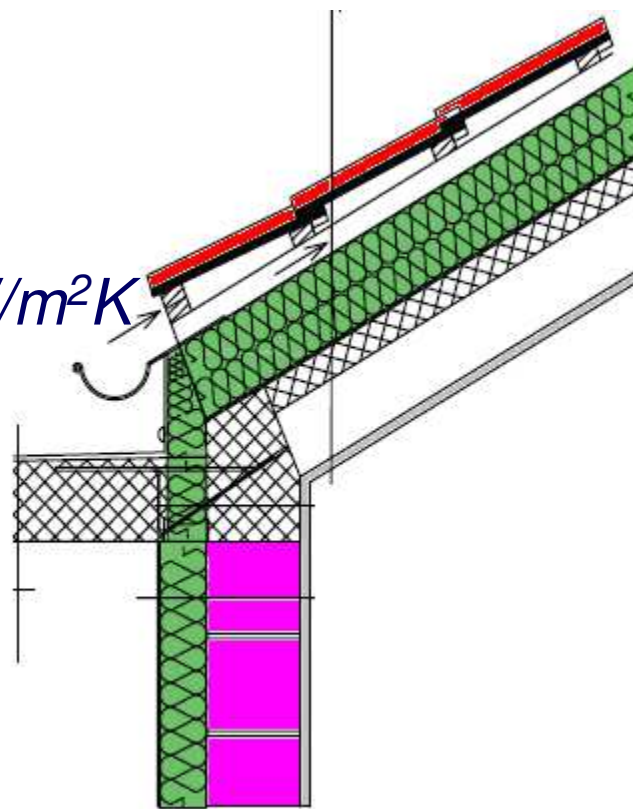
Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi

Kontrolni parametri

- a. Koeficijent prolaza toplote U_w , W/m^2K
- b. Parametri Toplotne stabilnosti
- c. Pojava Kondenzacije



Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov
2. Spoljni zidovi

Kontrolni parametri

a. Koeficijent prolaza toplote U_w W/m^2K

KONSTRUKCIJA:		Primjer					Masa po 1	
Unutra	δ, cm	$\rho, kg/m^3$	$\lambda, W/mK$	$c, J/kgK$	$\mu (R_f), -$	$R_0, m^2K/W$	Opis sloja	$m=\rho\delta, kg/m$
1	4	2000	1.35	1000	80		Beton	80
2	10	1.2	0	0	1	0.17	Vazduh_Vertikal_Sloj	0.12
3	4	2000	1.35	1000	80		Beton	80
4	10	1100	0.55	1000	80		Beton sa lakim agreg-	110
5								
6								
7	U value							
8	W/m^2K							
9	1.711							
10								
Spolja		PRIMJER					$\Sigma m, kg/m^2$	270

Napomena

Ne unose se koeficijenti prelaza toplote (konvekcije) na gr. površinama

Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

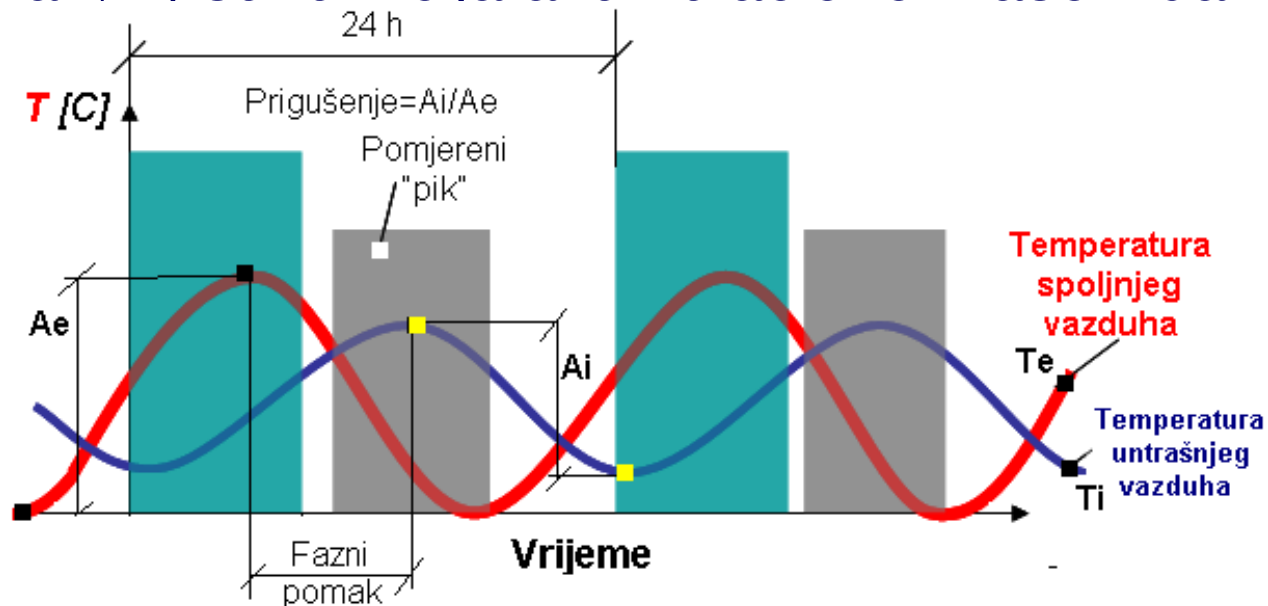
A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

1. Krov

2. Spoljni zidovi

Kontrolni parametri

b. Parametri **Toplotne stabilnosti** (Prigušenje, -, Fazni pomak, h) su funkcija akumulacione mase zida



Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

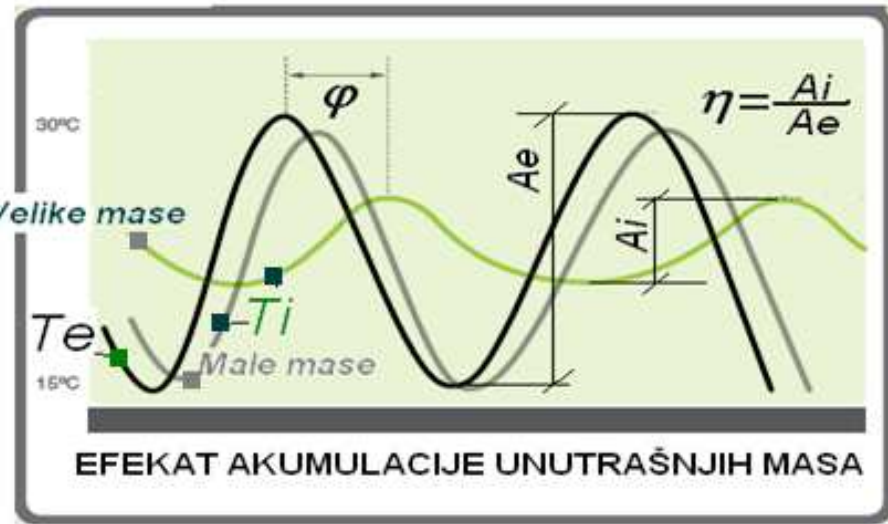
1. Krov

2. Spoljni zidovi

Kontrolni parametri

b. Parametri **Toplotne stabilnosti** treba da zadovolje propisane vrijednosti

PROPISANE GRANIČNE VRIJEDNOSTI KONSTRUKCIJE (>100 kg/m ²)		
<i>Gradjevinski elementi</i>		Minimalno prigušenje
Ravni krovovi		25
Svi spoljašnji zidovi (osim oni na sjevernoj strani)		15
Spoljašnji zidovi na sjevernoj strani		10
		Minimalno kašnjenje [h]
Ravni krovovi hladnjača		14
Ravni krovovi (osim hladnjača)		10
Spoljašnji zidovi i kosi krovovi (Orjentacija W i SW)		8
Spoljašnji zidovi i kosi krovovi (Orjentacija S i SE)		7
Spoljašnji zidovi i kosi krovovi (Orjentacija E i NE)		6



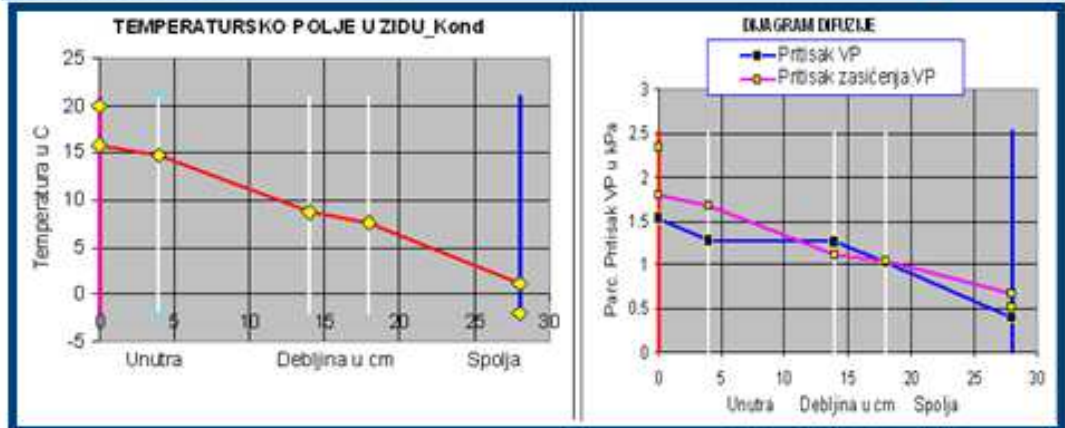
Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

- 1. Krov
- 2. Spoljni zidovi

Kontrolni parametri

KONSTRUKCIJA: Kondenz Primjer								Masa po l
Unutra	δ, cm	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\lambda, \text{W/mK}$	$c, \text{J/kgK}$	$\mu (R_f), -$	$R_0, \text{m}^2 \text{K/W}$	Opis sloja	$m = \rho \delta, \text{kg/m}$
1	4	2000	1.35	1000	80		Beton	80
2	10	1.2	0	0	1	0.17	Vazduh_Vertikal_Sloj	0.12
3	4	2000	1.35	1000	80		Beton	80
4	10	1100	0.55	1000	80		Beton sa lakim agreg-	110
5								
6								
7								
8								
9								
10								
PRIMJER								
Spolja								$\Sigma m, \text{kg/m}^2$ 270
Napomena								
Ne unose se koeficijenti prelaza toplote (konvekcija) na graničnim površinama								
REZULTAT								
Masa zida kg/m^2	U value $\text{W/m}^2\text{K}$	PRIGUŠENJE -	FAZNI POMAK časova	KONDENZACIJA Kond. Masa, kg/m^2				
270	1.711	124.2	19.0	DA		0.074		
Broj dana isušivanja		26.3						

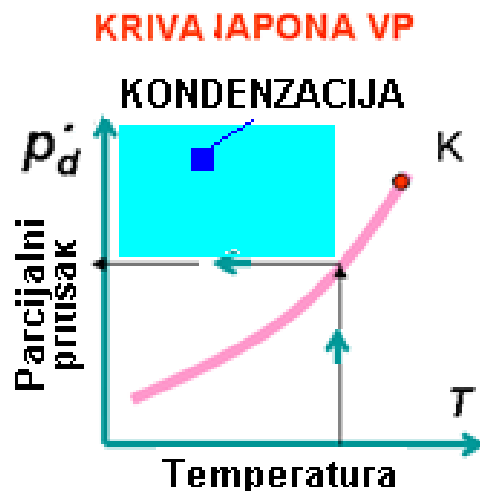


Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: KONDENZACIJA

KONDENZACIJA VLAGE U (NA) ZIDU.

DO KONDENZACIJE DOLAZI AKO JE TEMPERATURA U ZIDU MANJA OD TEMPERATURE KONDENZACIJE PARE NA TOM MJESTU (tačka rose).



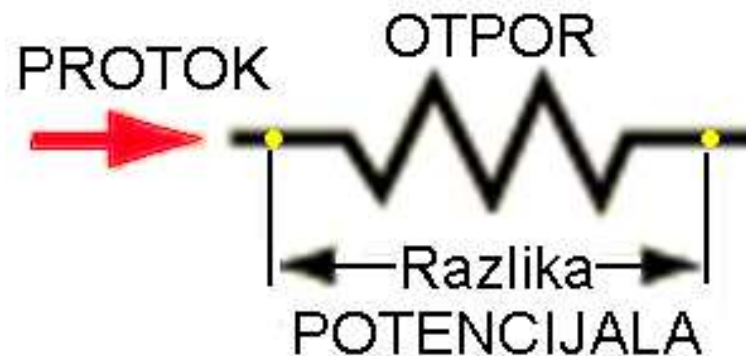
Tačka rose (kondenzacija) zavisi od parcijalnog pritiska vodene pare:

- ako je parcijalni pritisak vodene pare veći od pritiska zasićenja za tu temperaturu, doći će do kondenzacije

Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

GENERALIZOVANI "OMOV ZAKON" U PRIRODI:



$$\text{"PROTOK"} = \frac{\text{RAZLIKA "POTENCIJALA"}}{\text{"OTPOR"}}$$

Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

Električna ANALOGIJA

$$I [A] = \frac{\Delta U}{R}, \frac{V}{\Omega}$$

Transfer TOPLOTE

$$q \left[\frac{J/s}{m^2} \right] = \frac{\Delta T}{R_q}, \frac{K}{m^2 K/W}$$

**Transfer MASE
(difuzija)**

$$q_m \left[\frac{kg/s}{m^2} \right] = \frac{\Delta p}{R_m}, \frac{Pa}{m^2 Pa/(kg/s)}$$

Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

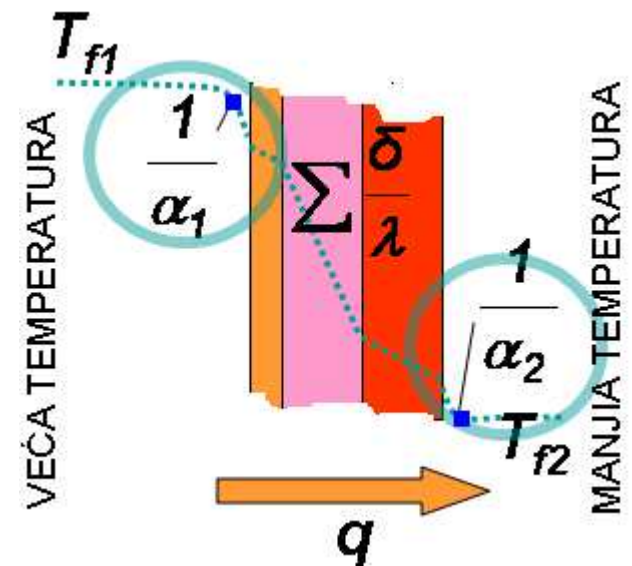
A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

PROLAZ TOPLOTE (Transfer TOPLOTE)

GUSTINA TOPLOTNOG FLUX_a

$$q \left[\frac{W}{m^2}, \frac{J/s}{m^2} \right] = \frac{\Delta T_f}{R_q} = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

TOPLOTNI FLUX $Q [W] = Aq$



Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA** DIFUZIJA (Transfer MASE)

GUSTINA MASENOG FLUX_a

$$q_m \left[\frac{\text{kg/h}}{\text{m}^2} \right] = \frac{\Delta p_d}{R_m} = \frac{p_{d1} - p_{d2}}{\frac{1}{\beta_1} + \sum \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\beta_2}}$$

$p_{d,}$ [Pa] – Parcijalni pritisci vodene pare

β – Koefficient prelaza materije

D – koefficient difuzione propustljivosti

MASENI FLUX $m \left[\frac{\text{kg/h}}{\text{m}^2} \right] (\text{ili } \Phi_m) = A q_m$

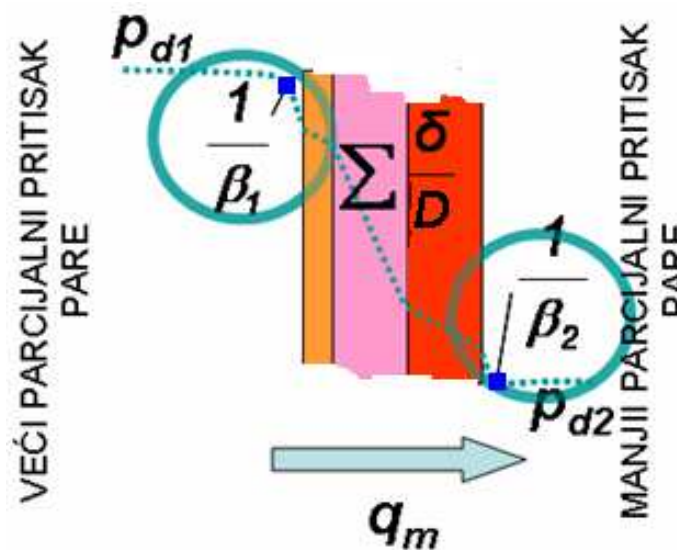
$$D = D_o / \mu$$

Referentni Koefficient Difuzijske provodljivosti D_o (vodene pare u vazduhu)

$$D_o = 0.67 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{kg/h}}{\text{mPa}} \right] = 0.67 \left[\frac{\text{gr/h}}{\text{m kPa}} \right]$$

μ [-] – Relativni otpor difuziji (pokazuje koliko puta neka sredina ima manju provodljivost od vazduha

β $\left[\frac{\text{kg/h}}{\text{m}^2 \text{Pa}} \right]$ koefficientat “prelaza” mase



Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA** DIFUZIJA (Transfer MASE)

*Koliki je koeficijent difuzijske
provodljivosti $D = D_o / \mu$?*

RELATIVNI OTPOR DIFUZIJI

μ [-]

∞

6-9

5-30

1600

7

5

Materijal

Staklo

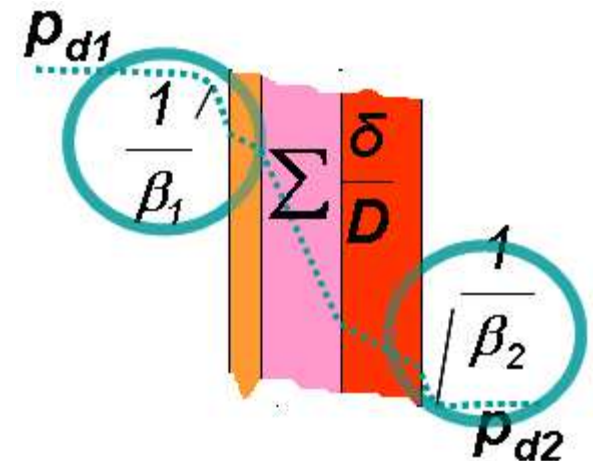
Opeka

Beton

Bitum. (Ter) papir

Cementni malter

Krečni malter



Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

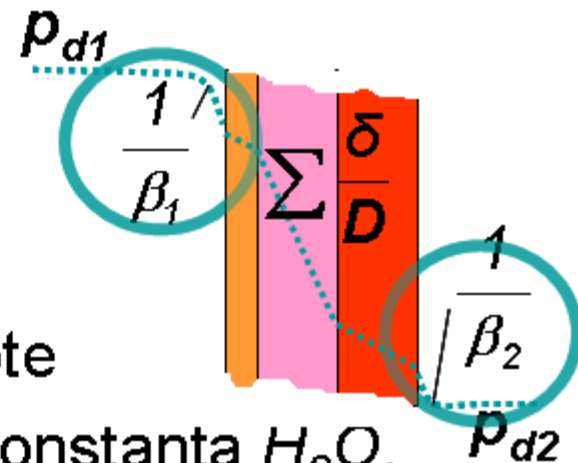
A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA** DIFUZIJA (Transfer MASE)

Koliko je $1/\beta = ?$

$$\beta \approx \frac{3\alpha}{R_{H_2O} T} \left[(\text{kg} / \text{h}) / (\text{m}^2 \text{Pa}) \right]$$

α [W/m²K] – Koeficijent prelaza toplote

$R_{H_2O} = 8314 / M_{H_2O} = 8314 / 18$ – Gasna konstanta H₂O.



Red veličine $1/\beta$ i δ/D .

Za $\alpha \sim 10$ W/m²K, $T \sim 300$ K, $R_{H_2O} \sim 460$ J/kgK, $1/\beta \sim 1500$

$\delta \sim 0.1$ m, $D \sim D_o = 0.67 \cdot 10^{-6}$ (kg/h)/mPa, $\delta/D \sim 1500 \cdot 10^2$

Očigledno je otpor $1/\beta \ll \delta/D$ pa se može zanemariti.

Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

PROLAZ TOPLOTE
GUSTINA TOPLOTNOG FLUX_a

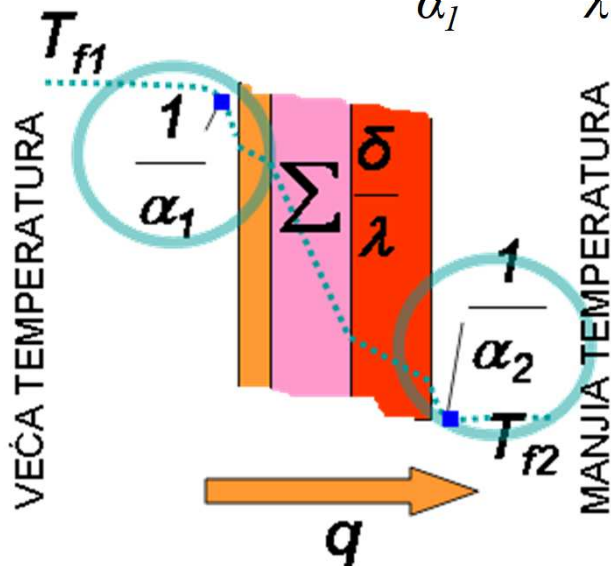
ANALOGIJA

DIFUZIJA
GUSTINA MASENO FLUX_a

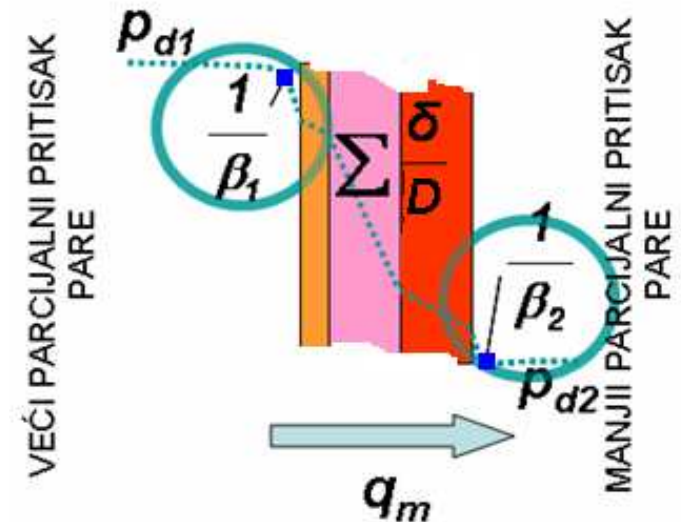
$$q \left[\frac{W}{m^2} \right] = \frac{\Delta T_f}{R_q} = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

ANALOGIJA

$$q_m \left[\frac{kg/h}{m^2} \right] = \frac{\Delta p_d}{R_m} = \frac{p_{d1} - p_{d2}}{\frac{1}{\beta_1} + \sum \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\beta_2}}$$



ANALOGIJA



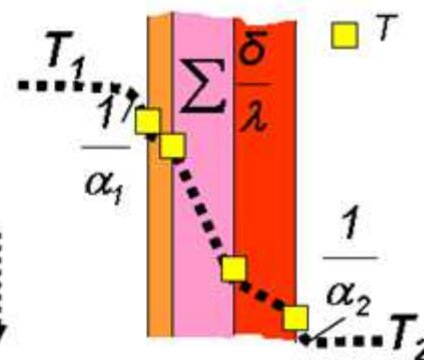
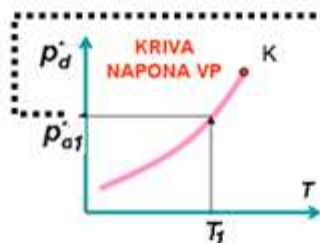
Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

KAKO SE TO PROVJERAVA?

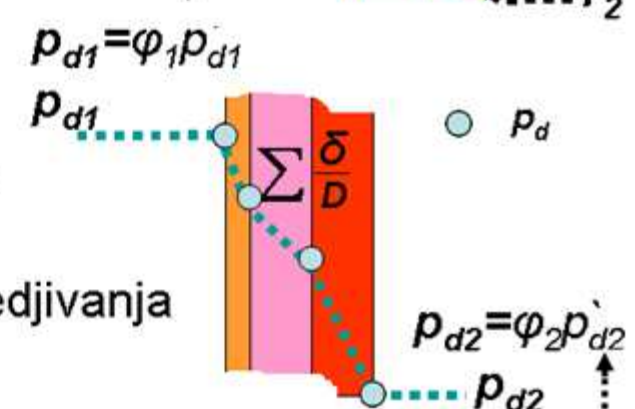
1. ODREDI SE TEMPERATURSKO POLJE (T) U ZIDU

$$q = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

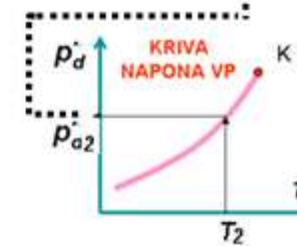


2. ODREDI SE POLJE PRITISKA PARE (p_d) U ZIDU

(postupak analogan postupku određivanja Temperaturskog polja u zidu)



$$q_m = \frac{p_{d1} - p_{d2}}{\frac{1}{\beta_1} + \sum \frac{\delta}{D} + \frac{1}{\beta_2}}$$

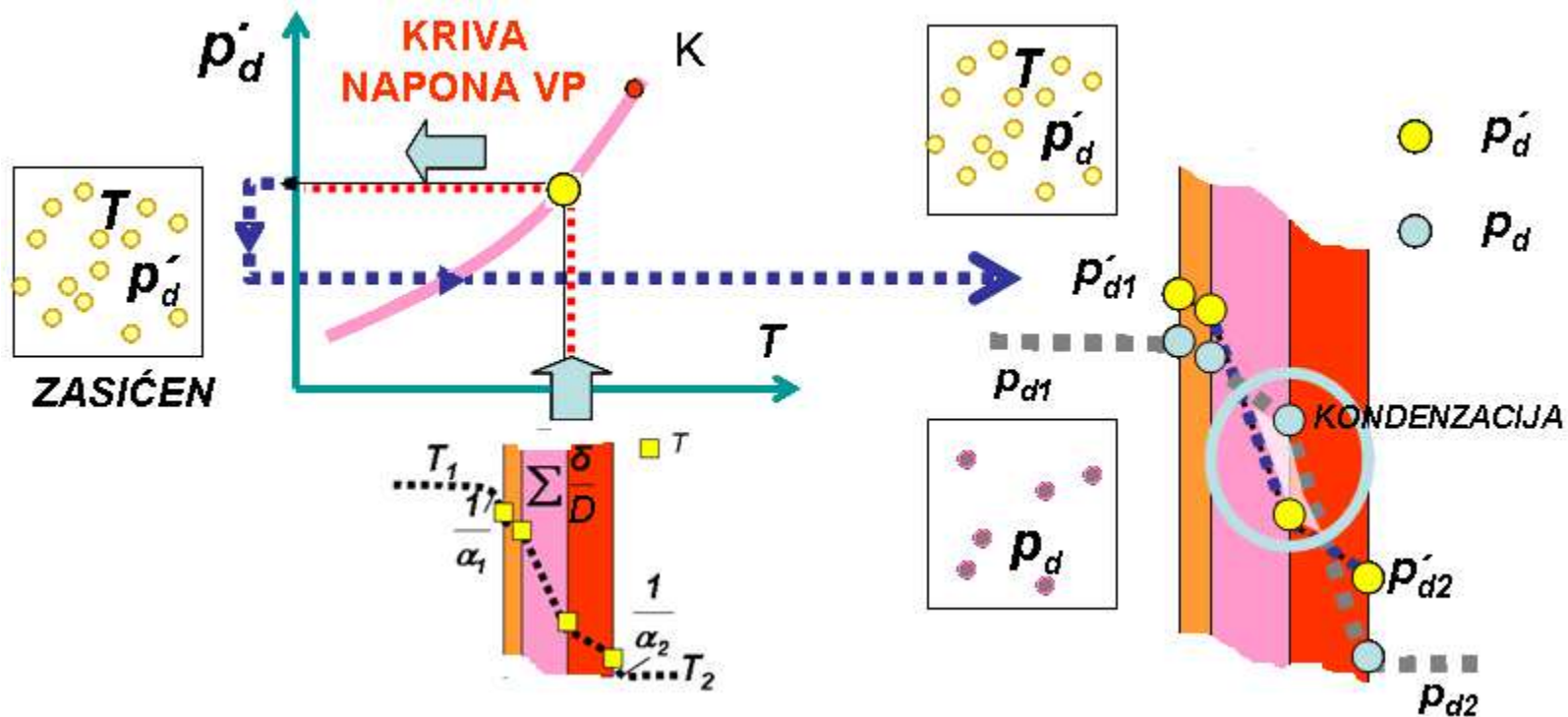


3. Zgradarstvo:

Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

3. ODREDE SE PARCIJALNI PRITISCI ZASIĆENJA U ZIDU NA OSNOVU KRIVE NAPONA (Tabela zasićene vod. pare) ZA IZRAČUNATE TEMPERATURE NA POČETKU (tačka 1) : $p_d' = f(T)$



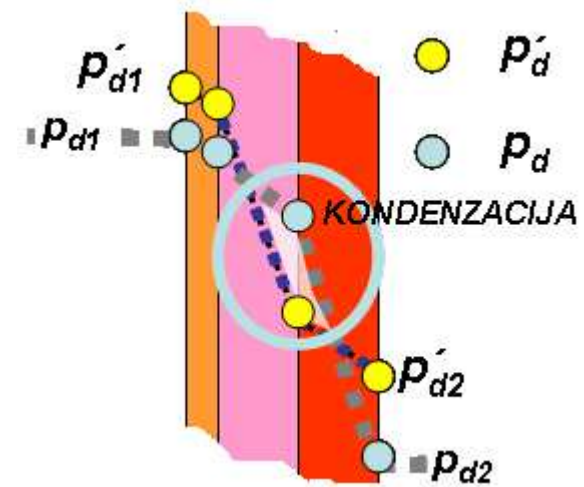
Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: **KONDENZACIJA**

4. UPOREDE SE DOBIJENI PARC. PRITISCI ZASIĆENJA (tačka 3) SA PARC. PRITISCIMA U ZIDU

$p_d > p_d'$ – KONDENZACIJA

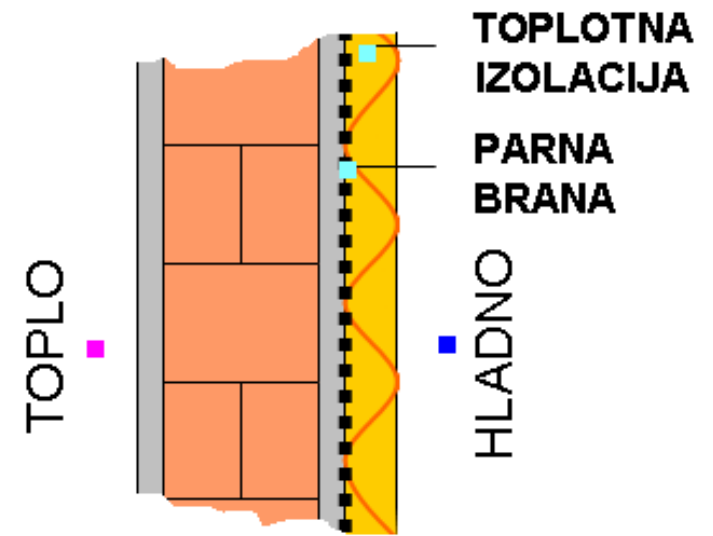
$p_d < p_d'$ – NEMA KONDENZACIJE.



Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE: KONDENZACIJA

PITANJE:
GDJE POSTAVITI PARNU BRANU?



ODGOVOR:
NA "TOPLOJ" STRANI TOPLOTNE IZOLACIJE.

Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

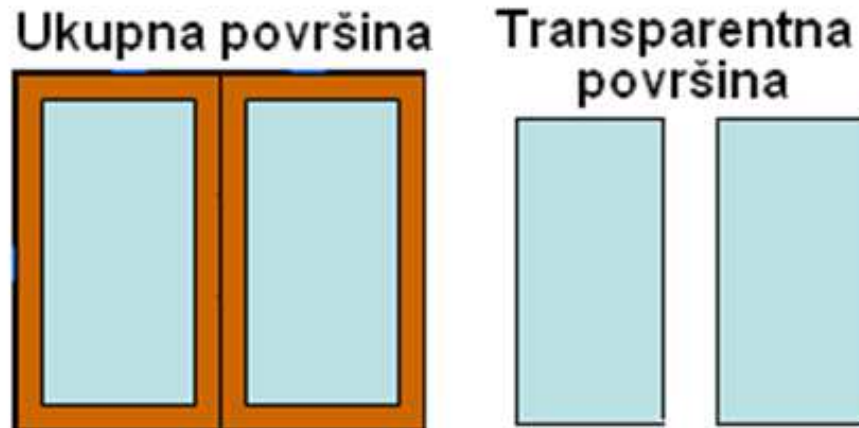
Podaci

- a. Koeficijent prolaza toplote U_{wd} , W/m^2K
- b. Faktor okvira
- c. Dužina spojeva (fuga) L , m i Koeficijent propusnosti (vazduha) spojeva (fuga) k , $(m^3/h)/mPa^{2/3}$
- d. Koeficijent solarnih dobitaka ("normalnih") g_{\perp} , -

Gradjevinski elementi zgrade

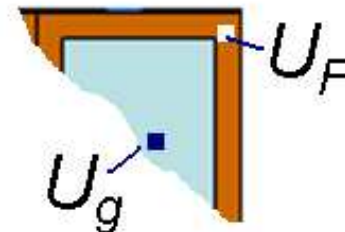
A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)



$$\text{Faktor okvira } (f_F) = \frac{\text{Transparentna površina}}{\text{Ukupna površina}}$$

$$U_{wd} = f_F U_g + (1 - f_F) U_F$$



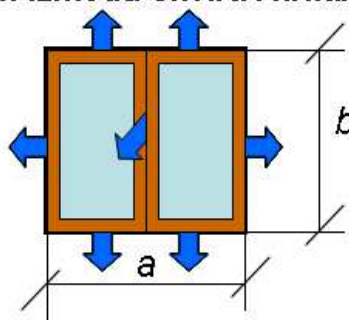
Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)



Propusnost fuga-spojeva (koeficijent propusnosti k) se prema **EN 12207** označava kao ukupna propusnost, koja odgovara struji vazduha (m^3/h), koja pri $\Delta p=1 Pa$ prolazi kroz fugu dugačku $1 m$ između okvira i krila.



Dužina fuga $L=2a+3b$

Za prozore i prozorska vrata i prozore na krovnim površinama, propisana je propusnost **klase 2** za objekte do 2 puna sprata i **klasa 3** za objekte sa više od dva sprata.

Koeficijent propusnosti za prozore iznosi prema **EN 4108**

za **klasu 2** $k_2 = 2.0 m^3 / (mh Pa^{2/3})$

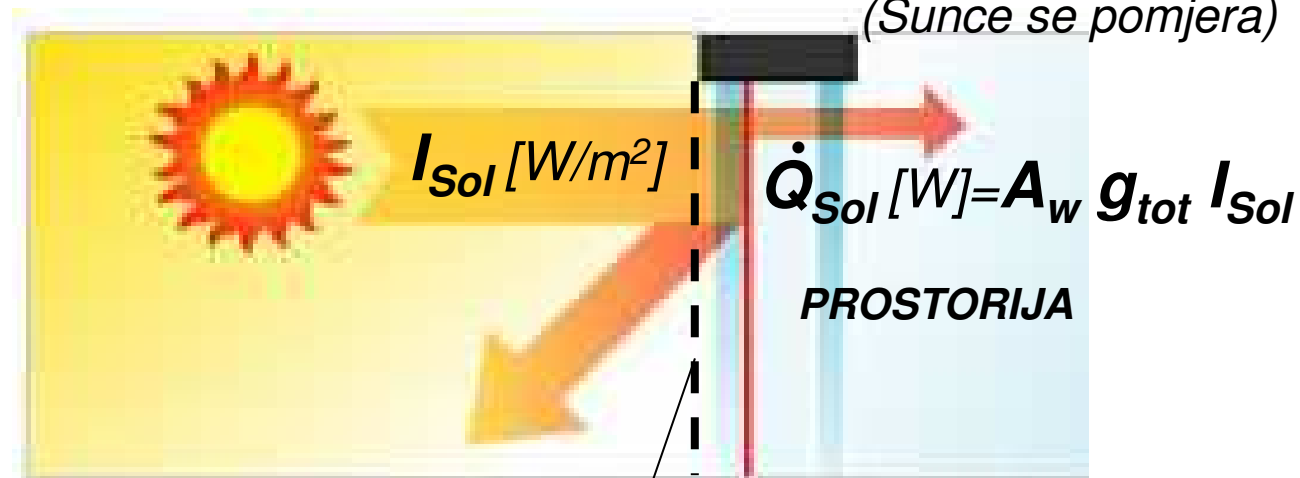
za **klasu 3** $k_3 = 1.0 m^3 / (mh Pa^{2/3})$.

Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

Prozori



$F_w [-]$ Faktor upadnog ugla
(Sunce se pomjera)

$F_c [-]$ - faktor osjenčenja

g_{\perp} - stepen propustljivosti zastakljenja

$A_w [m^2]$ - Površina prozora (providni dio) pri normalnom upadu zračenja

$g_{tot} [-] = F_w F_c g_{\perp}$ - Ukupni faktor Solarnih dobitaka

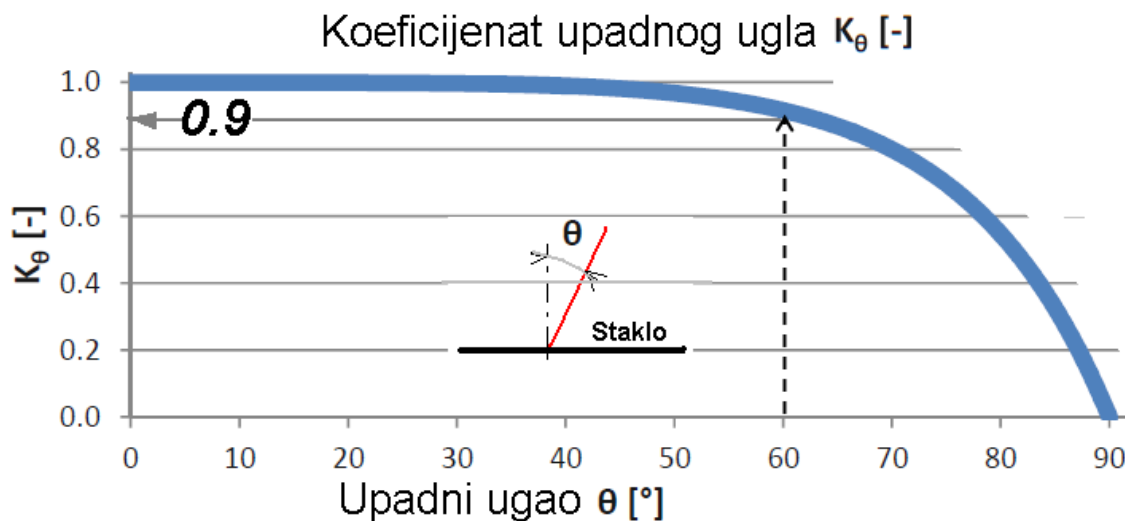
$I_{sol} [W/m^2]$ - Specifični Solarni fluks (funkcija orijentacije površine)

Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

Prozori



Faktor upadnog ugla
 $F_W [-] = K_{\theta=60} \approx 0.9$

$F_C [-]$ - faktor osjenčenja

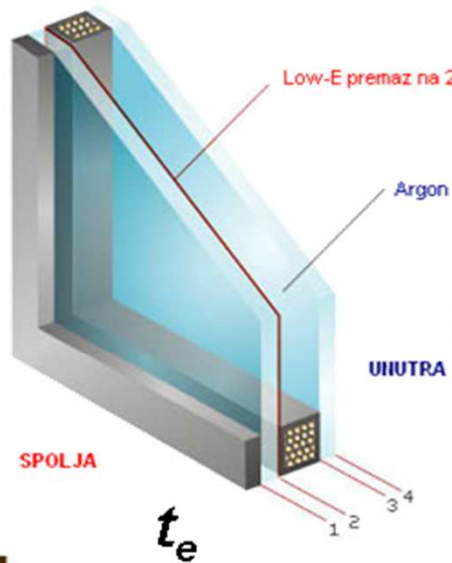
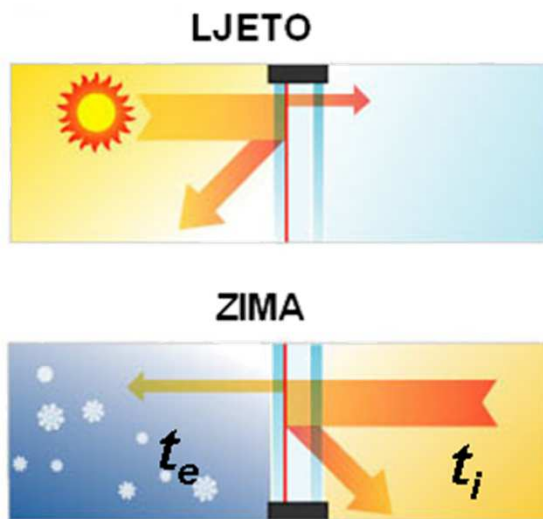
g_{\perp} - stepen propustljivosti
zastakljenja pri normalnom
upadu zračenja

$$g_{tot} [-] = F_W F_C g_{\perp} \text{ — Ukupni faktor Solarnih dobitaka}$$

Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)



PVC , low-E, argon filling
 $U = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K} / R = 0.83 \text{ m}^2\text{K/W}$

~~argon filling~~ $U = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmisioni
 GUBICI

$$Q_{tr_w} [W] = A_w U (t_i - t_e)$$

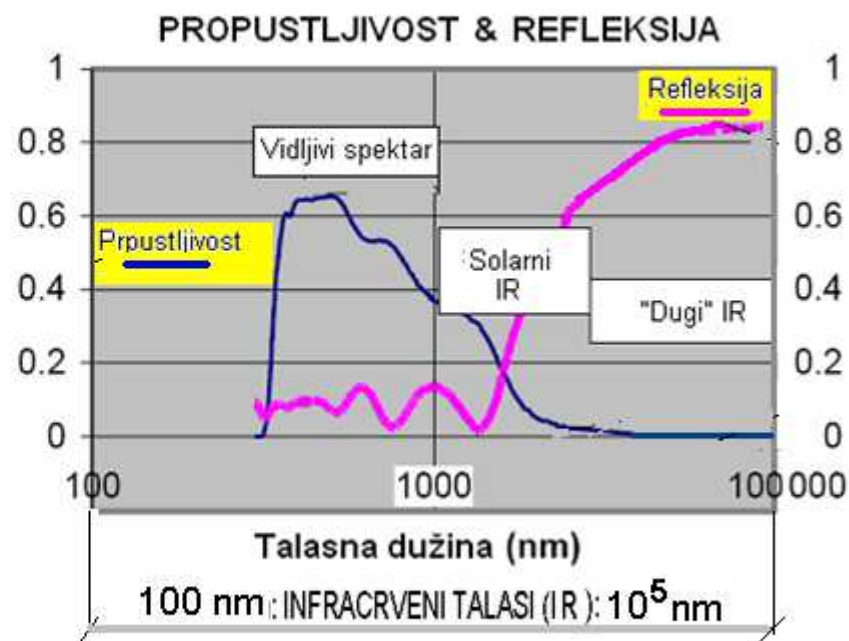
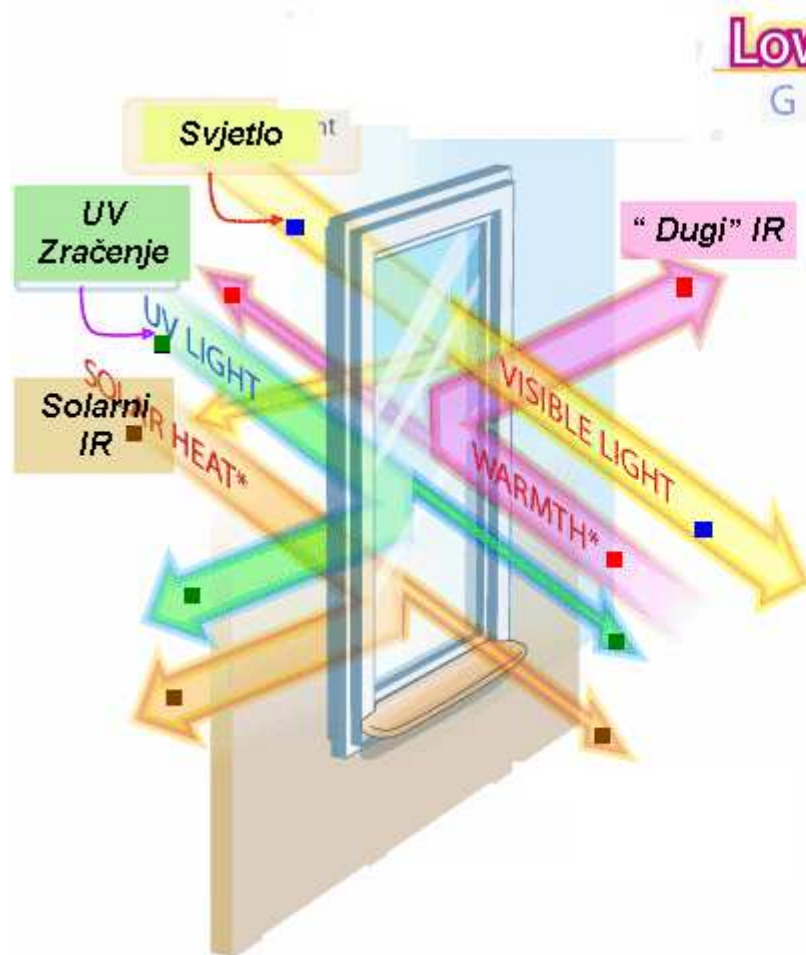
DOBICI

$$Q_{sol} [W] = A_w g_{tot} I_{sol}$$

Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

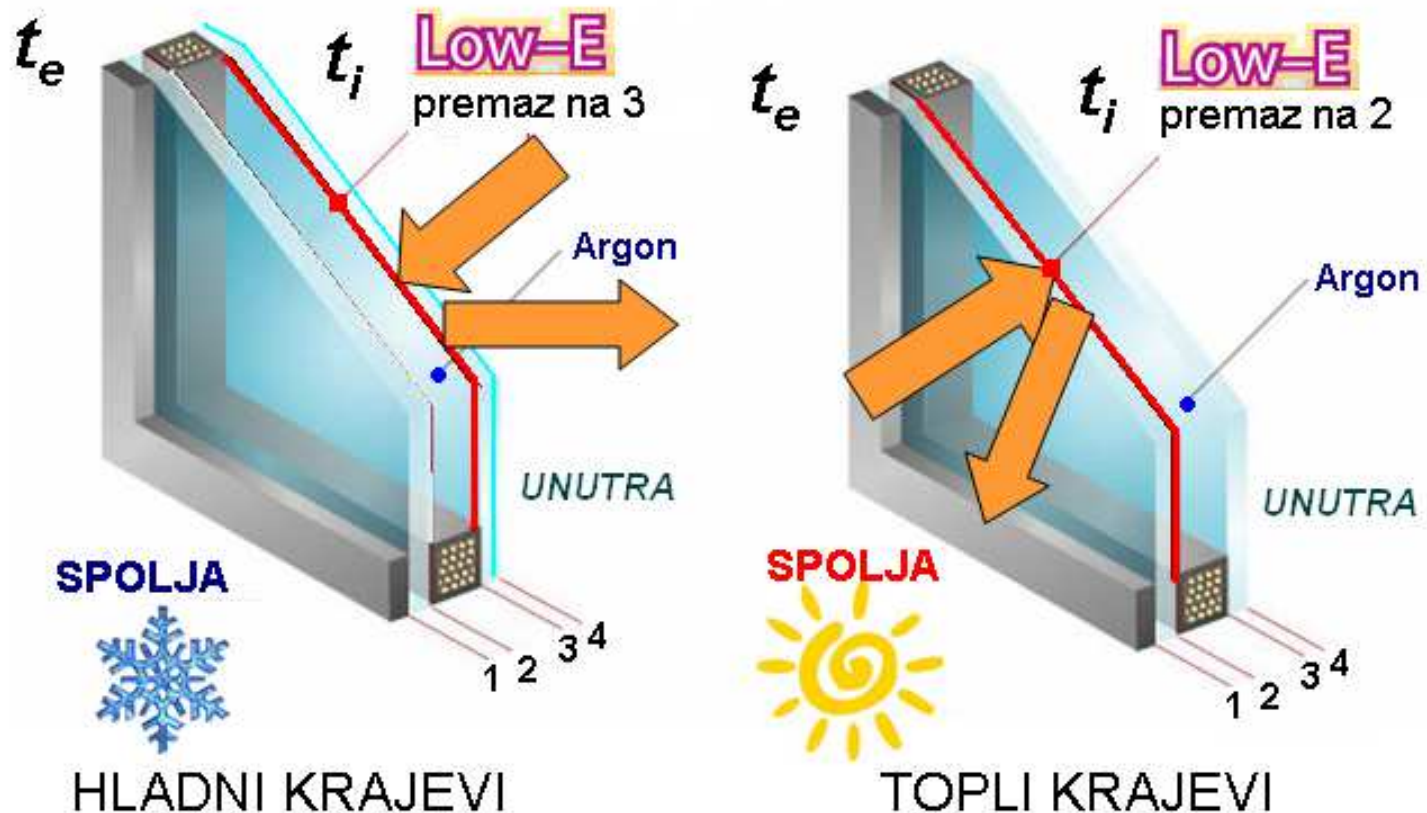
3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)



Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

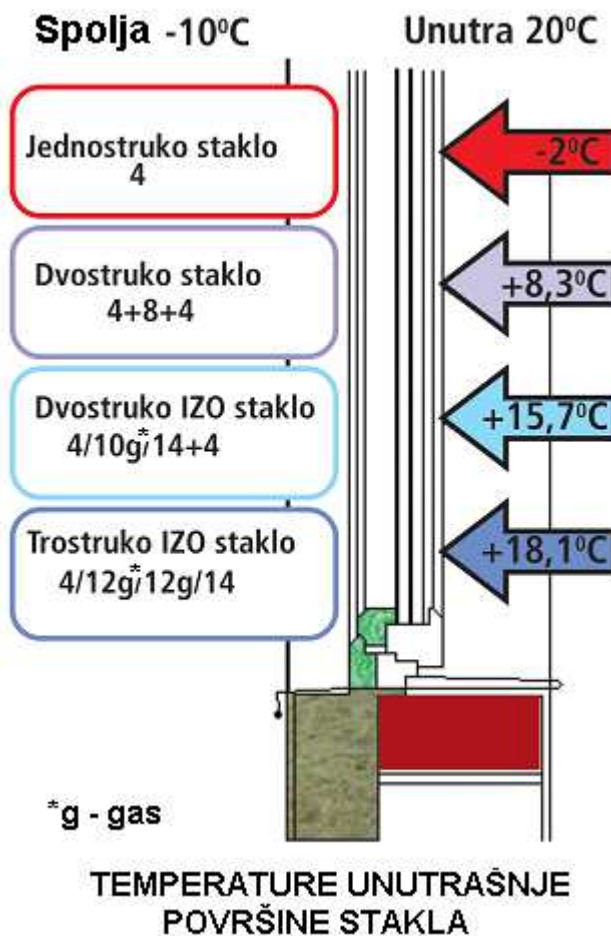


Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

ZASTAKLJENJE (staklo)	U_g [W/m ² K]	g_{\perp} [-]
1-struko bezbojno staklo	5.8	0.87
2-struko izolirajuće staklo	3.0	0.80
3-struko izolirajuće staklo	2.0	0.70
2-struko izolirajuće sa jednim Low E	1.6	0.60
3-struko izolirajuće sa dva Low E	1.2	0.50
2-struko reflektujuće	1.5	0.50
Staklena opeka	3.0	0.60



Gradjevinski elementi zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

RB	Sredstva za zaštitu od solarnog zračenja	F_c
1.	Bez sredstava za zaštitu od solarnog zračenja	1.0
2	Sredstvo sa unutrašnje strane ili između stakala	
2.1	– bijele ili reflektirajuće površine i male transparentnosti ^{a)}	0.75
2.2	– svijetle boje ili male transparentnosti	0.80
2.3	– tamne boje ili povećane transparentnosti	0.90
3	Sredstvo sa spoljne strane	
3.1	– žaluzine, lamele koje se mogu okretati, otpozadi provjetravano	0.25
3.2	– žaluzine, roletne, kapci (škure, grile)	0.30
4.	Strehe, lođe ^{b)}	0.50
5.	Markize, gore i bočno provjetravane ^{b)}	0.40

^{a)} Transparentnost sredstava za zaštitu od solarnog zračenja manja od 15% smatra se malom, a transparentnost u iznosu 15% ili većem smatra se povećanom.

^{b)} Navedena vrijednost primjenjuje se za slučaj kad je spriječeno direktno osunčanje prozora.

Gradjevinski elementi

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

3. Prozori i vrata na fasadi (krovu)

MINIMALNI TEHNIČKI ZAHTJEVI

Tabela 1: Najveće dozvoljene vrijednosti koeficijenta prolaza toplote, U [$W/(m^2 \cdot K)$], građevinskih konstrukcija novih zgrada i postojećih zgrada nakon rekonstrukcije

	Građevinska konstrukcija	U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
		$\Theta_i \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \Theta_i < 18^\circ C$	
		I i II klimatska zona ¹⁾	III klimatska zona ¹⁾	I i II klimatska zona ¹⁾	III klimatska zona ¹⁾
1.	Spoljni zidovi, zidovi prema garaži, tavanu	0.60	0.45	0.75	0.75
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, providni elementi fasade	2.0	2.0	3.00	3.00
3.	Ravni i kosi krovi, nadzemni i podzemni stropovi	0.10	0.08	0.15	0.15

Tabela 2 : Zahtjevi za zaštitu od Sunca

Uslov	Zahtjev	
	Zona I ¹⁾	Zona II i III
$f_w < 0.4$	$g_{tot} \cdot f_w < 0.20$	$g_{tot} \cdot f_w < 0.25$
$f_w > 0.4$	$g_{tot} \leq 0.5$	$g_{tot} \leq 0.6$

$g_{tot} = F_w F_c g_L$ rezultujući stepen propustljivosti zastakljenja u odnosu na dozračenu solarnu/toplotnu energiju (kroz zastakljenje), uključujući predviđena sredstva za zaštitu od zračenja u zatvorenom položaju;

$F_w = 0.9$ - odnos srednje propustljivosti zastakljenja prema propustljivosti pri upadu zračenja pod uglom od 90°),

g_L – stepen propustljivosti solarnog zračenja zastakljenja pri normalnom upadu zračenja i određuje se prema MEST EN 410,

F_c – faktor umanjenja propustljivosti zastakljenja, zbog primjene sredstava za zaštitu od sunčevog zračenja (Tabela 5, Prilog 1), s tim što se načelno pokretna zaštita ne koristi u grejnom periodu;

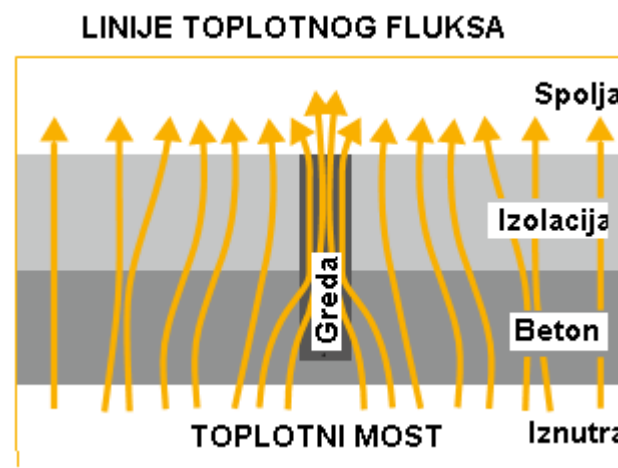
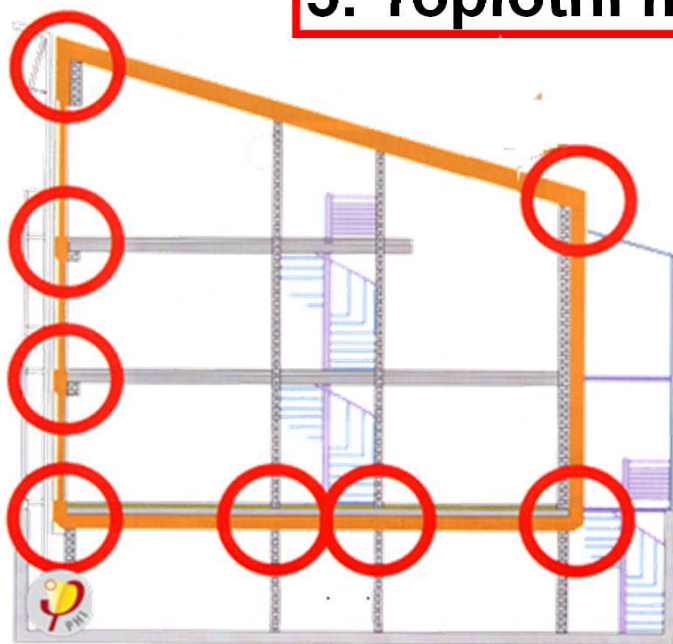
f_w faktor zastakljenja.

Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

5. Toplotni mostovi

MEST 12831



Toplotni mostovi predstavljaju “PREČICE” pri prostiranju toplote. Dakle, predstavljaju dodatne gubitke (10-15 %) i potencijalnu opasnost od KONDENZACIJE pare u/na zidu.

10-15 %

Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

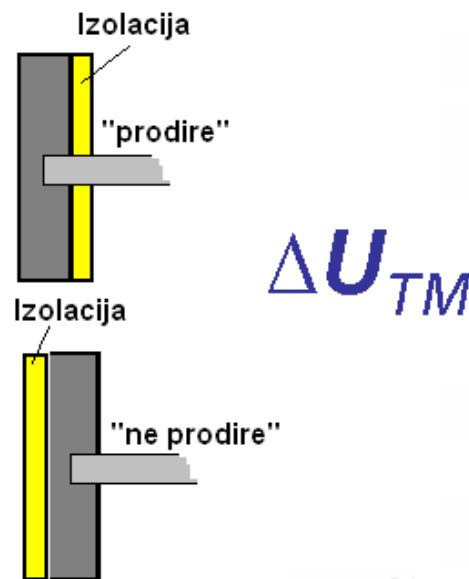
A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

5. Toplotni mostovi (TM)

MEST 12831

Korekcija ΔU_{TM} vertikalnih elemenata

Broj "prodirućih" podova (kroz izolaciju)	Broj "prodirućih" zidova	Korekcija ΔU_{TM} vertikalnih elemenata W/m ² K	
		Zapremina prostora ≤100 m ³	Zapremina prostora >100 m ³
0	0	0.05	0
	1	0.10	0
	2	0.15	0.05
1	0	0.20	0.10
	1	0.25	0.15
	2	0.30	0.20
2	0	0.25	0.20
	1	0.30	0.25
	2	0.35	0.30



Korigovana vrijednost (U_{k_c}) = Standardna (U_k) + Korekcija TM (ΔU_{TM})

$$U_{k_c} = U_k + \Delta U_{TM}, \text{ W/m}^2\text{K}$$

Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

5. Toplotni mostovi MEST 12831

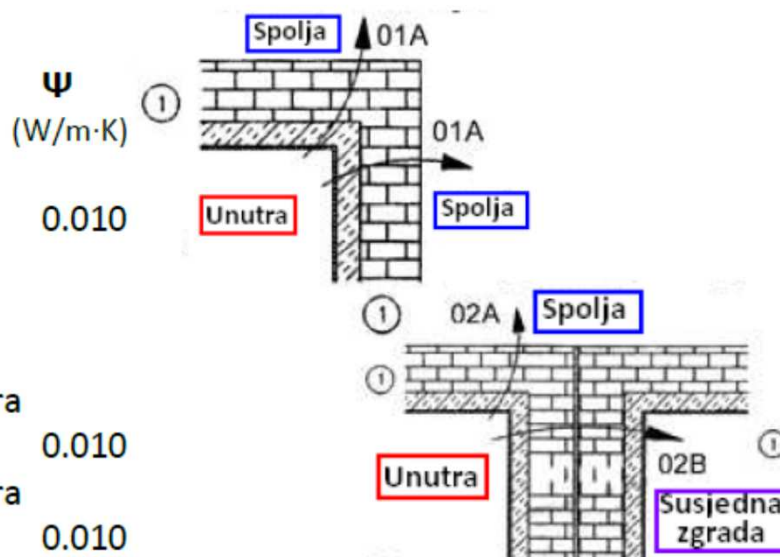
“Detaljna” metoda odredjivanja uticaja TM

MEST Katalog

TOPLOTNI MOSTOVI

ZIDOVI-PODOVI

01A	Ugao spoljnjeg zida	0.010
02A	Ugao spoljnjeg zida susjedne zgrade, od unutra prema spolja	0.010
02B	Ugao spoljnjeg zida susjedne zgrade, od unutra prema susjednoj zgradi	0.010

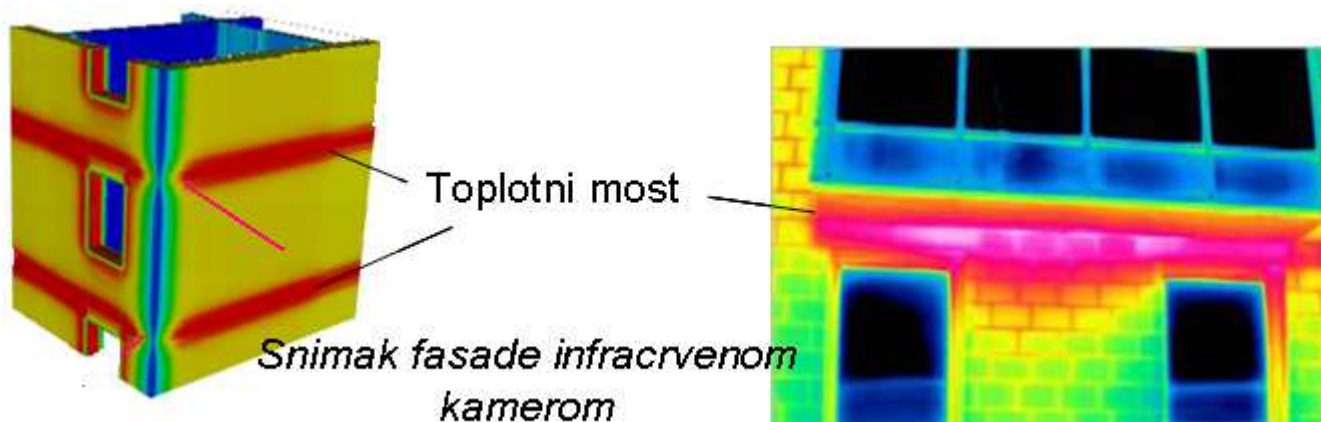


Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

A. SPOLJNI OMOTAČ ZGRADE:

5. Toplotni mostovi (TM)

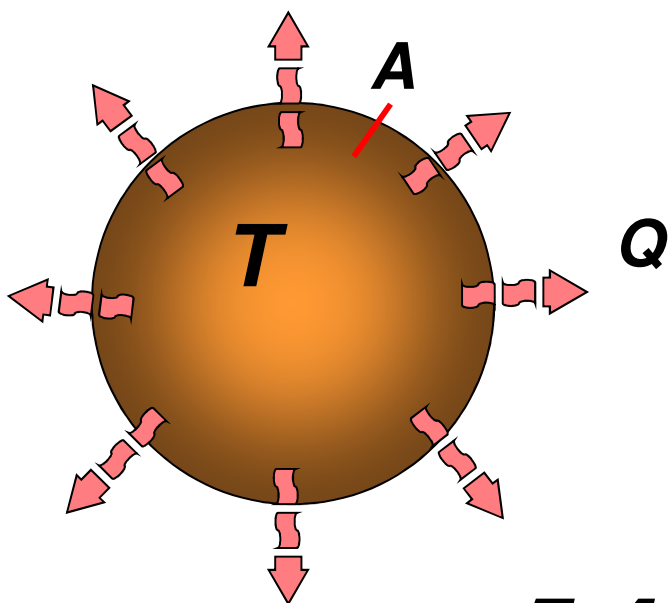
Infracrvena kamera



Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

Zračenje

FLUKS KOJI ZRAČI TIJELO:



$$\dot{Q}_R \approx A \varepsilon \sigma T^4 [W]$$

$A [m^2]$ - Površina

$0 \leq \varepsilon [-] 1$ - Koeficijent emisije

$T [K]$ - Apsolutna temperatura

$\sigma = 5.44 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$ - Stefan-Bolcmanova konstanta

Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

Zračenje

CRNO TIJELO

- najbolji **Emiter**, $\varepsilon = 1$

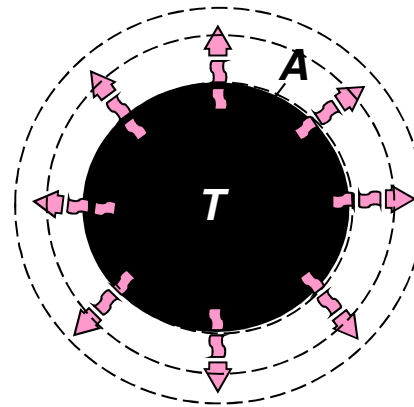
- najbolji **Apsorber**, $a = 1$

ε — koeficijent emisije

a — koeficijent apsorpcije

$$a \approx \varepsilon$$

$$Q_{R}^{\text{zb}} [W] \approx A \sigma T^4$$



Energetske karakteristike građevinskih elemenata zgrade

Zračenje

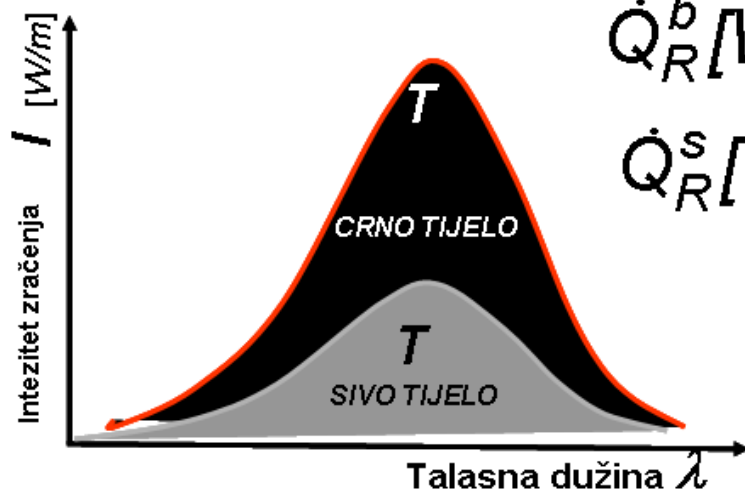
SIVO TIJELO

ε – koeficijent emisije
 a – koeficijent apsorpcije

$0 < \varepsilon = a < 1$

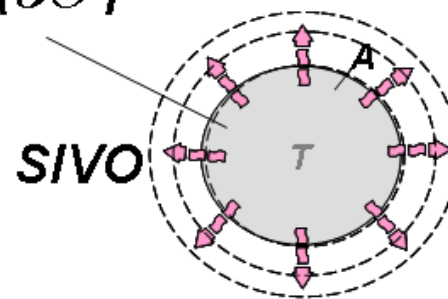
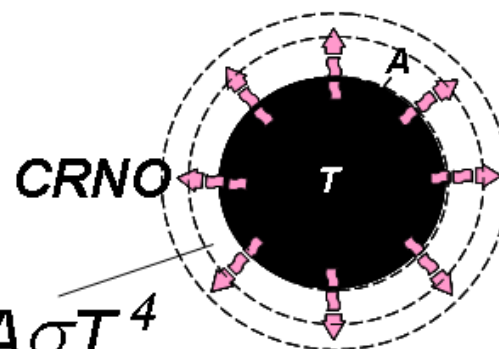
$\varepsilon = \dot{Q}_R^s / \dot{Q}_R^b$

$\dot{Q}_R^s = \varepsilon \dot{Q}_R^b$



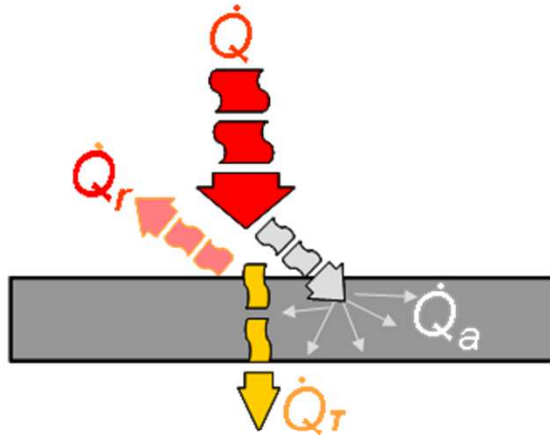
$$\dot{Q}_R^b [W] \approx A \sigma T^4$$

$$\dot{Q}_R^s [W] \approx A \varepsilon \sigma T^4$$



Energetske karakteristike gradjevinskih elemenata zgrade

Zračenje



Za **CRNO TIJELO**

$$a = 1, r = 0, \tau = 0$$

Za **SIVO (neprozirno) TIJELO**

$$a < 1, r = >0, \tau = 0$$

Za **SIVO (prozirno) TIJELO**

$$a < 1, r = >0, \tau > 0$$

SIVO TIJELO

$$\dot{Q} = \dot{Q}_a + \dot{Q}_r + \dot{Q}_d / \dot{Q}$$

$$1 = \dot{Q}_a / \dot{Q} + \dot{Q}_r / \dot{Q} + \dot{Q}_d / \dot{Q}$$

$$1 = a + r + \tau$$

a – koeficijent apsorpcije

r – koeficijent refleksije

τ – koeficijent propustljivosti

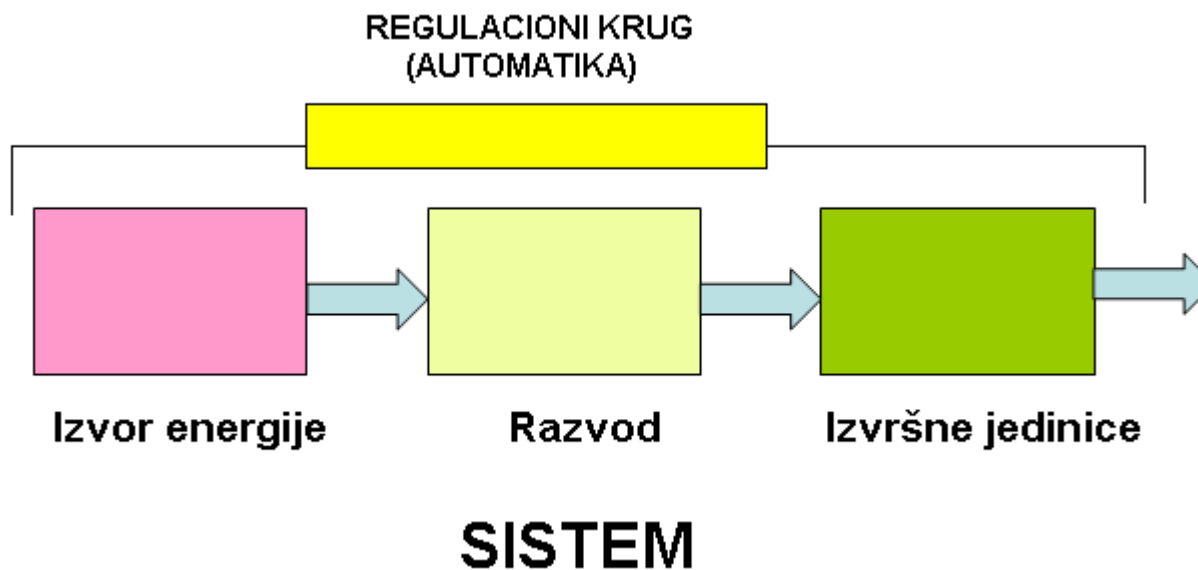
Energetski Sistemi u zgradi su:

- a. Sistem **Grijanja**
- b. Sistem **Hladjenja**
- c. Sistem **Ventilacije**
- d. Sistem **Sanitarne Tople Vode**
- e. Sistem **Rasvjete**

Generalno

U načelu, svaki od Sistema u zgradi čine:

- a. Izvor energije
- b. Razvod – distributivni sistem
- c. Izvršne jedinice
- d. Regulacija



Generalno

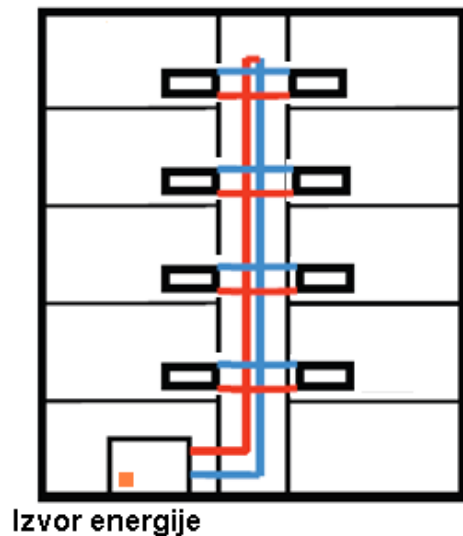
Sistemi **Grijanja/Hladjenja/STV** u zgradi mogu biti:

(Sanitarna Topla Voda)

a. Lokalni

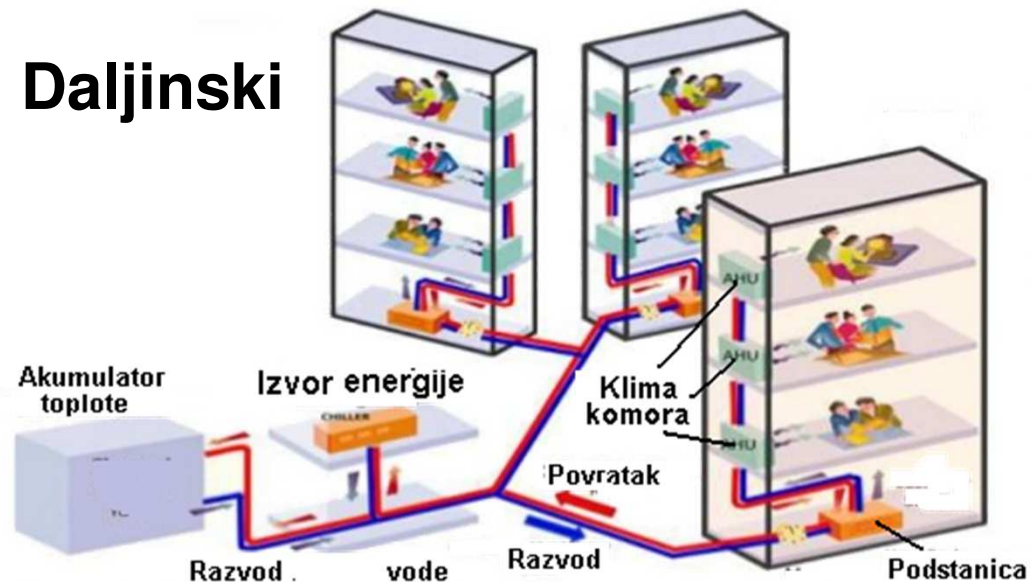


b. Centralni
HEMA CENTRALNOG SISTEMA
GRIJANJA/HLADJENJA



HEMA DALJINSKOG GRIJANJA/HLADJENJA

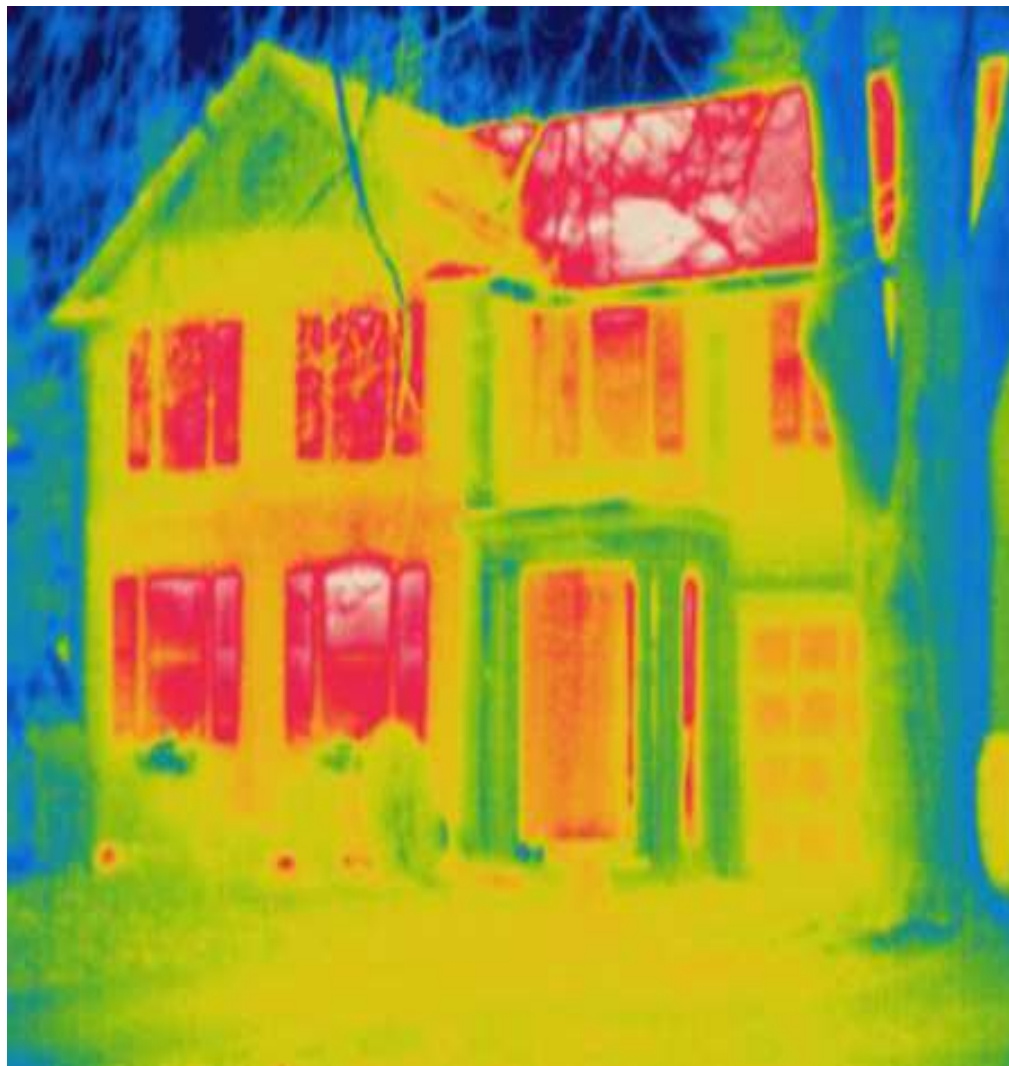
c. Daljinski



Grijanje u zgradama

Grejna instalacija treba da “pokrije” toplotne gubitke zgrade kroz spoljni omotač i gubitke usled prodora hladnog zraka u objekat.

