



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

4. SUSTAVI GRIJANJA

4.2. Alternativni sustavi i obnovljivi izvori energije

Predavač:

mr.sc. Luka Čarapović, dipl. ing. stroj.

ABACO d.o.o. Slavonski Brod

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK



OPĆENITO O SUSTAVIMA GRIJANJA – Komponente sustava **SUSTAVI KLASIČNOG TOPLOVODNOG GRIJANJA – Osnovna konfiguracija**

OGRJEVNA TIJELA – ogrjevnice površine

RAZVODNA MREŽA OGRIJEVNOG MEDIJA

CRPKE U SUSTAVIMA GRIJANJA I PTV – Podjela

CRPKE U SUSTAVIMA GRIJANJA I PTV – Odabir crpke

EKSPANZIJSKI SUSTAV – Podjela

EKSPANZIJSKI SUSTAV – Sustav grijanja s otvorenim ekspanzijskim sustavom

EKSPANZIJSKI SUSTAV – Sustav grijanja sa zatvorenim ekspanzijskim sustavom

EKSPANZIJSKI SUSTAV – Sustav grijanja s DIKTIR sustavom ekspanzije

SUSTAVI ZA PRIPREMU PTV

Klasifikacija sustava

Načini zagrijavanja

Regulacija i upravljanje

Medicinsko-sanitarni aspekti

Akumulacijski sustavi

Solarni sustavi zagrijavanja PTV

Proračun godišnjih potreba topl. energije za zagrijavanje

Tehnička regulativa



OSNOVNE KOMPONENTE SUSTAVA GRIJANJA:

Izvori toplinske energije

Ogrjevna tijela

Dimovodni sustavi*

Razvod toplinske energije – cijevna mreža

Cirkulacijska crpka

Zaporna i regulacijska armatura

Ekspanzijski sustav

Sustavi regulacije i upravljanja*

Definiranje projektnih parametara za toplovodne sustave (max. temp. polazne tople vode $< 105^{\circ}\text{C}$) sadržano je u normi **EN 12828**.

1. Klasični izvori energije

Klasični izvori toplinske energije su komponente sustava grijanja u kojima se izgaranjem kemijska energija goriva pretvara u toplinu. Sustavom razvoda toplinske energije do ogrjevnih površina ostvaruje se proces zagrijavanja prostora.

Kao neposredni toplinski izvori javljaju se u najširem smislu:

Parni toplinski izvor → parni kotao

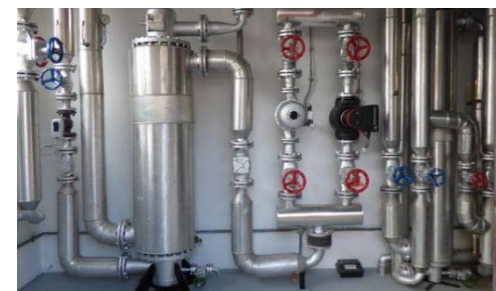
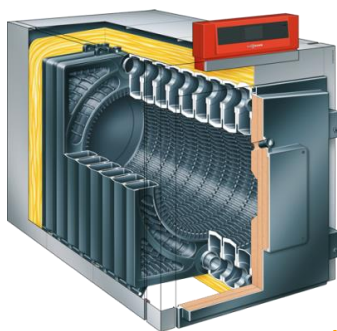
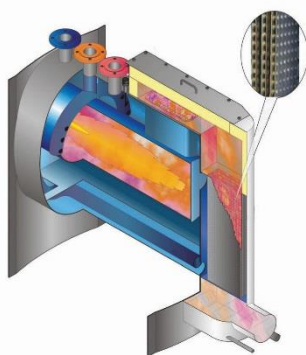
Vrelovodni toplinski izvor → vrelovodni kotao

Toplovodni toplinski izvor → toplinska stanica

Toplovodni toplinski izvor → toplovodni kotao

Niskotemperaturni toplovodni kotao

Kondenzacijski toplovodni kotao



(Klasični izvori energije detaljno su obrađeni u poglavlju 4.1.)

2. Alternativni izvori energije

Sustavi korištenja sunčeve energije
Sustavi korištenja geotermalne energije
Sustavi korištenja okolišne i otpadne energije
Sustavi korištenja energije vjetra
Sustavi korištenja plime i oseke, energije valova, ...
...
Kogeneracijski sustavi izvora energije
Trigeneracijski sustavi izvora energije
...

OIE

**Šire
tumačenje!**

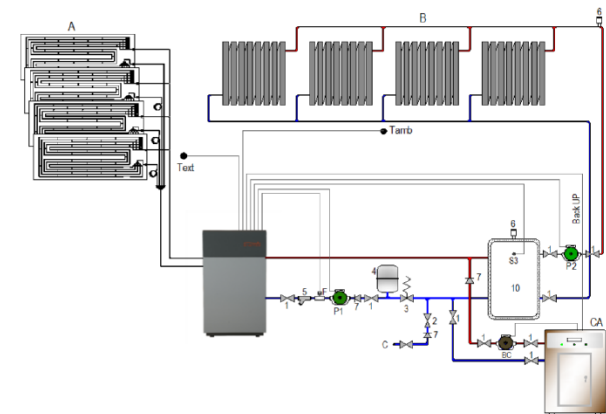
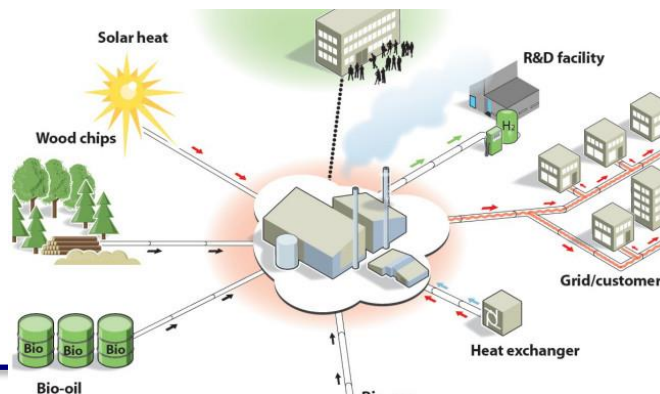


Alternativni izvori energije terminološki se **najčešće poistovjećuju sa obnovljivim izvorima** energije (OIE)! Međutim moguće je i šire tumačenje termina “alternativni izvori energije”. Teško je odrediti točne i jednoznačne granice!

PODJELA SUSTAVA GRIJANJA

Obzirom na mjesto primarne proizvodnje toplinske energije, odnosno smještaj izvora/generatora toplinske energije, sustave grijanja dijelimo na:

- Lokalno grijanje
- Centralno grijanje
- Grijanje vodom
- Grijanje parom
- Grijanje zrakom
- Daljinsko grijanje
- Grijanje toplom vodom niskog tlaka
- Grijanje toplom vodom visokog tlaka
- Grijanje parom

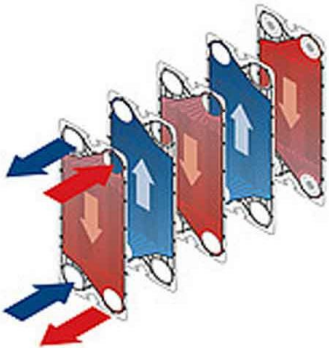


DALJINSKI SUSTAVI GRIJANJA omogućuju **distribuciju toplinske energije na veće udaljenosti do krajnjih potrošača.**

Karakteristični su za gradske toplane i mini toplane gradskih četvrti → **TOPLINARSKI SUSTAVI.**

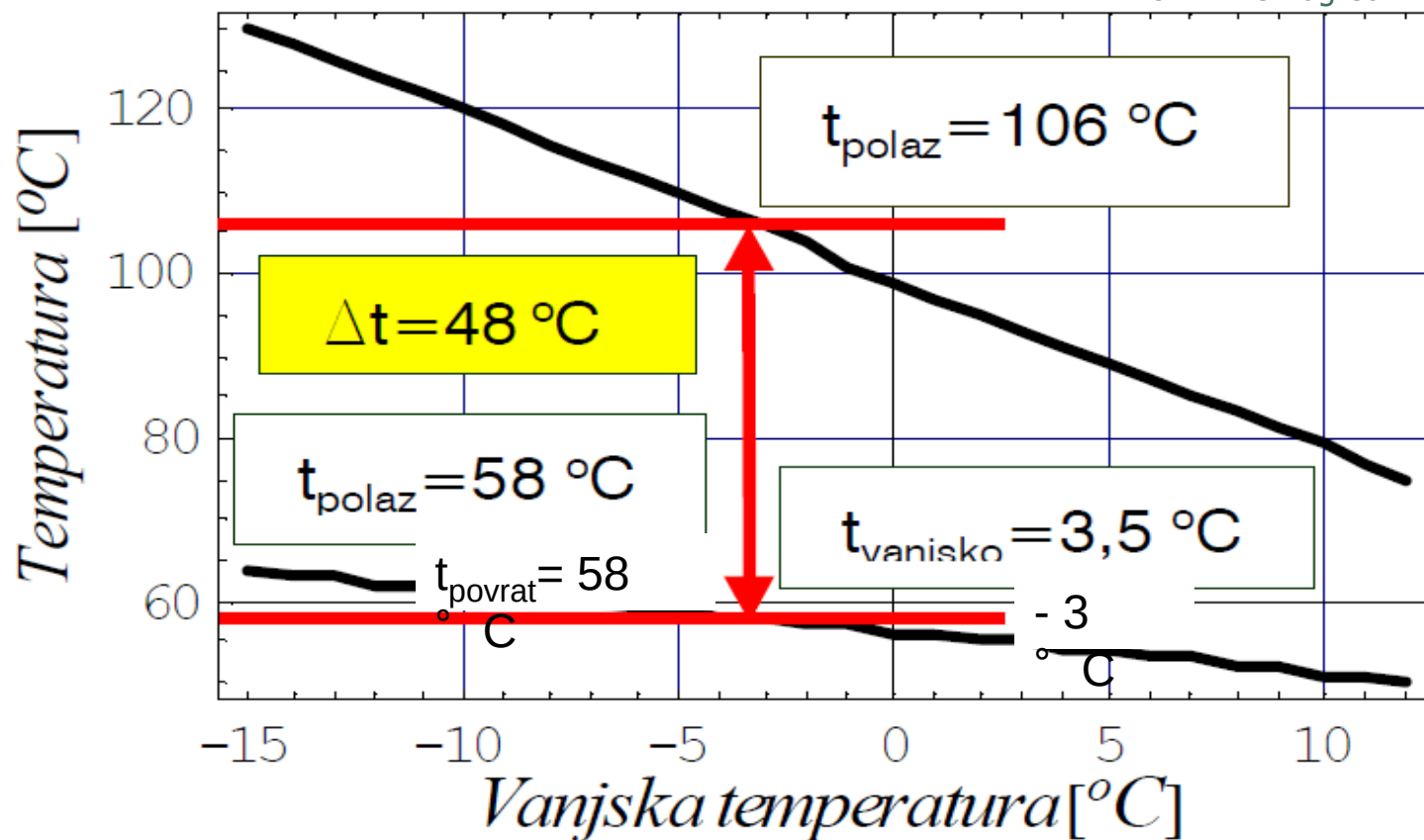
Od toplana se ogrijevni medij razvodi **magistralnom parovodnom ili vrelovodnom mrežom** do grijanih objekata (zgrada). Režim vrelovodnog sustava je od **70/50 °C** (ljetni režim) do **120/80 °C** u standardnom zimskom režimu.

Transformacija vrelovodnog izvora toplinske energije za potrebe sustava grijanja zgrade ostvaruje se u pravilu preko **izmjenjivača topline** (**spiralnim, lamelastim i sl.**) u toplinskim stanicama na željeni režim temperatura sustava grijanja.