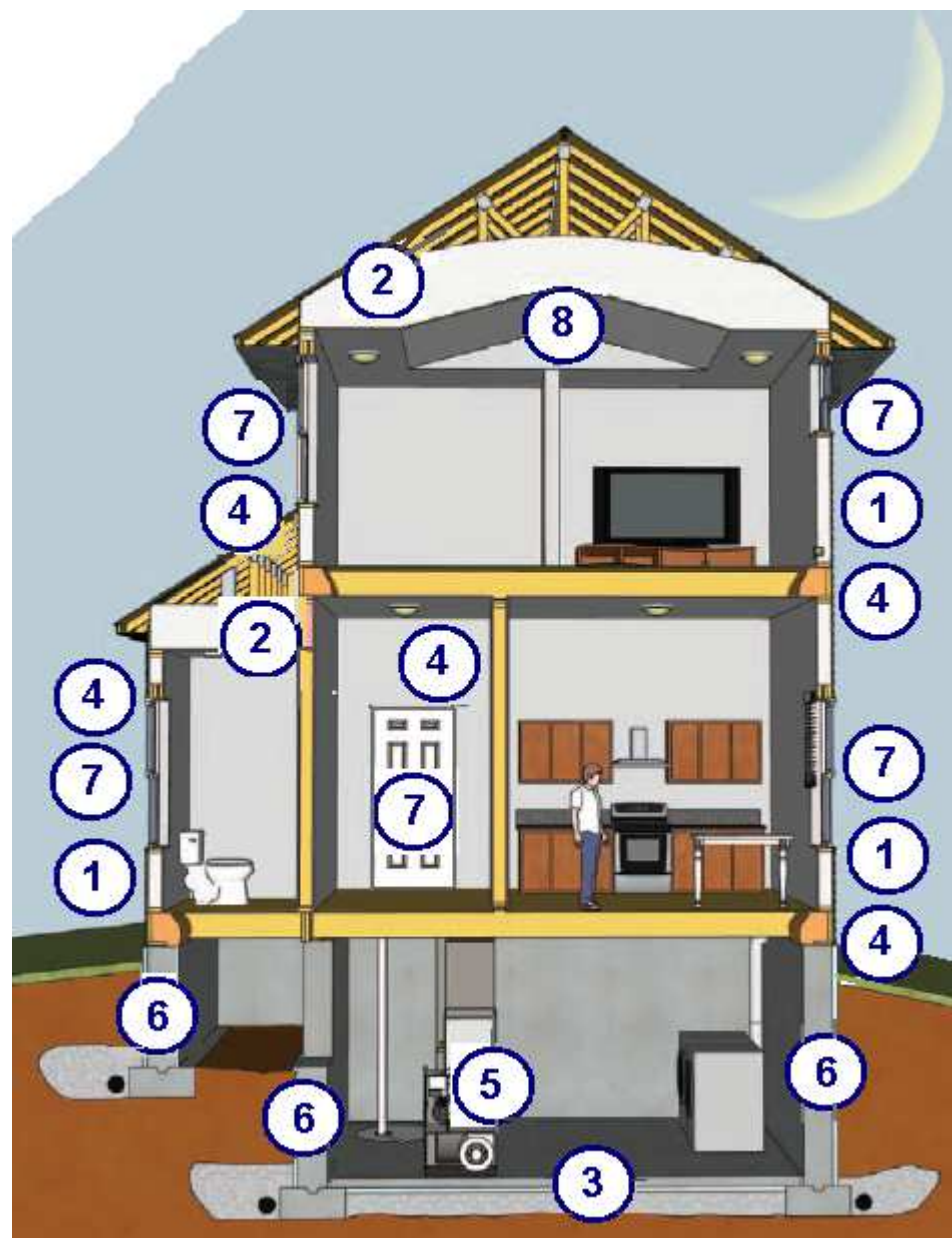
Snimak objekta u infracrvenom spektru: crvena boja označava tople površine (mjesto povećanih toplotnih gubitaka).



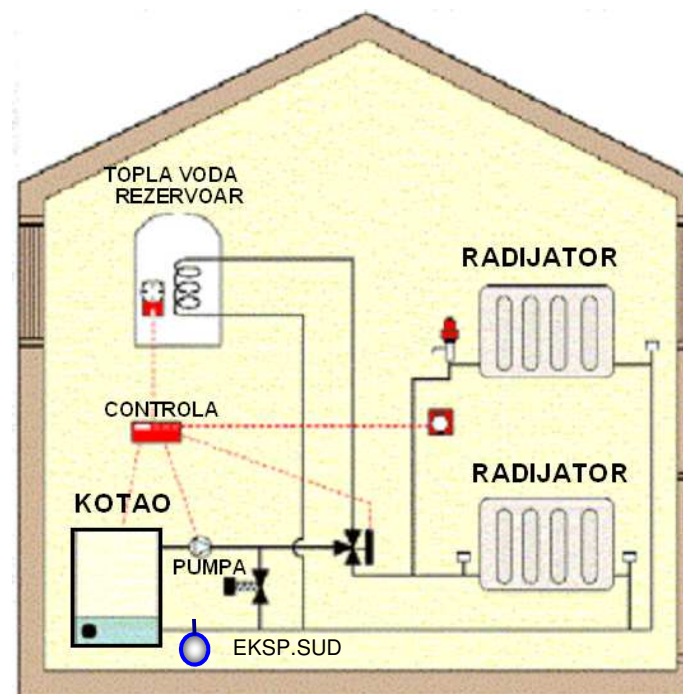
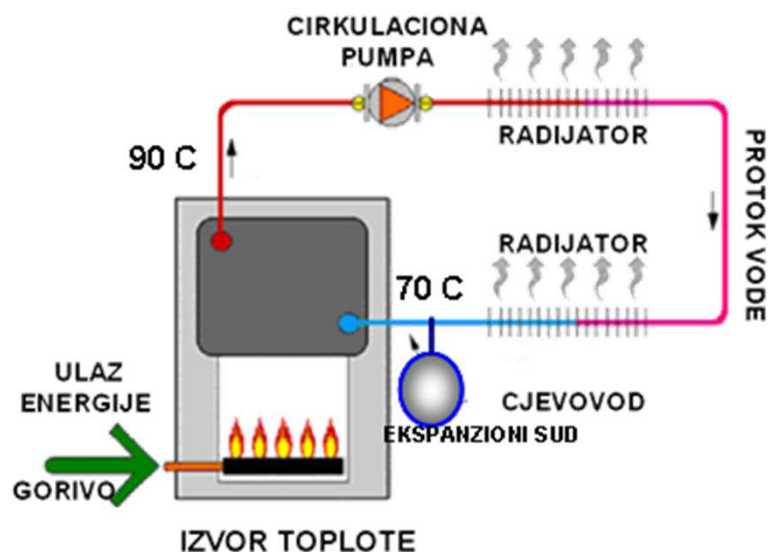
Grijanje u zgradama

Lista Toplotnih Gubitaka koje treba odrediti

- 1 Gubici kroz Spoljni zid
- 2 Gubici kroz Tavanicu/Krov
- 3 Gubici kroz Pod na zemlji
- 4 Gubici zbog Infiltracije kroz procjepe-fuge (Prozori, Vrata, Zidovi)
- 5 Gubici od Ventilacije (zagrijavanje svježeg vazduha)
- 6 Gubici kroz Zidove u zemlji
- 7 Gubici kroz Prozore i Vrata
- 8 Gubici kroz sastav Zida - Atike (Toplotni mostovi)

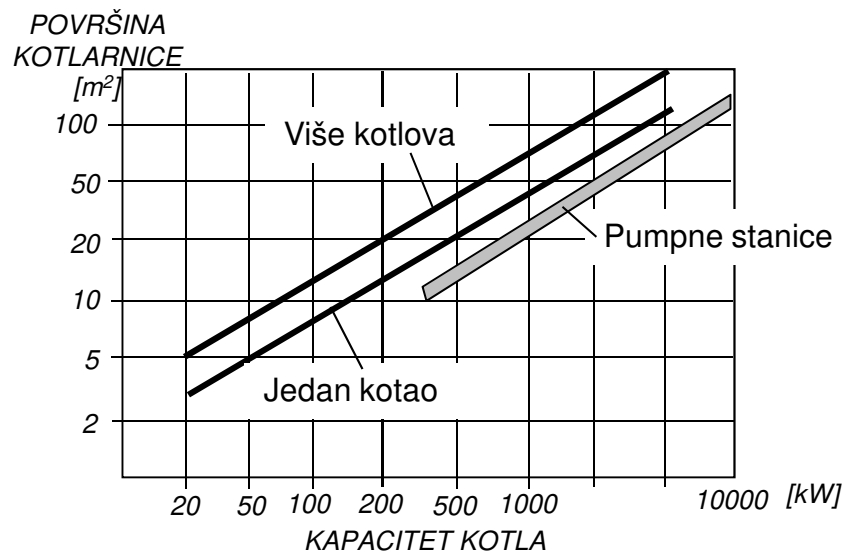


Grijanje u zgradama



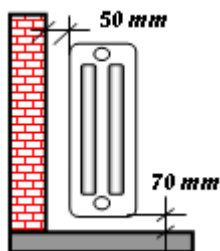
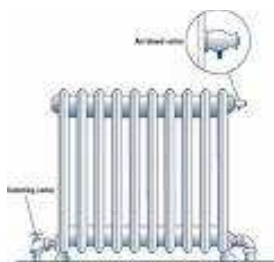
Sistem grijanja čine:

- Izvor toplote:** Kotao ili Toplotna pumpa itd
- Razvod:** Cijevi ili kanali za fluid (najčešće voda ili vazduh)
- Izvršne jedinice:** Grejna tijela
- Regulacioni krug (Automatika)**

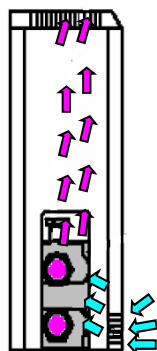


Grijanje u zgradama

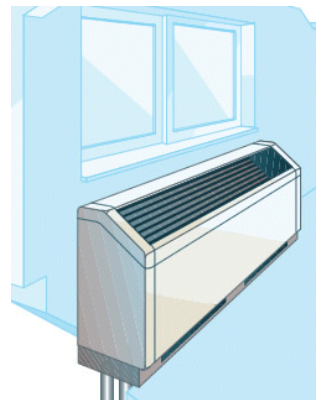
Grejna tijela



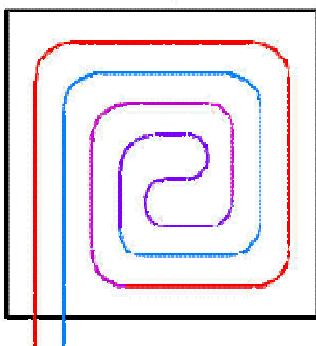
Radijatori



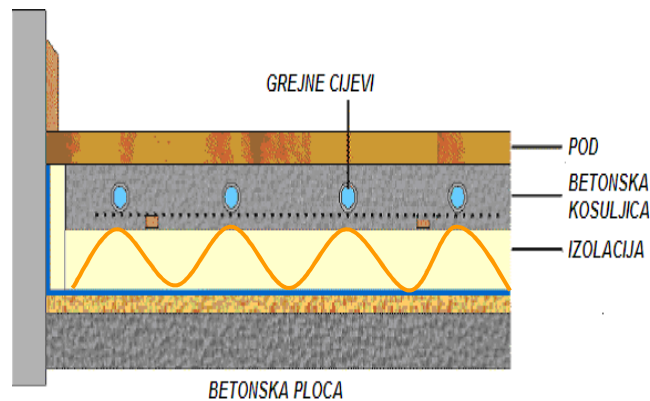
Konvektori



Fan-coil



Podno grijanje



Grijanje u zgradama

Izvor energije

Fosilna goriva (tečno, čvrsto)

Električna struja

Toplotna pumpa (Vazduh-Vazduh, Vazduh-Voda, Voda-Voda, Geotermalna)

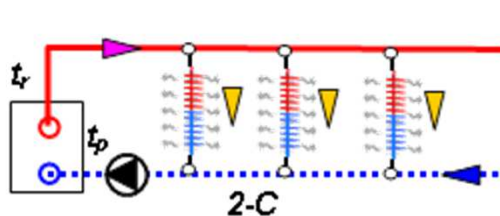
Vrsta

Toplovodno

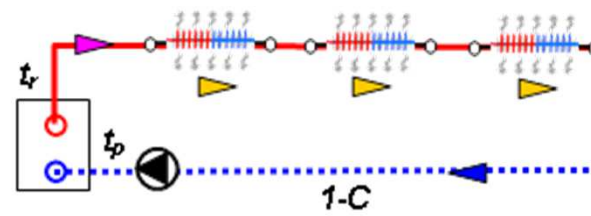
Vazdušno

Zračenjem

Razvodna mreža

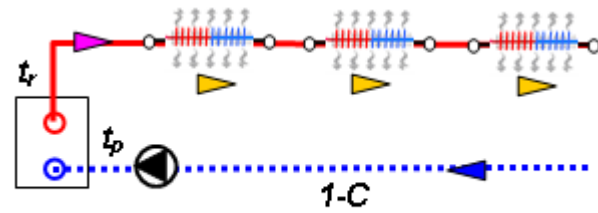


Dvocijevni sistem

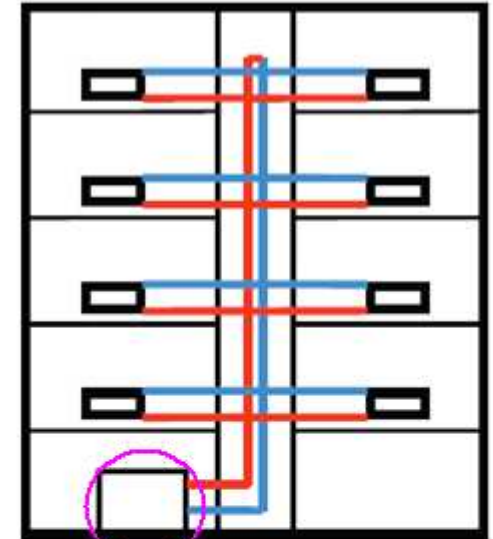
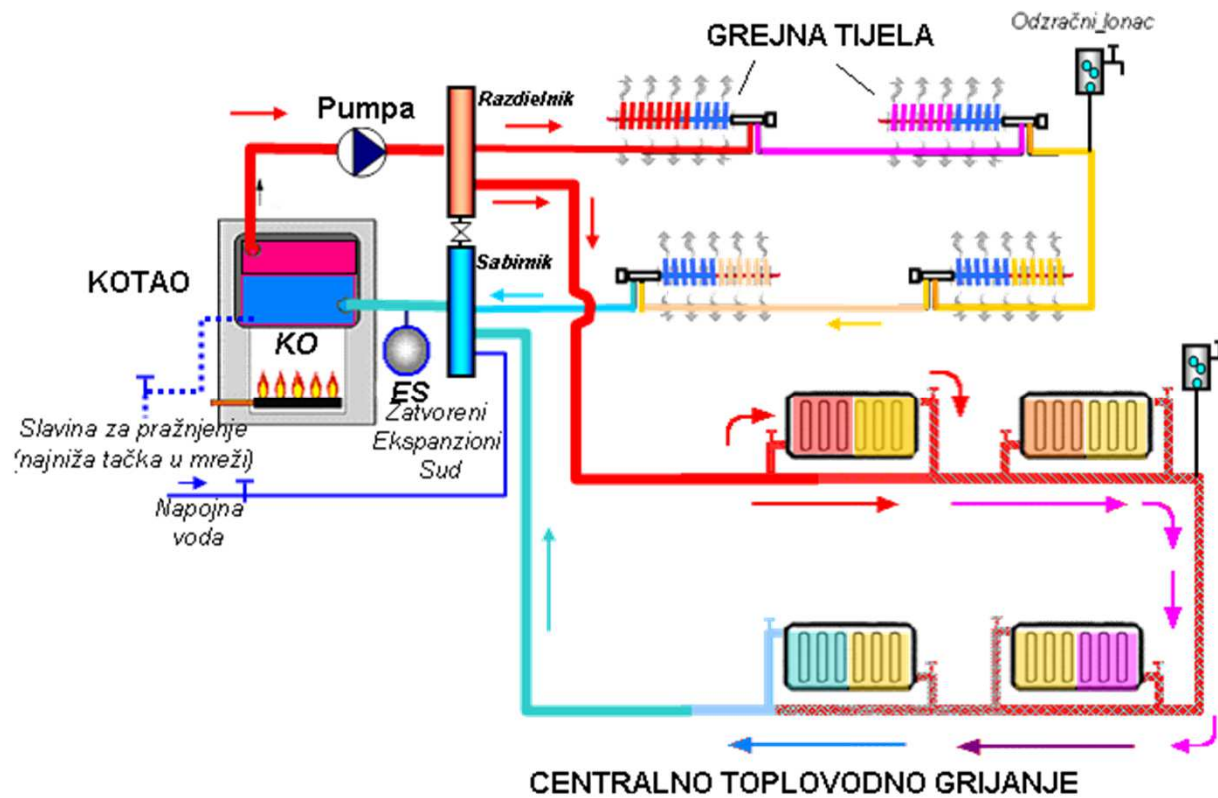


Jednocijevni sistem

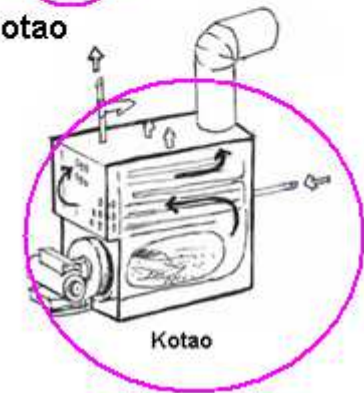
Grijanje u zgradama



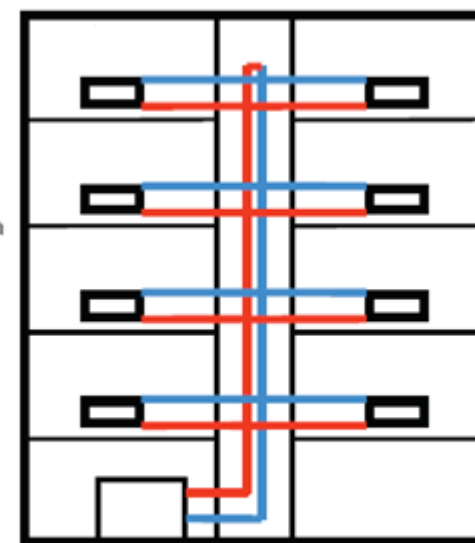
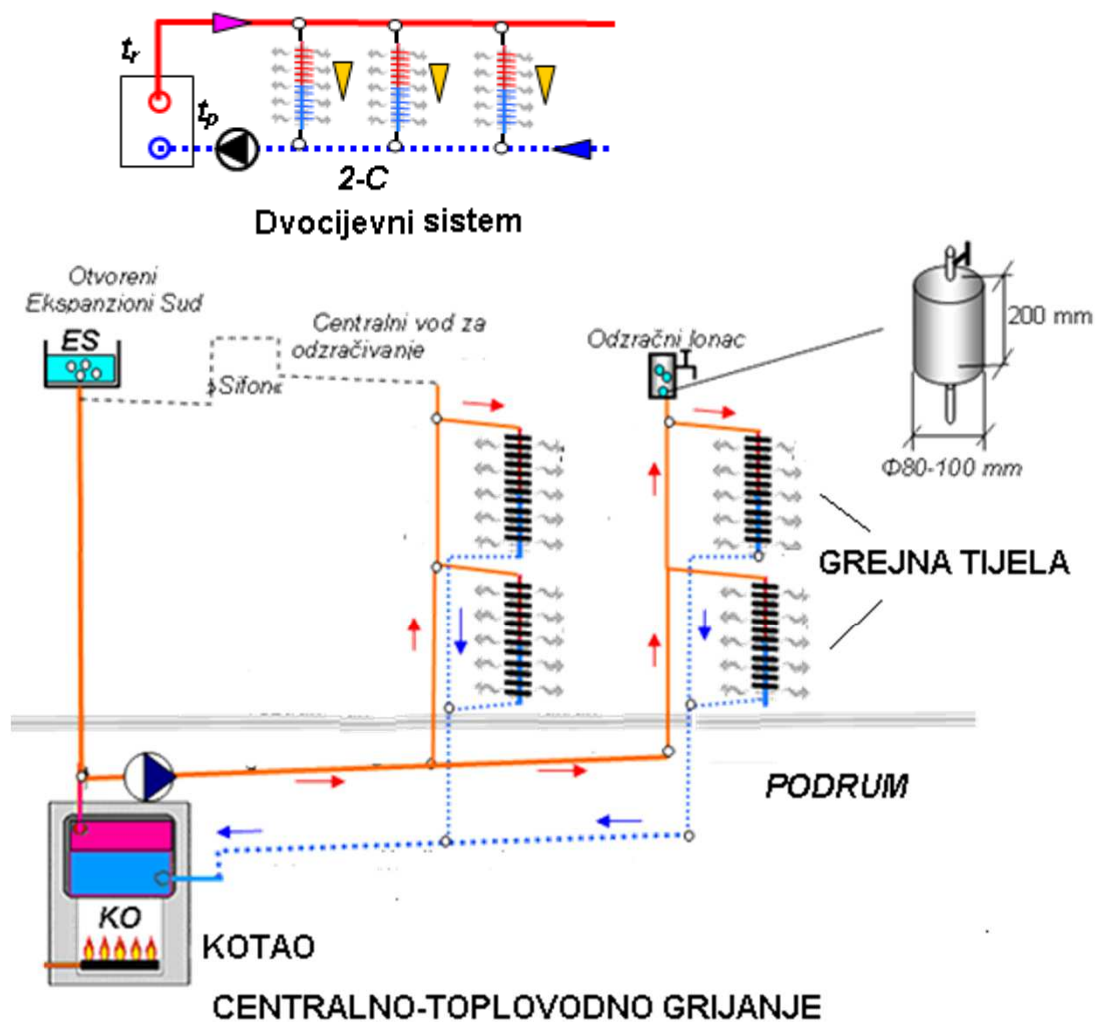
Jednocijevni sistem



Kotao

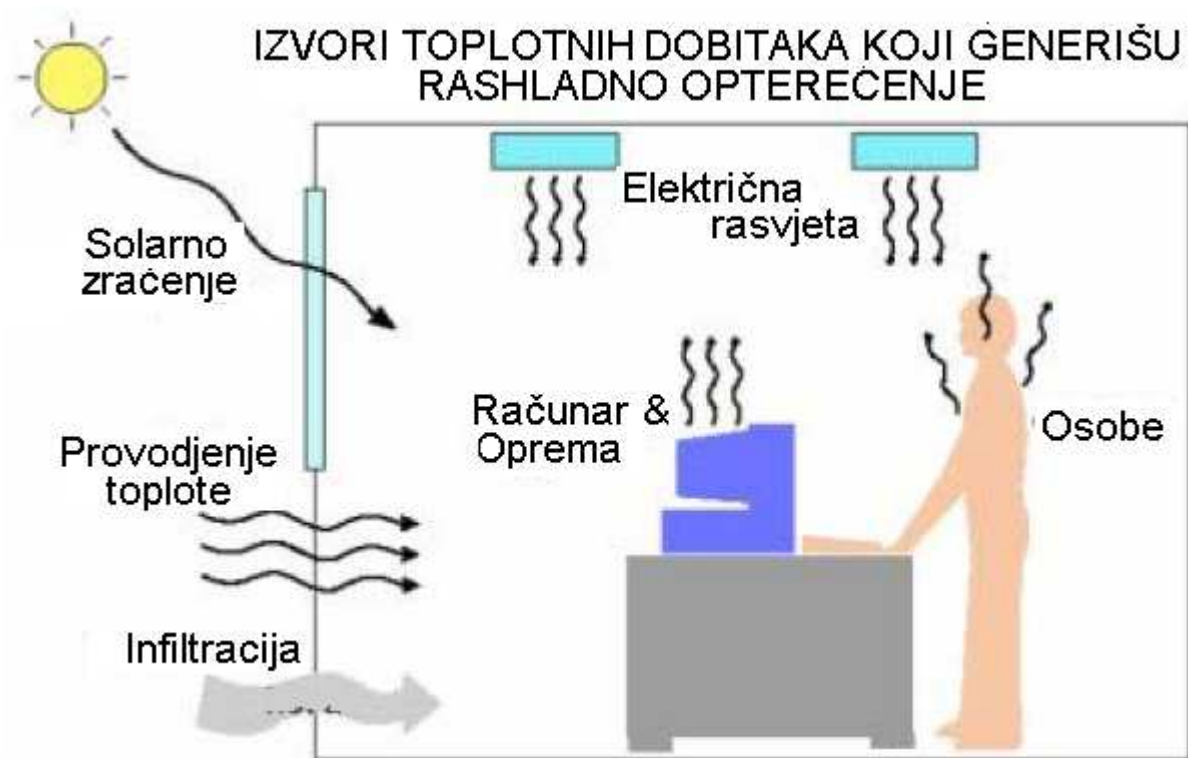


Grijanje u zgradama



Shema razvoda vodenog grijanja u Zgradi

Hladjenje u zgradama

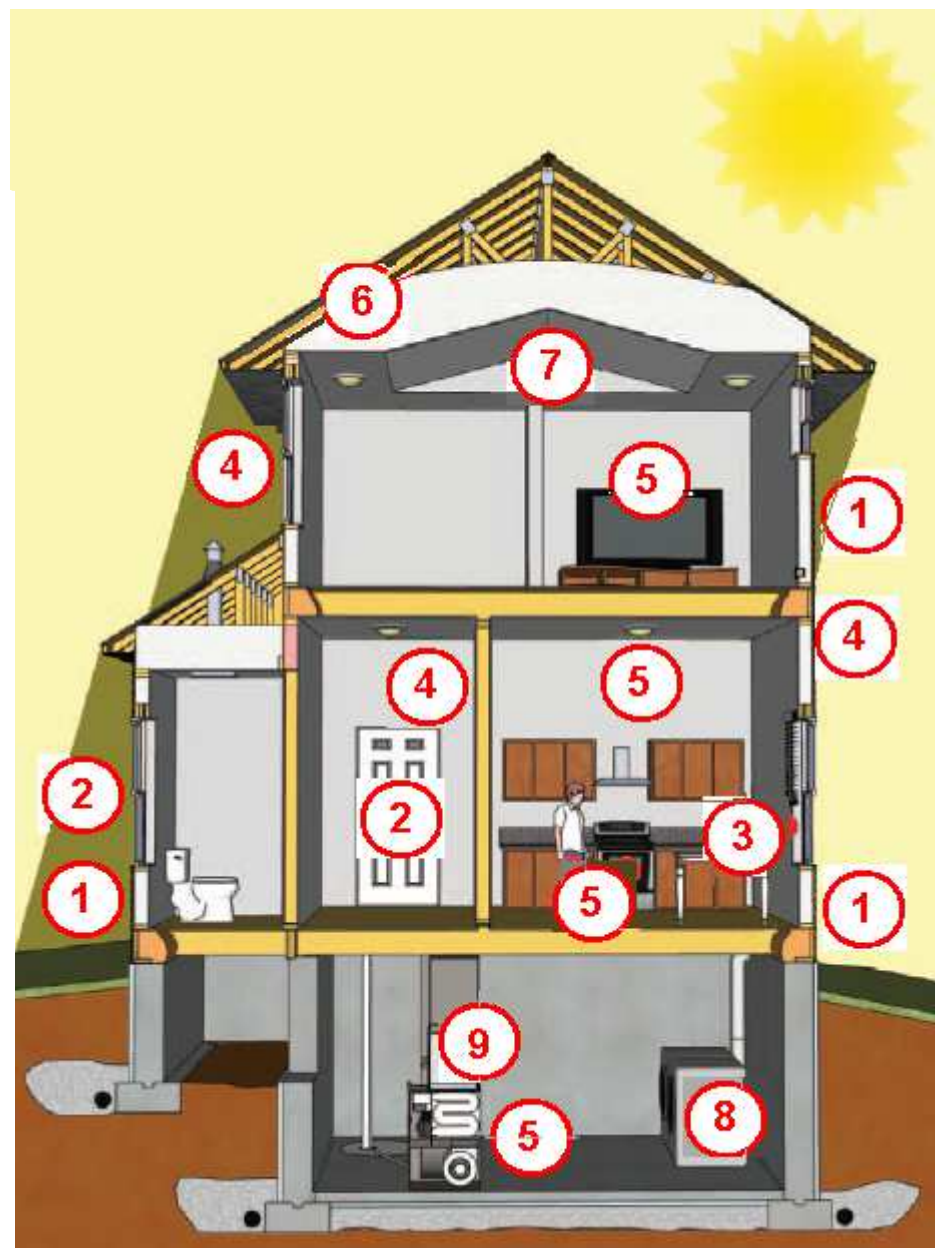


Toplotno opterećenje je posledica toplotnih dobitaka

Hladjenje u zgradama

Lista toplotnih Dobitaka koje treba odrediti

- 1) Senzibilni dobici kroz Spoljni zid
- 2) Kondukcija kroz Vrata i Prozore
- 3) Solarni dobici kroz Prozore
- 4) Senzibilni i Latentni dobici od Infiltracije
- 5) Senzibilni i Latentni dobici od Rasvjete, Ljudi i Opreme
- 6) Senzibilni dobici od Krova/Tavanice
- 7) Senzibilni dobici kroz Zid- Atika
- 8) Senzibilni i Latentni dobici od Uredjaja
- 9) Dobici od Ventilacije



Hladjenje u zgradama

Generalno

HLADJENJE JE “VEĆI” PROBLEM OD GRIJANJA

TOPLOTNE GUBITKE (DOMINANTNI KOD GRIJANJA) MOŽEMO SMANJITI BOLJOM IZOLACIJOM.

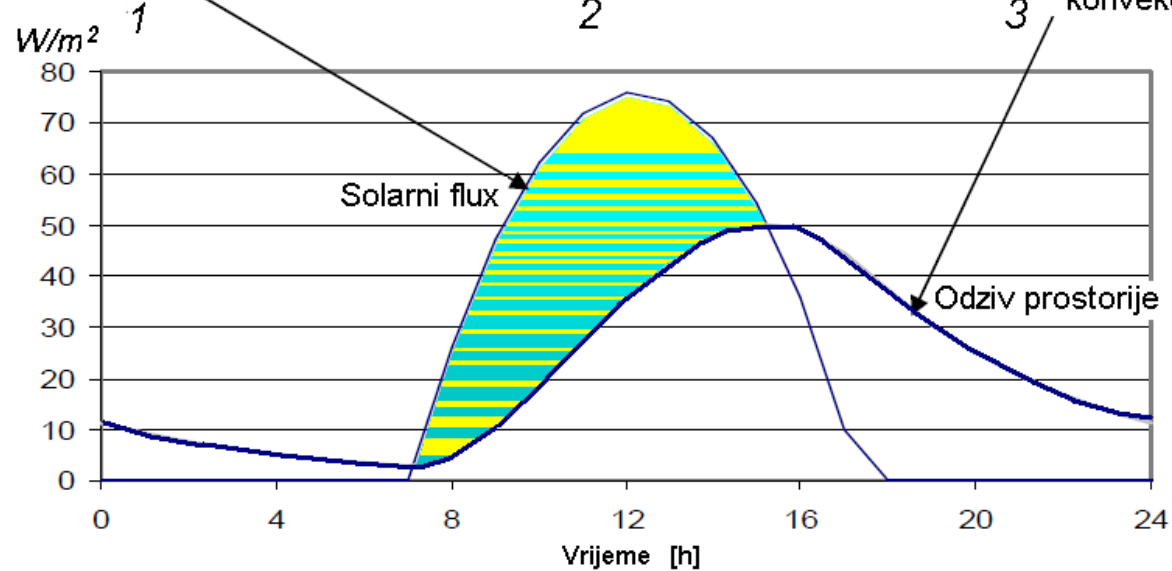
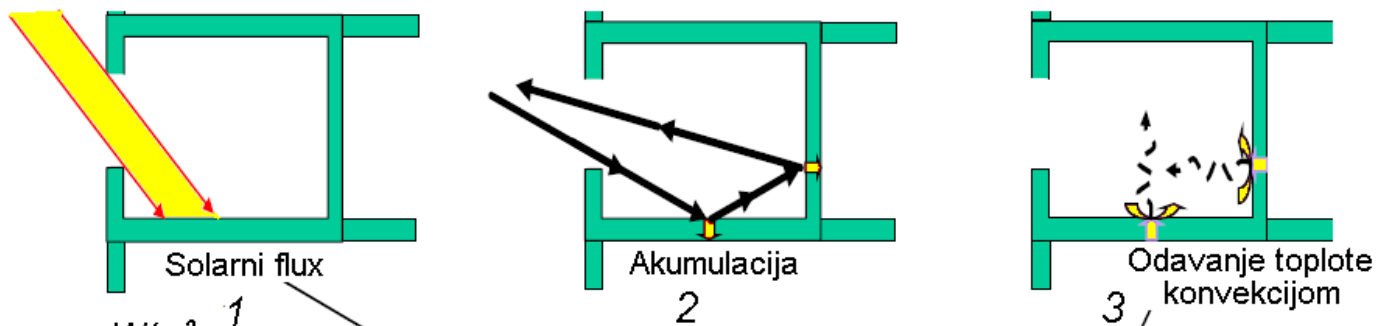
KOD HLADJENJA IZOLACIJOM SMANJUJEMO SAMO TRANSMISIONE (SPOLJNE) DOBITKE.

HLADJENJE IMA UNUTRAŠNJE I SPOLJAŠNJE TOPLOTNE DOBITKE KOJE MORAMO ODVESTI.

Hladjenje u zgradama

Akumulacija

Preraspodjela toplotnog opterećenja prostorije u vremenu putem akumulacije solarnog fluksa



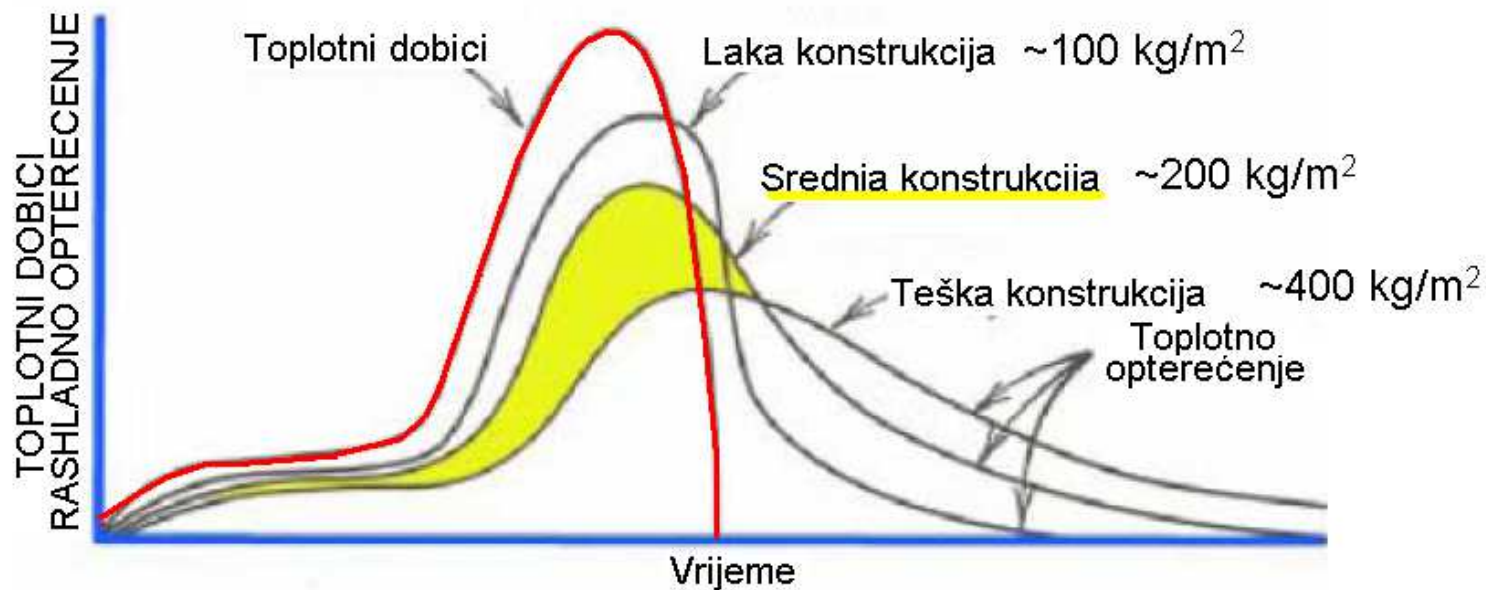
Akumulacija "pegla" špiceve.

Hladjenje u zgradama

Akumulacija

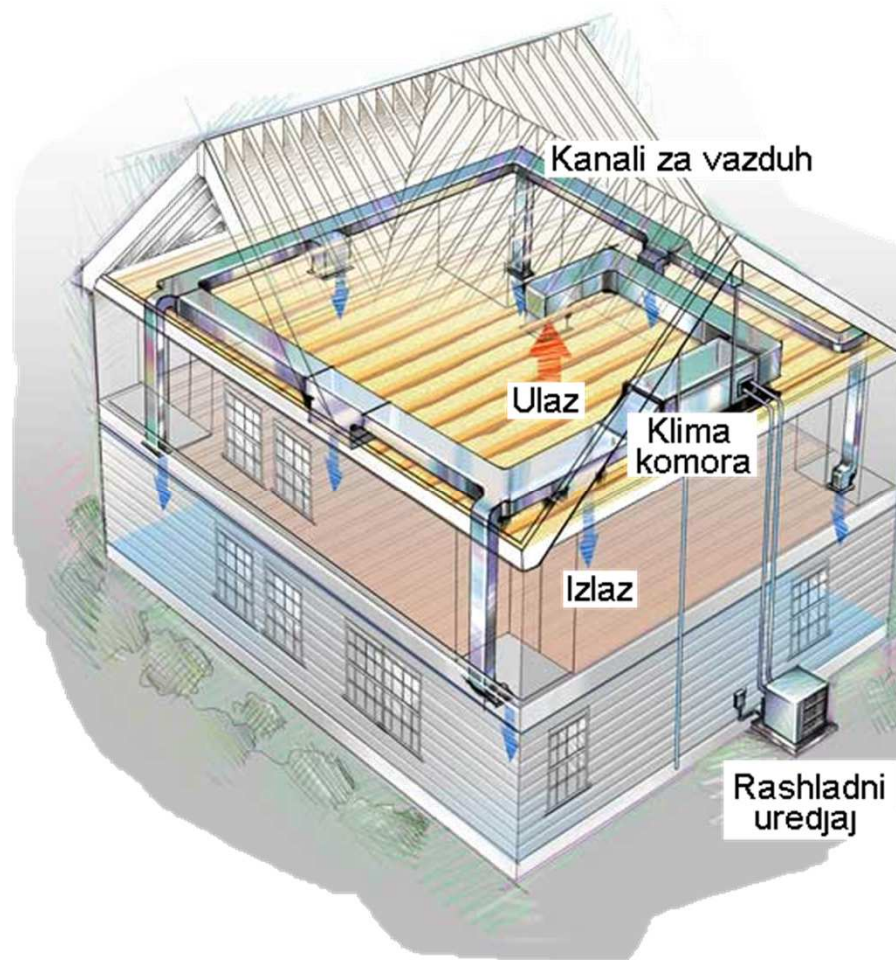
Što je veća masa, sistem ima veću inerciju.