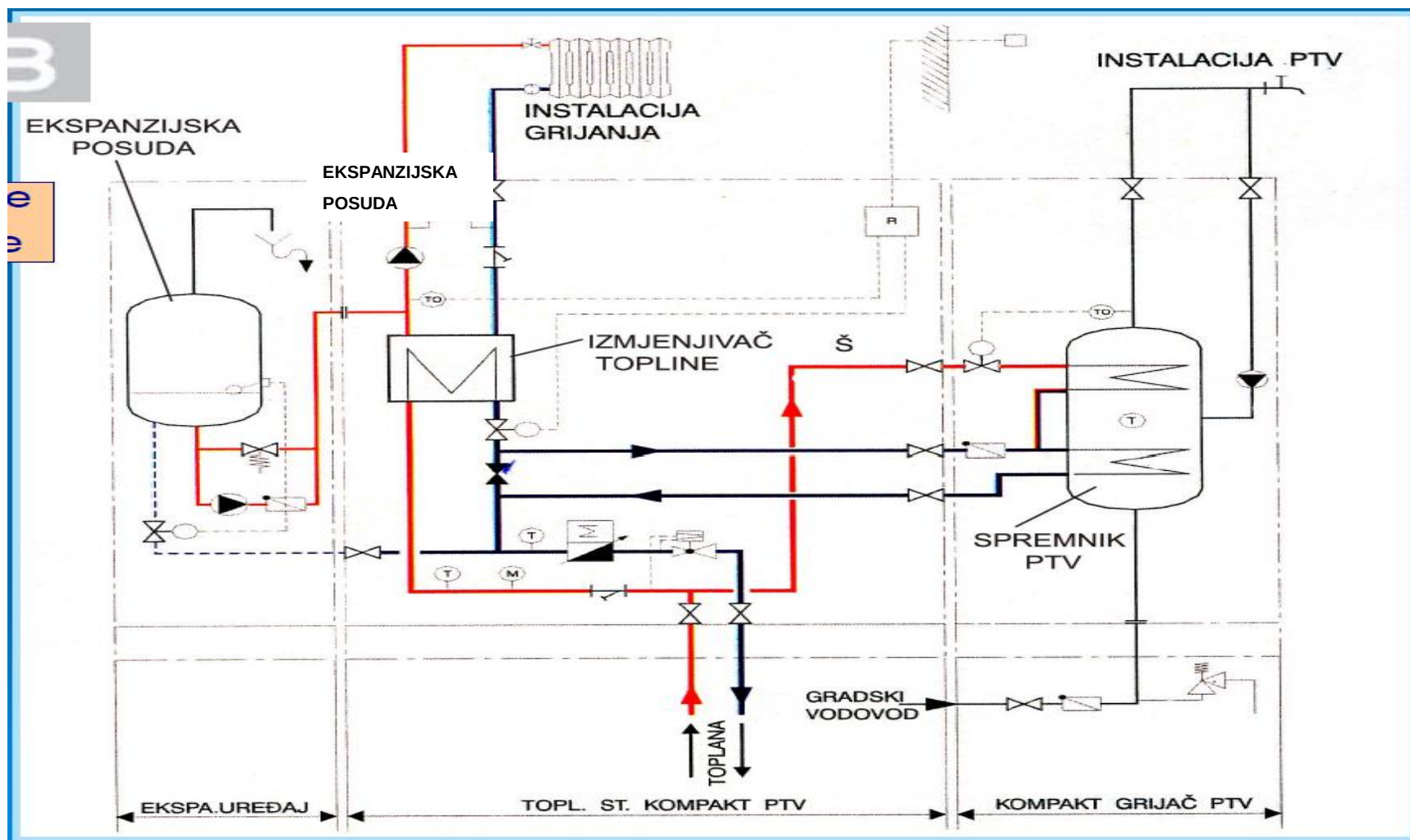


Dnevno 04 – 21 h

Izvor TE-TO Zagreb

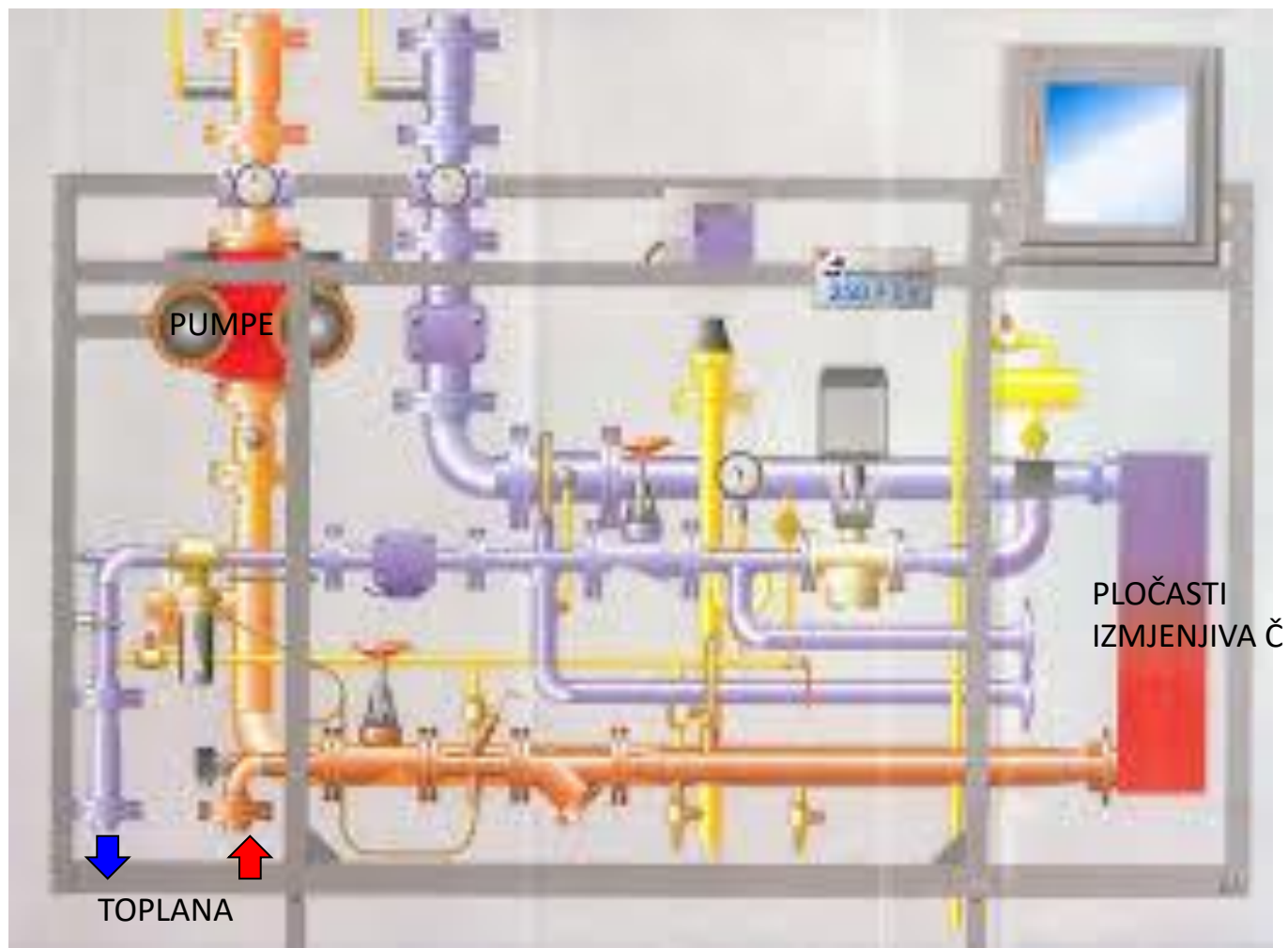


Klizna regulacija temperature polaznog voda vrelovoda u ovisnosti o vanjskoj temperaturi



Shema toplinske stanice – Kompakt izvedba

Toplinska kompakt stanice



LOKALNI IZVORI TOPLINE služe za zagrijavanje prostora u kojima se neposredno nalaze, **najčešće bez posrednika**:

- Peći, štednjaci, kamini
- Grijalice, zagrijači zraka

CENTRALNI IZVORI TOPLINE u standardnim sustavima služe **za zagrijavanje objekta (zgrade) u kojem su smješteni**, razvođenjem toplinskog medija pomoću pripadajuće ogrjevnice mreže i distribuiranih ogrjevnih tijela.

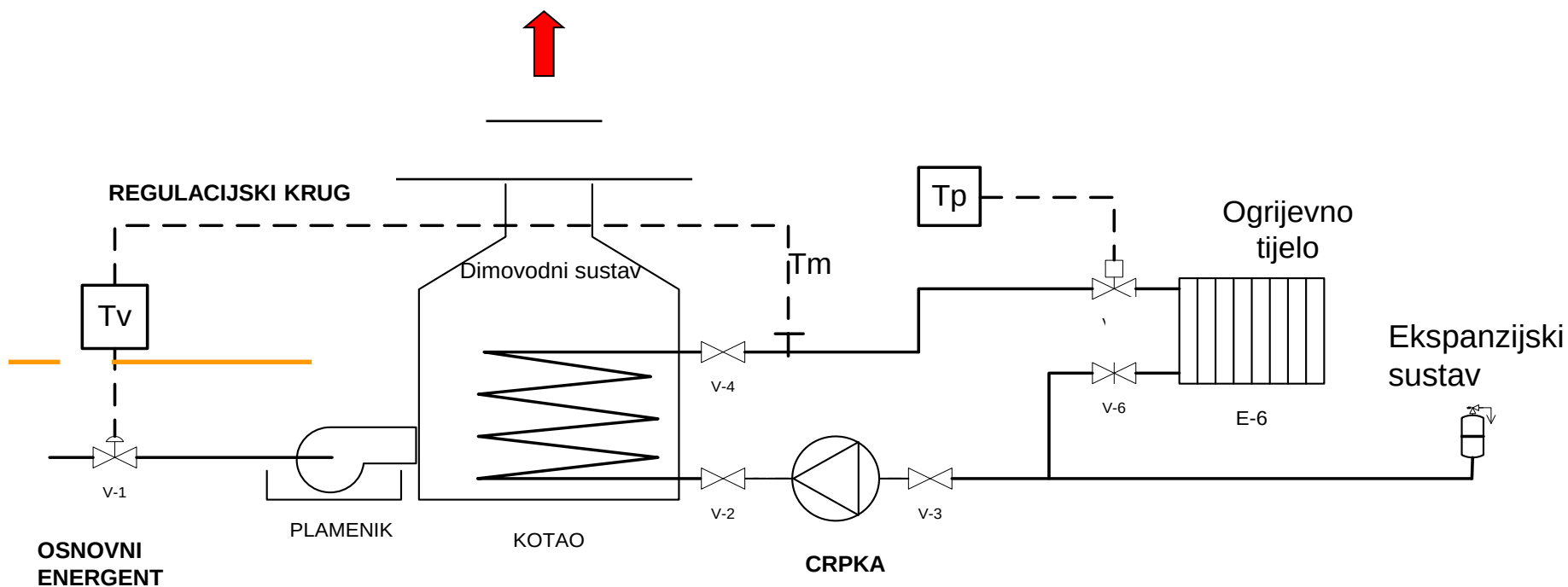
Radi se o slijedećim izvorima topline:

- Toplovodni kotlovi (temperaturni režim 90/70 °C)
- Niskotemperaturni kotlovi (povratna temperatura tople vode do 35 °C)
- Kondenzacijski kotlovi

Najznačajnija grupa klasičnih centralnih izvora topline su KOTLOVI.