Maximum toplotnog opterećenja "kasni" za toplotnim dobicima zavisno od mase konstrukcije



Rashladna instalacija kompenzuje toplotno opterećenje

Hladjenje/Grijanje u zgradama



“Vazdušno” hladjenje (centralni sistem)

Vazduh se hladi (ili zagrijava) u Klima komori koja se napaja “rashladnom” (ili “grejnom”) energijom iz Rashladnog uređaja (Toplotne pumpe).

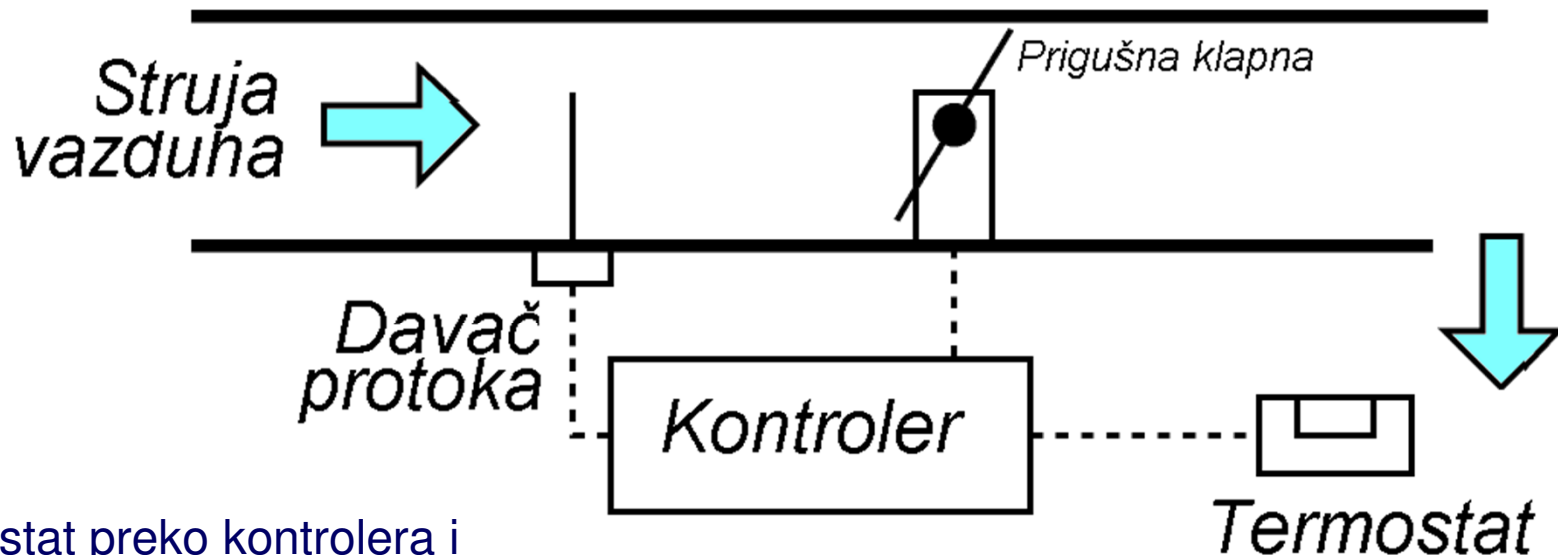
Rashladjeni vazduh iz Klima komore se razvodi kanalima u sve djelove zgrade koje treba rashladiti.

Vazduh unutar objekta se usisava u sistem na jednom (ili više mjesta) i vodi se kanalima u Klima komoru.

Ovaj vazduh se, nakon rekuperacije toplote (u slučaju rekuperatora) u kontaktu sa svježim zrakom, izbacuje napolje.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje
(centralni sistem)



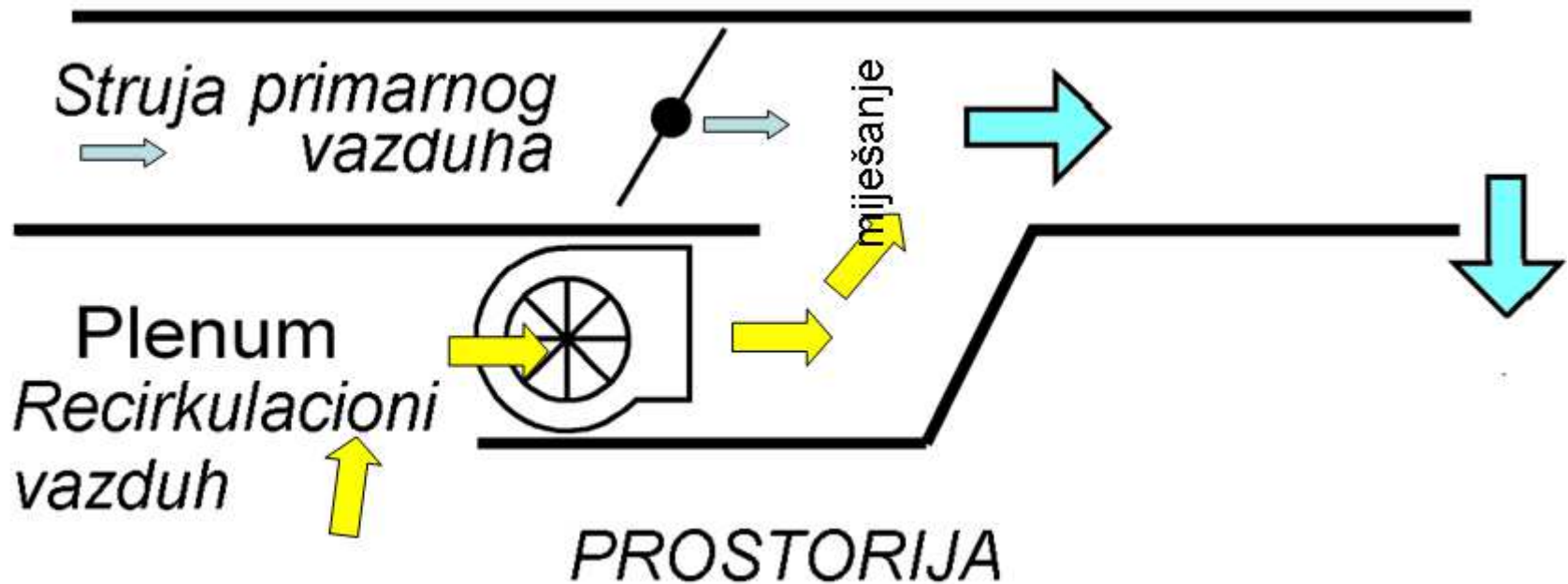
Termostat preko kontrolera i prigušne klapne reguliše količinu ubačenog vadauha.

PROSTORIJA

Regulacija VAV
(Variable Air Volume)

Hladjenje/Grijanje u zgradama

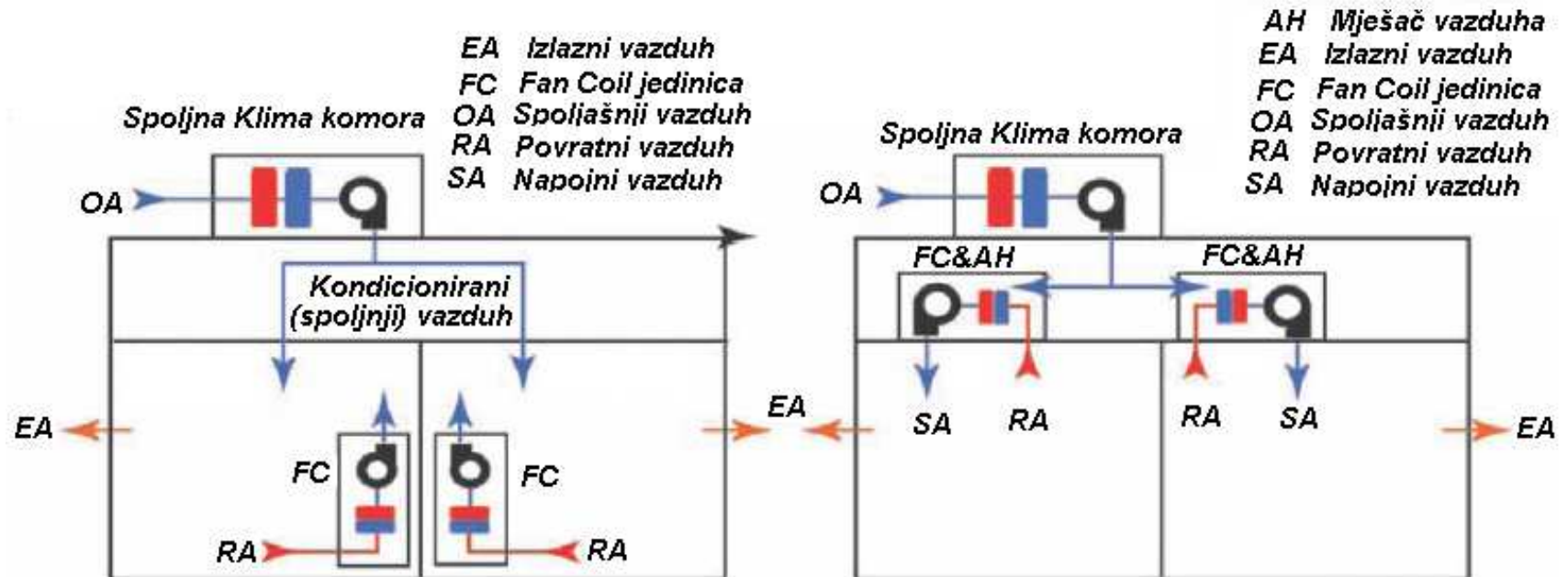
“Vazdušno” hladjenje
(centralni sistem)



Prigušna klapa reguliše
količinu primarnog vazduha.

Regulacija VAV
(Variable Air Volume)

Hladjenje/Grijanje u zgradama



EA Izlazni vazduh
 FC Fan Coil jedinica
 OA Spoljašnji vazduh
 RA Povratni vazduh
 SA Napojni vazduh

AH Mješač vazduha
 EA Izlazni vazduh
 FC Fan Coil jedinica
 OA Spoljašnji vazduh
 RA Povratni vazduh
 SA Napojni vazduh

Dvije moguće konfiguracije vazdušnog grijanja/hladjenje:

Lijevo: Varijanta sa spoljnom klima komorom za kondicioniranje spoljnjeg vazduha i sa dvije Fan Coil jedinice za kondicioniranje unutrašnjeg vazduha.

Desno: Varijanta sa spoljnom klima komorom za kondicioniranje spoljnjeg vazduha i sa dva paralelna konvektora koji distribuiraju spoljnji vazduh i kondicioniraju unutrašnji vazduh

Sve jedinice su napajane toplom/hladnom vodom iz spoljašnje Toplotne pumpe

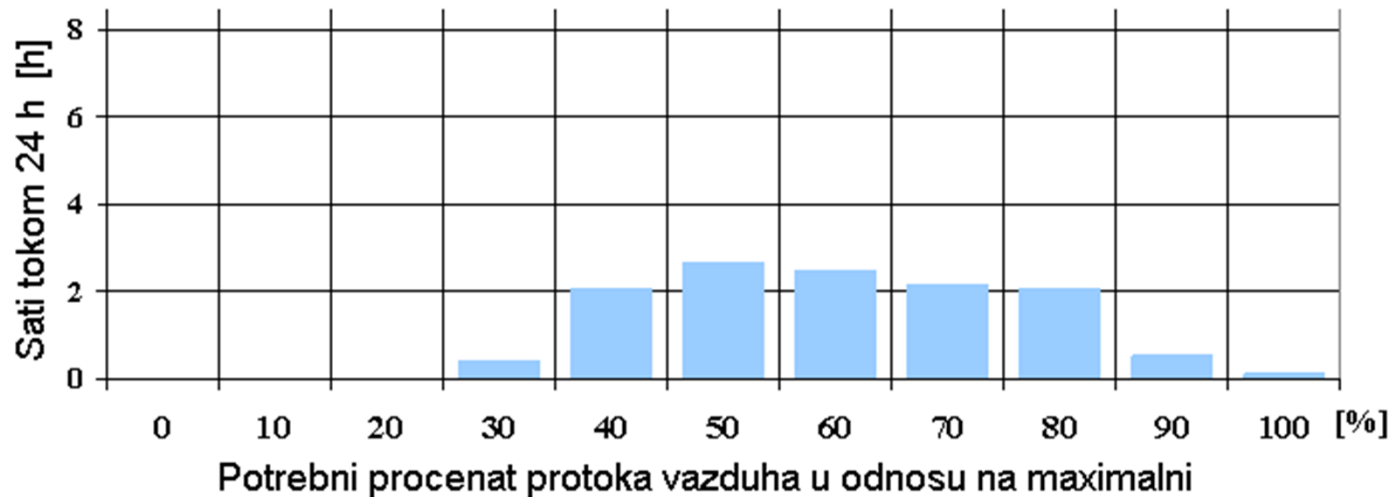
Regulacija VAV
 (Variable Air Volume)

Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje/grijanje (centralni sistem)

Primjer:

U slučaju centralnog sistema grijanja/hladjenja pripremljenim vazduhom, mjerenjem je utvrđeno da su potrebe za energijom tokom dana (24 h) promjenljive. Ispostavilo se da ventilator najveći dio vremena ne radi punim kapacitetom. Izmjerena raspodjela relativne potrebne količine vazduha je data na dijagramu

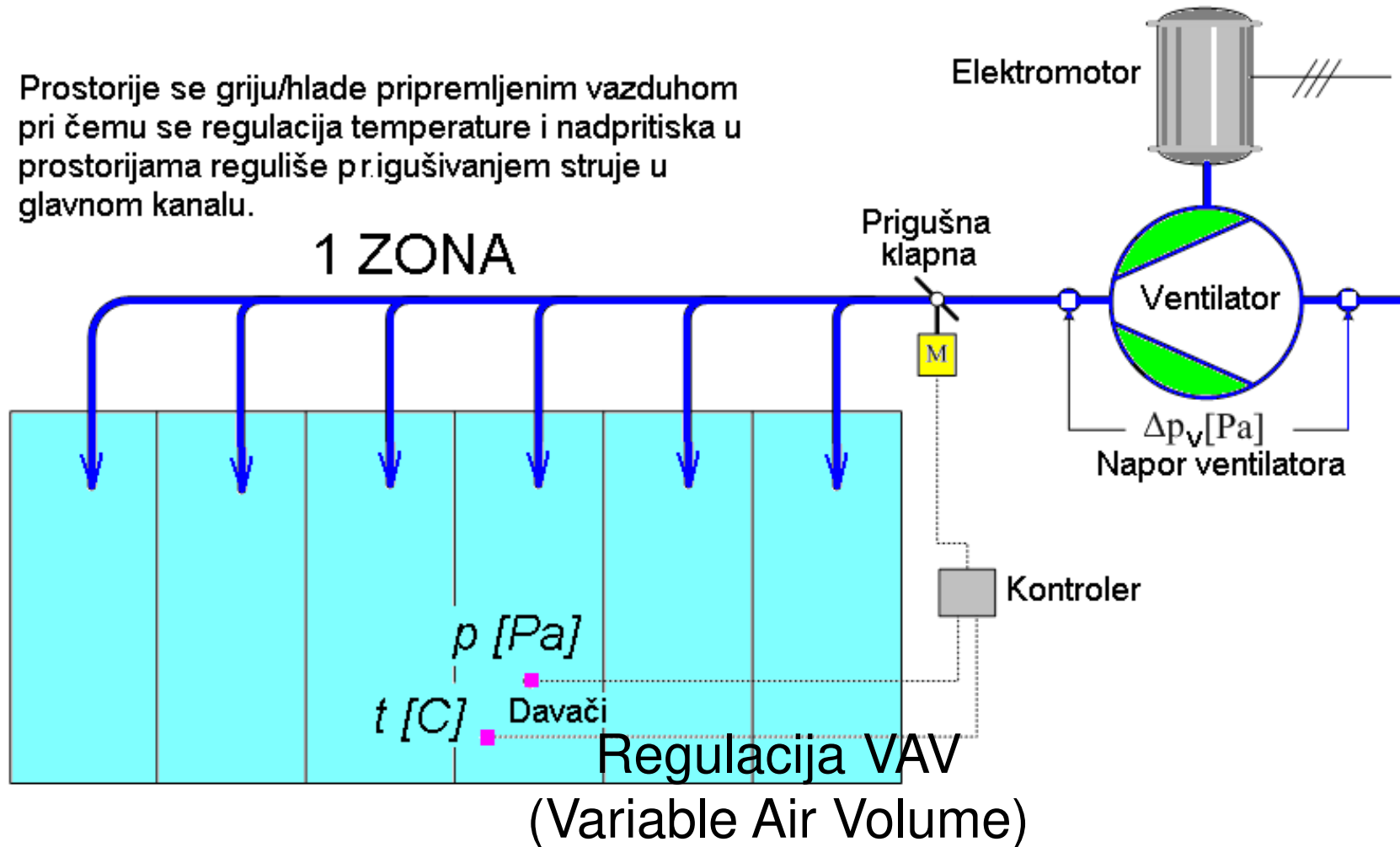


Regulacija VAV
(Variable Air Volume)

Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje/grijanje (centralni sistem)

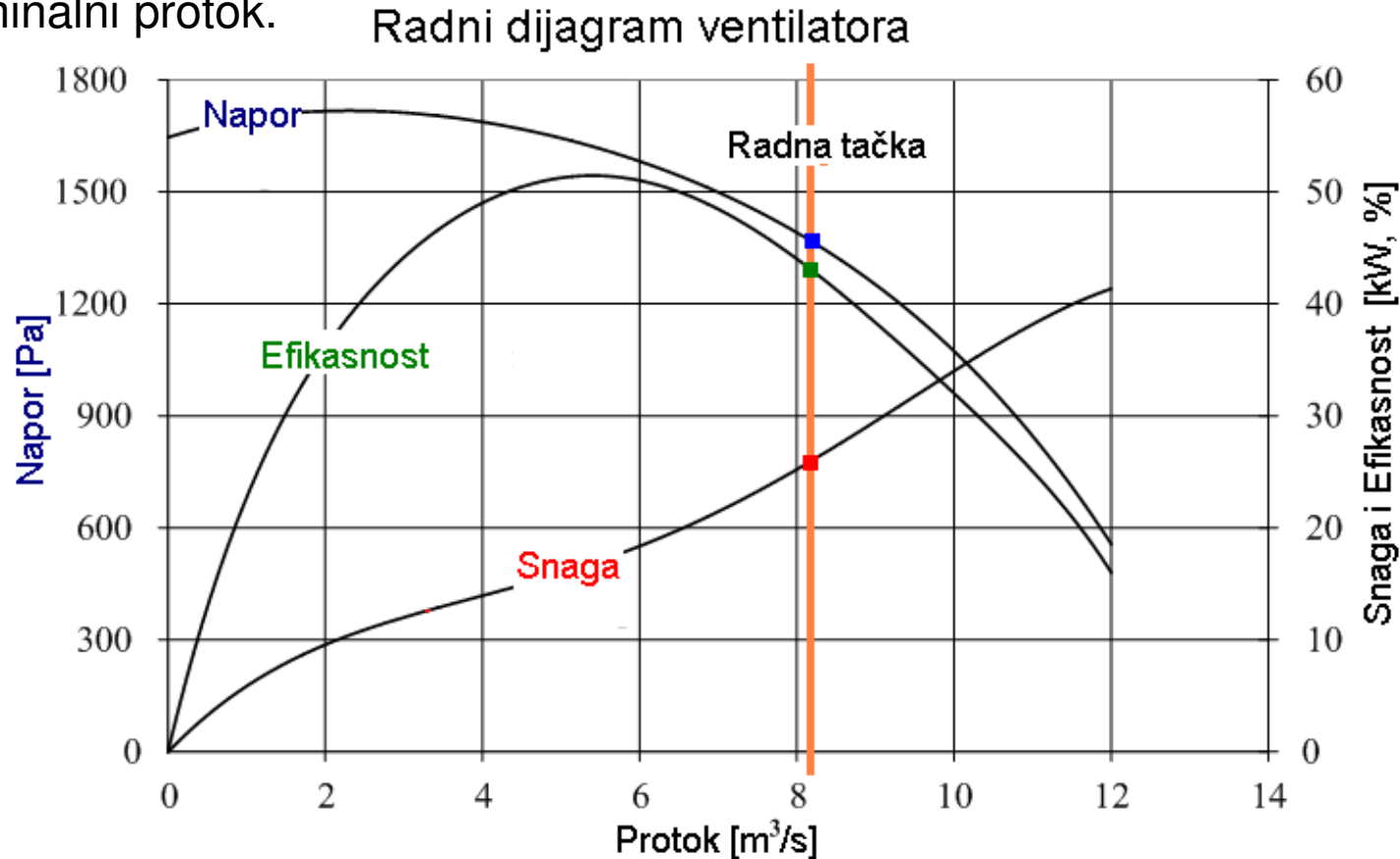
Prostorije se griju/hlade pripremljenim vazduhom pri čemu se regulacija temperature i nadpritiska u prostorijama reguliše prigušivanjem struje u glavnom kanalu.



Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje/grijanje (centralni sistem)

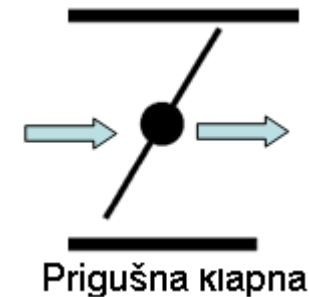
Na “Radnom” dijagramu ventilatora su date radne krive za nominalni broj obrtaja (n_1). Radna tačka pri nominalnom režimu rada instalacije je određena za nominalni protok.



Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje/grijanje (centralni sistem)

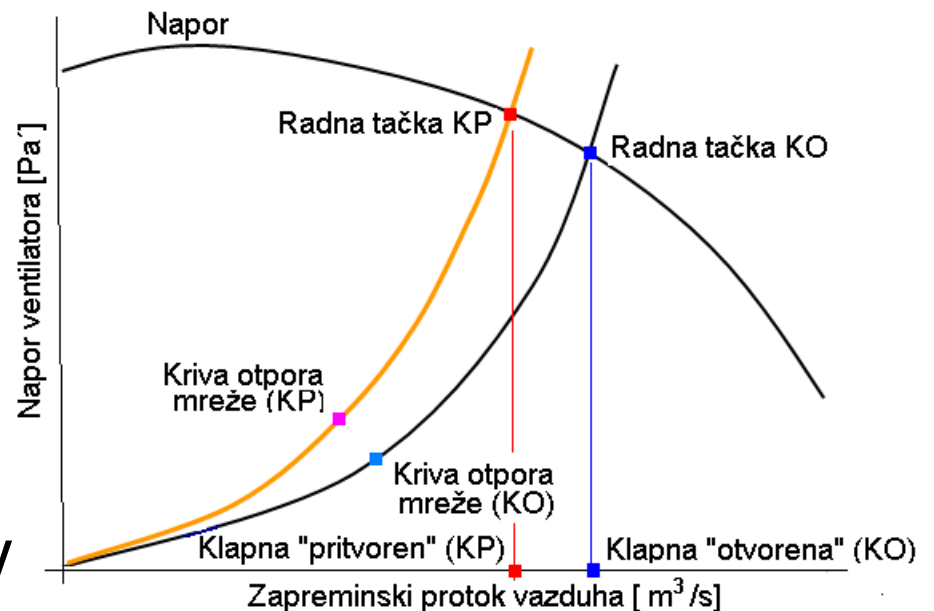
Pri regulaciji protoka vazduha PRIGUŠIVANJEM (prigušnom klapnom) motor ventilatora i pri manjim protocima radi punom snagom.



Kada se klapna pritvori da bi se smanjio protok, poveća se otpor i tada nova kriva otpora postaje strmija. Nova radna tačka (KP), u odnosu na “staru” (KO), se pomjera ulijevo. Protok se smanjio ali se povećao napor pumpe i otuda i snaga:

$$P[W] = \frac{\Delta p_V \cdot V}{\eta_V}$$

Regulacija VAV (Variable Air Volume)



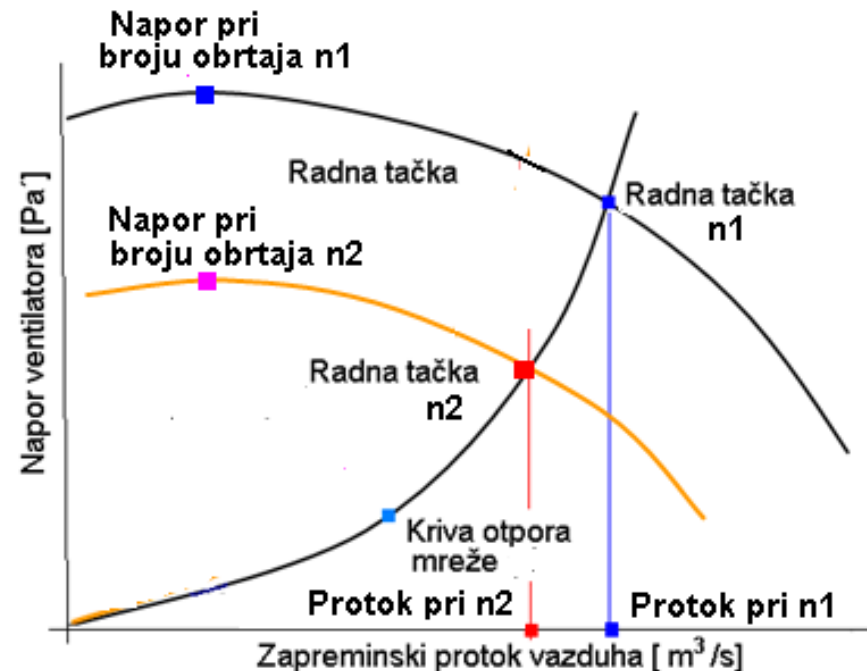
Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje/grijanje (centralni sistem)

Pri regulaciji protoka vazduha FREKVENTNOM regulacijom, radi se ustvari o promjeni protoka mijenjanjem broja obrtaja ventilatora. Pri tome, za razliku od prigušivanja, kriva otpora mreže ostaje ista, tako da se sa smanjivanjem protoka, smanjuje i napor pumpe, odnosno njena snaga.

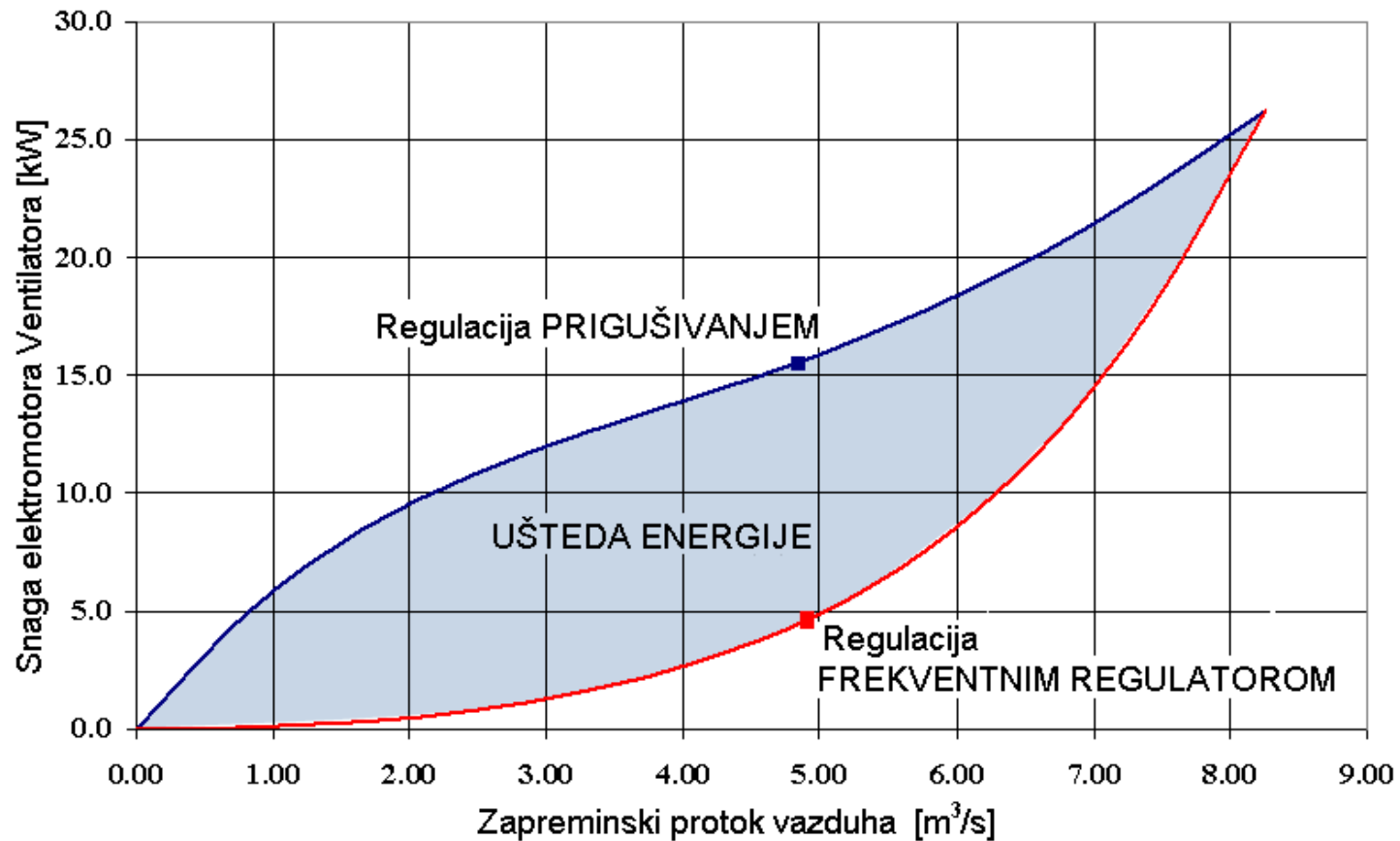
$$P[W] = \frac{\Delta p_V \cdot V}{\eta_V}$$

Regulacija VAV
(Variable Air Volume)



Hladjenje/Grijanje u zgradama

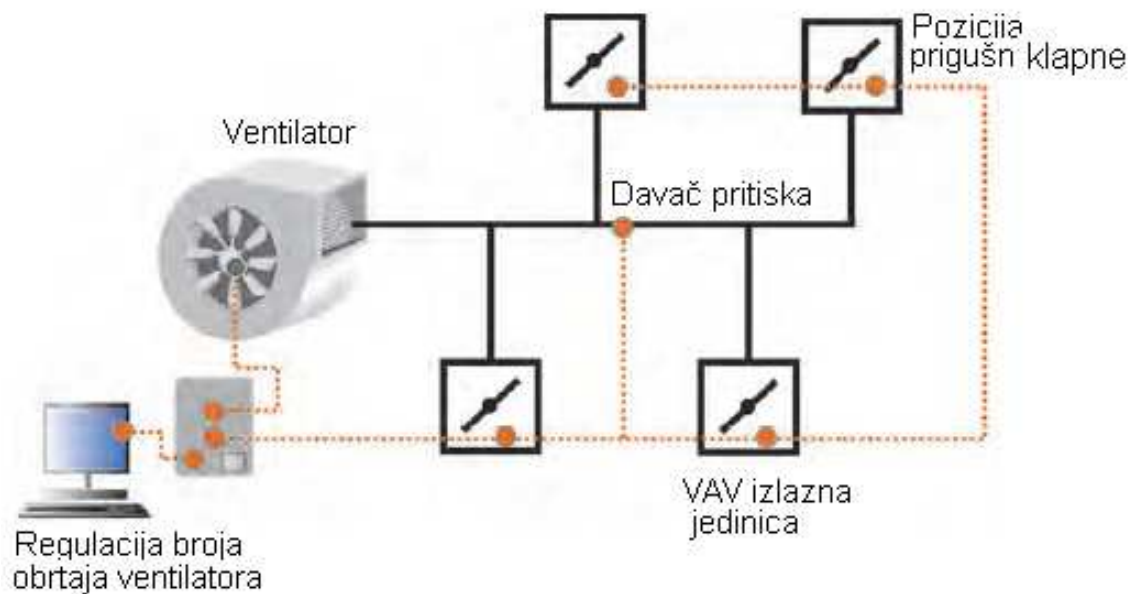
“Vazdušno” hladjenje/grijanje (centralni sistem)



Regulacija VAV
(Variable Air Volume)

Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje/grijanje
(centralni sistem)



Frekventna regulacija protoka

Regulacija VAV
(Variable Air Volume)

Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje (centralni sistem)

Koliki je broj izmjena vazduha koji kompenzuje (rashladjuje) toplotno opterećenje od $q=50 \text{ W/m}^2$ površine kondicionirane prostorije (visine $H=3 \text{ m}$, površine A , zapremine V)?

Ograničenje:

Temperatura vazduha kojim se rashladjuje prostorija je maksimalno $\sim \Delta t=10 \text{ C}$ niža od temperature vazduha (t_i) u prostoriji (ako je $t_i=26 \text{ C}$, onda se vazduh ubacuje sa $t_{in_min}=16 \text{ C}$).

$$A \cdot q = \dot{m}_V c_v \Delta t, \quad A \cdot q = \rho V \dot{V} c_v \Delta t, \quad A \cdot q = \rho \frac{n_{iz} V}{3600} c_v \Delta t$$

$$n_{iz} = \frac{A \cdot q \cdot 3600}{\rho V c_v \Delta t} = \frac{A \cdot q \cdot 3600}{\rho A H c_v \Delta t} = \frac{q \cdot 3600}{\rho H c_v \Delta t} = \frac{50 \cdot 3600}{1.2 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot 10} = \frac{50}{10} = 5 \text{ iz / h}$$

Hladjenje/Grijanje u zgradama

“Vazdušno” hladjenje (centralni sistem)

Koliko izmjena vazduha otpada na svježi vazduh za ventilaciju (orjentacioni račun)?

Ograničenje:

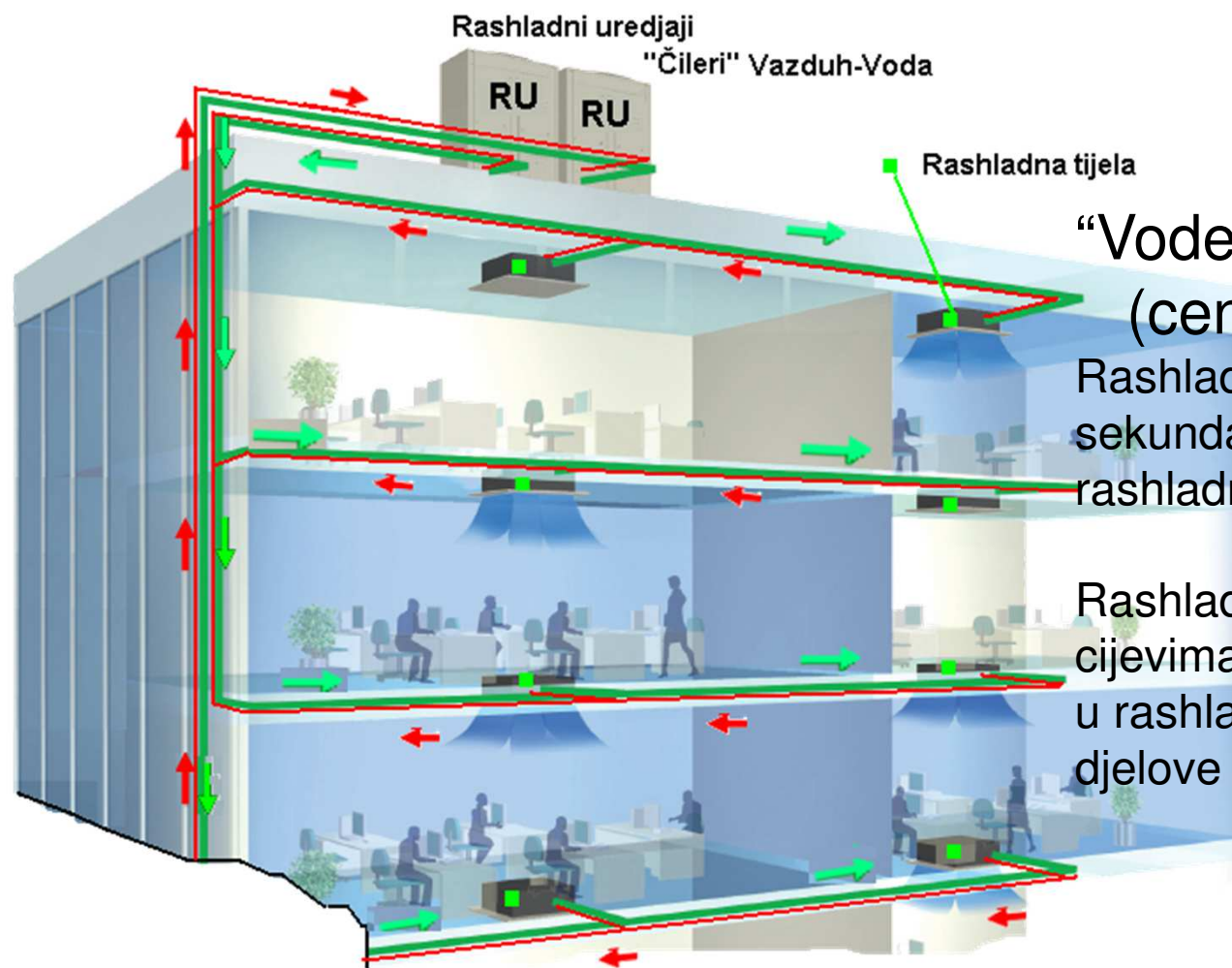
Količina vazduha za ventilaciju ide od $qv_{os}=30$ do $45 (m^3/h)/osobi$.
Neka bude $30 (m^3/h)/osobi$.

Površina prostora po osobi u gradama je reda $15 - 20 m^2/osobi$, odnosno ako je prostorija visine $3 m$, to je $V_{os}= 45 - 60 m^3/osobi$. Ako se usvoji broj od $60 m^3/osobi$, broj izmjena je:

$$n_{iz} V_{os} = qv_{os} \quad n_{iz} = \frac{qv_{os}}{V_{os}} = \frac{30}{20 \cdot 3} = 0.5 \text{ iz} / h$$

Dakle, od $5 \text{ iz}/h$ (iz prethodnog primjera), $0.5 \text{ iz}/h$ je svježi vazduh. Dok je ostatak od $4.5 \text{ iz}/h$, recirkulacioni vazduh.

Hladjenje/Grijanje u zgradama



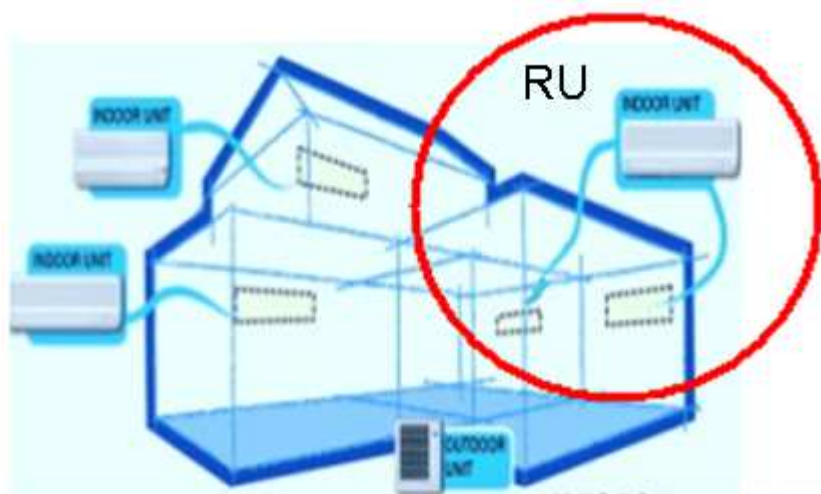
“Vodeno” hladjenje (centralni sistem)

Rashladni uredjaj (Čiler) hladi sekundarni fluid-vodu (primarni rashladni fluid je “u mašini”- freon).

Rashladjena voda iz RU se razvodi cijevima u klima komore ili direktno u rashladna tijela (na slici), tj. djelove zgrade koje treba rashladiti.

Ovi sistemi su dobri za veće instalacije (>100 kW)

Hladjenje/Grijanje u zgradama



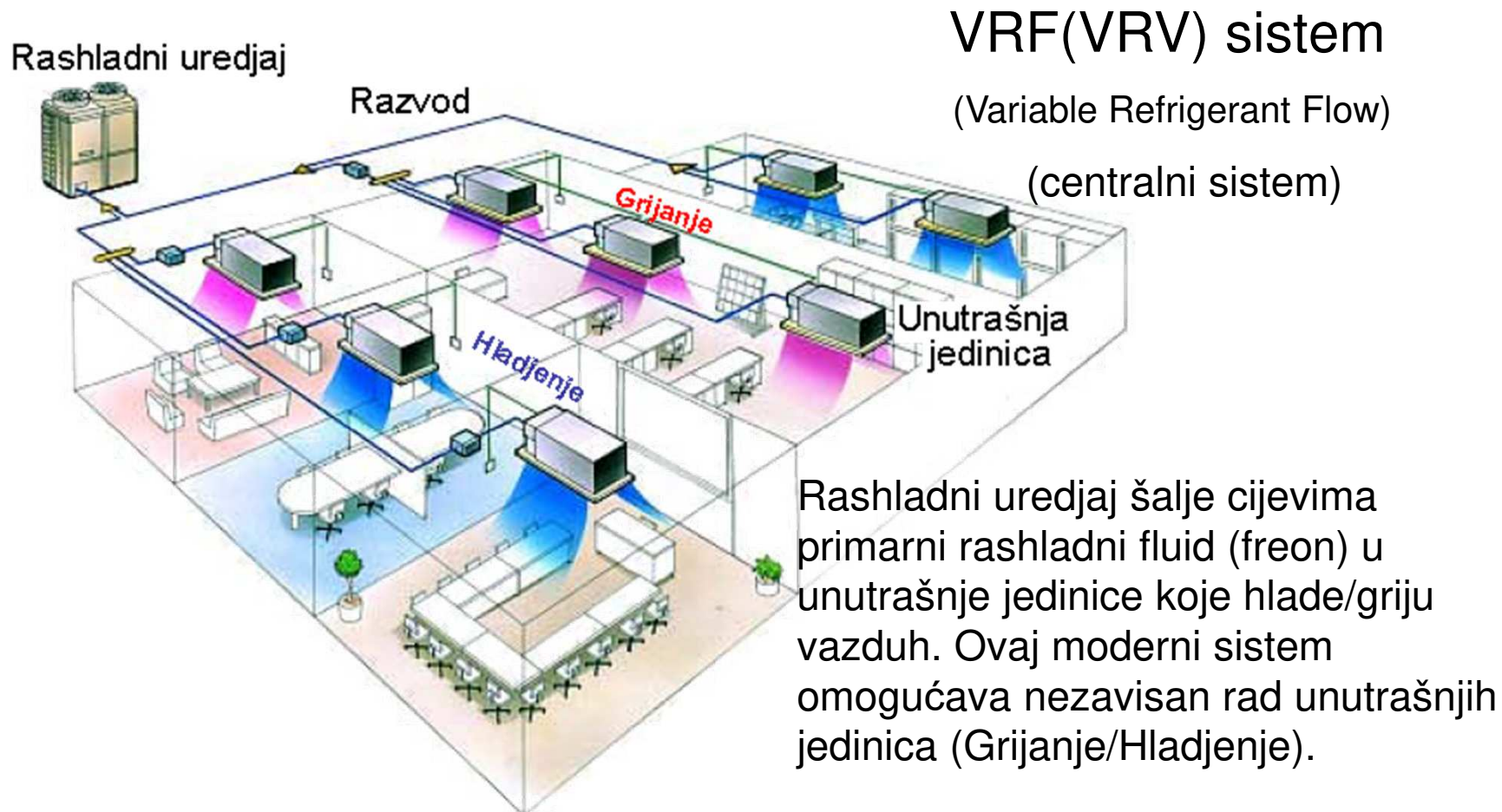
Multi split sistem

Rashladni fluid iz Rashladnog uređaja (spoljna jedinica) odlazi u unutrašnje jedinice (jedna ili više njih) koje hlade vazduh.

Ova varijanta daje mogućnost da unutrašnje jedinice rade nezavisno (Grijanje/Hladjenje).

Primjena kod manjih sistema i pri rekonstrukcijama.

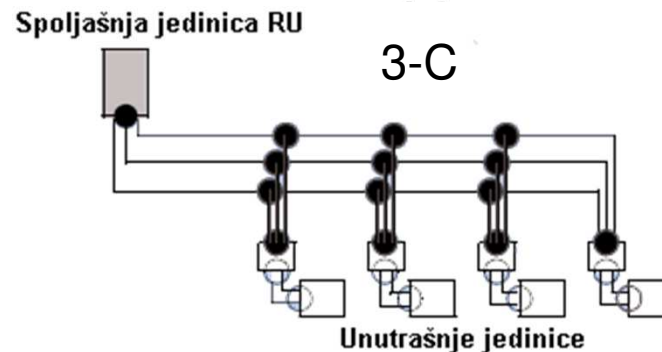
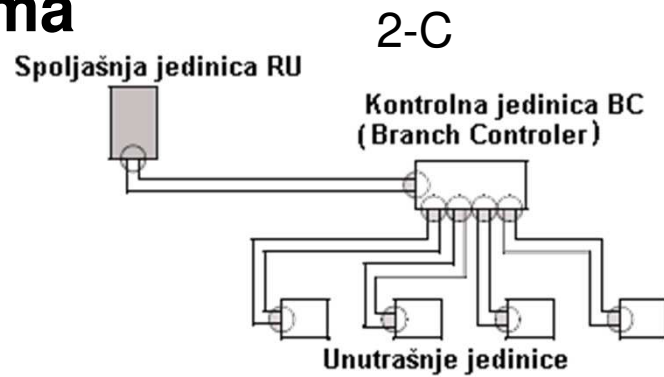
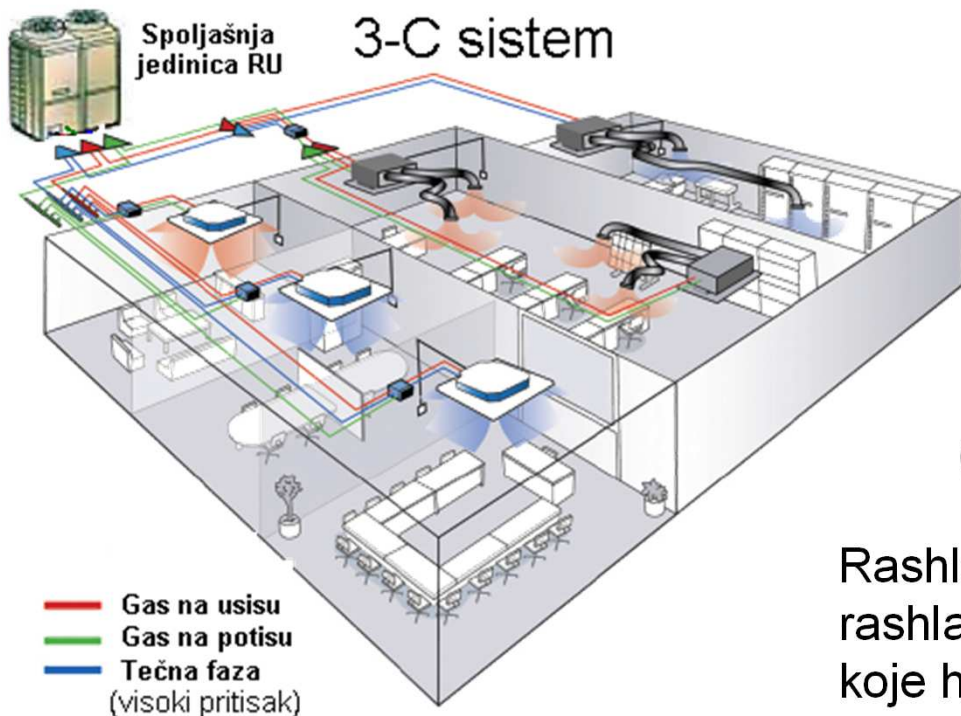
Hladjenje/Grijanje u zgradama



Primjena kod "srednjih" (20 -100 kW) sistema i pri rekonstrukcijama.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF sa Rekuperacijom toplote



VRF (VRV) sistem

(Variable Refrigerant Flow)

(centralni sistem)

Rashladni uredjaj šalje cijevima primarni rashladni fluid (freon) u unutrašnje jedinice koje hlade/griju vazduh. Pored nezavisnog rada unutrašnjih jedinica, sa 2-C i 3-C razvodom ostvaruje se i rekuperacija.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF (Variable Refrigerant Flow – 3 C)

Načini rada

Savremeni VRF 3-C sistemi sa više unutrašnjih jedinica rade u 4 tipična režima:

- a. **“Samo Hladjenje (Cooling)”**
- b. **“Samo Grijanje (Heating)”**
- c. **“Dominantno Grijanje”** - Mješoviti režim
- d. **“Dominantno Hladjenje”** - Mješoviti režim

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF (Variable Refrigerant Flow – 3 C)

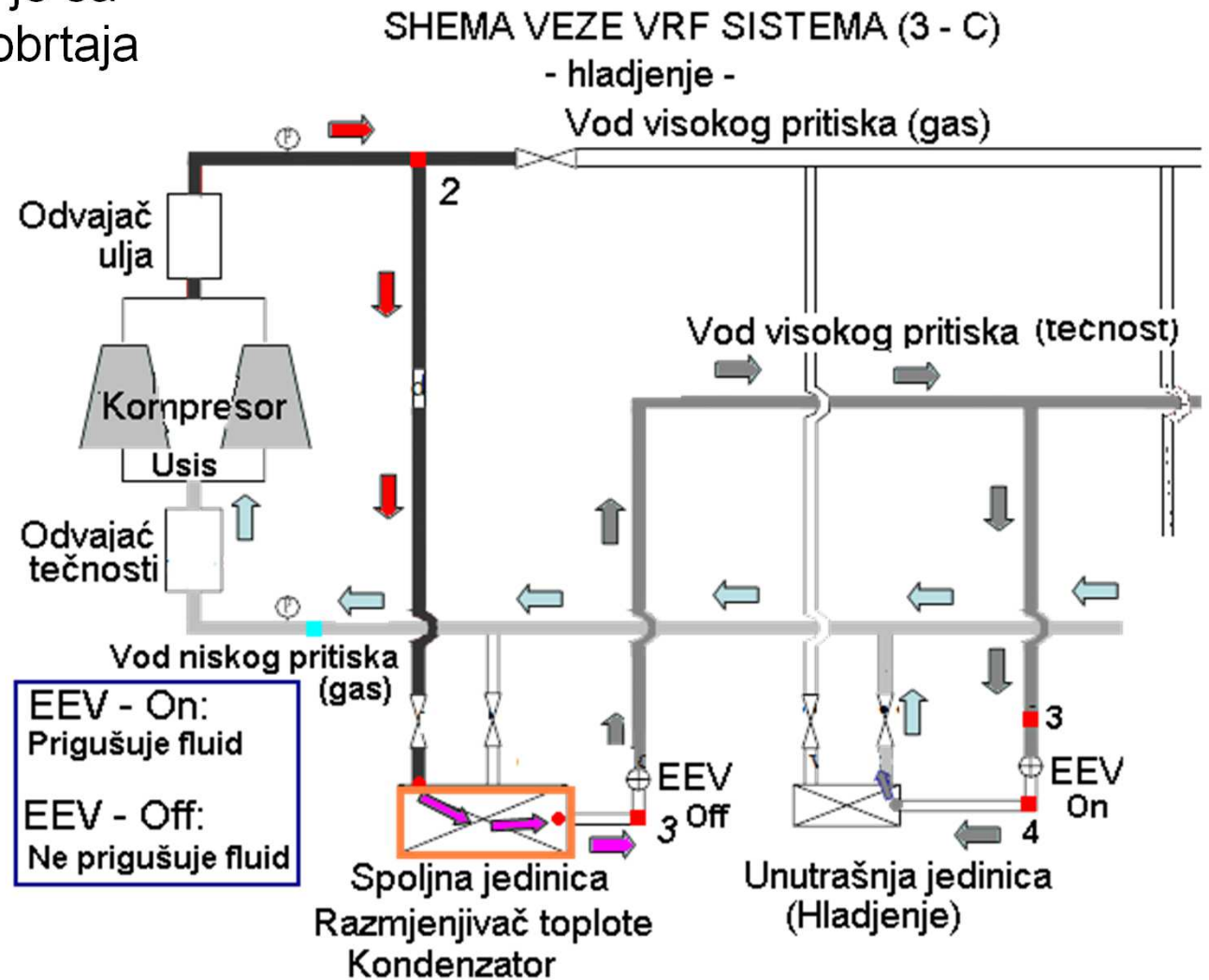
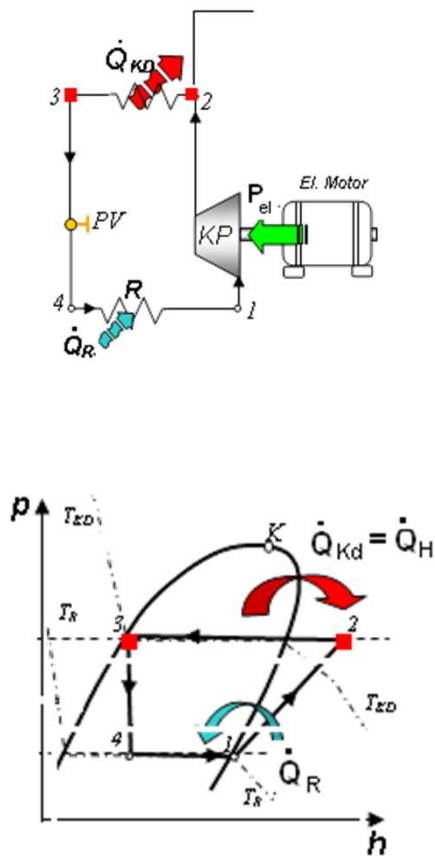
a. Samo Hladjenje

U ovom režimu, Spoljna jedinica ima ulogu Kondenzatora, a Unutrašnje jedinice ulogu Isparivača.

- Sve unutrašnje jedinice su u rashladnom režimu.
- Sav rashladni fluid-gas visokog pritiska iz kompresora ide u spoljnu jedinicu koja sada ima ulogu kondenzatora, gdje se para kondenzuje.
- Kondenzovani rashladni fluid (tečnost visokog pritiska) odlazi u unutrašnje jedinice, gdje se prigušuje u svakoj od njih u Elektronskom Ekspanzionom Ventilu (EEV)
- Ohladjeni fluid niskog pritiska isparava u unutrašnjoj jedinici koja sada ima ulogu isparivača i hladi prostoriju.
- Para rashladnog fluida niskog pritiska se vraća na usis kompresora preko parnog voda niskog pritiska.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

Jedan od kompresora je sa promjenljivim brojem obrtaja



Hladjenje/Grijanje u zgradama

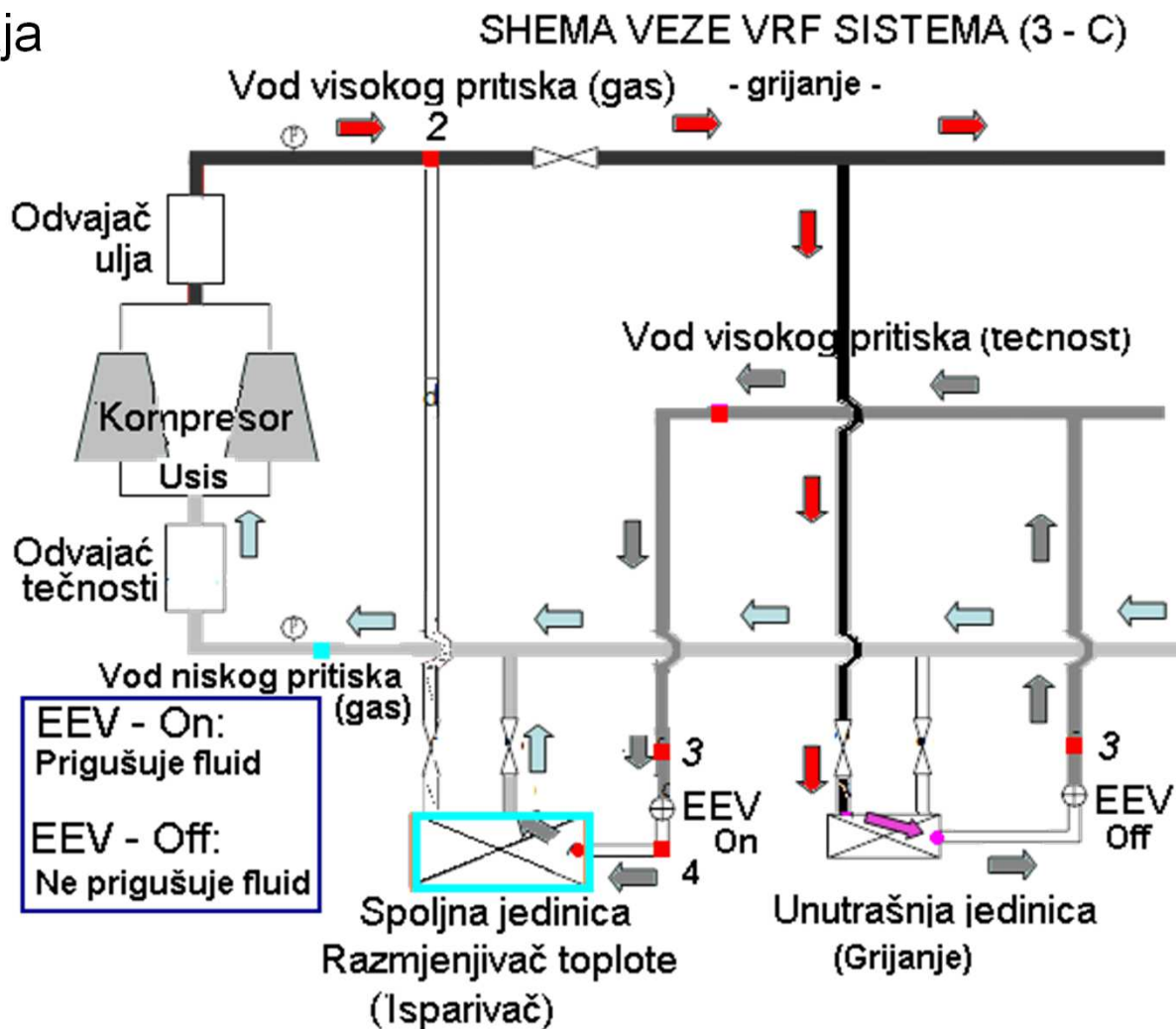
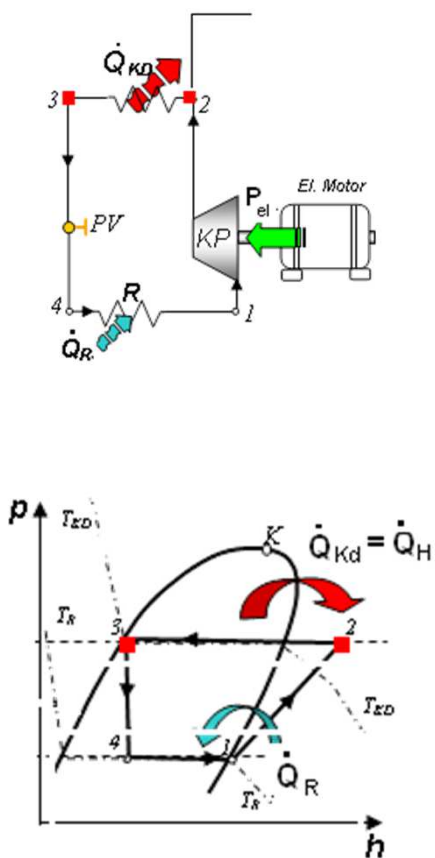
VRF (Variable Refrigerant Flow – 3 C)

b. Samo Grijanje

- U ovom režimu rada, Spoljna jedinica igra ulogu Isparivača, a Unutrašnje jedinice ulogu Kondenzatora.
1. Sve unutrašnje jedinice su u režimu grijanja
 2. Sav gas (rashladni fluid) visokog pritiska iz kompresora odlazi u unutrašnje jedinice koje imaju sada ulogu kondenzatora, i kondenzuje se.
 3. Kondenzovani rashladni fluid-tečnost visokog pritiska iz svih unutrašnjih jedinica povezana je sa spoljnom jedinicom preko cijevnog voda visokog pritiska u kome je tečna faza.
 4. Prije ulaza u spoljnu jedinicu koja sada igra ulogu isparivača, tečnost prolazi kroz EEV gdje se prigušuje na niski pritisak i hladi se.
 5. U spoljnoj jedinici tečnost niskog pritiska isparava, a para niskog pritiska odlazi u kompresor preko parnog voda niskog pritiska.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

Jedan od kompresora je sa promjenljivim brojem obrtaja



Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF (Variable Refrigerant Flow – 3 C)

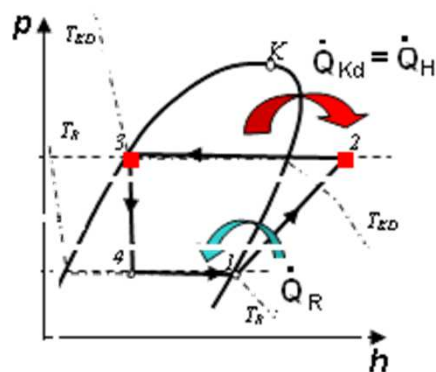
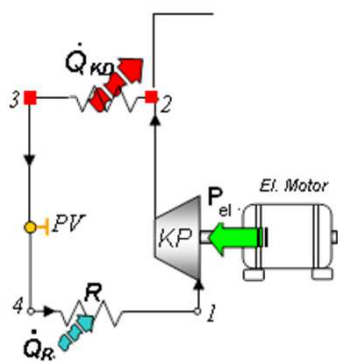
c. Dominantno Grijanje

U ovom režimu rada, Spoljna jedinica i Unutrašnje jedinice koje rade u Rashladnom režimu igraju ulogu Isparivača, dok većina Unutrašnjih jedinica koje rade u Grejnom režimu imaju ulogu Kondenzatora.

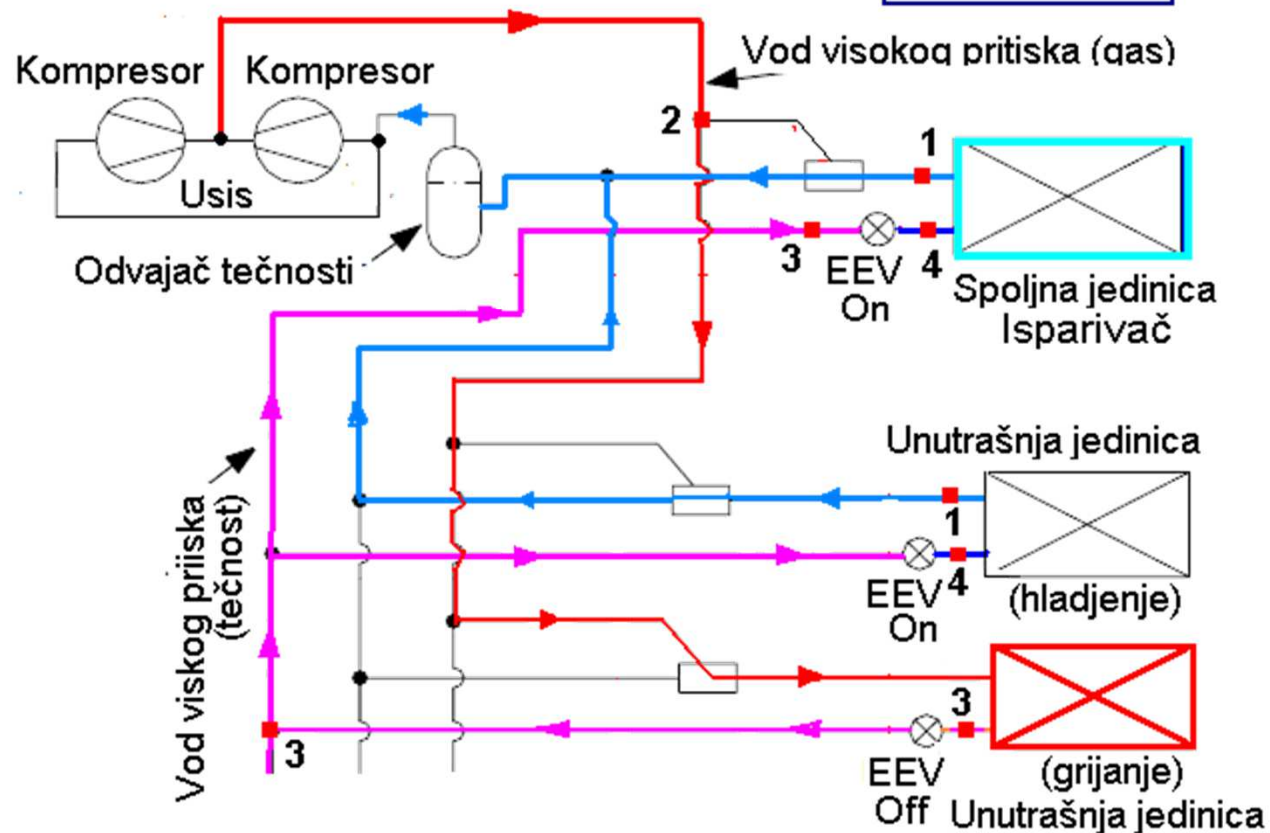
1. Sav rashladni fluid visokog pritiska-gas, iz kompresora odlazi u unutrašnje jedinice koje rade u grejnom režimu i kondenzuje se.
2. Kondenzovani rashladni fluid-tečnost iz unutrašnjih jedinica, spojen sa spoljnom jedinicom preko cijevnog voda visokog pritiska sa tečnošću, odlazi u spoljnu jedinicu gdje posle prigušenja u EEV isparava.
3. Para niskog pritiska preko parnog voda niskog pritiska odlazi na usis kompresora.
4. Unutrašnje jedinice koje rade u rashladnom režimu, napajaju se rashladnim fluidom iz voda visokog pritiska sa tečnošću, koji nakon prigušenja u EEV isparava i hladi prostoriju.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

Jedan od kompresora je sa promjenljivim brojem obrtaja



Shema veze VRF sistema (3 - C)
(dominantno grijanje)



EEV - On:
Prigušuje fluid

EEV - Off:
Ne prigušuje fluid

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF (Variable Refrigerant Flow – 3 C)

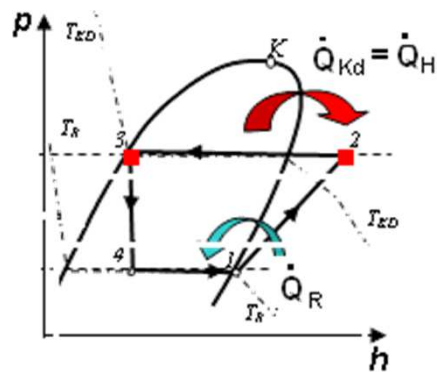
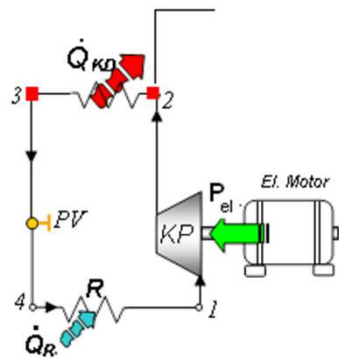
d. Dominantno hladjenje

U ovom režimu rada ulogu Kondenzatora ima Spoljna jedinica i Unutrašnje jedinice koje rade u režimu Grijanja. Najveći broj Unutrašnjih jedinica (koje rade u Rashladnom režimu) igraju ulogu Isparivača.

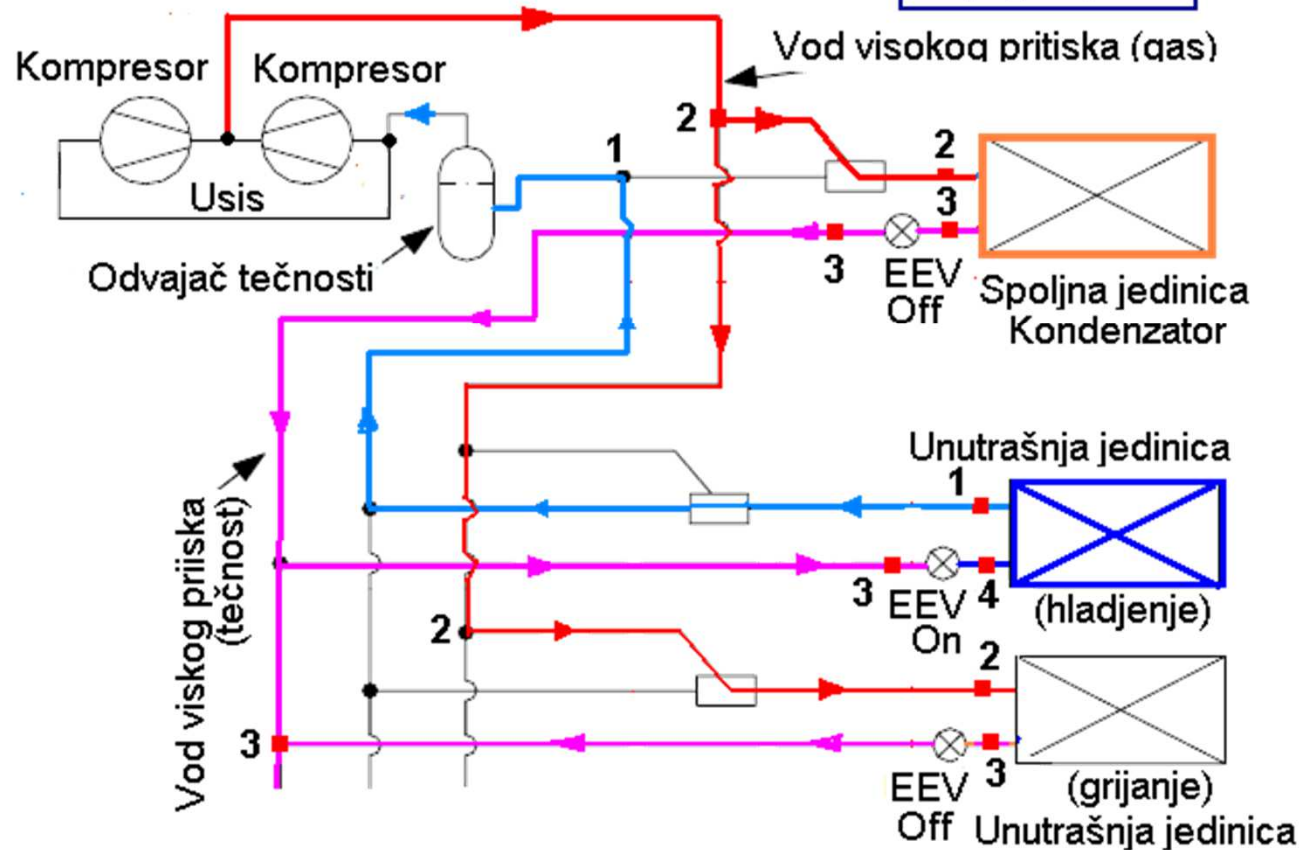
1. Rashladni fluid-gas visokog pritiska odlazi u spoljnu jedinicu i u unutrašnje jedinice preko cijevnog parnog voda visokog pritiska, koje rade u grejnom režimu, gdje se kondenzuje.
2. Kondenzovana tečnost rashladnog fluida, preko cijevnog voda sa tečnošću visokog pritiska odlazi u unutrašnje jedinice koje rade u rashladnom režimu, prigušuje se u EEV i isparava.
3. Para niskog pritiska iz unutrašnjih jedinica koje rade u rashladnom režimu, preko parnog voda niskog pritiska odlazi u kompresor.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

Jedan od kompresora je sa promjenljivim brojem obrtaja



Shema veze VRF sistema (3 - C)
(dominantno hladjenje)

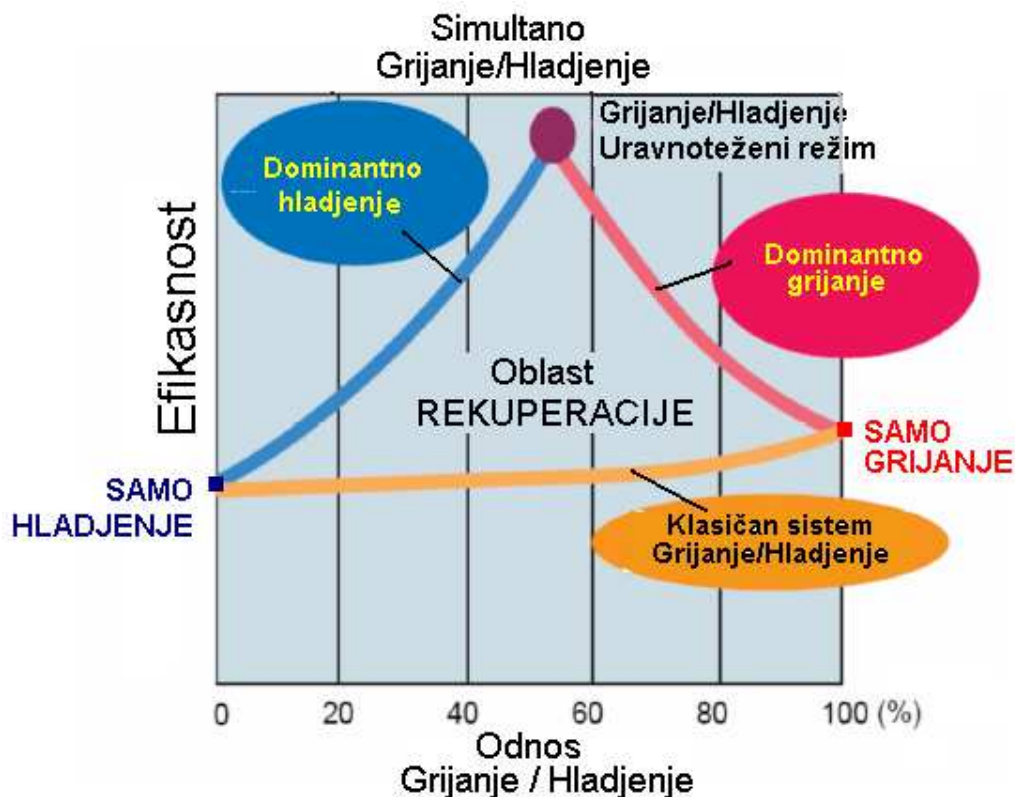


EEV - On:
Prigušuje fluid

EEV - Off:
Ne prigušuje fluid

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF Rekuperacija



Pri kombinovanom režimu rada (simultano Grijanje/Hladjenje) dio unutrašnjih jedinica koje rade u rashladnom režimu, napajaju se energijom sa izlaza grejnih jedinica (koriste kondenzovani fluid). Na taj način, energija koja bi se “bacila” (preko spoljne jedinice-isparivača) ostaje u sistemu, tj. rekuperira se.

Rezultujući (Totalni) COP_T :

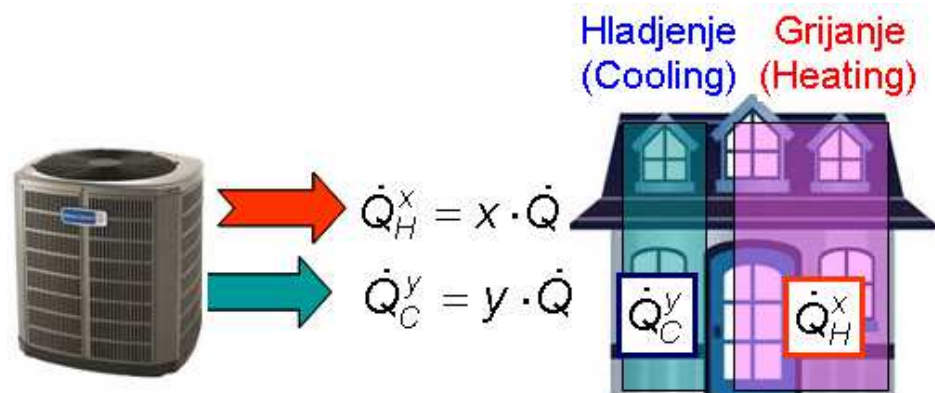
$$COP_T = \frac{\dot{Q}_H + \dot{Q}_C}{P}$$

$$COP_T^{max} \sim 7$$

Odredjivanje rezultujućeg COP_T je lak posao kad imamo sve podatke o fux_evima, radu kompresora itd. Kako ga odrediti u nedostatku podataka?