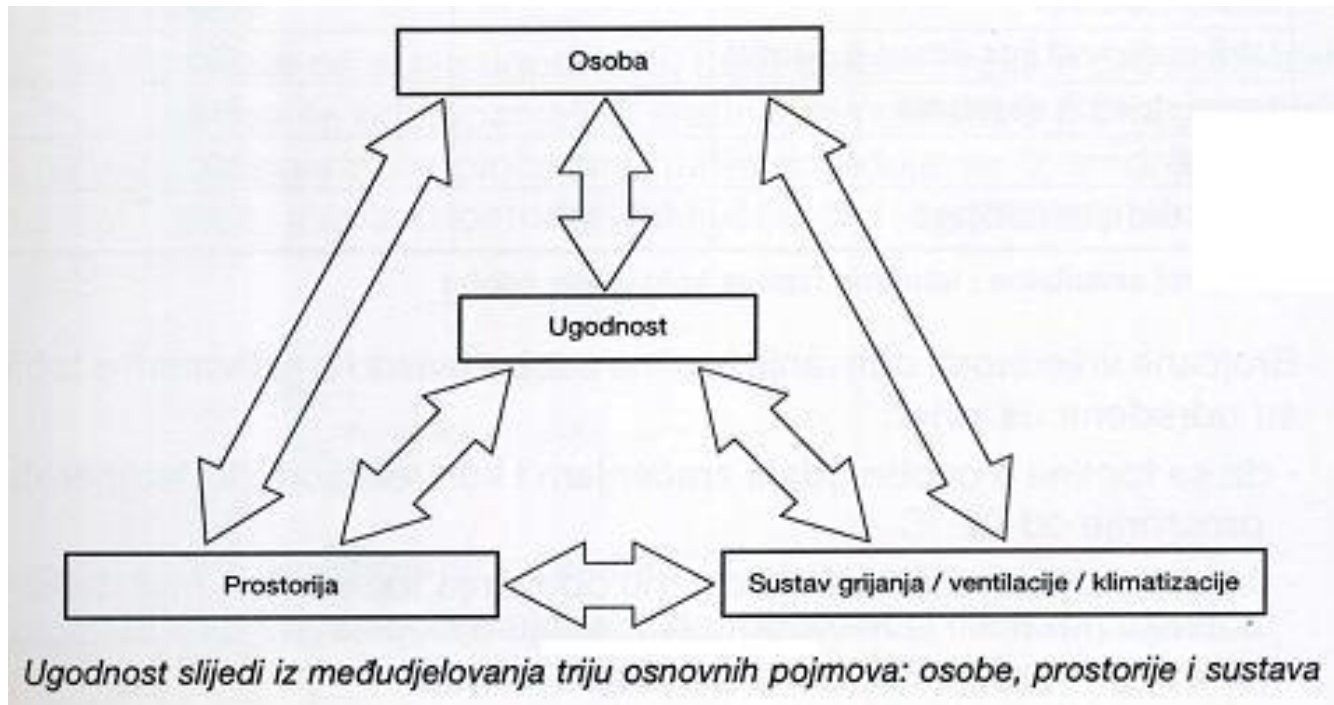
Centralni sustavi grijanja



Shema sustava grijanja s osnovnim komponentama

OGRJEVNA TIJELA

Svrha grijanja je kod niskih (zimskih) vanjskih temperatura osigurati u prostorijama temperaturu **ugodnu za boravak ljudi**. Obično se kao ugodna, temperatura uzima $20 \div 24$ °C.





MJERILA UGODNOSTI

temperatura zraka

srednja zidna temperatura

vlažnost zraka

kretanje zraka

čimbenici koji također karakteriziraju stanje zraka, manjeg značenja su:

čistoća zraka, miris, električno stanje itd.

OSJETNA TEMPERATURA PROSTORIJA

$$t_o = \frac{t_1 + t_{1m}}{2}$$

t_o osjetna temperatura (° C)

t_1 temperatura zraka u prostoriji (° C)

t_{1m} srednju površinsku temperaturu svih rubnih površina prostorija (° C)

Na primjer:

ako želimo da boravak u prostoriji pruža osjećaj temperature 20 ° C, a srednja temperatura svih rubnih zidova iznosi 18,5° C, **zrak treba grijati na 21,5 ° C.**

OGRJEVNA TIJELA

Ogrjevna tijela su elementi sustava grijanja, u kojima se odvija neposredan **proces prijenosa topline s grijaćeg tijela na zrak u prostoriji** i time održava željena temperatura prostora. Najjednostavnije, grijanje prostora može se ostvariti sa **izravnom izmjenom topline** (npr. kamini, el. radijatori, grijalice i sl.).

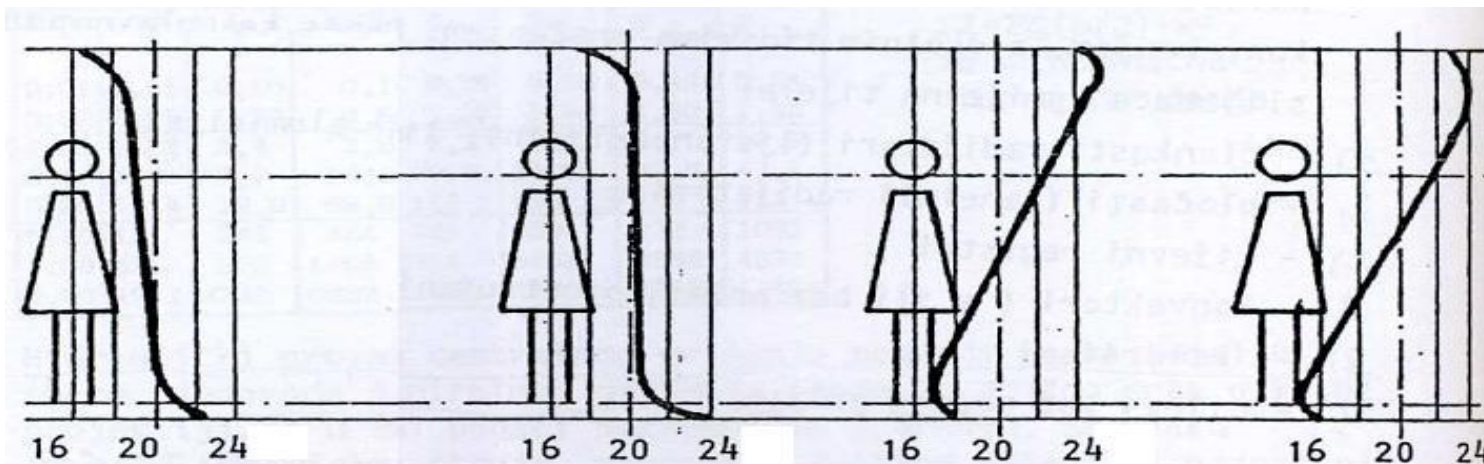
Ogrjevno tijelo treba **osigurati što jednoličniji raspored temperature po visini prostorije i tlocrtu prostorije**, a na što utječe način odavanja topline prostoru samog ogrijevanog tijela i njegovo pozicioniranje u prostoriji.



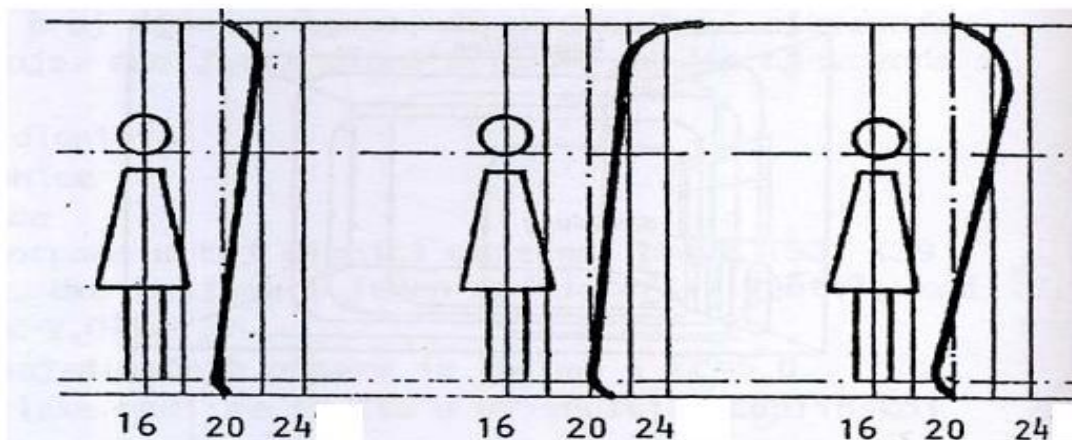
podno grijanje

grijanje pećima

grijanje radiator UZ



Idealno grijanja

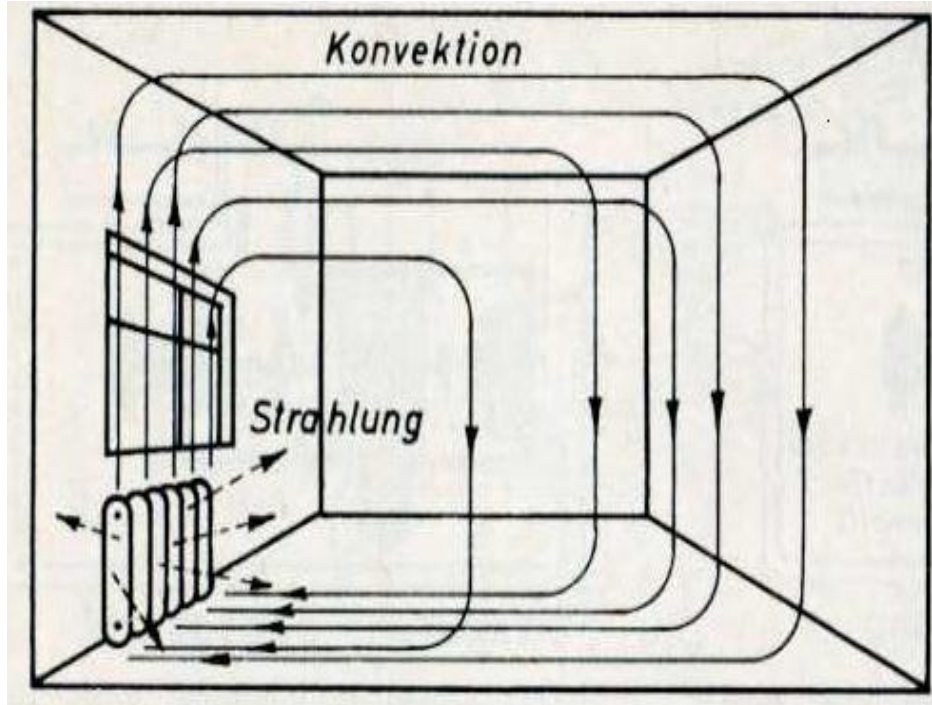


grijanje radiator VZ

stropno grijanje

kovektorsko grijanje

MJESTO UGRADNJE OGRJEVNOG TIJELA → DEFINIRANO ARHITEKTONSKIM RJEŠENJEM GRAĐEVINE. Najčešće prostor **ispod ostakljenih ploha ili u njihovoj neposrednoj blizini** zbog smanjenja utjecaja hladnih ploha na ugodnost boravka u prostoru.
Radijatori → ispod prozora (parapet)
konvektori → u pod ispod velikih ostakljenih ploha
cijevi podnog grijanja u području blizu ostakljenih ploha → gušći raspored



Strujanje zraka u prostoriji s radijatorskim grijanjem



Ogrjevna tijela u osnovi možemo podijeliti na:

RADIJATORE

KONVEKTORE

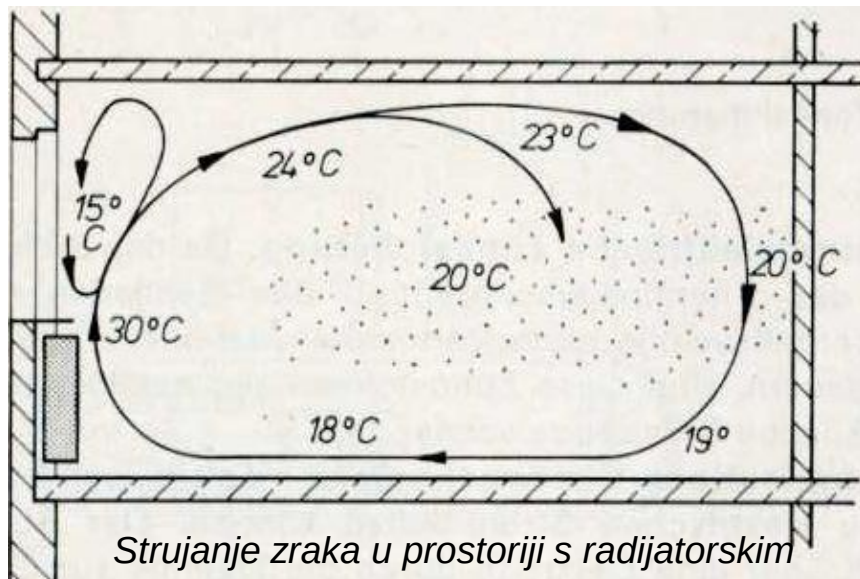
KALORIFERE

PANELNE OGRIJEVNE POVRŠINE

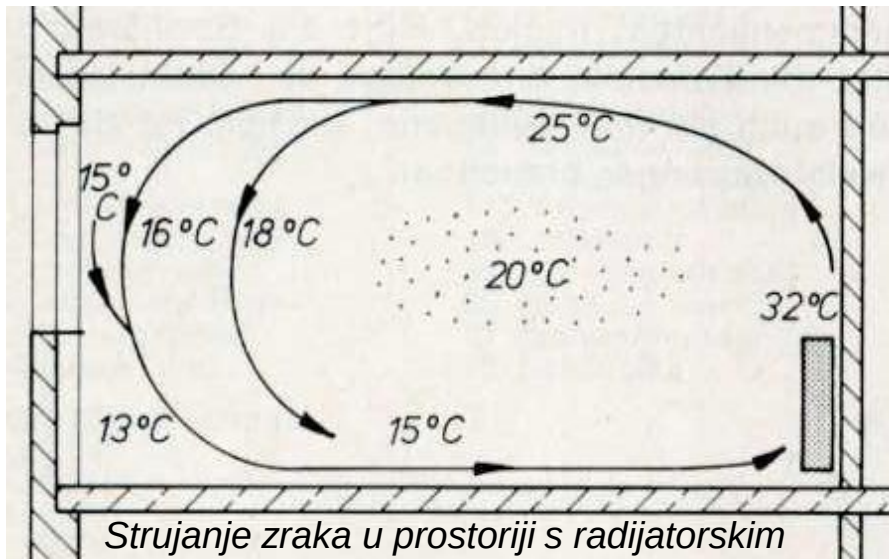
SUSTAVE GRIJANJA SA GRIJANIM PLOHAMA PROSTORA
(podne, zidne i stropne)

POVRŠINSKI SUSTAVI GRIJANJA (podno, zidno i stropno
grijanje)

POSEBNE IZVEDBE



Strujanje zraka u prostoriji s radijatorskim grijanjem ispod prozora VZ



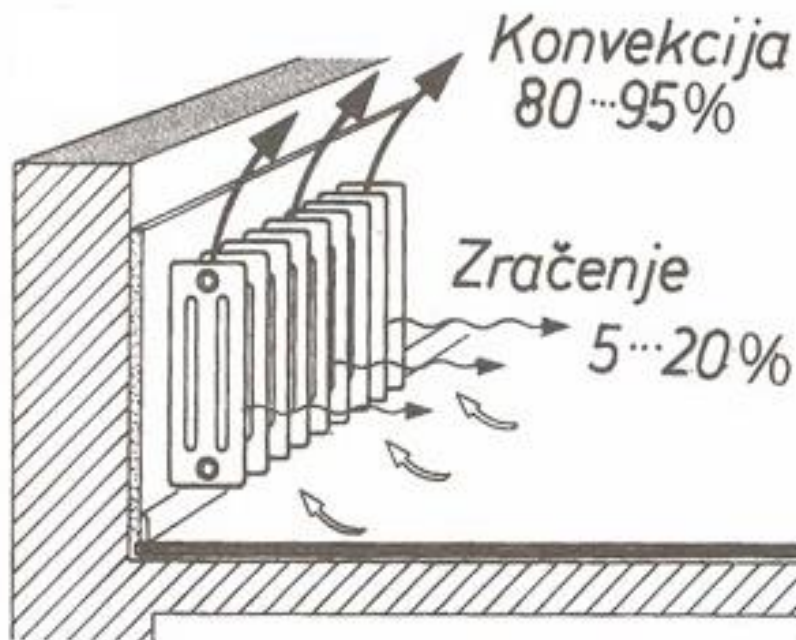
Strujanje zraka u prostoriji s radijatorskim grijanjem unutarnji zid

U vezi sa potencijalnim mjestima ugradnje, smještaj ogrijevnih tijela **ispod prozora** definiran je slijedećom regulativom:

TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA (NN „Narodne novine“ broj 128/15., 70/18., 73/18., 86/18)

Članak 52.

Ogrjevno tijelo dopušteno je postaviti ispred prozirnih vanjskih površina samo ako je ono sa stražnje strane zaštićeno oblogom i ako koeficijent prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], te obloge nije veći od $0,75 W/(m^2 \cdot K)$.



RADIJATORI prema izvedbi ogrjevnih ploha:

ČLANKASTI RADIJATORI
 PLOČASTI RADIJATORI
 RADIJATORSKA OGRIJEVNA TIJELA
 (različite forme i izvedbe prema
 interijerskim zahtjevima prostora)

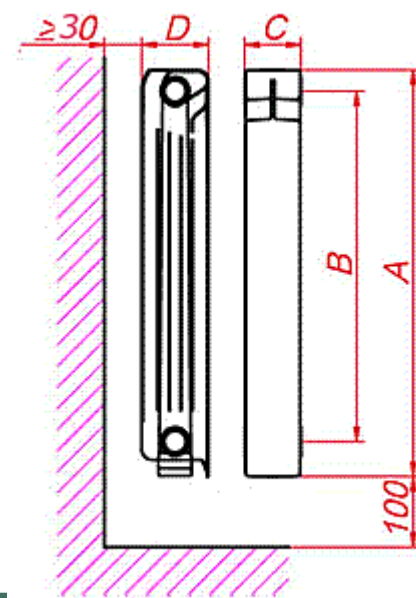
RADIJATORI prema vrsti materijala:

LJEVANOŽELJEZNI RADIJATORI
 RADIJATORITLAČNI AL LIJEV
 RADIJATOR IZ ALPROFILA

ČLANKASTI RADIJATORI



ORION			350/95	500/95	600/95
A	Visina članka	mm	430	580	680
B	Priključna mjera	mm	350	500	600
C	Širina članka	mm	80	80	80
D	Ugradbene dubina	mm	95	95	95
	Masa članka	kg	1,07	1,13	1,61
	Sadržaj vode u članku	l	0,30	0,34	0,38
	Ogrjevna površina	m ² /čl.	0,36	0,51	0,61
	Toplinaki učinak 90/70/20 °C	W/čl.	113	163	185
	Toplinaki učinak 75/65/20 °C	W/čl.	90	128	145
	Toplinaki učinak 65/45/20 °C	W/čl.	45	65	73
	Eksponent toplinskog učinka	n	1,31	1,32	1,33



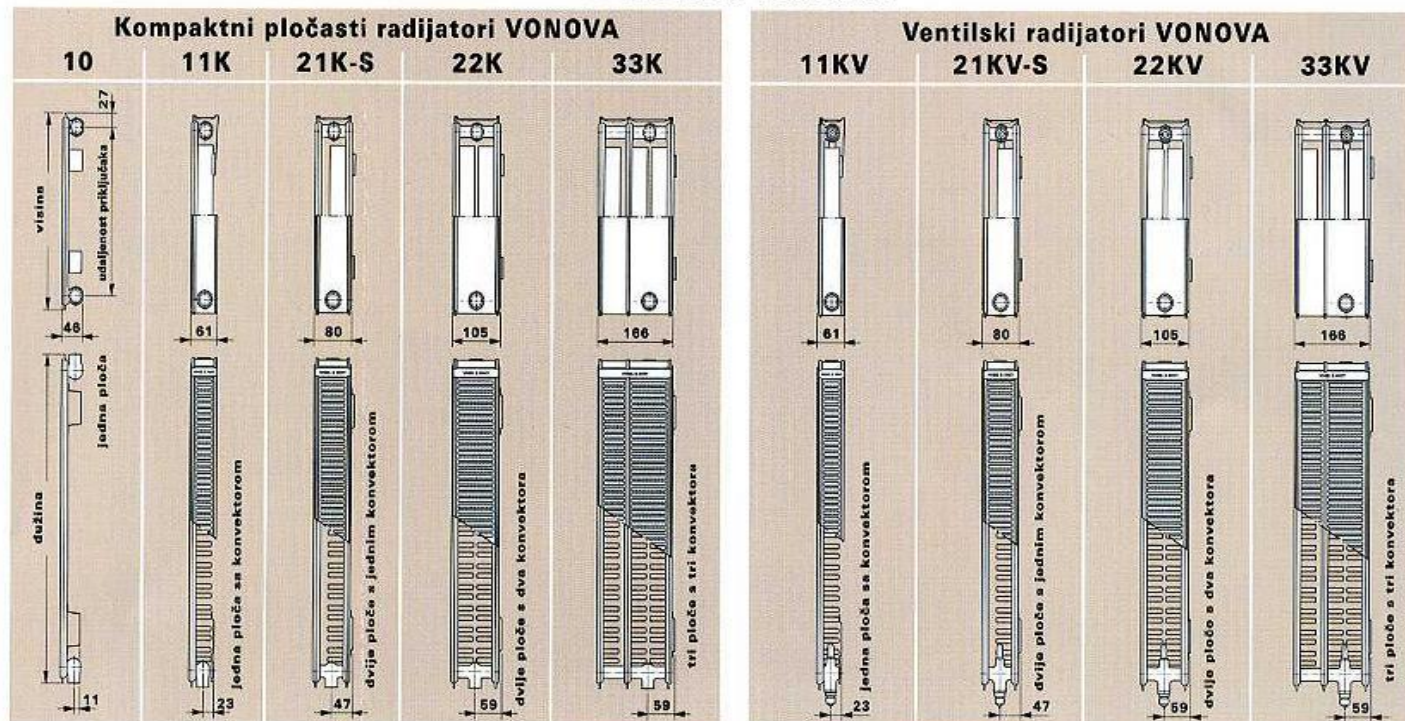
Ugradnja na otvoreni ravni zid

PLOČASTI RADIJATORI

		VISINA Radijatora 11-PK								VISINA Radijatora 22-PKXP								VISINA Radijatora 33-DKEK							
		300		500		600		900		300		500		600		900		300		500		600		900	
		W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
Dužina Radijatora	400	253	218	395	340	460	396	629	541	508	437	772	664	888	764	1186	1021	724	623	1102	948	1273	1095	1730	1489
	500	317	272	494	425	575	494	786	676	635	546	965	830	1110	955	1483	1276	906	779	1377	1185	1591	1369	2163	1861
	600	380	327	592	510	689	593	943	812	762	656	1157	996	1332	1146	1760	1531	1087	935	1652	1422	1909	1643	2695	2233
	800	506	436	790	680	919	791	1258	1082	1016	874	1543	1328	1776	1528	2373	2042	1449	1247	2203	1896	2546	2191	3460	2978
	900	570	490	888	764	1034	890	1415	1218	1143	984	1736	1494	1996	1719	2669	2297	1630	1403	2479	2133	2864	2465	3893	3350
	1000	633	545	987	849	1149	989	1572	1363	1270	1093	1929	1660	2220	1910	2966	2552	1811	1559	2754	2370	3182	2736	4325	3722
	1200	760	654	1184	1019	1379	1187	1886	1623	1524	1312	2315	1992	2664	2293	3559	3063	2173	1870	3305	2844	3819	3286	5190	4466
	1400	886	763	1382	1189	1609	1384	2201	1894	1778	1530	2701	2324	3108	2676	4152	3573	2535	2182	3856	3319	4455	3834	6055	5211
	1600	1013	872	1579	1359	1838	1582	2515	2165	2032	1749	3086	2656	3552	3057	4746	4084	2898	2494	4406	3792	5091	4381	6920	5955
	1800	1139	981	1777	1529	2068	1780	2830	2435	2286	1997	3472	2988	3996	3439	5339	4594	3260	2805	4957	4266	5728	4929	7785	6700
	2000	1266	1090	1974	1699	2298	1978	3144	2706	2540	2186	3858	3320	4440	3821	5932	5105	3622	3117	5508	4740	6364	5477	8500	7277



PREGLED TIPOVA



Priključci: 4 x G 1/2 n.n.