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF Rekuperacija



“x” i “y” predstavljaju učešće grijanja i hladjenja (respektivno) u energetskom bilansu objekta:

$$x = \frac{\dot{Q}_H^x}{\dot{Q}}, y = \frac{\dot{Q}_C^y}{\dot{Q}}, \dot{Q} = \dot{Q}_H^x + \dot{Q}_C^y$$

P^x , P^y - Snaga kompresora pri dominantnom grijanju, odnosno hladjenju

Pri radu u kombinovanom režimu (Grijanje&Hladjenje), rezultujući (totalni) COP se određuje prema dominantnom režimu (režim “x”-dominantno grijanje, režim “y”-dominantno hladjenje). Prema tome, “sporedni” režim treba “prevesti” na kapacitet dominantnog režima:

Dominantno Grijanje (“x” režim)

$$\dot{Q}_C^y \Rightarrow \dot{Q}_C^x = x \cdot \dot{Q}$$

Dominantno Hladjenje (“y” režim)

$$\dot{Q}_H^x \Rightarrow \dot{Q}_H^y = y \cdot \dot{Q}$$

4. Sistemi u zgradama

Hladjenje/Grijanje u zgradama

VRF Rekuperacija

Rezultujući (totalni) COP_T

Dominantno Grijanje $x > y$

$$COP_T^x = \frac{\dot{Q}_H^x}{P^x} + \frac{\dot{Q}_C^y}{P^x}$$

Sada treba rashladni flux
hladjenja sa režima (kapaciteta)
“y” prevesti na “x”, jer u režimu
“x” radi kompresor:

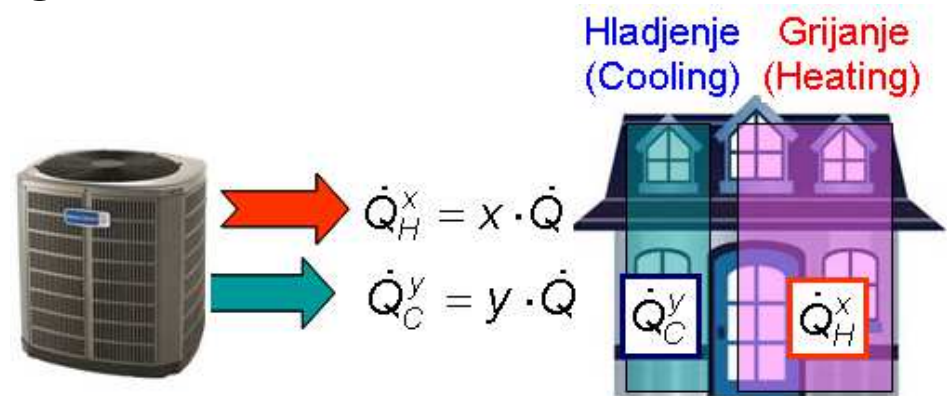
$$COP_T^x = \frac{\dot{Q}_H^x}{P^x} + \frac{\dot{Q}_C^y}{P^x} = \frac{\dot{Q}_H^x}{P^x} + \frac{\dot{Q}_C^y}{\dot{Q}_C^x} \frac{\dot{Q}_C^x}{P^x}$$

Odnosno

$$COP_T^x = \frac{\dot{Q}_H^x}{P^x} + \frac{x}{y} \frac{\dot{Q}_C^x}{P^x}$$

Konačno

$$COP_T^x = COP_H^x + \frac{x}{y} \cdot COP_T^x$$



Dominantno Hladjenje $x < y$

Primjenjujući, na ovaj “y” režim,
analogan postupak, slijedi:

$$COP_T^y = \frac{\dot{Q}_H^x}{P^y} + \frac{\dot{Q}_C^y}{P^y} = \frac{\dot{Q}_H^x}{\dot{Q}_H^y} \frac{\dot{Q}_H^y}{P^H} + COP_C^y$$

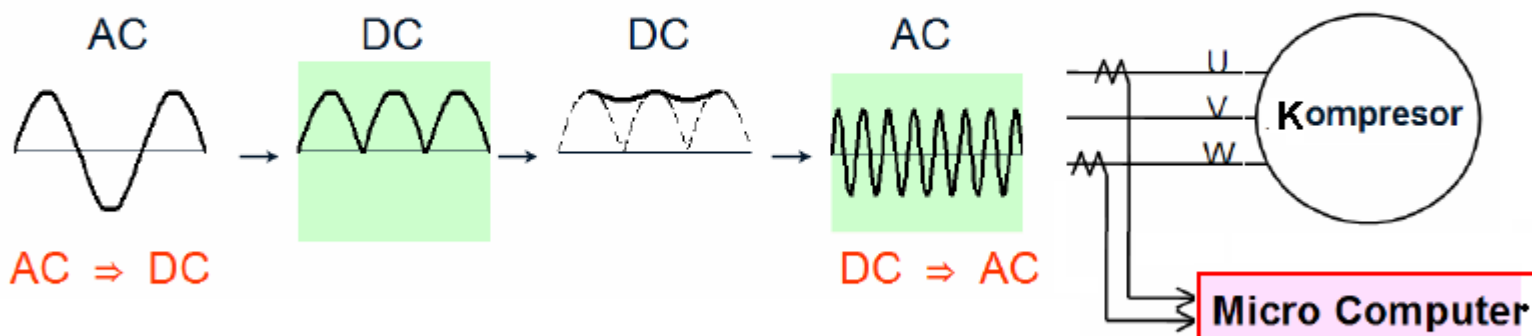
$$COP_T^y = \frac{x}{y} \cdot COP_T^y + COP_C^y$$

Na ovaj način je COP_T za određeni režim rada (x ili y), dat kao kombinacija COP grijanja i hladjenja u tom istom režimu rada.

4. Sistemi u zgradama

Hladjenje/Grijanje u zgradama

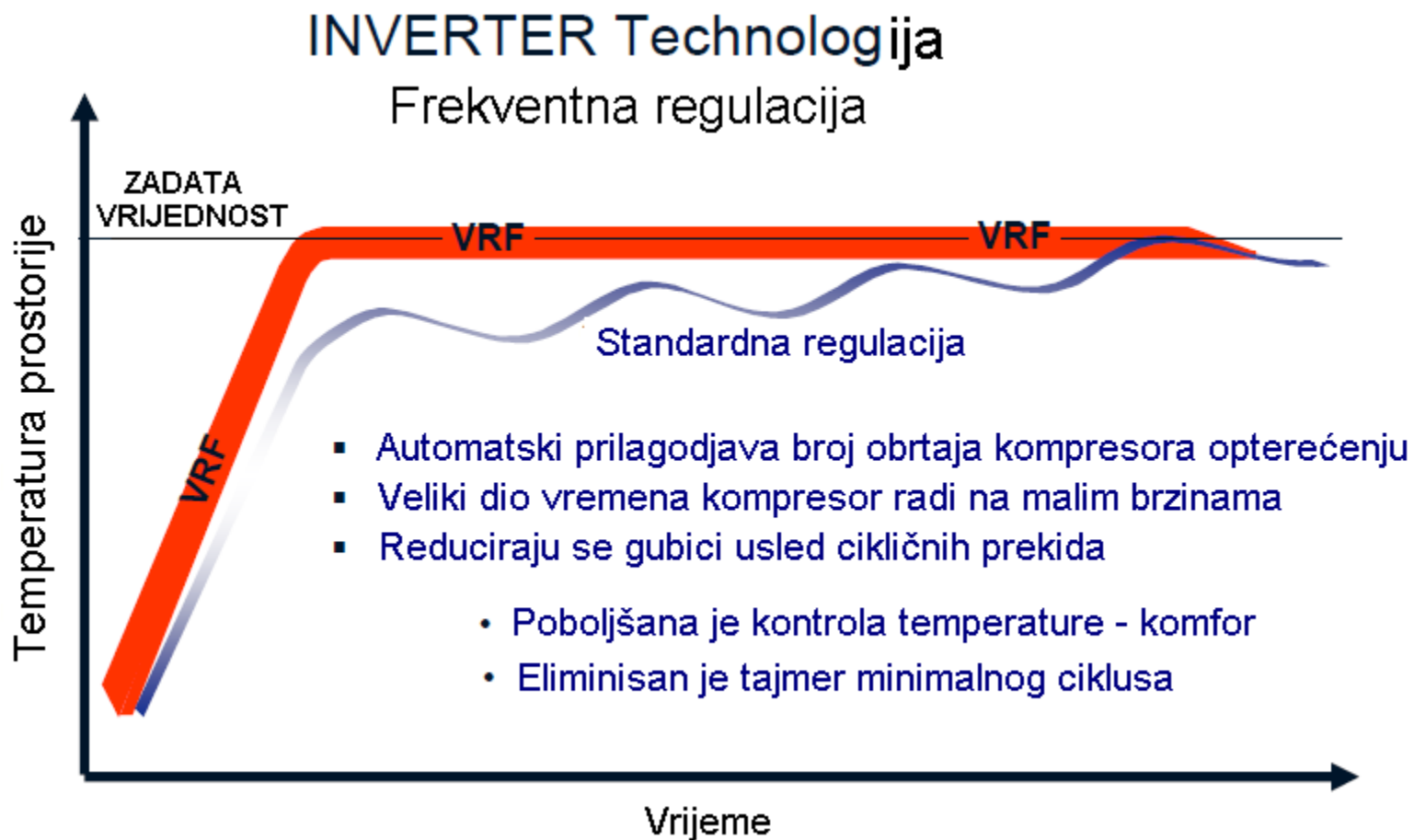
INVERTER Technologija Frekventna regulacija



Frekvencija se reguliše od 10 - 110 Hz

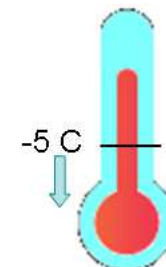
Na taj način se mijenja broj obrtaja motora kompresora u skladu sa zahtjevima.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

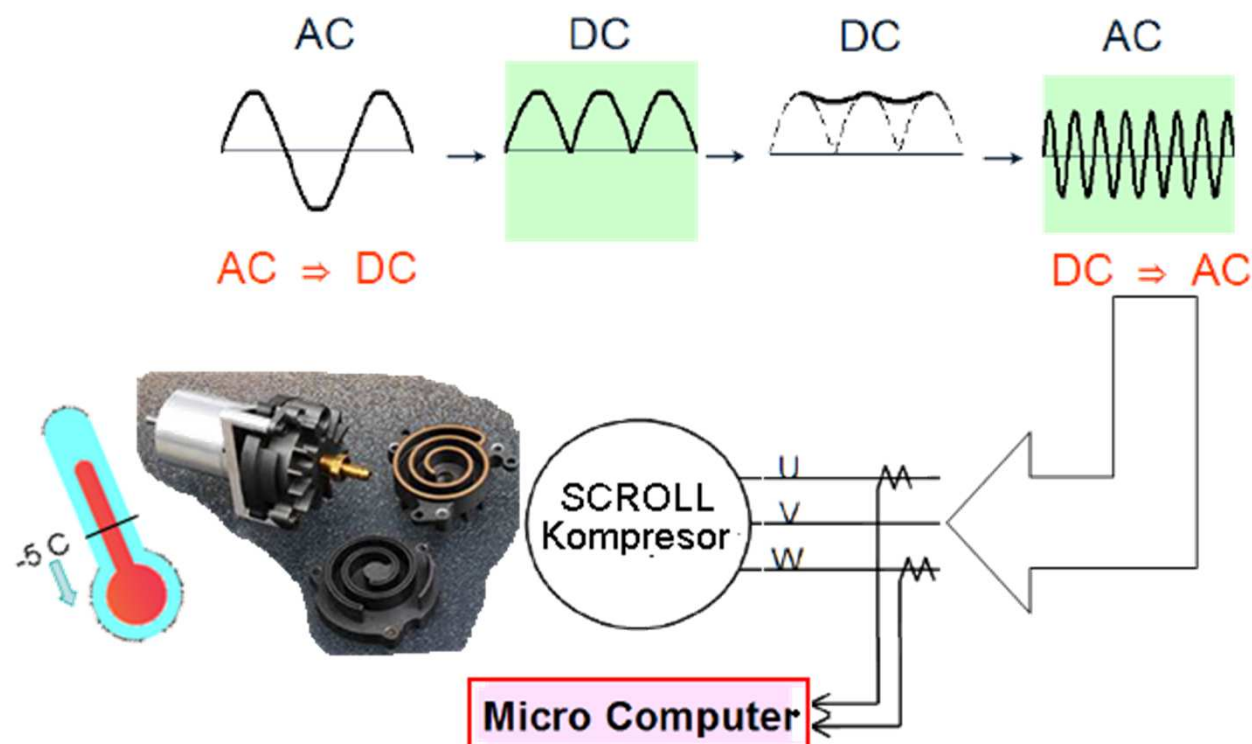


Hladjenje/Grijanje u zgradama

INVERTER Tehnologija & SCROLL Kompresor



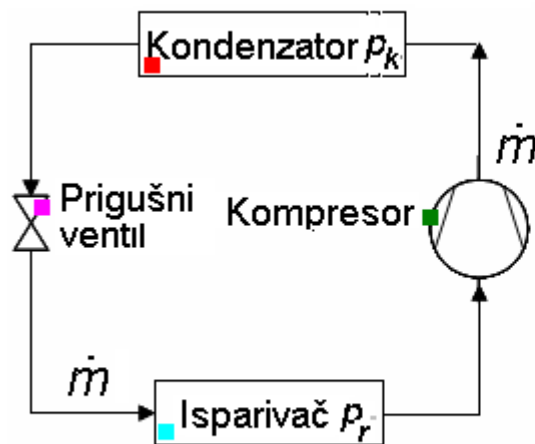
“Inverter” tehnologija je najčešće spregnuta sa “Scroll” tipom kompresora, pri čemu je istovremeno poboljšán rad na niskim temperaturama (nižim od -5 C).



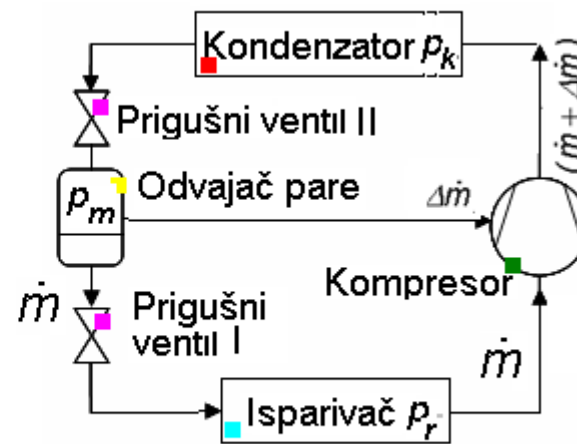
Hladjenje/Grijanje u zgradama

INVERTER Tehnologija & SCROLL Kompresor

Poboljšanje se postiže ubrizgavanjem parne faze uz odgovarajuće prigušenje u Prigušnom ventilu II.



Standardni ciklus (SC)



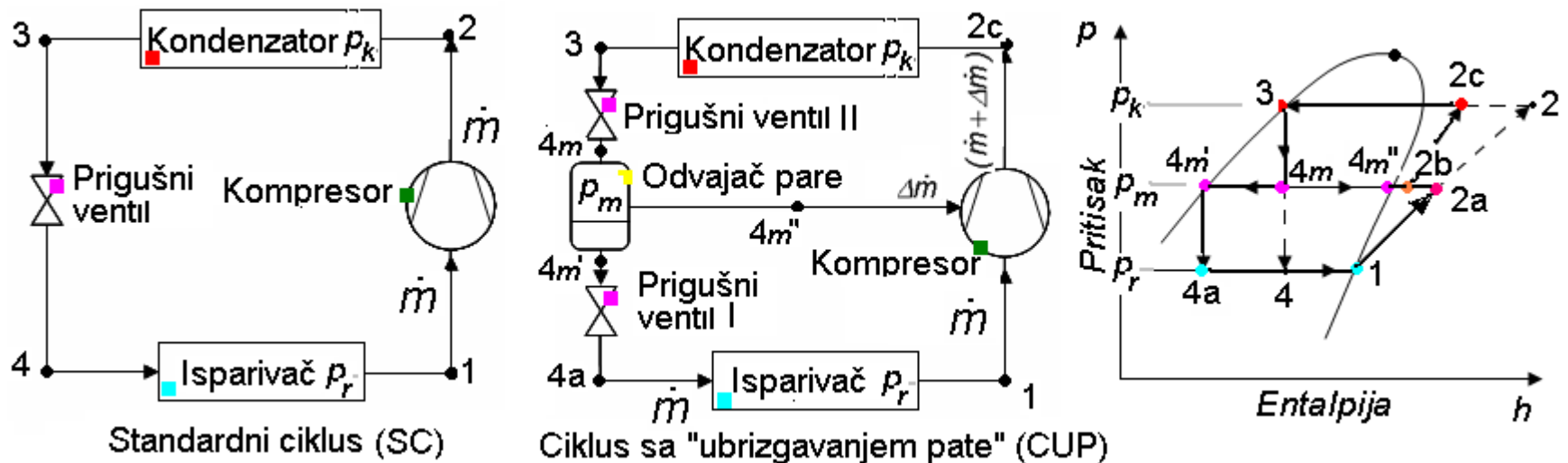
Ciklus sa "ubrizgavanjem pate" (CUP)

Uvodjenjem prigušivanja na međupritisak (p_m), u odvajaču pare (tečnosti), samo tečna faza se dalje prigušuje na pritisak isparivača (p_r), i na taj način u isparivač nakon prigušenja, ulazi dvofazna smješa sa većom količinom tečne faze. Para iz odvajača se "ubrizgava" u proces sabijanja u kompresoru.

Hladjenje/Grijanje u zgradama

INVERTER Tehnologija & SCROLL Kompresor

Pri niskim temperaturama kritična je toplota isparivača (Q_R) koja je definisana količinom tečne faze koja isparava u njemu.

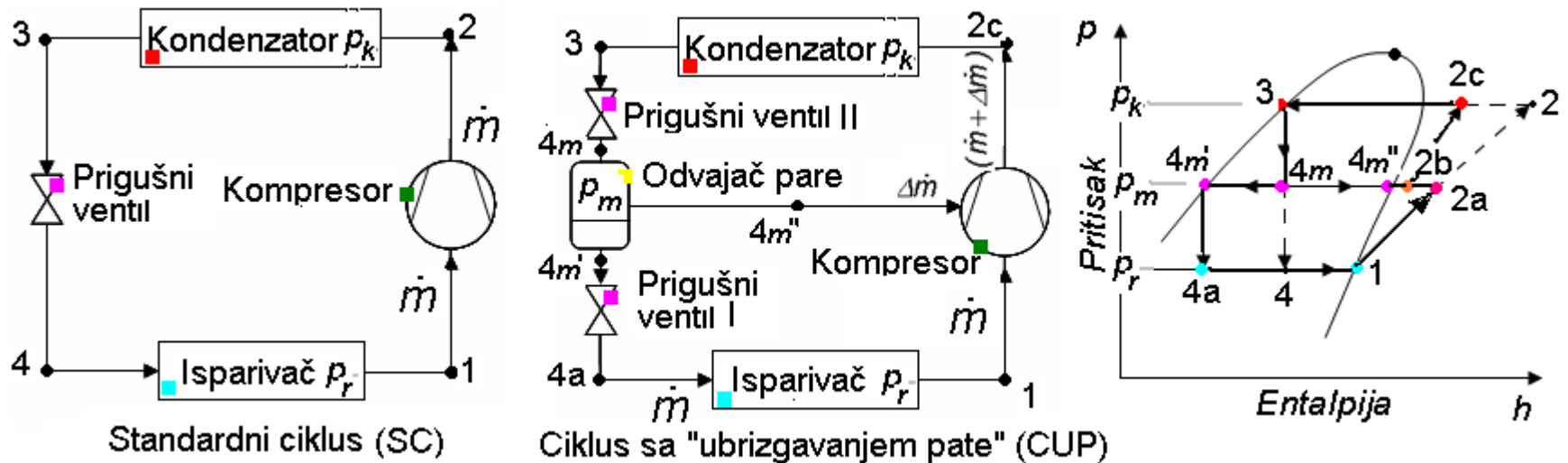


Zapreminski protok rashladnog fluida definisan je geometrijom kompresora i pri određenom broju obrtaja on je konstantan. Maseni protok je jednak proizvodu zapreminskog protoka rashladnog fluida i gustine na ulazu u kompresor:

$$\dot{m} [\text{kg} / \text{s}] = \rho_1 V \dot{V}$$

Hladjenje/Grijanje u zgradama

INVERTER Tehnologija & SCROLL Kompresor



Za određenu temperaturu isparivača, maseni protok je konstantan. Sa druge strane, (vidi se sa slike), toplota koju isparivač oduzima okolini u slučaju SC i CUP je:

$$\dot{Q}_R^{SC} [W] = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$\dot{Q}_R^{CUP} [W] = \dot{m}(h_1 - h_{4a})$$

$$h_4 = (1 - x_4)h_4' + x_4h_4'', \quad h_{4a} = (1 - x_{4a})h_4' + x_{4a}h_4'', \quad r = h_4'' - h_4'$$

Razlika kapaciteta na isparivaču je:

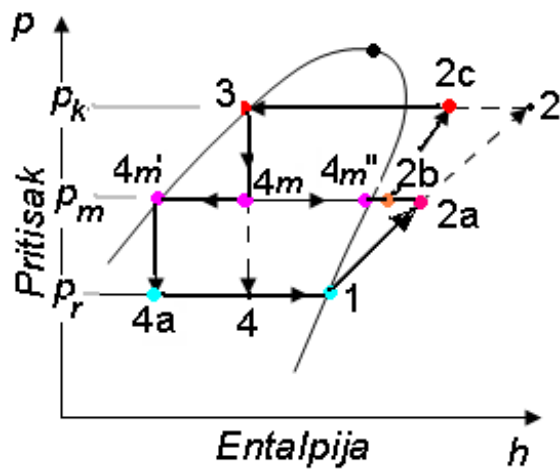
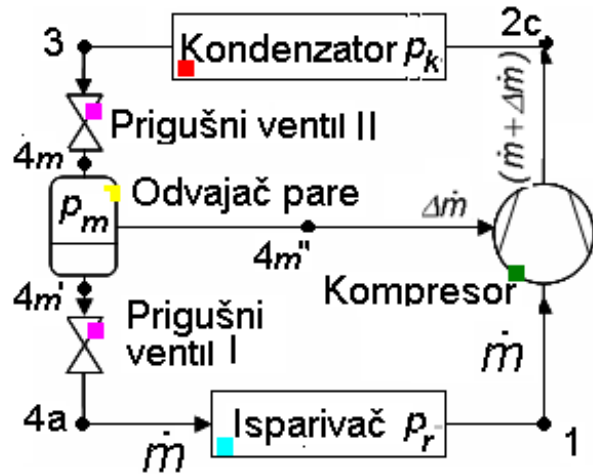
$$\Delta \dot{Q}_R = \dot{Q}_R^{CUP} - \dot{Q}_R^{SC}$$

$$\Delta \dot{Q}_R = \dot{m}[(h_1 - h_{4a}) - (h_1 - h_4)] = \dot{m}r(x_4 - x_{4a}).$$

Hladjenje/Grijanje u zgradama

INVERTER Tehnologija & SCROLL Kompresor

Ciklus sa "ubrizgavanjem pate" (CUP)



Efikasnost ciklisa CUP:

$$COP_H^{CUP} = \frac{\dot{Q}_k}{P} \Big|^{CUP} = \frac{(\dot{m} + \Delta\dot{m})(h_{2c} - h_3)}{\dot{m}(h_{2a} - h_1) + (\dot{m} + \delta)(h_{2c} - h_{2b})}$$

$$COP_H^{CUP} = \frac{\dot{Q}_k}{P} \Big|^{CUP} = \frac{(1 + \delta)(h_{2c} - h_3)}{(h_{2a} - h_1) + (1 + \delta)(h_{2c} - h_{2b})}$$

$$\delta = \frac{\Delta\dot{m}}{\dot{m}}$$

Iz energetskog bilansa u odvajaju pare, određuje se količina (udio) pare koja se ubrizgava:

$$(\dot{m} + \Delta\dot{m})h_3 = \dot{m}h'_{4m} + \Delta\dot{m}h''_{4m}$$

$$(1 + \delta)h_3 = h'_{4m} + \delta h''_{4m}, \quad \delta = \frac{h_3 - h'_{4m}}{h''_{4m} - h_3}$$

Entalpija na ulazu u 2. stupanj kompresije (2_b) se određuje iz energetskog bilansa miješanja:

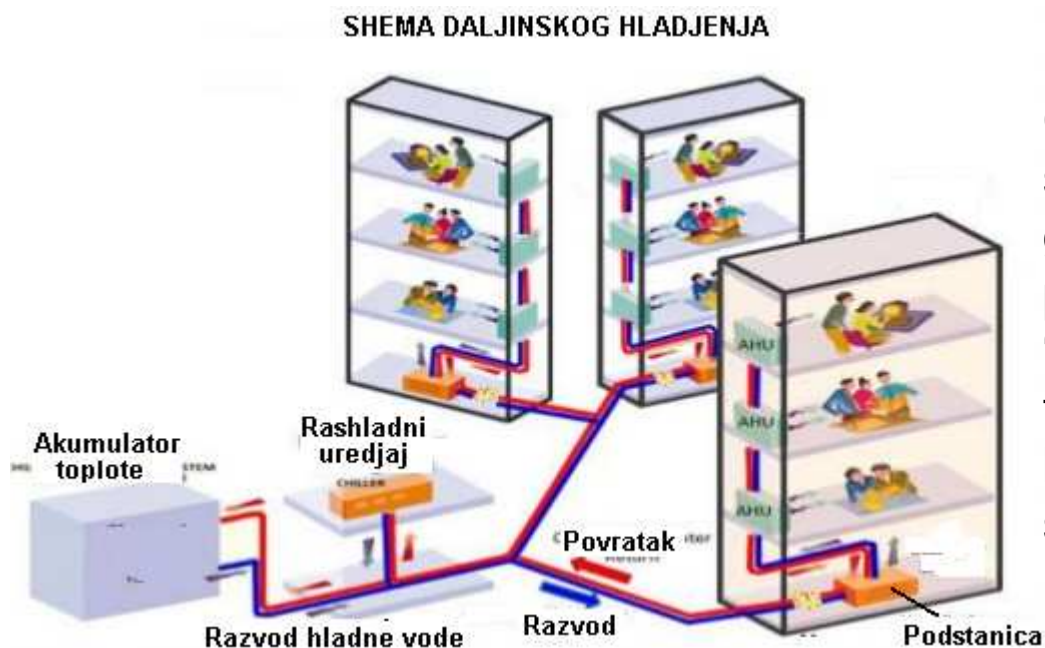
$$\dot{m}h_{2a} + \Delta\dot{m}h''_{4m} = (\dot{m} + \Delta\dot{m})h_{2b}$$

$$h_{2a} + \delta h''_{4m} = (1 + \delta)h_{2b}, \quad h_{2b} = \frac{h_{2a} + \delta h''_{4m}}{1 + \delta}$$

Hladjenje/Grijanje u zgradama

Daljinsko grijanje/hladjenje

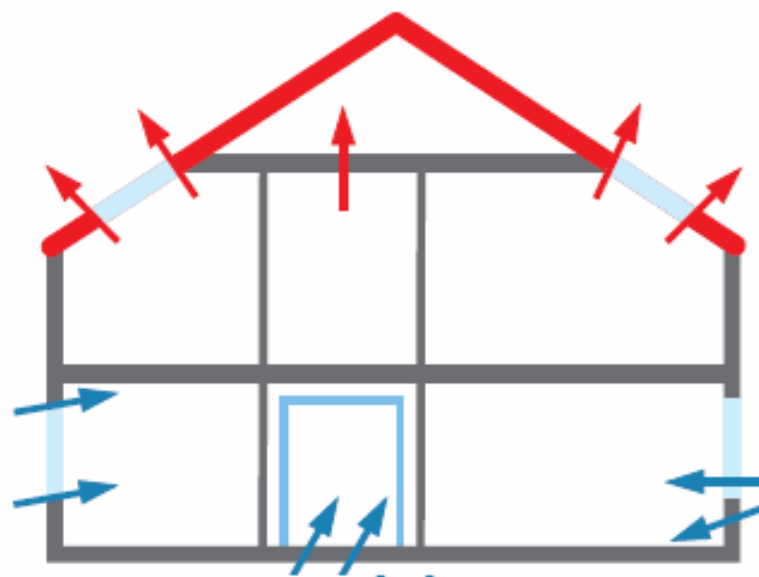
Centralni Grejni/Rashladni uređaj šalje cijevima sekundarni grejni/rashladni fluid (voda) u podstanice više zgrada gdje predaje "toplotu"/"hladnoću" "lokalnom" fluidu (voda), koji odlazi u klima komore gdje grije/ hladi vazduh koji se dalje distribuira.



Ventilacija u zgradama

Prirodna ventilacija

U zgradama sa prirodnom ventilacijom nema ventilatora. Vazduh ulazi kroz pukotine u plaštu zgrade i predviđene otvore za ventilaciju, a izlazi kroz cijevi za odvođenje vazduha, često smještene u otvoru dimnjaka.

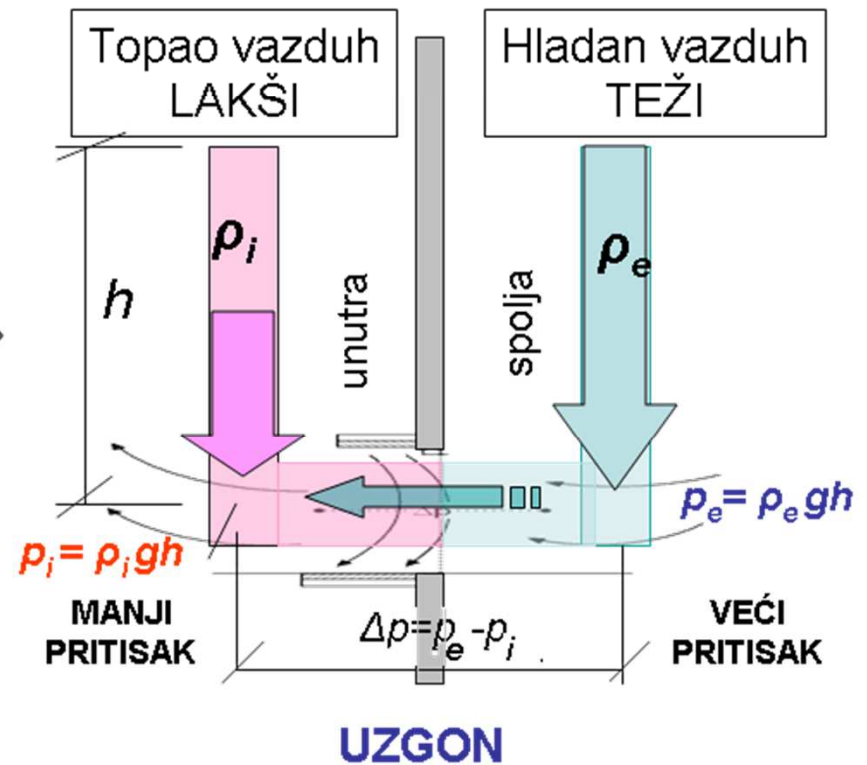
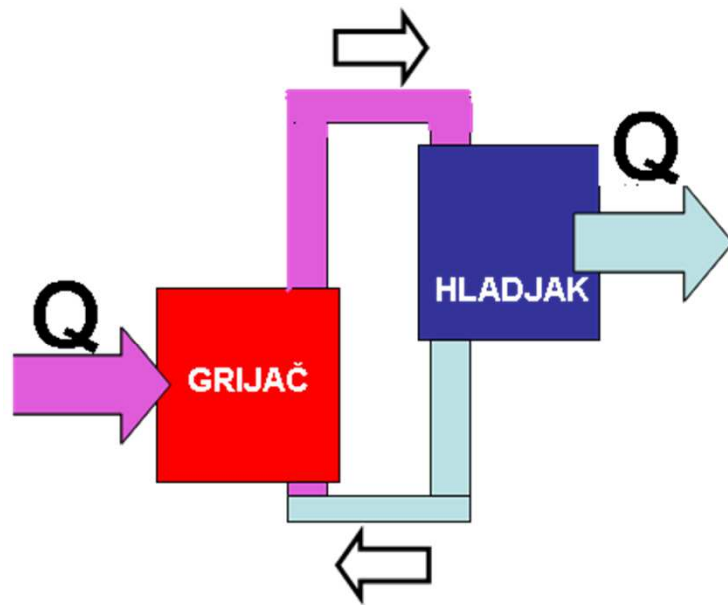


Ventilacija u zgradama

Prirodna ventilacija

PRIRODNA - ZBOG RAZLIKE U GUSTINAMA

Pokretačka sila je razlika pritisaka generisana razlikom u gustinama (toplo-hladno).

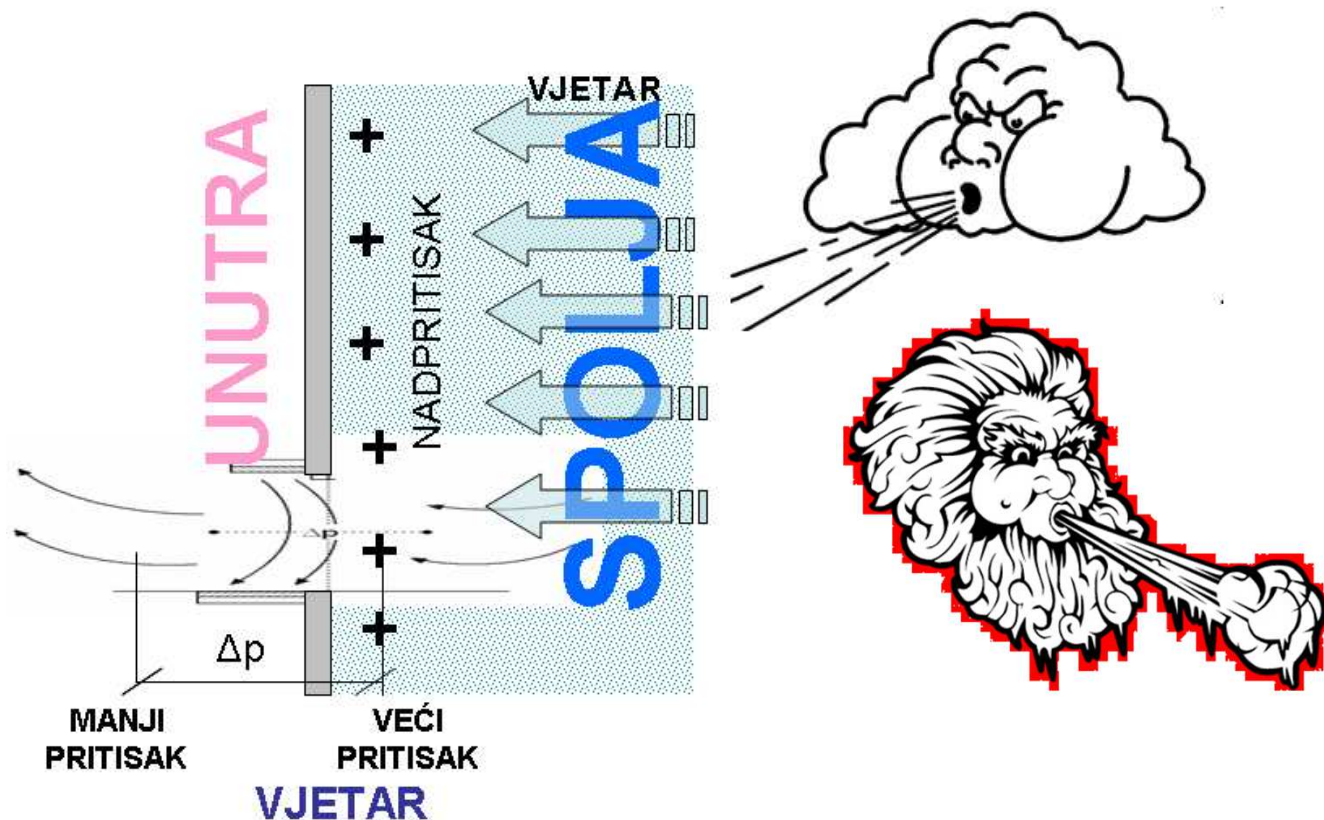


Ventilacija u zgradama

Prirodna ventilacija

PRIRODNA - VJETAR

Pokretačka sila je razlika pritisaka generisana vjetrom.

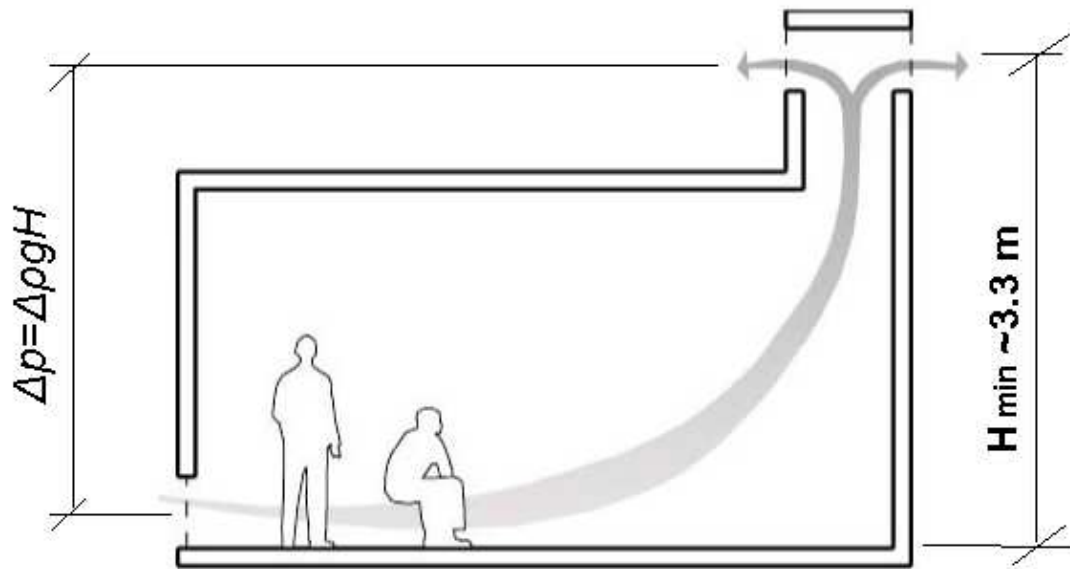


Ventilacija u zgradama

Prirodna ventilacija

Prirodna ventilacija obezbjedjuje maksimalnu efikasnost u korišćenju energije za proces ventilacije.

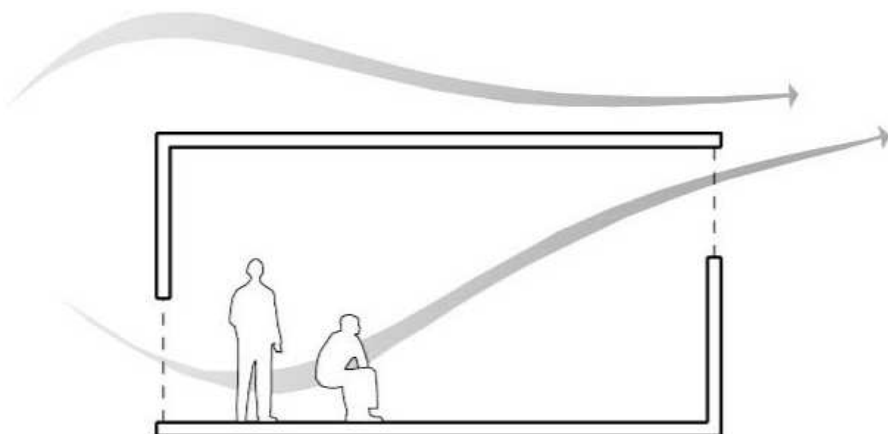
Za “efekat dimnjaka” koji se javlja zimi zbog razlike u gustinama toplog (prostorija) i hladnog vazduha (okolina), neophodno je postojanje visinske razlike izmedju ulaznog i izlaznog otvora.