Priključci: 2 x G 1/2 n.n. i 2 x G 3/4 z.n. dolje desno

Tip	10 / 11V					11K / 11KV					21K-S / 21KV-S					22K / 22KV					33K / 33KV				
Visina [mm]	300	400	500	600	900	300	400	500	600	900	300	400	500	600	900	300	400	500	600	900	300	400	500	600	900
Dužina [mm]	do 1200	do 2400	do 2600	do 1400		do 2400	do 2600	do 2000			do 2400	do 3000	do 2000			do 3000	do 2000	do 3000			do 2200	do 2000			
Stupnjevanje dužina	Sve dužine od 400 mm stupnjevane su po koraku 200 mm plus 520, 720, 920, 1120, 1320																								

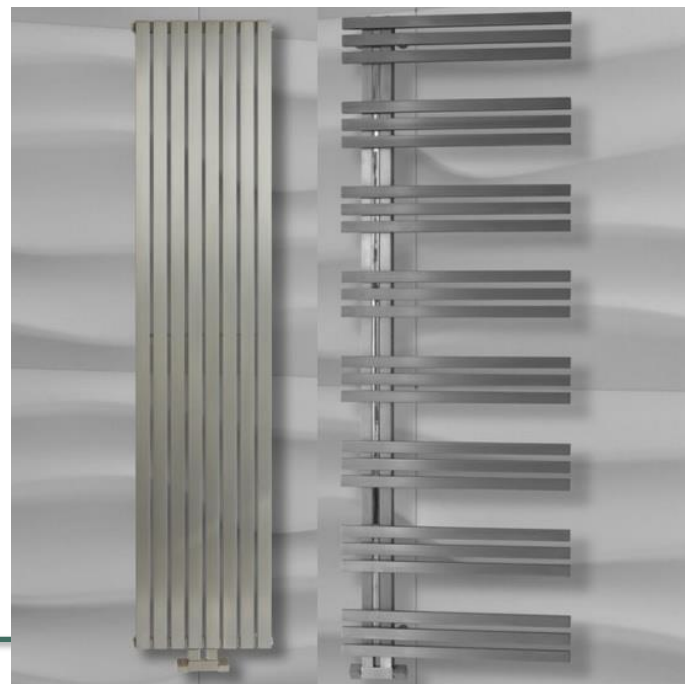
Probni tlak 13 bara, maksimalni radni tlak 10 bara

Pridržavamo pravo tehničkih izmjena!



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Cijevni registri – kupaoonski cijevni radiator



Izbor radijatora

Režim rada
 90/70° C

Režim rada
 75/65° C

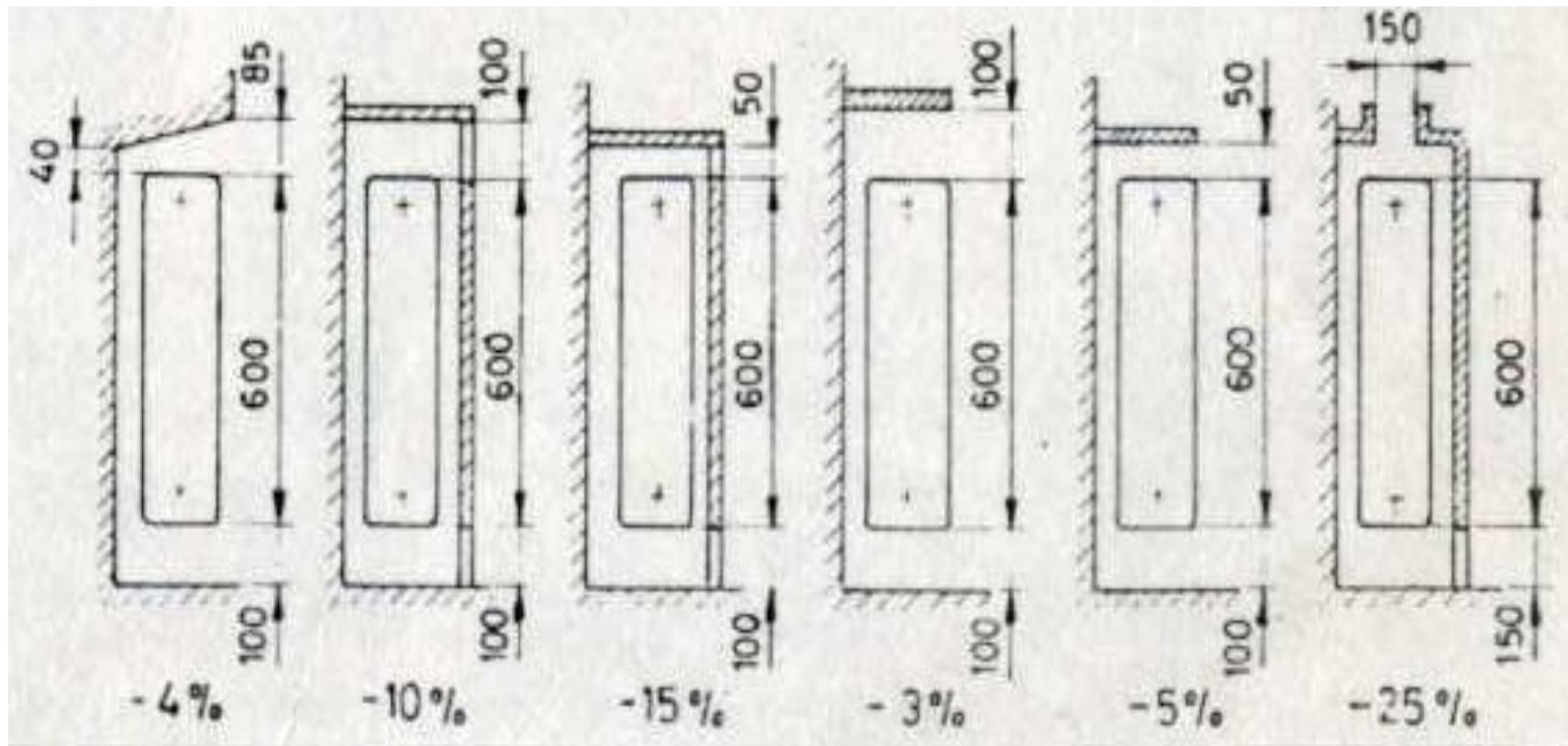
TABLICA IZRAČUNA TOPLINSKOG UČINKA RADIJATORA KOD RAZLIČITIH TEMPERATURA VODE I GRIJANOG PROSTORA, W

ORION 500 (kod Δt_{-150} , $Q_n=128$ W/čl. po HRN EN 442-2)

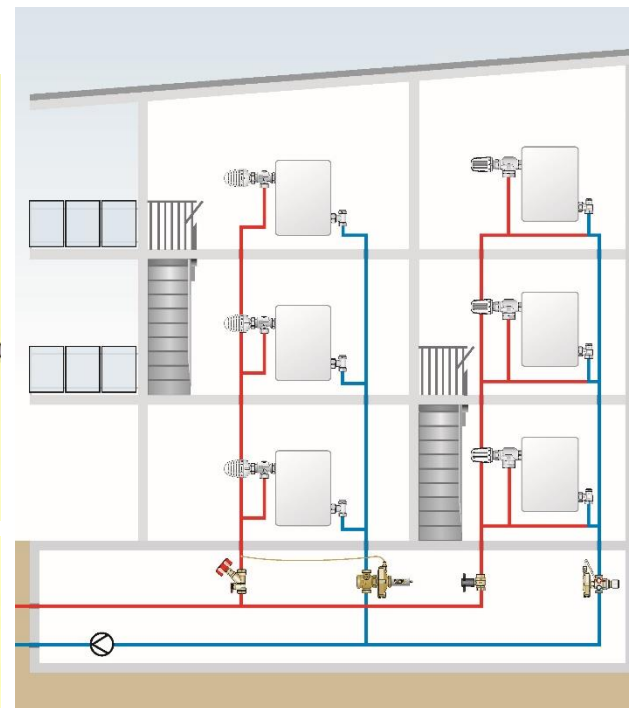
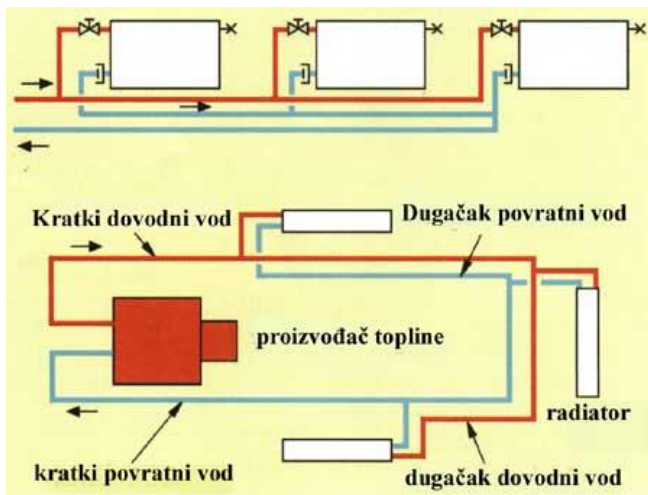
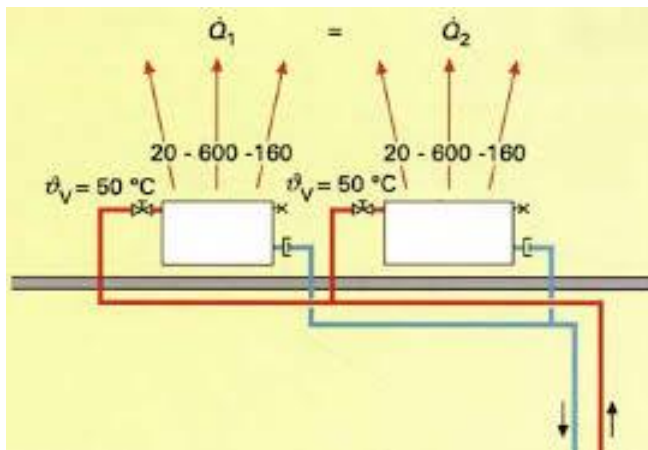
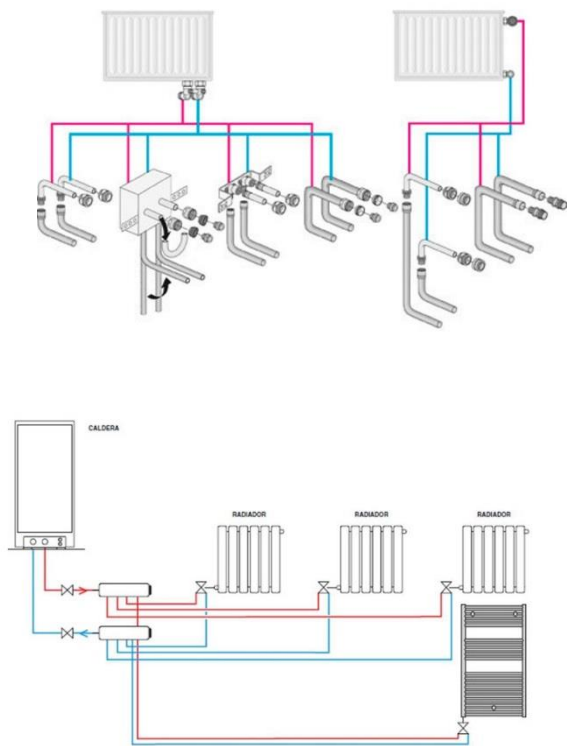
ti - izlazna temperatura vode iz radijatora, (°C) i toplinski učinak u W

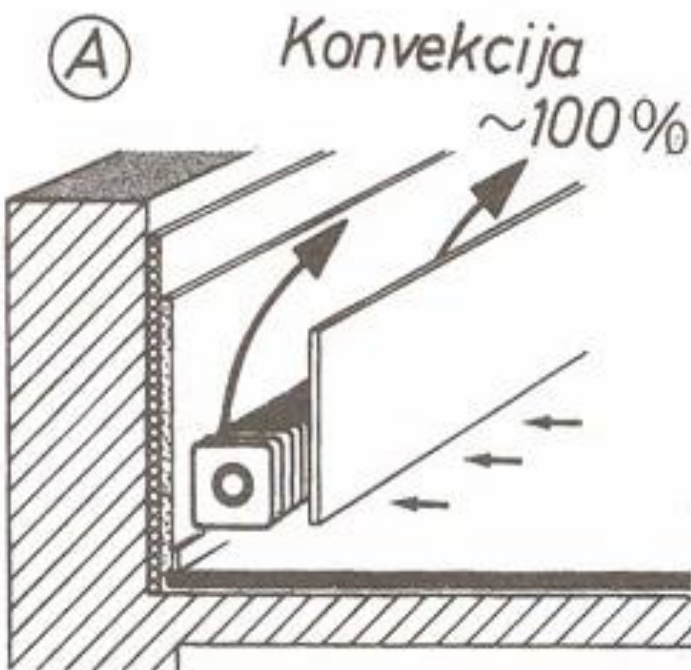
tu (°C)	tp	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
90	24	75	83	90	96	104	114	123	131	140	148	157	166	175
	22	81	89	97	105	113	121	129	138	146	155	164	173	182
	20	87	95	103	111	119	128	136	145	153	162	171	180	190
	18	94	101	109	118	126	134	143	152	161	170	179	188	197
	15	103	111	119	128	136	145	153	162	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			
	22	59	66	74	81	89	97	105	113	121	129			
	20	65	72	80	87	95	103	111	119	128	136			
	18	71	78	86	94	101	109	118	126	134	143			
	15	80	87	95	103	111	119	128	136	145	153			
	12	89	97	105	113	121	129	138	146	155	164			
70	24	47	54	61	68	75	83	90	98	106				
	22	53	59	66	74	81	89	97	105	113				
	20	58	65	72	80	87	95	103	111	119				
	18	64	71	78	86	94	101	109	118	126				
	15	72	80	87	95	103	111	119	128	136				
	12	81	89	97	105	113	121	129	138	146				

Mogućnosti i načini montaže radijatora



Načini priključenja radijatora





KONVEKTORI:

izmjenjivač topline s orebrenim cijevima

Podjela prema mjestu ugradnje:

zidni ili za ugradnju u niše

podni

s pokrovom

KONVEKTORI

Ogrijevna tijela izrađena od ravnih orebrenih cijevi.