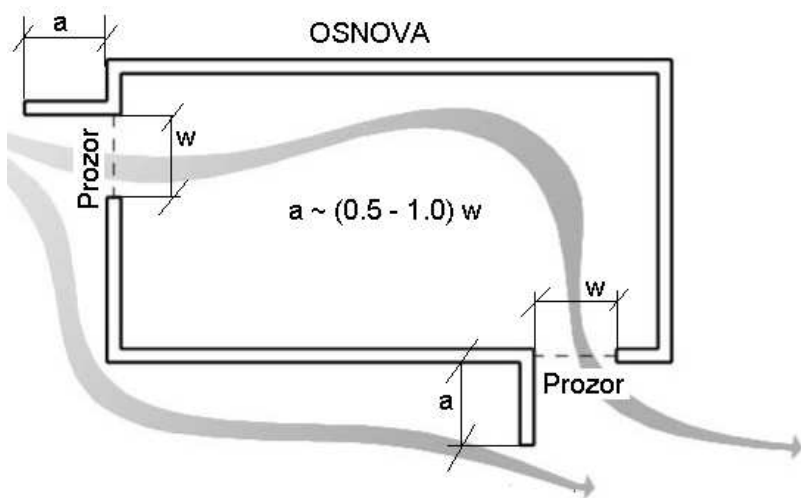
U sezoni hladjenja, dolazi do inverzije u polju pritiska (spolja je topao, a unutra hladan vazduh), pa je i smjer strujanja vazduha obrnut.

Ventilacija u zgradama

Prirodna ventilacija



U slučaju “poprečne” ventilacije, najbolji se efekat postiže kada su otvori postavljeni dijagonalno i po dužini i po visini.



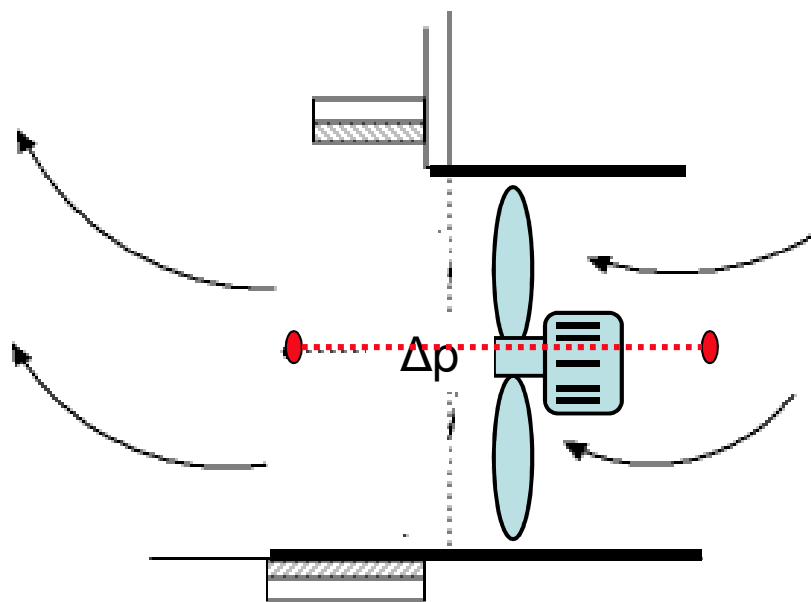
Ako se vjetar javlja kao pokretač “poprečne” ventilacije, zakloni od zida će pojačati efekat.

Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) ventilacija

Ovde je “pokretačka” sila je generisana radom ventilatora.

$$\Delta p = f(\text{Ventilator})$$

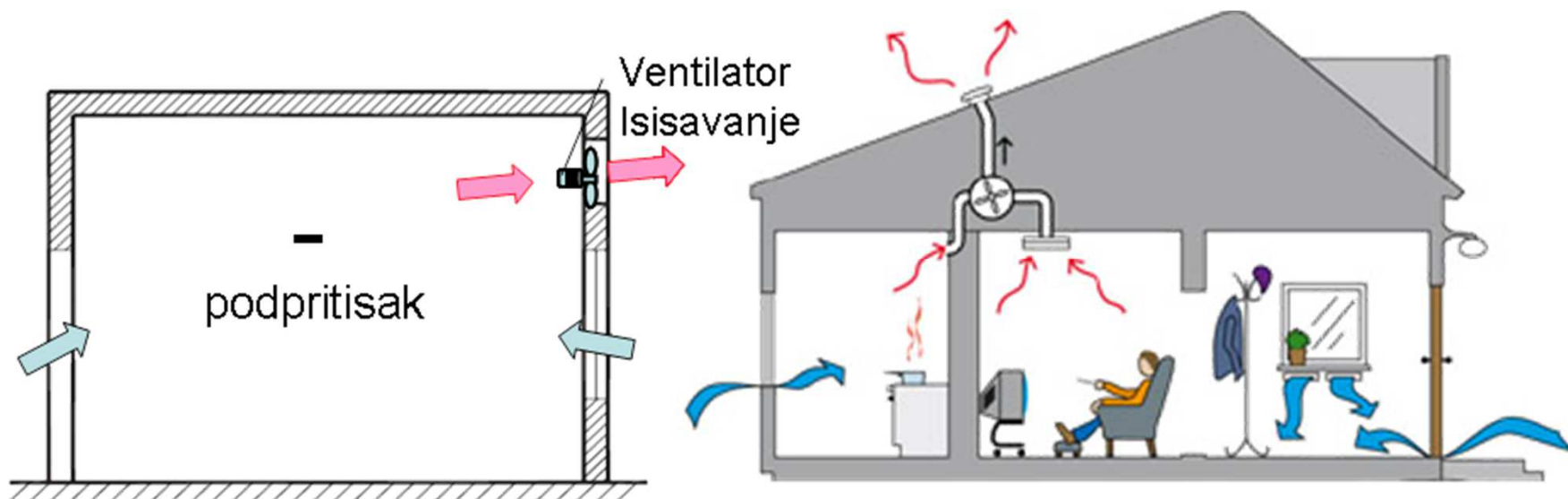


Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) ODSISNA (PODPRITISNA) ventilacija

U sistemima odsisne ventilacije ventilator je uvijek u pogonu, stvarajući na taj način podpritisak u zgradi. Spoljni vazduh ulazi kroz pukotine u plaštu zgrade i otvore predviđene za ulaz vazduha.

U ZGRADI JE PRITISAK NIŽI OD OKOLNOG

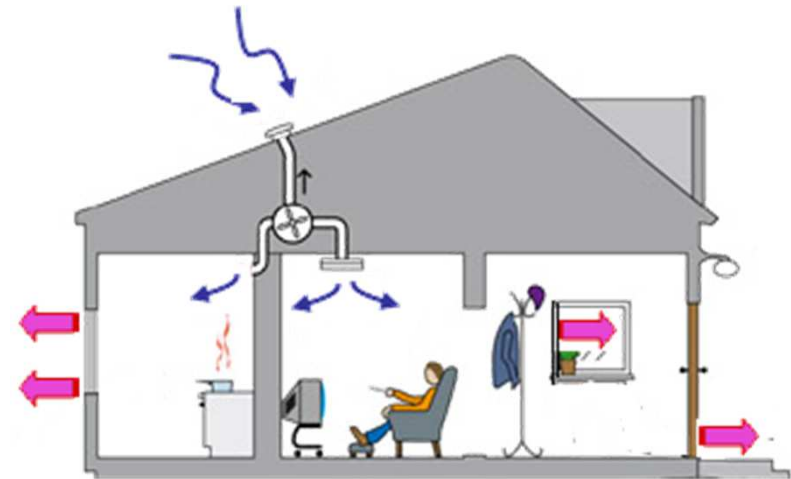
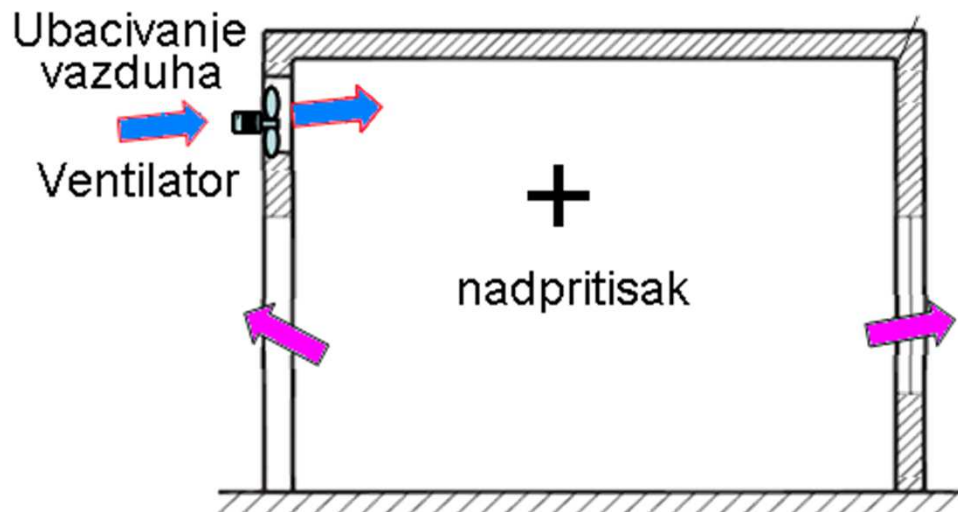


Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) NADPRITISNA ventilacija

U sistemima nadpritisne ventilacije ventilator je uvijek u pogonu, stvarajući na taj način nadpritisak u zgradi. Vazduh izlazi kroz pukotine u plaštu zgrade i (predviđene) otvore predvidjene za izlaz vazduha.

U ZGRADI JE PRITISAK VIŠI OD OKOLNOG.

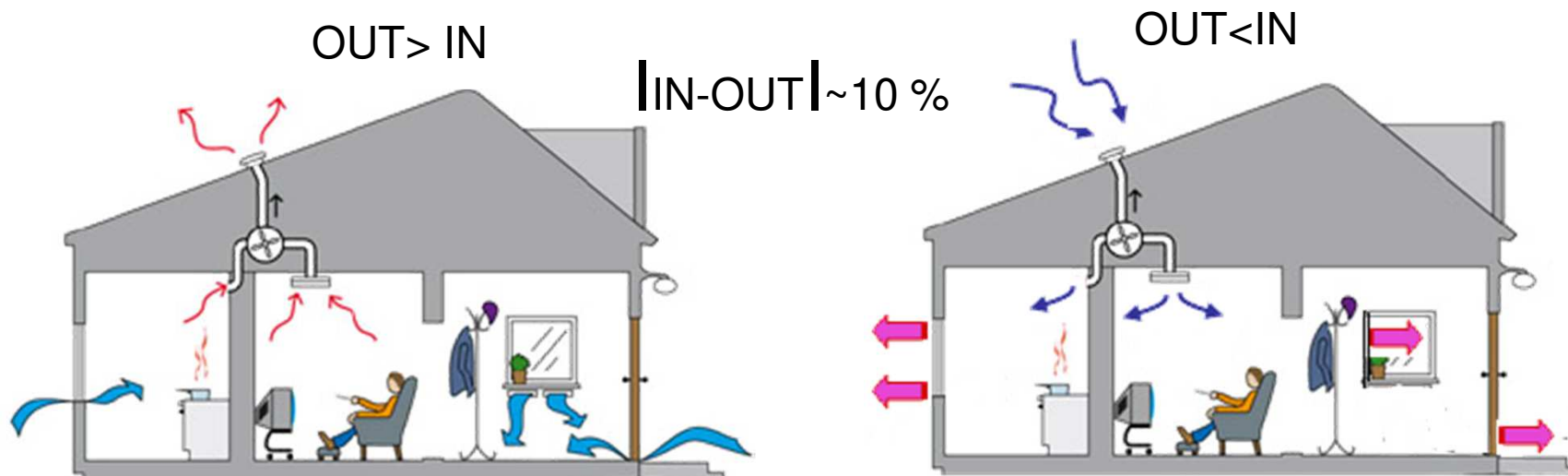


Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) ventilacija

PODPRITISNA (OTŠISNA) ventilacija
(podpritisak u objektu) sprečava širenje mirisa iz objekta.

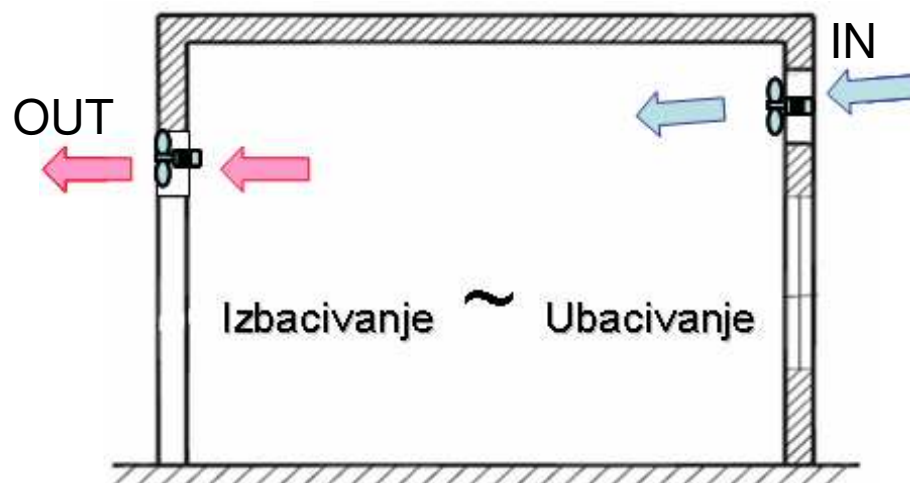
NADPRITISNA ventilacija
(nadpritisak u objektu) sprečava ulaz mirisa-prešine u objekat.



Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) IZBALANSIRANA ventilacija

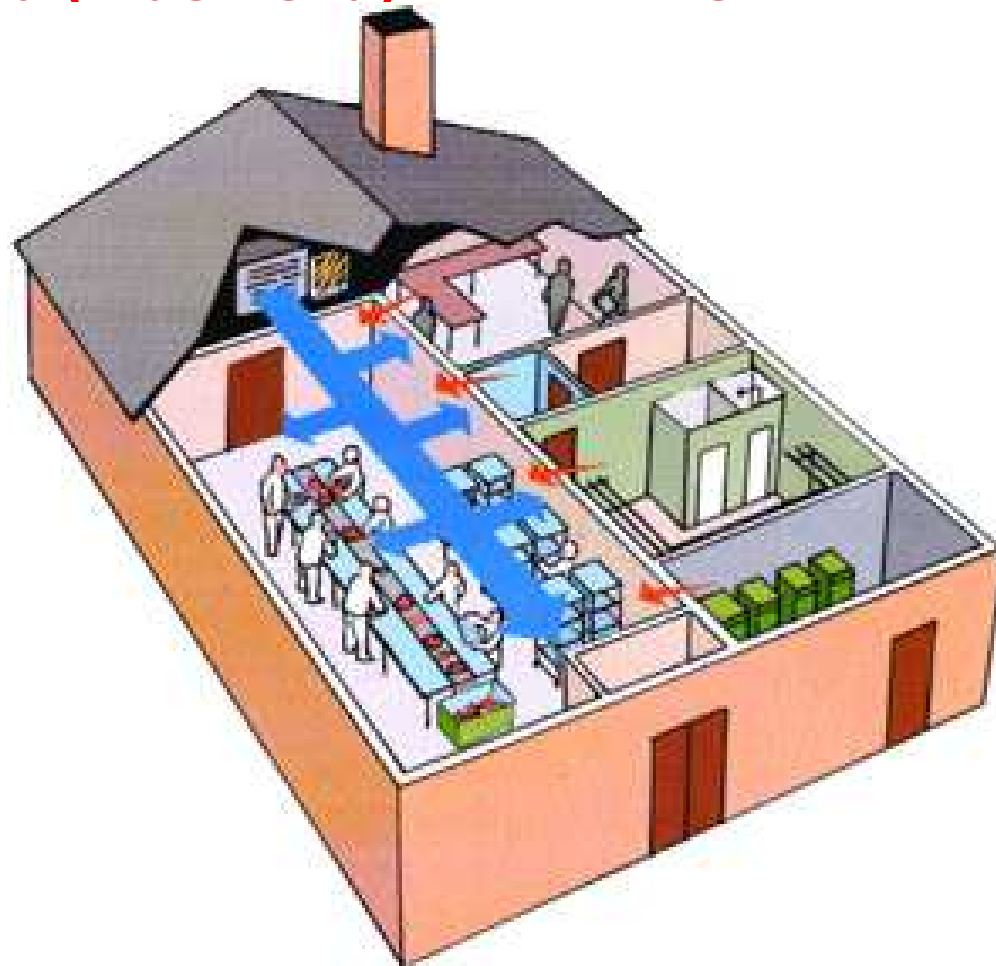
Dovedena i odvedena količina vazduha je jednaka



$$\text{OUT} = \text{IN}$$

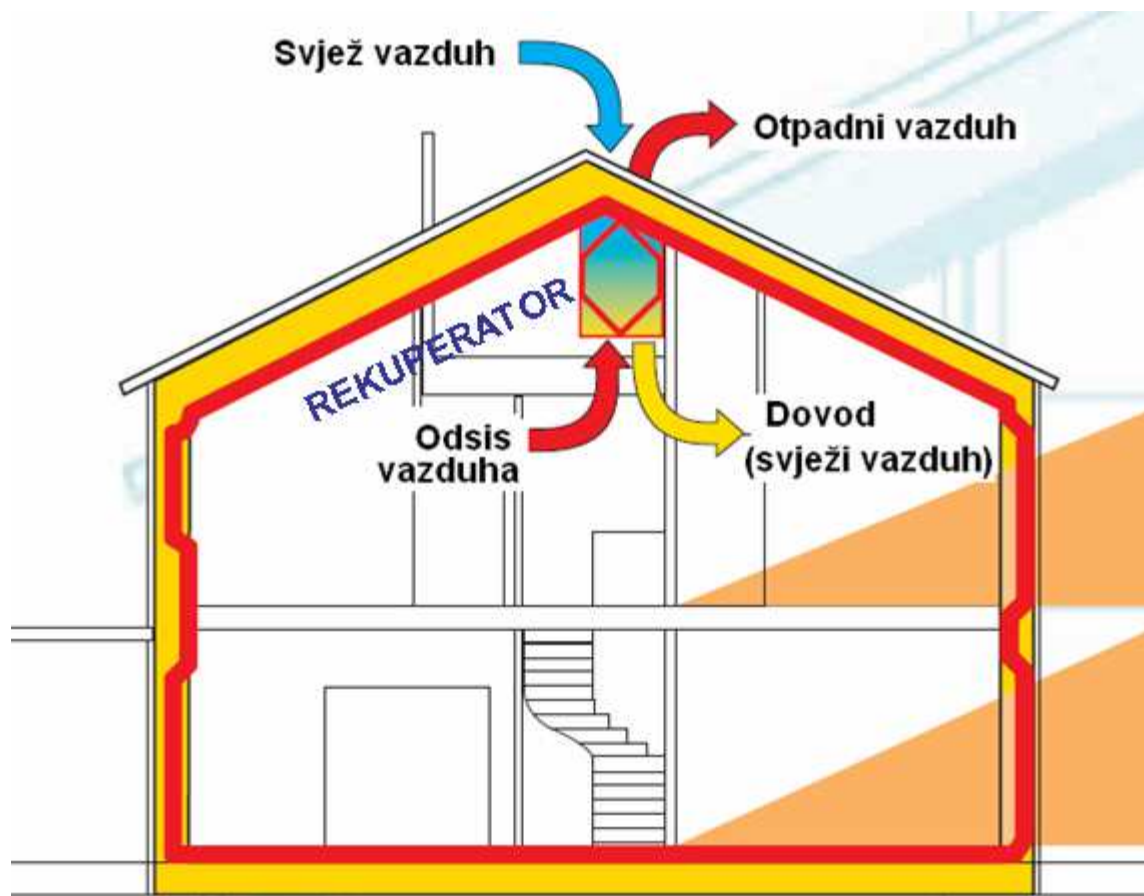
Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) IZBALANSIRANA ventilacija



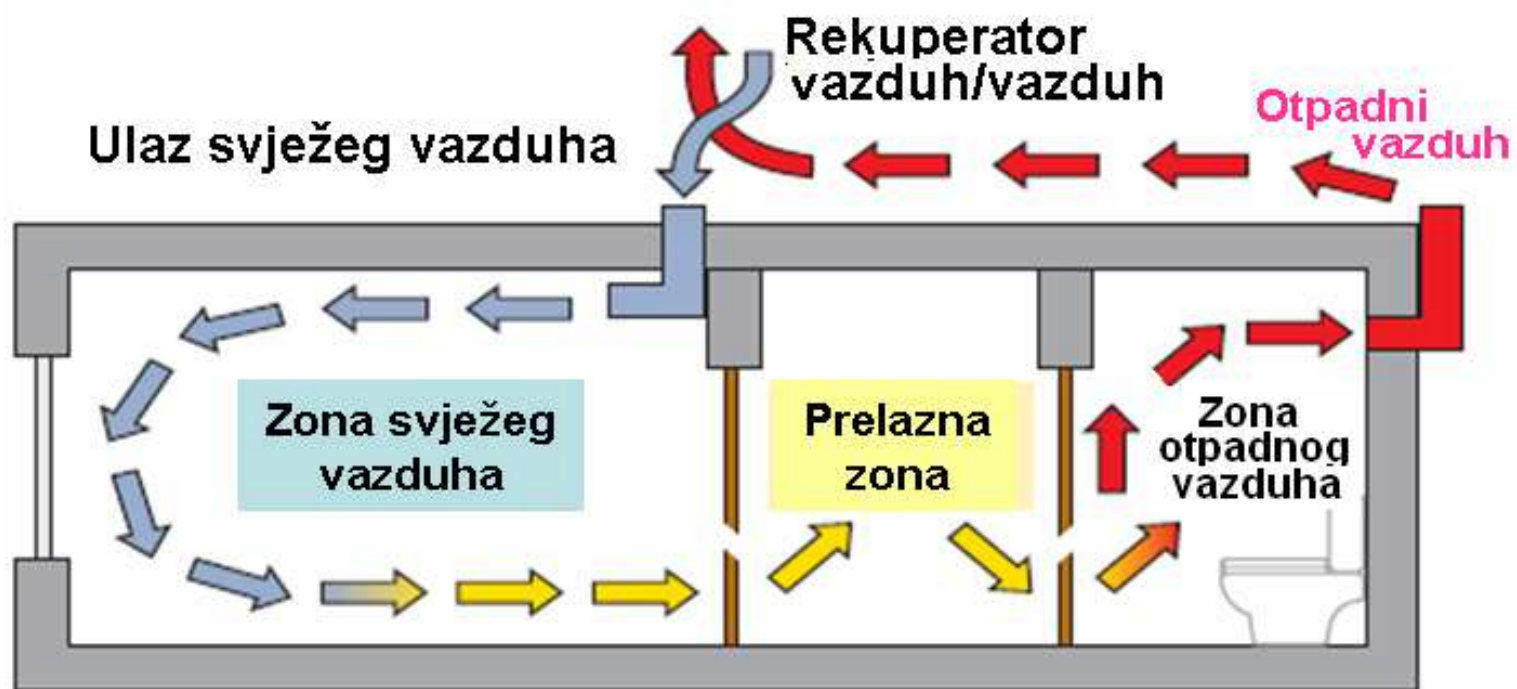
Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) ventilacija sa Rekuperatorom



Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) ventilacija sa Rekuperatorom



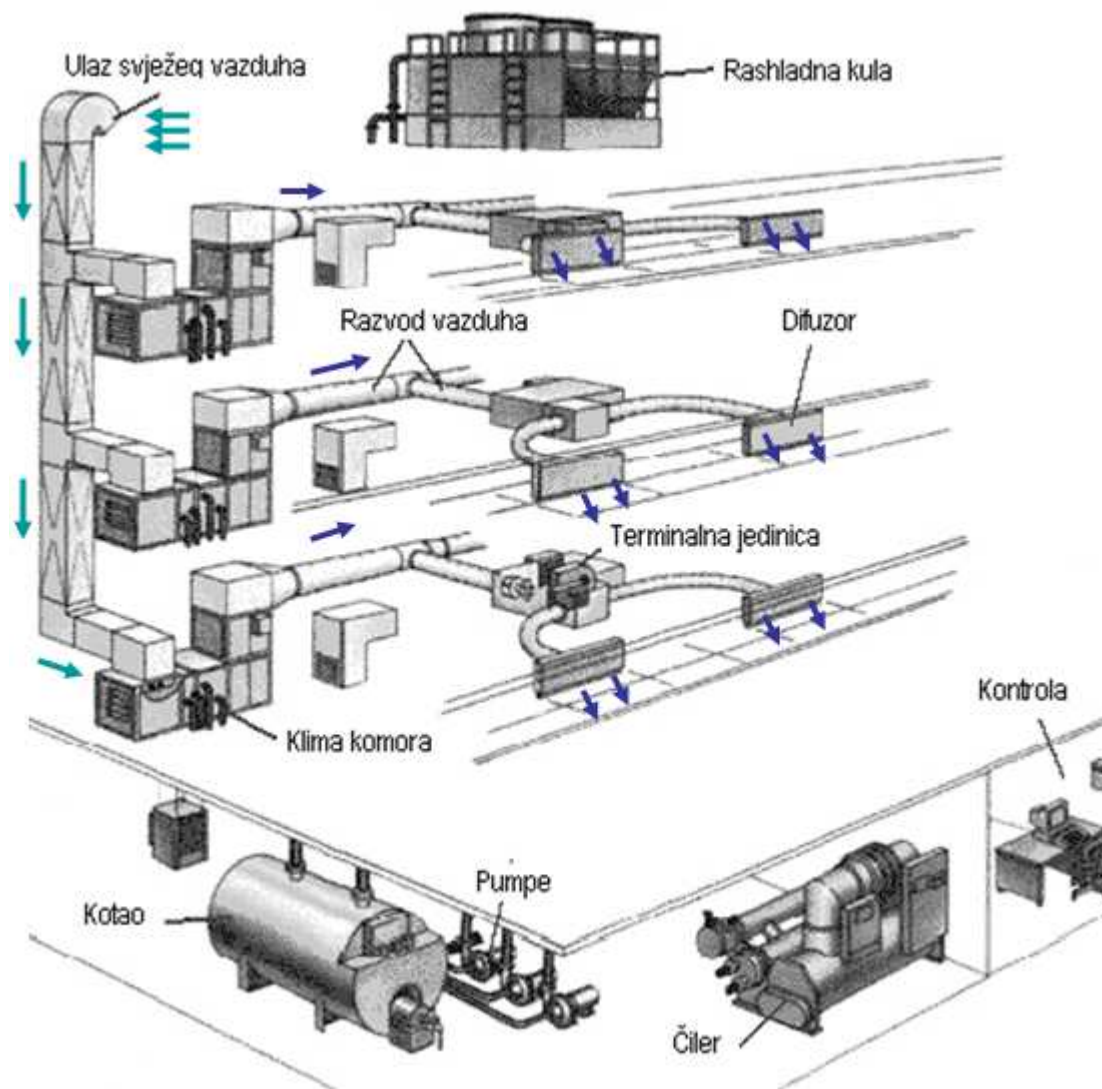
ČESTO SE KORISTI PRINCIP “ISPIRANJA”

Ventilacija u zgradama

Prinudna (mašinska) ventilacija

Broj Izmjena vazduha
(Svježi+Recirkulacioni)
 $\sim 5 - 10 \text{ h}^{-1}$

Broj izmjena svježeg
vazduha $\sim 0.5 - 1 \text{ h}^{-1}$



STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

1. Na pripremu potrošne sanitarne tople vode (STV, 40 -70 l/os/d temperature 45°C) otpada otprilike 20% ukupne godišnje potrošnje toplotne energije.
2. Prosječni građanin troši dnevno oko 200 litara pitke vode.

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

Tipične Karakteristike

Protočni bojler	(<2 osobe)
Akumulacioni bojler	(< 4-5 osoba)
Kombinovani bojler za STV & grijanje prostora	(< 4-5 osoba)
Indirektno grijani akumulator pri kotlu	(>4-5 osoba)
Solarni kolektori sa akumulatorom	(>3 osoba)
Toplotne pumpe	(>3 osoba)

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

Protočni bojler (gasni ili električni) (<2 osobe)

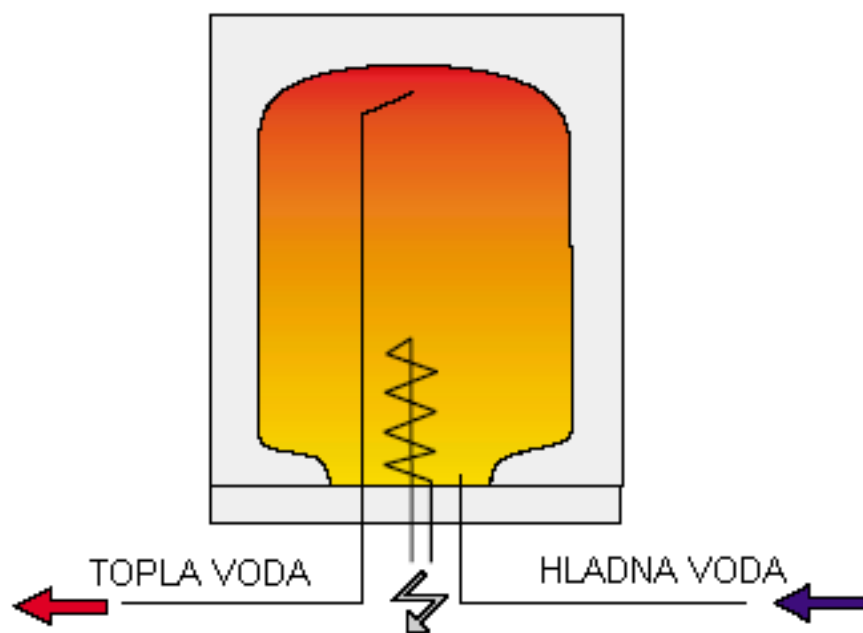


Obično se koriste u kupatilima kapacitet do 12 lit/min (pri 45°C).

Kod električne varijante, jedna od najvećih mana je velika priključna snaga (~ 12 kW).

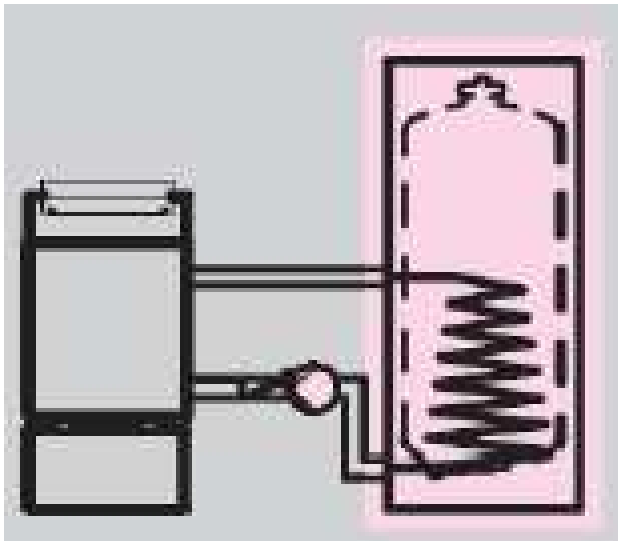
STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

Akumulacioni bojleri-električni se koriste u kuhinjama (5 -10 Lit), kupatilima (50 -120 Lit), kada je potrebno pripremiti veće količine STV-a na više točecih mjesta



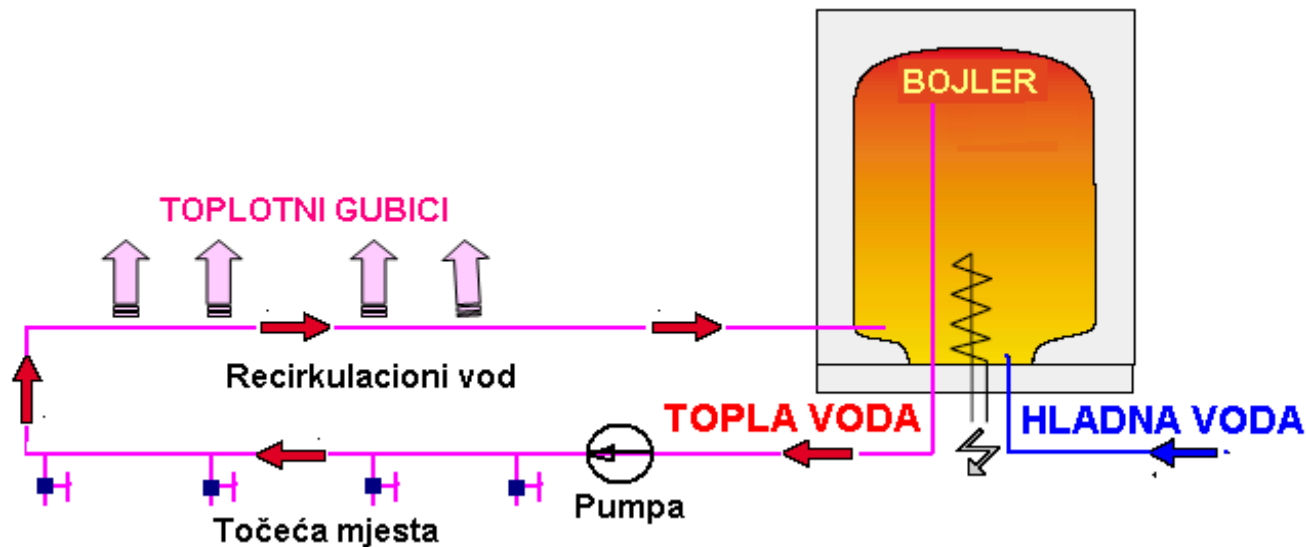
STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

Kotlovi sa indirektno grijanim akumulatorom se koriste za centralnu pripremu STV (porodice sa više članova, najčešće sa kotlovima na gas ili lož ulje kojima se zagrijava voda u posebnom akumulatoru preko izmjenjivača toplote)



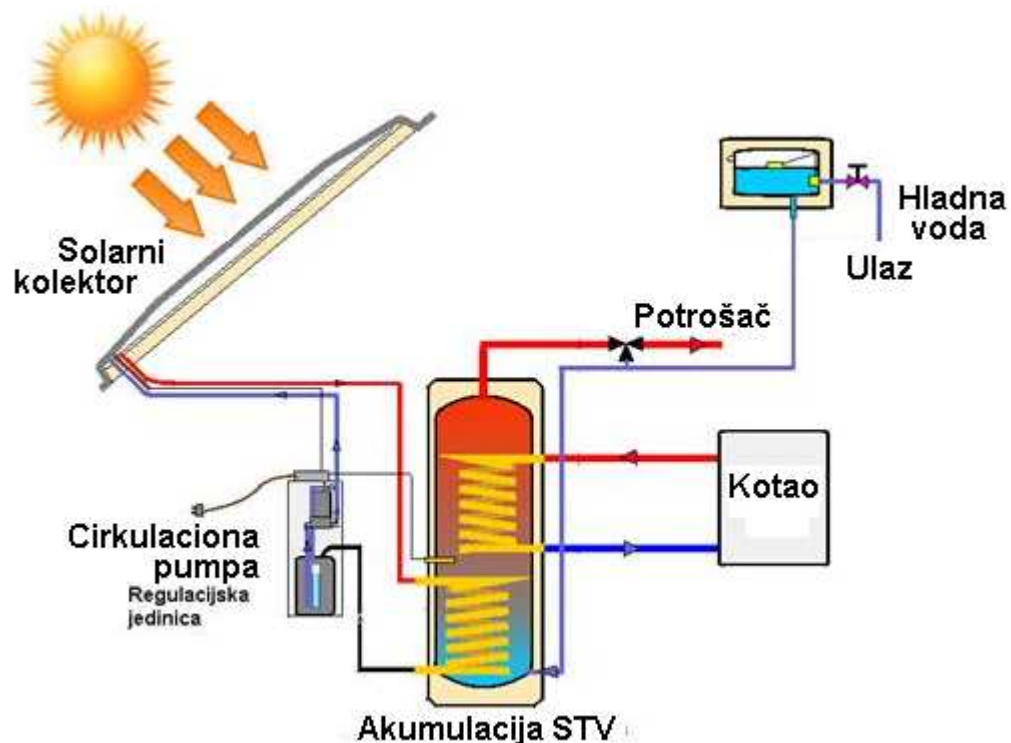
STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

Recirkulacioni vod omogućava da topla voda bude raspoloživa neposredno nakon otvaranja slavine u bilo kom dijelu objekta: uz pomoć pumpe (ili prirodnom cirkulacijom usled razlike temperatura) stalno cirkuliše topla voda u zatvorenom krugu između akumulatora i točećeg mjesta (i kada nema potrošnje). Time se znatno povećavaju toplotni gubici u sistemu.



STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

Zagrijavanje STV Solarnim kolektorima



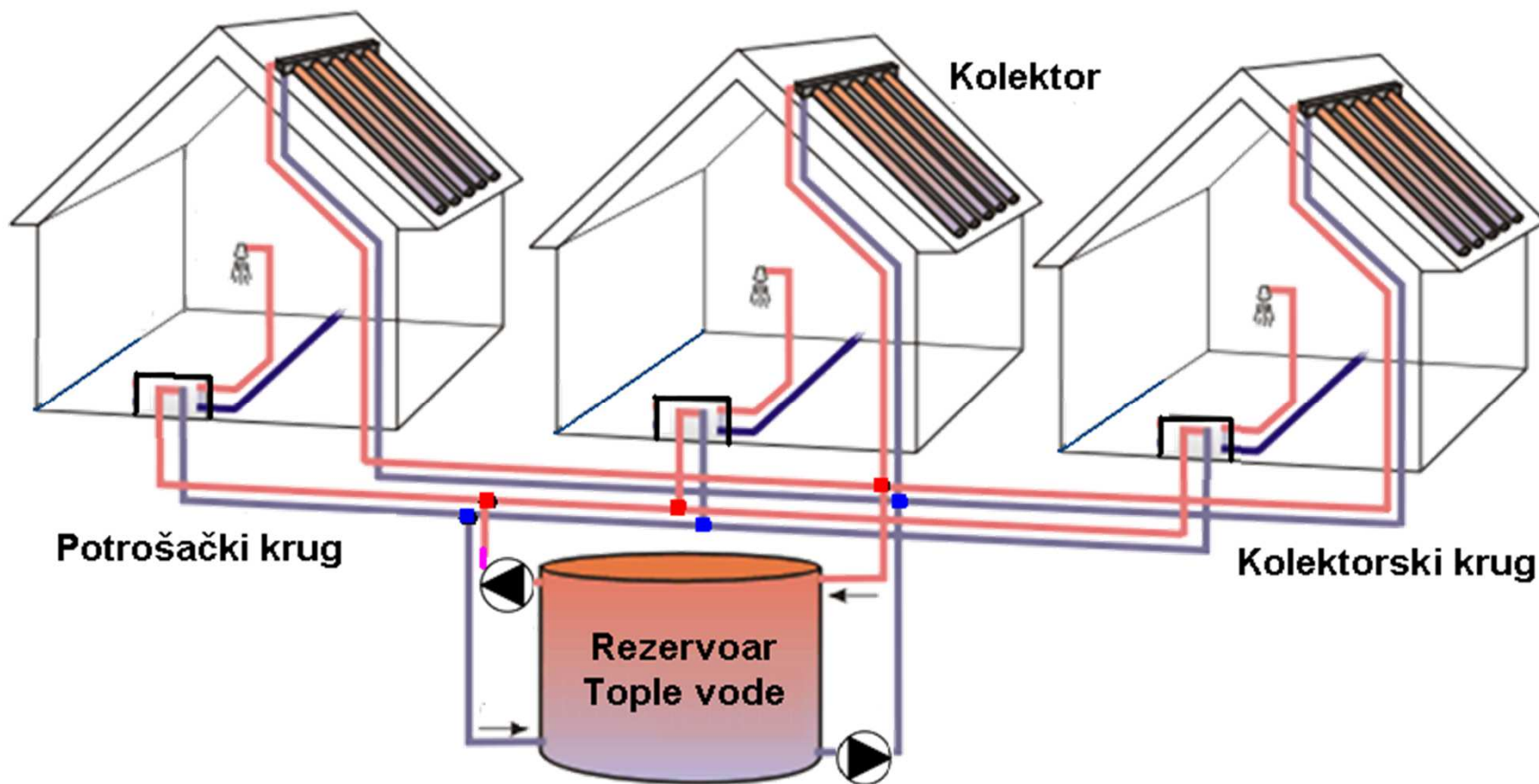
Prednosti:

- korišćenje sunčeve energije,
- smanjenje godišnjeg broja uključivanja kotla
- izbjegavanje grijanja cijelog sistema isključivo kotlom (posebno u ljetnjem periodu),

Mane:

- zavisnost od Meteo uslova,
- relativno skupa instalacija.