U pravilu se ugrađuju iza maske uz zid ispod prozora, u zidna udubljenja, u podne kanale (podni konvektori), ispod velikih staklenih površina (smanjuju toplinske gubitke prostorije i sprječavaju kondenzaciju na staklenim površinama stvaranjem zavjese toplog zraka), ispod klupe za sjedenje i sl.

Nedostatci konvektora u odnosu na radijatore:

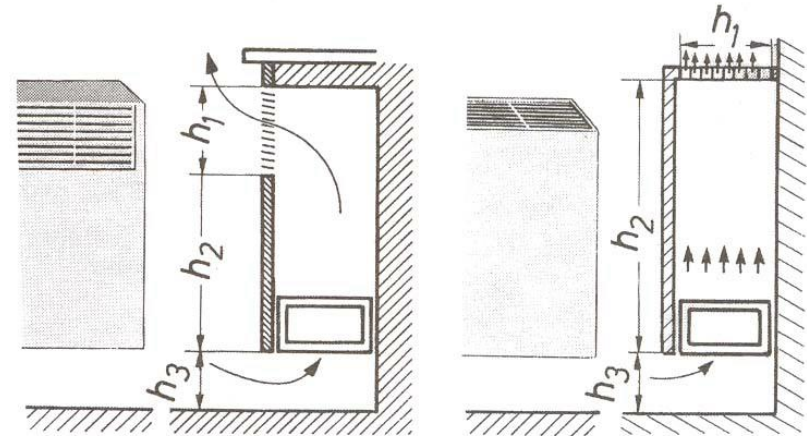
- složena izvedba i ugradnja
- otežano održavanje i čišćenje
- razmjerno niža higijenska razina uporabe

Geometrijske karakteristike ugradnje:

h_1 - izlaz toplog zraka

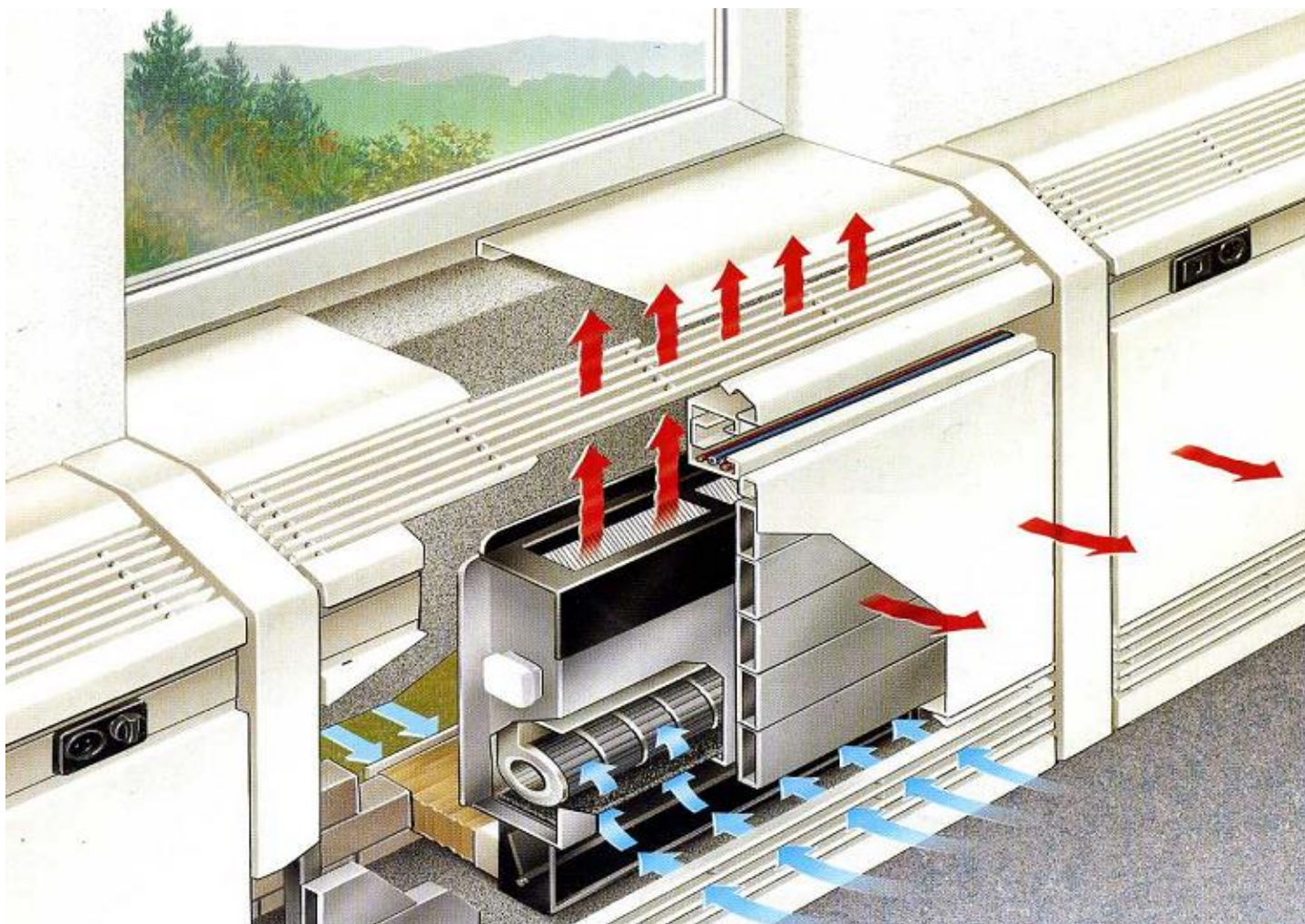
h_2 - djelotvorna visina (UZGONSKI EFEKT!)

h_3 - ulaz zraka u konvektor



Primjer ugradnje konvektora s maskom i istrujnim otvorima sa strane i odozgo

$$Q_2 > Q_1$$



Parapetni ventilokonvektor s recirkulacijskim i vanjskim zrakom



Stropni ventilokonvektor

POVRŠINSKI SUSTAVI GRIJANJA

- Kao ogrjevna tijela koriste građevinske elemente plohe prostorije: **POD, ZIDOVE i STROP**
- Izmjena topline **zračenjem i konvekcijom**
- **Električni ili toplovodni**
- Snižene temperature ogrjevnog medija (npr. **55/45°C, 40/30°C**)
- Izvori topline:
niskotemperaturni i kondenzacijski kotlovi, solarni sustavi i dizalice topline
- Nužna je konstrukcijska prilagodba građevinskih elemenata ploha prostorije

POVRŠINSKI SUSTAVI GRIJANJA s obzirom na ogrjevnu plohu dijele se na:

- **PODNO GRIJANJE**
- **ZIDNO GRIJANJE**
- **STROPNO GRIJANJE**



OSNOVNE IZVEDBE SUSTAVA POVRŠINSKOG GRIJANJA:

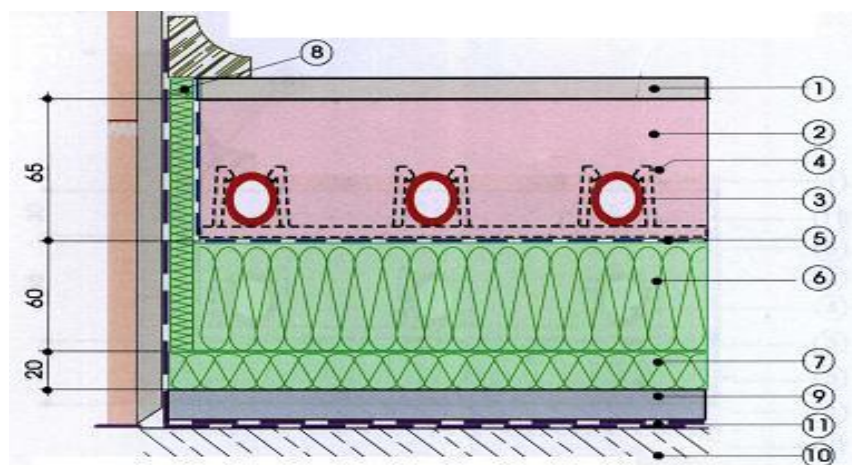
- u mokrom estrihu
- u suhom estrihu
- u suhom estrihu u sloju toplinske izolacije
- u suhom podu (samo za podno grijanje)

Ograničenje koeficijenta prolaska topline u slučaju panelnog grijanja definirano je tehničkom regulativom:

TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA (NN „Narodne novine“ broj 128/15., 70/18., 73/18., 86/18)

Članak 50.

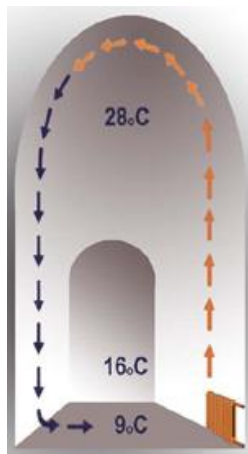
Kod panelnog grijanja (npr. podno, zidno, stropno grijanje) koeficijent prolaska topline slojeva građevnog dijela, U [$W/(m^2 \cdot K)$], koji se nalaze između površine grijanja i vanjskog zraka, zemlje, stana ili poslovnog prostora drugog korisnika ili negrijanog dijela zgrade, ne smije biti veći od $0,30 W/(m^2 \cdot K)$.