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

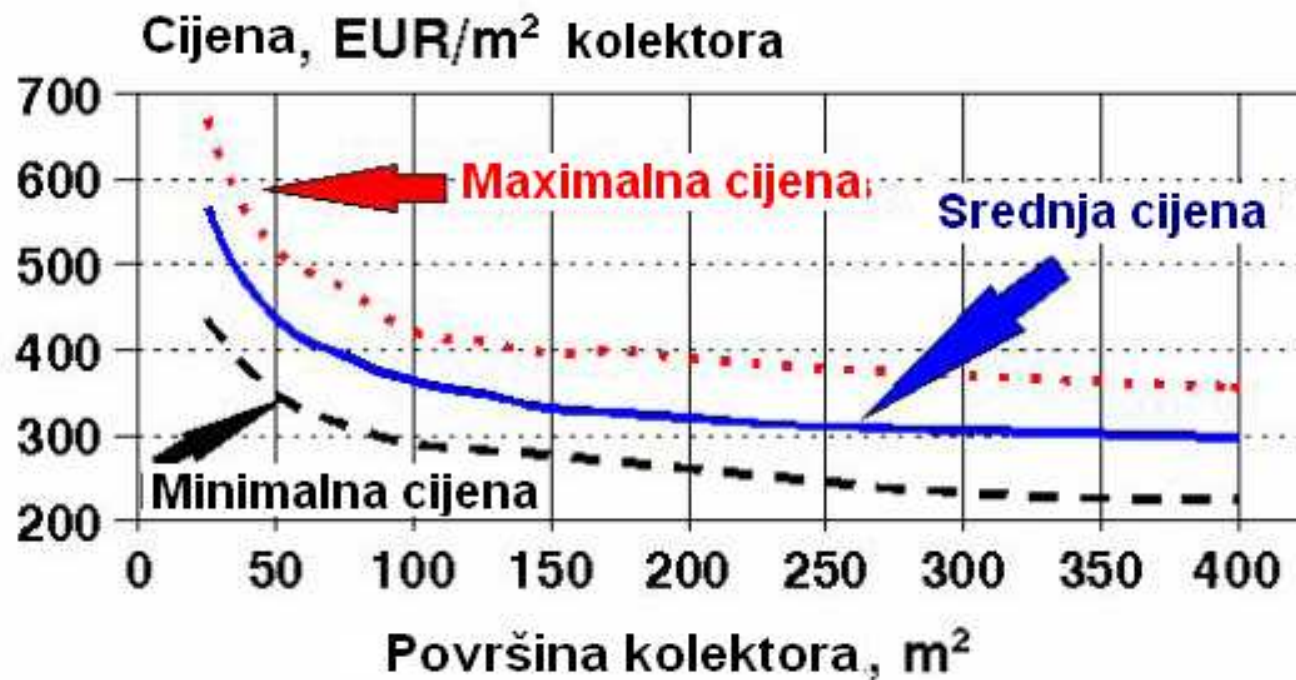


VIŠE POTROŠAČA - JEDAN REZERVOAR

Energetska efikasnost u Zgradarstvu

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

SOLARNI KOLEKTOR CIJENA INSTALACIJE

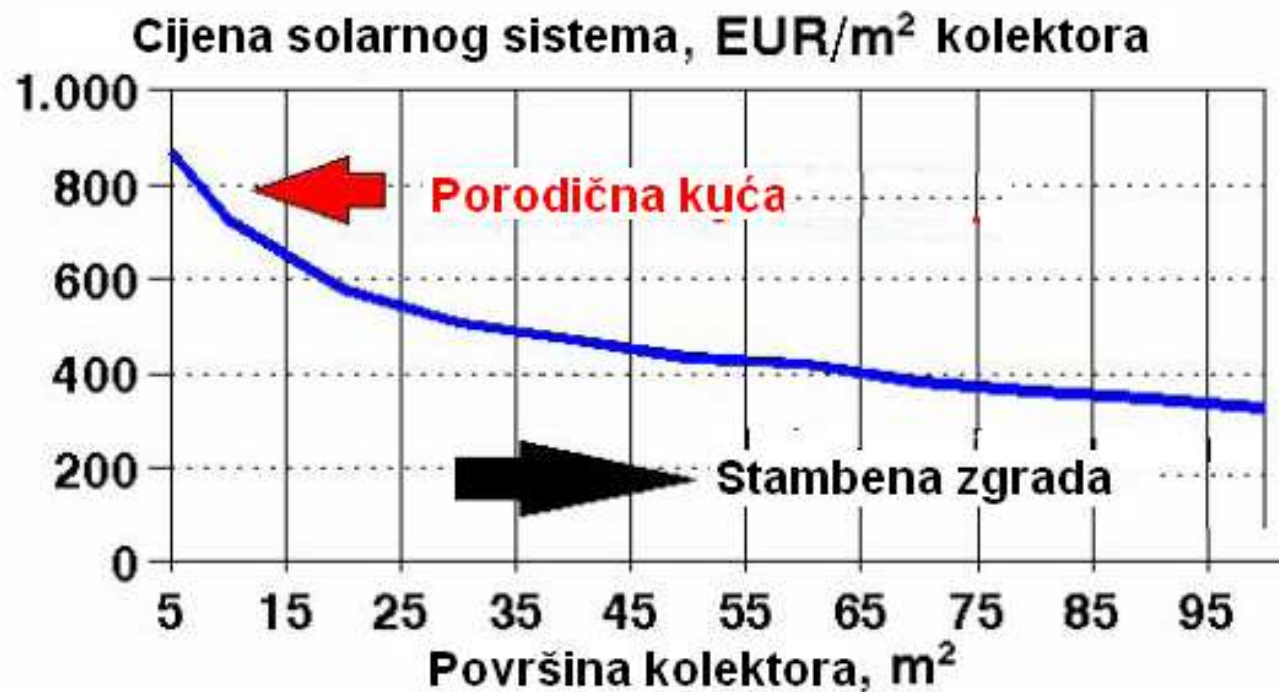


Maximalna cijena: Kolektori na ravnom krovu

Minimalna cijena: Kolektori integrisani u krov

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

SOLARNI KOLEKTOR CIJENA INSTALACIJE



Cijena sistema uključuje rezervoar (akumulaciju) i pomoćni izvor toplote

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

PRIMJER
POTREBNA POVRŠINA

Količina tople vode: *50 l/dan/osobi*

Temperatura vode: *55 C*

Porast temperature vode: *$\Delta t = 55 - 15 = 40 C$*

Potrebna energija za grijanje vode (za 1 osobu):

$$Q_{kol_1} = mc_w \Delta t = 50 * 4.2 * 40 = 8400 \text{ kJ} = 8400 / 3600 = 2.33 \text{ kWh/dan}$$

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

PRIMJER POTREBNA POVRŠINA

Efikasnost kolektora (ravnog): $\eta_{kol} \sim 0.5$

Potrebna solarna energija:

$$Q_{sol_1} = Q_{kol_1} / \eta_{kol} = 2.33 / 0.5 = 4.7 \text{ kWh/dan}$$

Solarni fluks u PDG u Julu (horiz. povr) je $227 \text{ kWh/m}^2 \text{ mjesec}$

$$\text{Dnevni fluks: } Q_{sol_d} = 227 / 31 = 7.3 \text{ kWh/m}^2 \text{ dan}$$

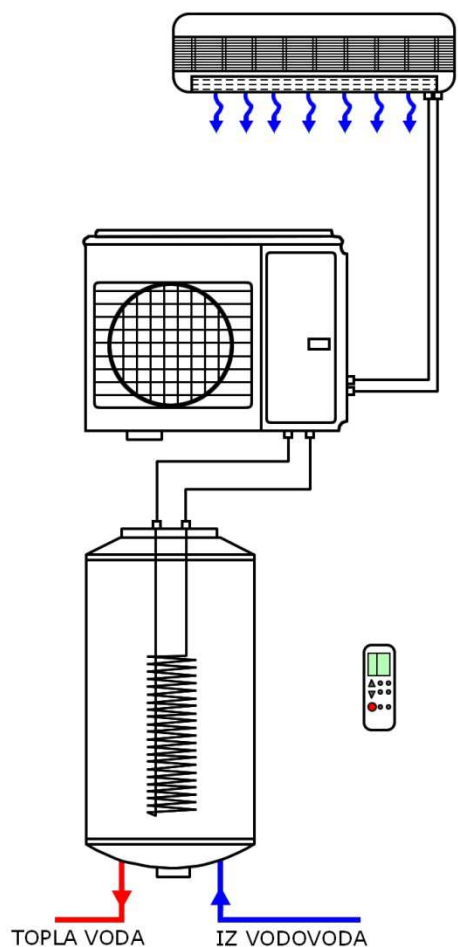
$$\text{Potrebna površina: } A_{kol} = Q_{sol_1} / Q_{sol_d} = 4.7 / 7.3 = 0.64 \text{ m}^2$$

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama

REZIME

1. Površina kolektora *1.0 – 1.5 m²/osobi*
2. Topla voda *50 l/osobi, 50-60 C*
3. Toplota koju sakupi kolektor *300 – 500 kWh/m²god*
4. Rezervoar tople vode *50 – 100 l/osobi*
5. Cijena instalacije *500 – 1000 Eu /m² kolektora*
6. Temperatura vode **< 80 C** *Ravni pločasti kolektori*
7. Temperatura vode **> 80 C** *Kolektori sa vakuum. cijevima*
8. Godišnji bilans *Dimenzionisani prema ljetnjem režimu obezbjedjuju oko 70 % tople vode na godišnjem nivou*

STV (Sanitarna Topla Voda) u zgradama



Kombinacija: Klima-Bojler ("hladi, grije, zagrijava vodu") sastoji se od spoljašnje i unutrašnje jedinice klasičnog split sistema za klimatizaciju manjih prostora i akumulatora **STV**

Prednosti:

- visoka prosječna efikasnost

Nedostaci:

- zavisnost od temperature okoline iz koje se uzima toplota (mali COP pri temperaturama $< 0^{\circ}\text{C}$)

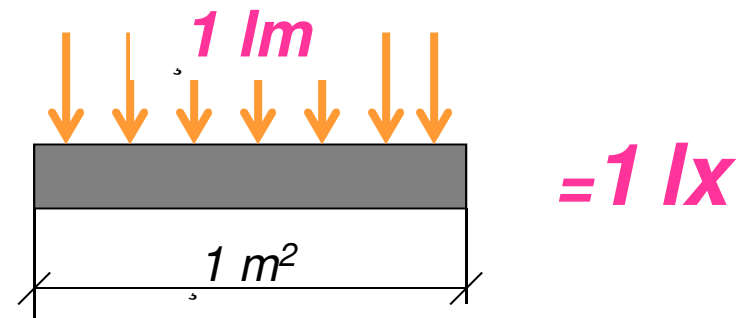
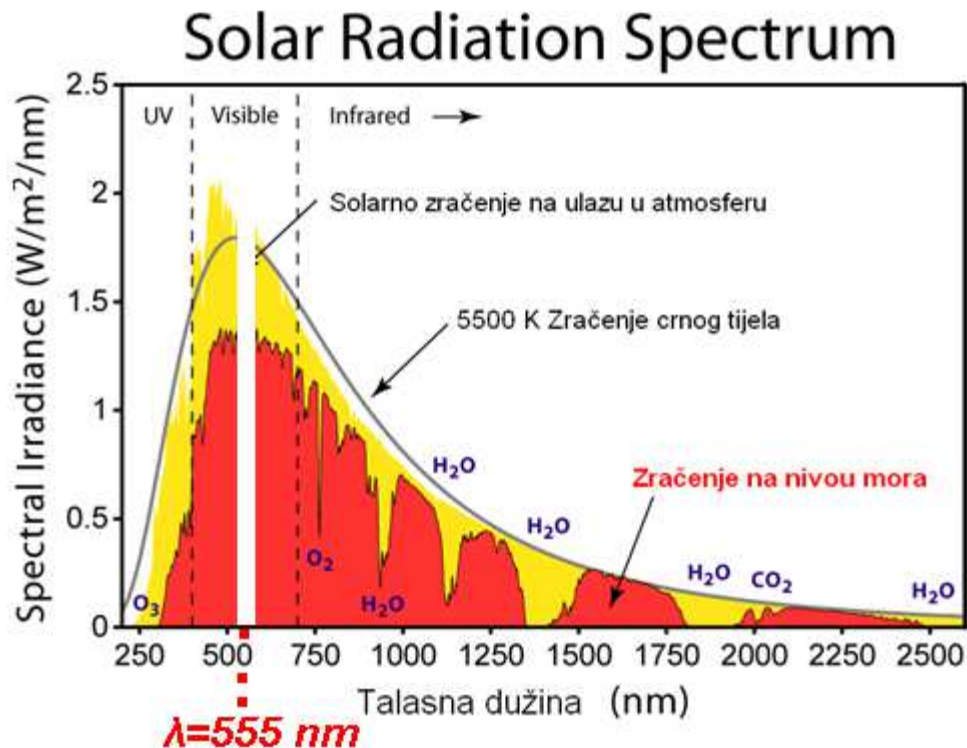
Rasvjeta

U **IS** sistemu mjera jedinica za jačinu osvetljenja (J) je **lux (lx)** ili W/m^2 .

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2 = 1.46 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2 (\lambda = 555 \text{ nm})$$

Lumen (lm) je jedinica za mjerenje svjetlosnog fluksa (W).

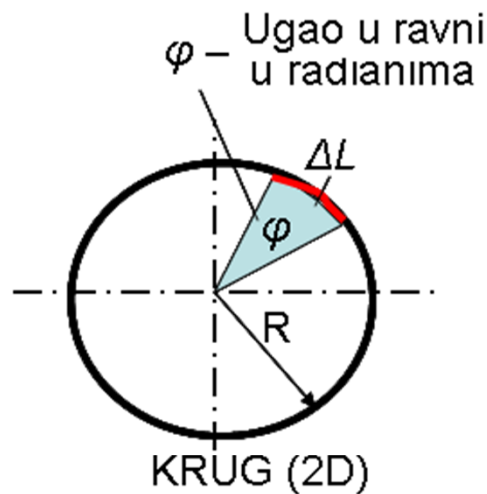
$$1 \text{ lm} = 1.46 \cdot 10^{-3} \text{ W} (\lambda = 555 \text{ nm})$$



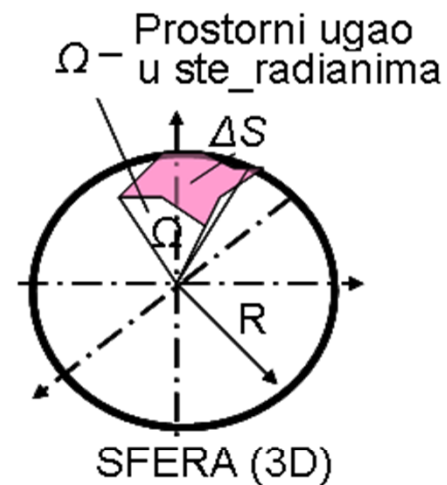
Rasvjeta

ŠTA JE PROSTORNI UGAO?

Postoji analogija između ugla φ u 2-D i prostornog ugla Ω 3-D prostoru:



$$\begin{aligned} & \text{Luk } L \\ & L_{\text{Max}} = R \cdot 2\pi \\ & \Delta L = R \cdot \varphi \\ & \Delta L / L_{\text{Max}} = \varphi / 2\pi \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} & \text{Površina } S \\ & S_{\text{Max}} = R^2 \cdot 4\pi \\ & \Delta S = R^2 \cdot \Omega \\ & \Delta S / S_{\text{Max}} = \Omega / 4\pi \end{aligned}$$

Rasvjeta

Lumen (lm) je jedinica za mjerenje veličine svjetlosnog fluksa.

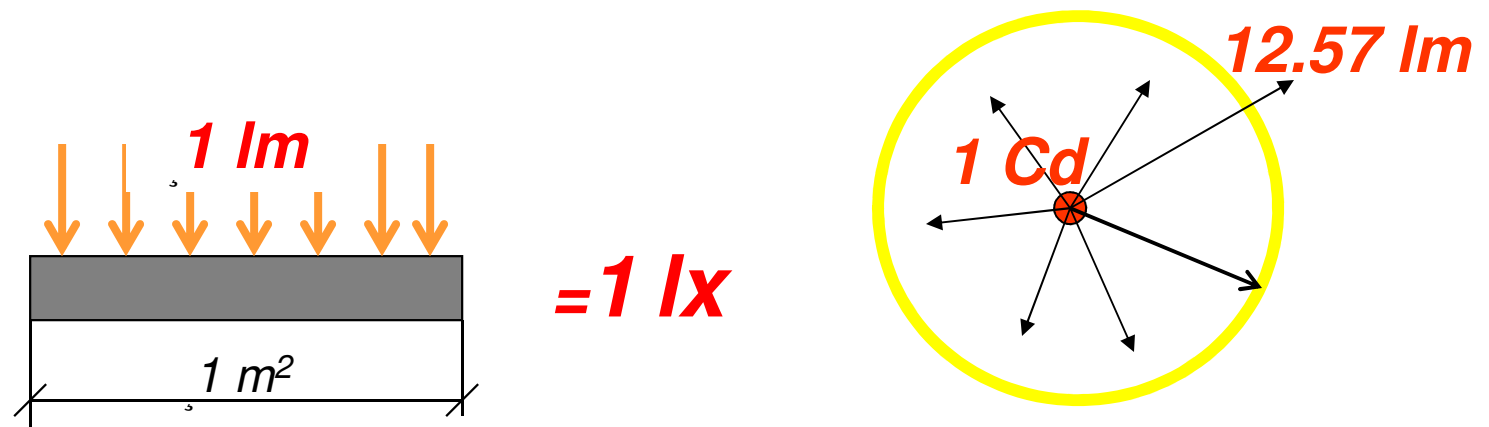
$$1 \text{ lm} = 1.46 \cdot 10^{-3} \text{ W } (\lambda = 555 \text{ nm})$$

Snaga izvora osvetljenja se mjeri u svijećama (**Candel, Cd**).

Izvor ima snagu od **1 Cd** ako u jedinični prostorni ugao (**1 Steradian, 1 Str**) zrači **1 lm**. (Sfera ima $4\pi = 12.57$ Str).

Ako izvor zrači sferno (ugao **4π Sterad**), tada postoji veza

$$1 \text{ Cd} = 4\pi \cdot 1 \text{ lm} = 12.57 \text{ lm}.$$



Rasvjeta

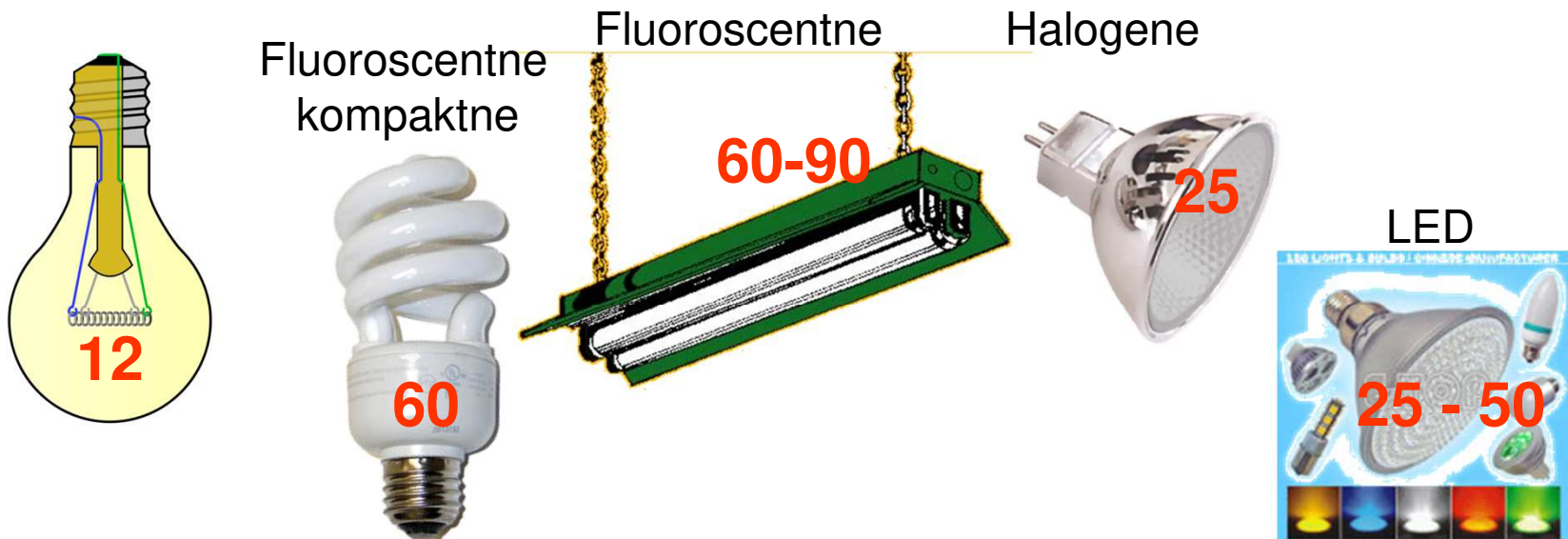
EFIKASNOST SVETILJKI – η_l ili LPW [lm/W] (Efficiency, Lumen Per Watt)

KOLIKO SVJETLA (lum) DAJE SVJETILJKA PO 1 INSTALISANOM WATT_u (LPW)?

To definiše **KOEFICIJENAT EFIKASNOSTI, η_l (LPW) [lm/W]**

Efikasnost svjetiljki η_l [lm/W]

Sa užarim vlaknom

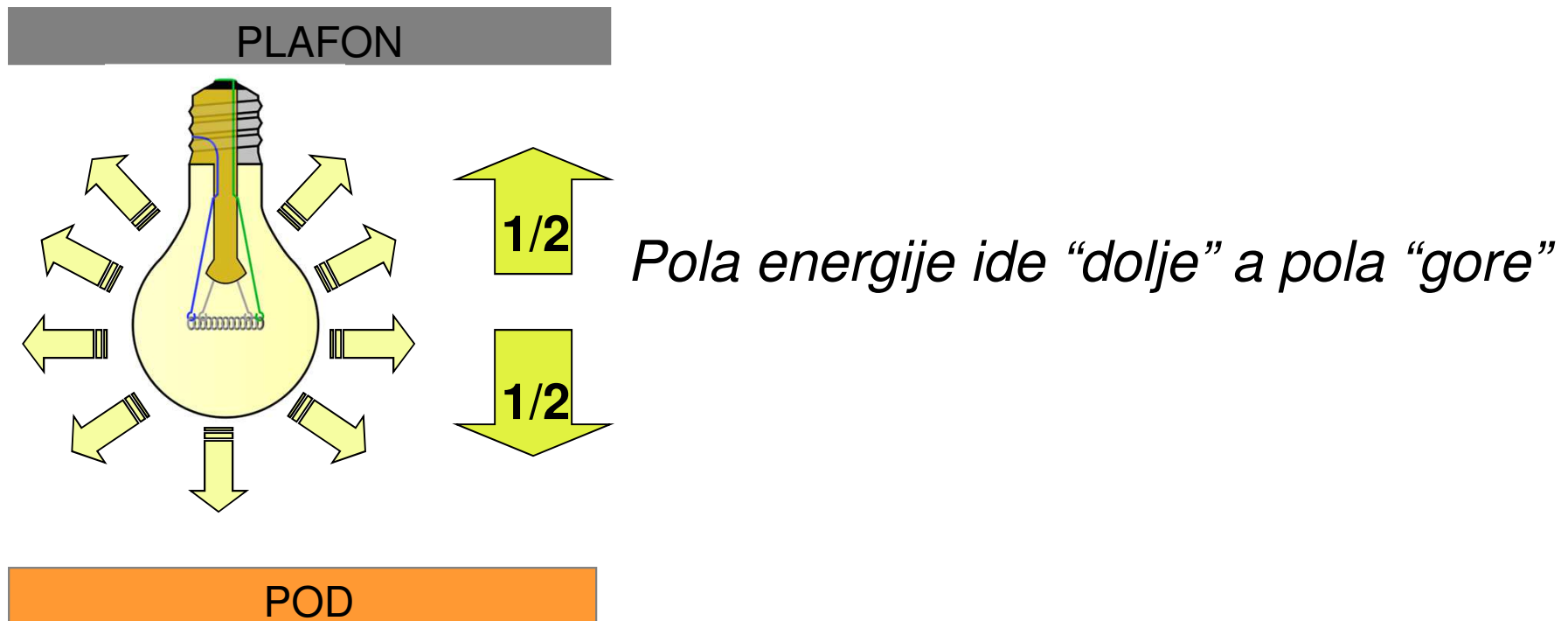


Rasvjeta

FAKTOR ISKORIŠĆENJA – CU (Coefficient of Utilization)

KOLIKO SVJETLA DOPIRE DO RADNOG PROSTORA?

To definiše FAKTOR ISKORIŠĆENJA, $CU \approx 0.5$



Rasvjeta

BALAST FAKTOR (BF)

BF pokazuje koliko svjetiljka stvarno daje svjetlosti u odnosu na referentne (laboratorijske) uslove.

Što je manji BF to svjetiljka daje manje svjetlosti ali i manje troši energije i obratno.

Primjer:

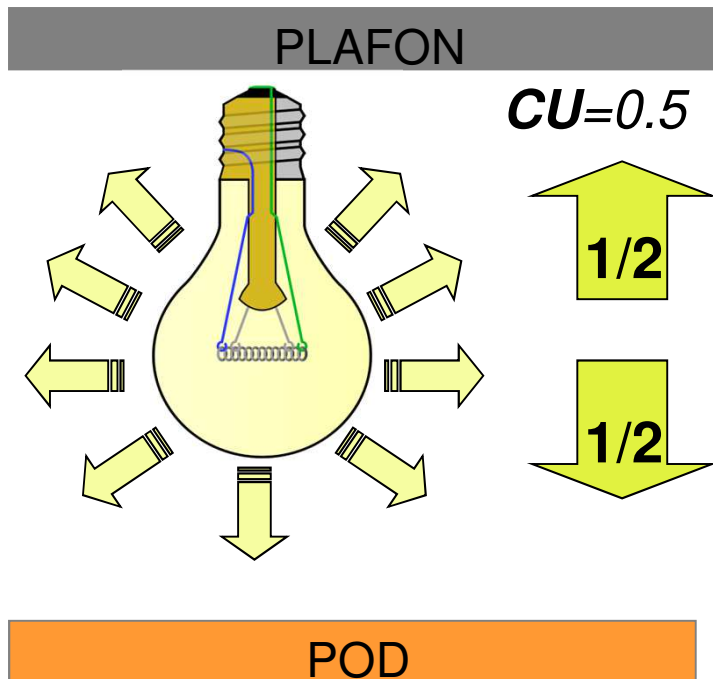
Ako je $BF=0.8$, tada svjetiljka daje 20% manje svjetlosti ali je i 20 % manja potrošnja u odnosu na referentne uslove.

Rasvjeta

BALAST FAKTOR (BF)

Primjer

Instalirano je osvetljenje $p_l = 10 \text{ W/m}^2$. Svetiljke su efikasnosti $LPW = 55 \text{ lm/W}$. Balast faktor (BF) je 0.8 . Kolika je jačina osvetljenja?



$$J = p_l * LPW * BF * CU = 10 * 55 * 0.8 * 0.5$$

$$J = 220 \text{ lm/m}^2 = 220 \text{ lx}$$

Rasvjeta

Jačina osvjetljenja

Dnevno svjetlo	32 000 – 100 000 lx
TV studio	1 000 lx
Kancelarije	400 lx
Dnevna soba	50 lx
Mjesečina	1 lx
Svjetlost zvijezda	$5 \cdot 10^{-5}$ lx

Prostor	Jačina osvjetljenja
	lux
Skupština	80
Sportske hale	1000
Toaleti	50
Prostor za ukrcavanje	100
Učionice	500
Restorani	100
Izlozi	500
Priprema hrane	500
Holovi	50
Ordinacije	500
Kancelarije	400
Prodavnice	500
Skladišta	100

Rasvjeta

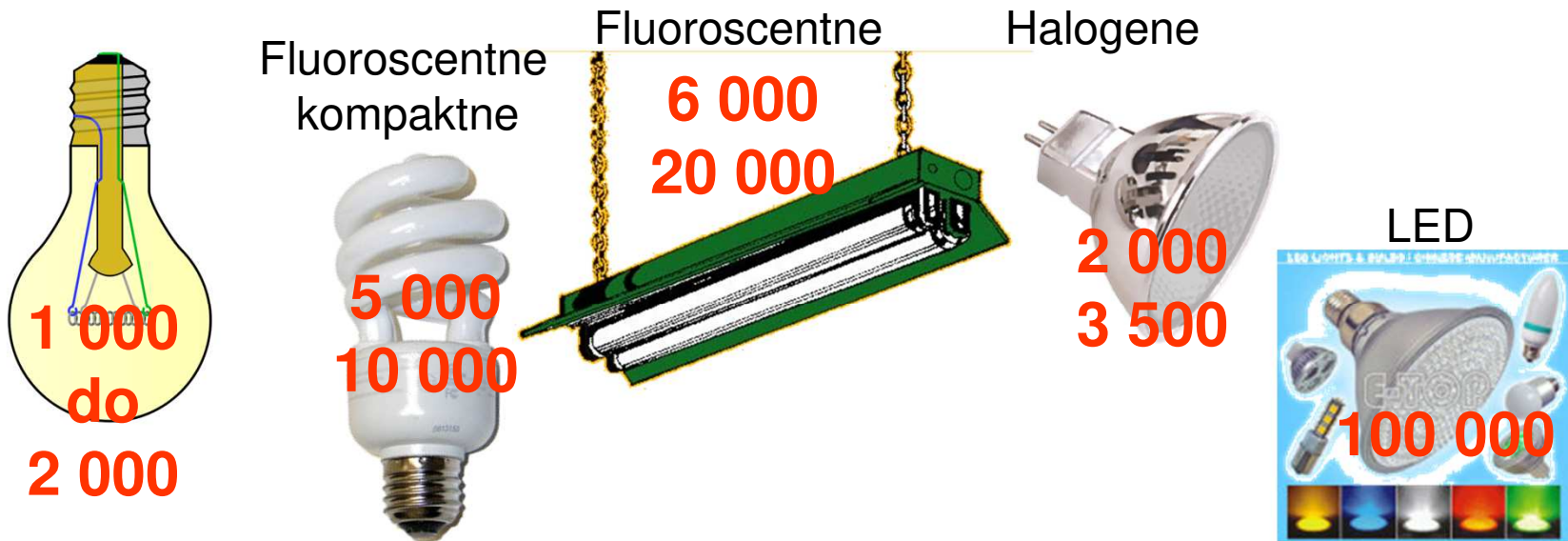
ŽIVOTNI VIJEK SVJETILJKE - ARL [h]

(Average Rated Life)

Po definiciji to je vrijeme rada svjetiljki dok funkcioniše najmanje 1/2 uzoraka koji se ispituju.

Životni vijek **ARL [h]**

Sa užarim vlaknom

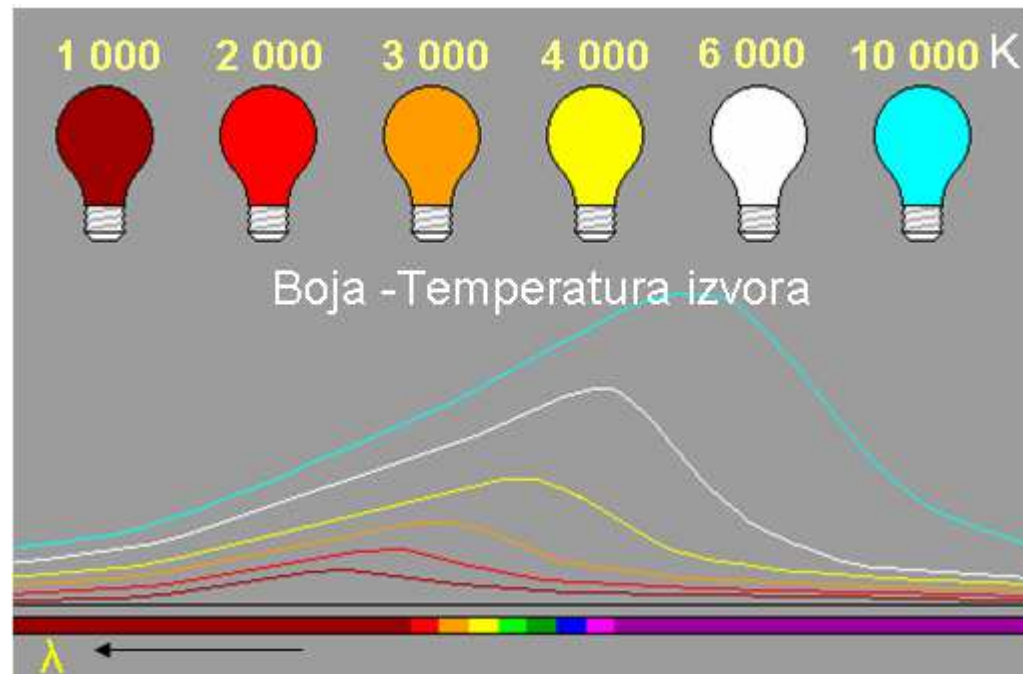


Rasvjeta

TEMPERATURA BOJE - CCT [K]

(Correlated Color Temperature)

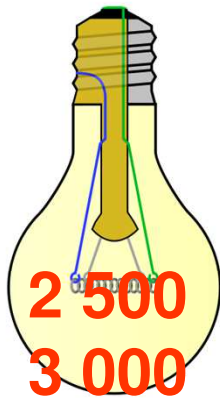
CCT pokazuje da li su boje “**TOPLJE**” (CCT < 3 200 K) ili su “**HLADNE**” (CCT > 4 000 K)



Rasvjeta

TEMPERATURA BOJE - CCT [K]

Sa užarim vlaknom

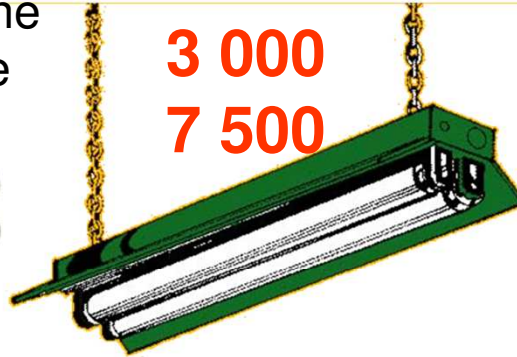


Fluoroscentne
kompaktne



Fluoroscentne

3 000
7 500



Halogene



LED



Rasvjeta

COLOR RENDERING INDEX (*CRI*)

***CRI (0 % do 100 %)* izražava vjernost boja predmeta koji su osvijetljeni svjetiljkom, upoređujući to sa referentnim osvjetljenjem. Najbolje je *CRI=100 %*.**

***CRI=70 %* je tipično za stanovanje i kancelarije.**

Rasvjeta

PRIGUŠNICE: MAGNETNE I ELEKTRONSKE

Prigušnice (balast, kontrolno kolo) su neophodna armatura fluorescentnih svjetiljki. One precizno regulišu jačinu struje i frekvenciju kako bi se održala svjetlost.

MAGNETNE (trafo): teže, jeftinije, 50 Hz frekvencija, manje efikasne, češće se zamjenjuju.

ELEKTRONSKE: lakše, skuplje,

100-120 Hz frekvencija,
efikasnije, duže traju.



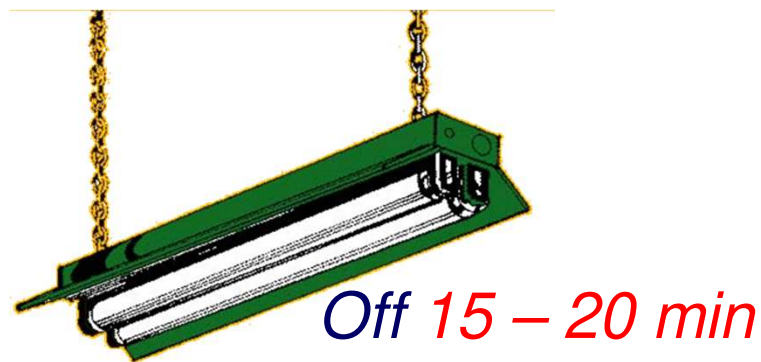
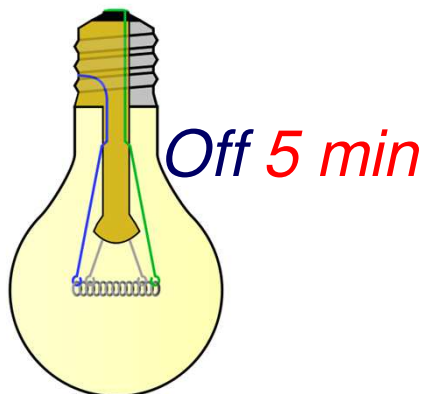
Rasvjeta

KONTROLA I REGULACIJA

1. Kada gasiti svjetlo?

Pošto prelazni procesi (On/Off) skraćuju vijek svjetiljke, postoji ekonomski rezon u strategiji uključi/isključi.

Istraživanja pokazuju da pri cijeni $1kWh=5 C_{\$}$, klasične sijalice treba isključivati ako nećete boraviti u prostoriji **5 min**, odnosno za fluorescentne **15 - 20 min**.



Rasvjeta

KONTROLA I REGULACIJA - DALI

2. DALI Protocol (Digital Adressable Lighting Interface)



Rasvjeta

KONTROLA I REGULACIJA - DALI

DALI Protocol (**D**igital **A**dressable **L**ighting **I**nterface)

Ovaj protokol-standard datira od 1999 g.

Pojedinačne ili grupe svjetiljki imaju ugrađene adresabilne kontrolere koji su stalno napajani strujom. Povezani su sa par kablova preko kojih su daljinski kontrolisani.

Kontroleri u mreži su “gospodari” a izvršne jedinice (svjetiljke itd.) su “robovi” koji ispunjavaju naredbe. Svaki kontroler se “čuje” u cijeloj mreži, dok na komandu reaguje samo adresirana jedinica.

Mogu se kontrolisati 64 jedinice koje mogu biti podijeljene u zone-grupe (16).

Kontroleri su obično povezani sa senzorima.

LITERATURA & KONTAKT

1. PRAVILNICI

2. Kažić, Vuksanović “Priručnik za EE zgrada”, UCG

3. Postdiplomske magistarske studije EE, Mašinski fakultet Podgorica, UCG

4. Branislav Todorović “Klimatizacija” & “Grejanje i provjetravanje” MF Beograd;

KONTAKT

Doc. dr Milan Šekularac, dipl.maš.ing

Mašinski fakultet Podgorica

Laboratorija za Energetiku

e-mail: milans@ac.me

tel: +382 69 204 946