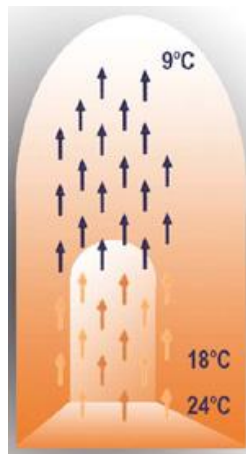
- ① Zalijepljena podna obloga (keramičke pločice, sag, parket, itd.)
 $R_{\lambda} \leq 0,15 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
- ② Cementni estrih s aditivom ECO 30, debljina 65 mm
- ③ Euroval® - sigurnosna cijev 24/17
- ④ Euroval® - modularna letvica
- ⑤ Folija PE 0,15 mm
- ⑥ Ploča za toplinski izolaciju 60 mm PUR 25, WLG 025
 (alternativno 100 mm PS 20)
- ⑦ Ploča za zaštitu od udarnog zvuka PST 23/20 mm
- ⑧ Rubna izolacijska traka PE-pjena, 10 mm
- ⑨ Sloj za izravnavanje (u slučaju potrebe)
- ⑩ Neobrađeni pod
- ⑪ Hidroizolacija prema DIN 18195 uključujući PE foliju

Za ravnomjernu razdiobu grijanja podne plohe bitno **je obratiti pažnju na slijedeće:**

- promjer i fizikalne karakteristike cijevi
- korak između razvoda cijevnog snopa
- jednoliki otpor cijevnih snopova
- toplinske karakteristike građ. plohe (poda, stropa, zida)



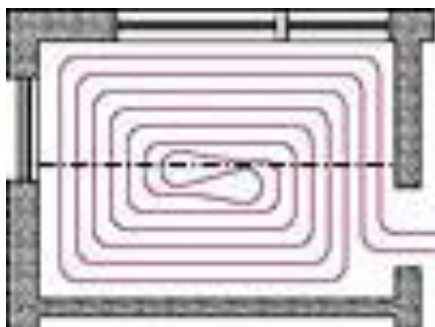
Izrazita prednost kod sakralnih objekata



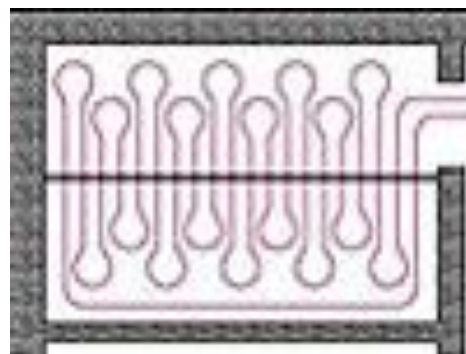
Primjer postavljanja cijevnog razvoda podnog grijanja



Miješani sustav



Spiralni sistem



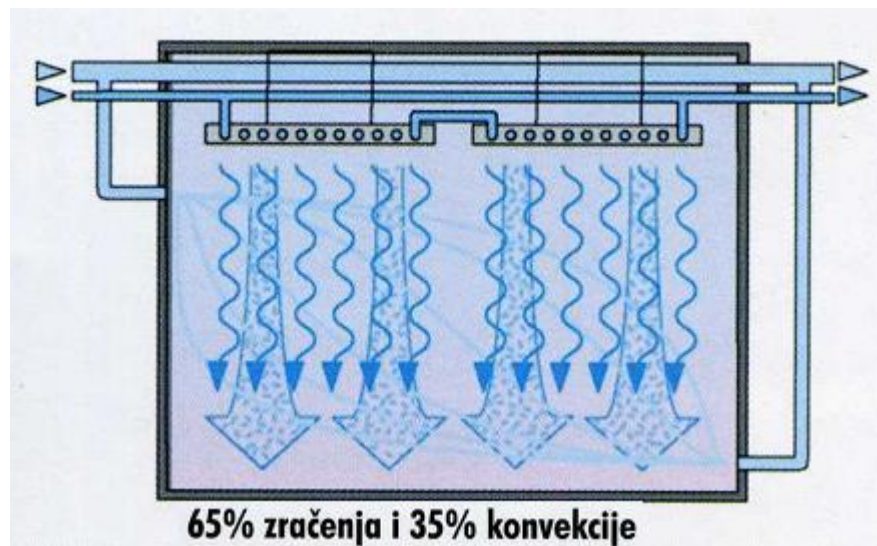
Zmijoliki sistem

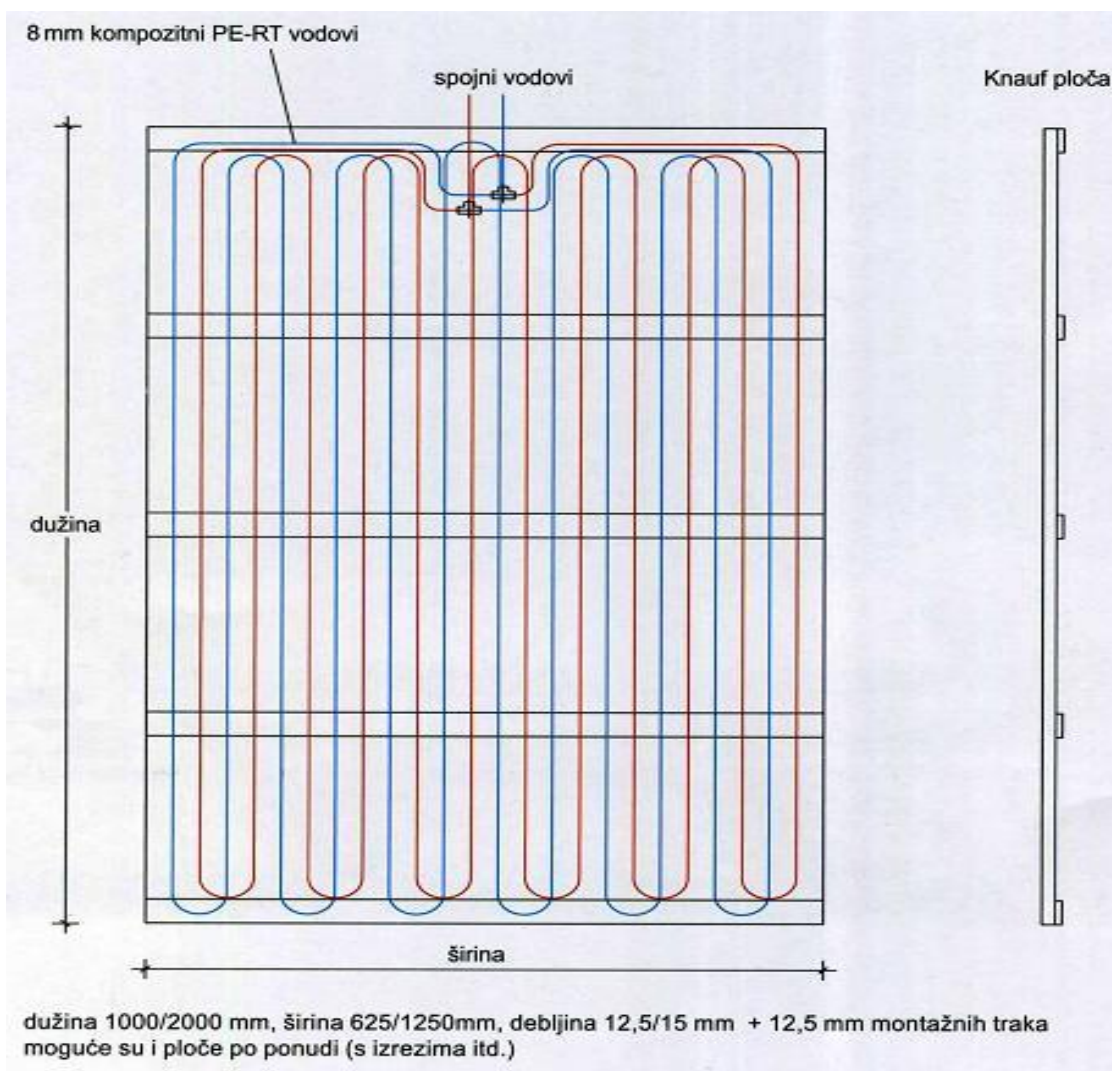


Površinsko grijanje/hlađenje

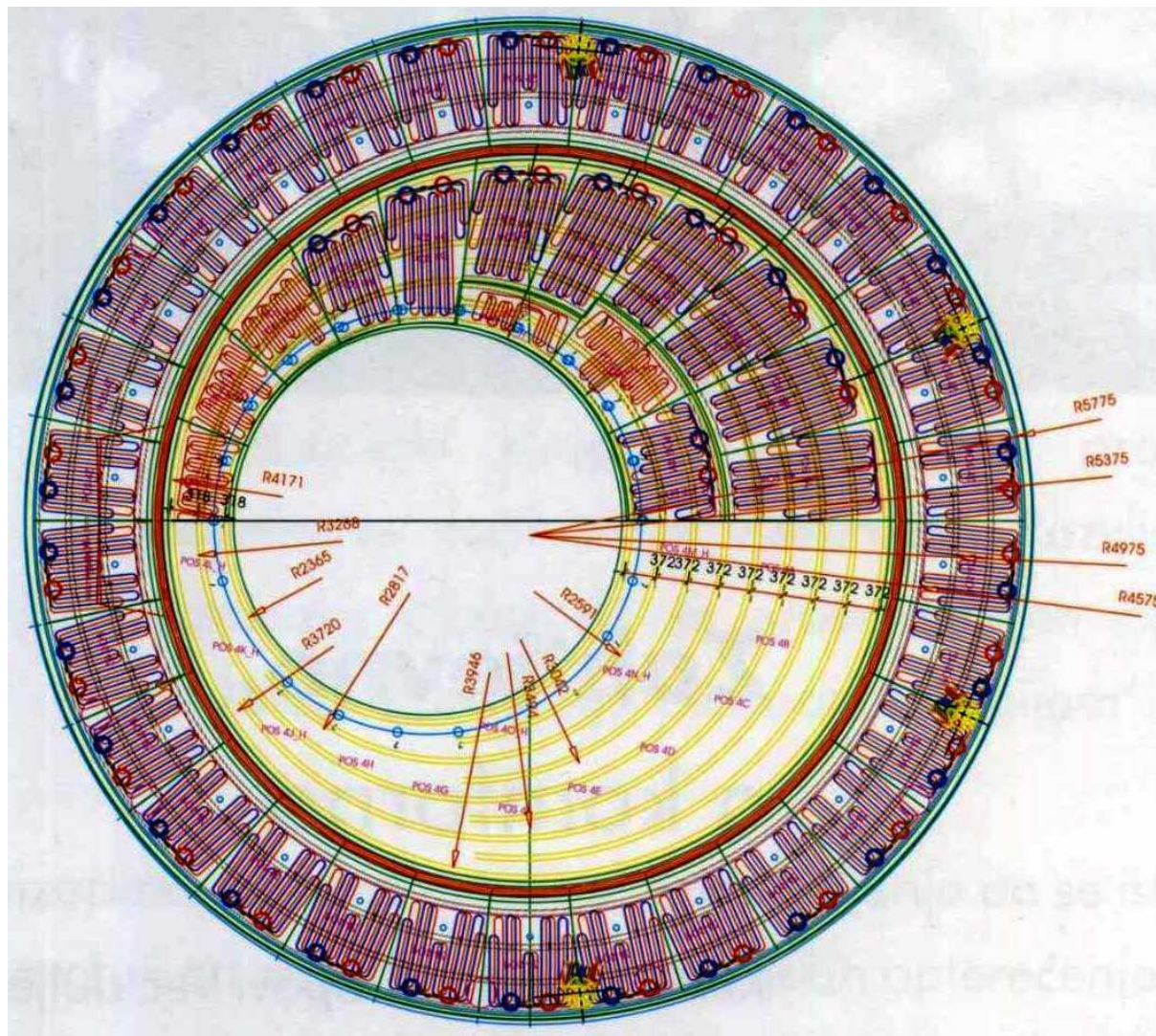


Postavljanje razvoda za podno grijanje

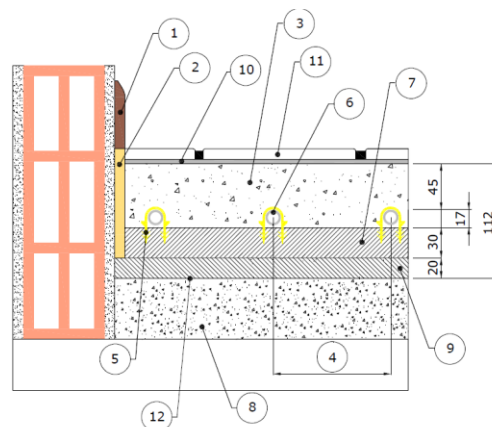
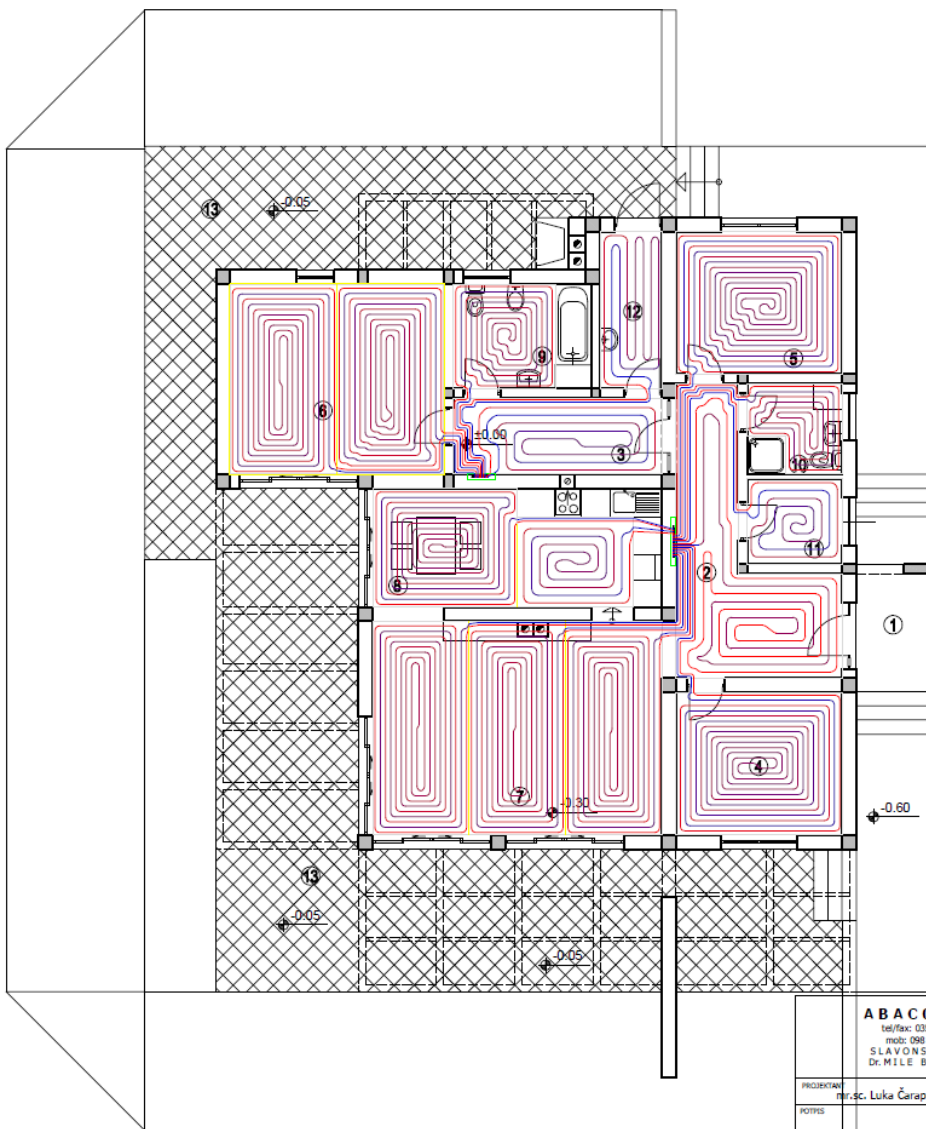




Primjer podnog grijanja



Primjer podnog grijanja



Legenda:

- 1) Podna letvica
- 2) Rubna izolacijska traka
- 3) Estrih debljine 62 mm
- 4) Razmak cijevi
- 5) Tacker iglica
- 6) Cijev Viega PE-Xc 17x2.0
- 7) Tacker ploča 30-2
- 8) Betonska ploča poda
- 9) EPS-izolacijska ploča
- 10) Ljepilo
- 11) Podna obloga
(keramičke pločice)
- 12) PE-folija debljine 0,1 mm

Presjek konstrukcije podnog grijanja prizemlja (za slučaj da je betonska ploča poda premazana bitumenom, jer je ispod zemlja)

ODABIR OGRJEVNOG TIJELA

Obavlja se prema potrebnom toplinskom učinku (**HRN EN 12831** - Sustavi grijanja u građevinama - Postupak proračuna normiranog toplinskog opterećenja)

UOBIČAJENE TEMPERATURE OGRJEVNOG MEDIJA:

90/70 ° C, **75/65 ° C**, 70/60 ° C, 70/55 ° C, 55/45 ° C itd.

Toplinske karakteristike ogrjevnih tijela dane su u prospektima proizvodnih programa proizvođača za uobičajeno standardne temperature ogrjevnog medija 90°C/70°C. Ukoliko se režim grijanja odvija sa drugačijim temperaturama od standardnih tada je potrebno izvršiti preračunavanje standardnog toplinskog učina na odgovarajući režim temperatura sustava grijanja.

PRERAČUNAVANJE STANDARDNOG TOPLINSKOG UČINA OGRIJEVNOG TIJELA

Normni ili standardni toplinski učin ogrjevnog tijela Q_N definiran je prema **HRN EN 442** (*Radijatori i konvektori 1. dio: Tehničke specifikacije i zahtjevi*) za slijedeće temperature:

temperatura polaza	$Q_V = 75\text{ °C}$
temperatura povrata	$Q_R = 65\text{ °C}$
temperatura zraka u prostoriji	$Q_L = 20\text{ °C}$

Toplinski učin ogrijevnog tijela u stvarnim pogonskim uvjetima:

$$Q_{pogon} = Q_N \times \left[\frac{\frac{\theta_{V, pogon} - \theta_{R, pogon}}{\ln \left(\frac{\theta_{V, pogon} - \theta_{L, pogon}}{\theta_{R, pogon} - \theta_{L, pogon}} \right)}}{75^{\circ}C - 65^{\circ}C} \right]^n = Qn \times \left[\frac{\Delta t_{ln, pogon}}{49,8K} \right]$$

$\theta_{V, pogon}$, $\theta_{R, pogon}$

$\theta_{L, pogon}$

n

temperatura polaza i povrata u stvarnim pogonskim uvjetima, [°C]

temperatura zraka u prostoriji u stvarnim pogonskim uvjetima, [°C]

eksponent ogrijevnog tijela, [-]



Eksponent ogrjevnog tijela (n):

Podno grijanje	1,10
Pločasta ogrjevna tijela	1,20 - 1,30
Cijevi	1,25
Orebrene cijevi	1,25
Radijatori	1,30
Konvektori	1,25 - 1,45

Proračun toplinskog učina ogrjevnih površina s prijašnjeg standardnog toplinskog učina definiranog kod 90/70/20 °C na važeći standardni toplinski učin kod 75/65/20 °C:

$$Q_{90/70} = Q_{75/65} \times \left[\frac{\frac{90 - 70}{\ln\left(\frac{90 - 20}{70 - 20}\right)}}{\frac{75^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}}{\ln\left(\frac{75^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}}{65^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}}\right)}} \right]^n = Q_{75/65} \times \left[\frac{59,4403}{49,8329} \right] = 1,1928^n \times Q_{75/65}$$

$$Q_{75/65} = 0,83837^n \times Q_{90/70}$$

Za radijatore s eksponentom $n = 1,3$ vrijedi:

$$Q_{75/65} \approx 0,8 \times Q_{90/70}$$



CIJEVNI RAZVOD je dio sustava grijanja koji služi za prijenos (TRANSPORT) toplinske energije od izvora topline do ogrjevnih tijela u prostorijama pomoću odgovarajućeg ogrjevnog medija (prijenosnika energije).

Dimenzioniranje se provodi na osnovi jednadžbe kontinuiteta: $A = V/w \text{ [m}^2\text{]}$

U praksi se presjek cjevovoda određuje iz tabličnog prikaza koji sadrži toplinski učin, gospodarsku brzinu i odgovarajući pad tlaka.

OGRJEVNI MEDIJ je tvar koja u sustavima grijanja služi za prijenos energije od izvora topline do ogrijevnih tijela smještenih u prostorijama.

ZAPORNA ARMATURA se određuje na temelju promjera cijevi. Zaporna armatura služi za odvajanje komponenata instalacije radi možebitnih intervencija (otklanjanja kvara), te za uravnoteženje sustava (balans ventili).

REGULACIJSKA ARMATURA se određuje preko tzv. “karakteristike ventila”, tj. k_v vrijednosti.



PODJELA SUSTAVA GRIJANJA

Toplozračni sustavi grijanja → ogrjevni medij ZRAK

Zračno-vodeni sustav grijanja → ogrjevni medij ZRAK, VODA

Toplovodni sustav grijanja → ogrjevni medij VODA

Dovođenje topline korištenjem VODE kao nosioca topline, razdioba tople vode po prostorijama vrši se pomoću cijevi. Prijenos topline u prostoriji vrši se preko ogrjevnih tijela sustava centralnog grijanja (središnji toplinski izvor opskrbljuje toplinom veći broj prostorija ili cijelu zgradu).

Općenito je poznato da je specifični toplinski kapacitet vode najveći u usporedbi sa specifičnim kapacitetima poznatih tvari i iznosi:

$$c_w = 4187 \text{ J/kgK (kod } 70^\circ\text{C)}$$

Zbog toga je razumljivo da je VODA glavni prijenosnik energije u sustavima grijanja!



CENTRALNI TOPLOVODNI SUSTAVI GRIJANJA

Za centralne sustave grijanja nosilac topline je voda standardnog temperaturnog režima $90^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$ ili nižeg, ovisno od pogonskih karakteristika toplinskog izvora i izbora sustava grijanja (radijatorsko, konvektorsko, podno, stropno, zidno itd.)

Podjela centralnih toplovodnih sustava grijanja može se izvesti prema:

-načinu cirkulacije vode :

sustavi grijanja s prirodnom cirkulacijom (gravitacijski) → rijetko se izvodi

sustavi grijanja s prisilnom cirkulacijom (s crpkom)

-izvedbi cijevne mreže:

jednocijevni

dvocijevni

-razvodu cijevne mreže:

donji razvod (npr. vođenje polaznog i povratnog voda ispod stropa najniže etaže)

gornji razvod (polazni vod se nalazi ispod stropa najviše etaže) vrsti

-ekspanzijskog sustava:

otvoreni sustav (ekspanzijska posuda na najvišoj točki instalacije)

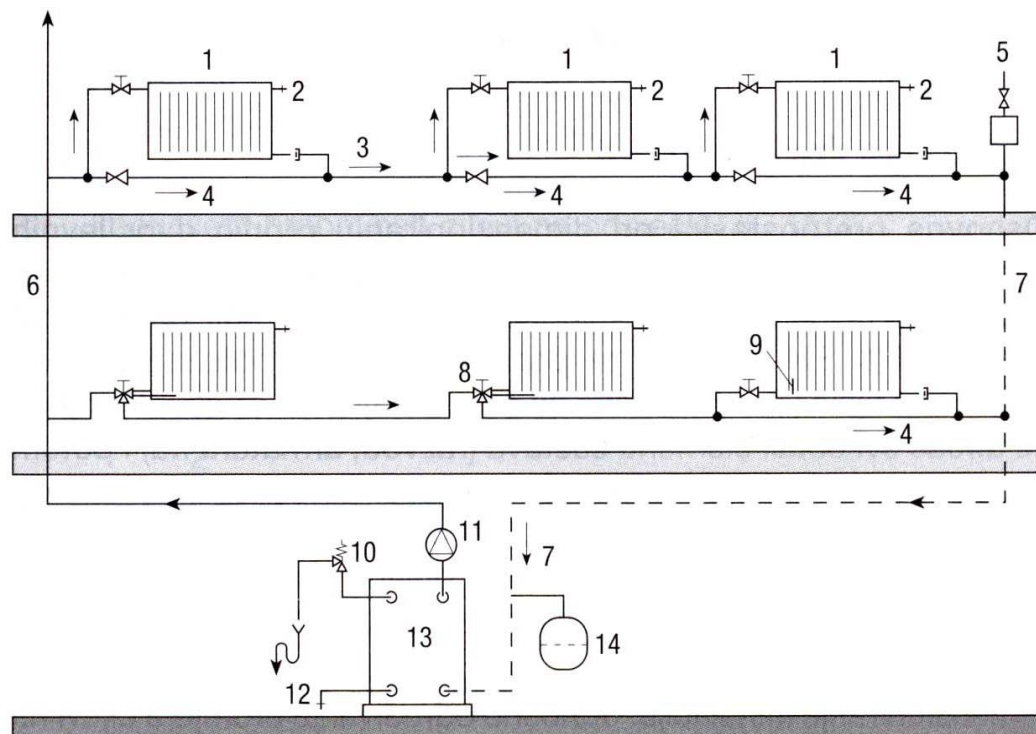
zatvoreni sustav (ekspanzijska posuda u kotlovnici)

diktir ekspanzijski sustav

JEDNOCIJEVNI SUSTAV GRIJANJA

Cijevni razvod se sastoji od jednog voda koji serijski povezuje ogrjevna tijela i izvodi se ispod ogrjevnog tijela kako je to prikazano u shemi.

Zbog promjene temperature ogrjevnog medija, od prvog do zadnjeg ogrjevnog tijela ovisno o broju ogrjevnih tijela za ostvarivanje istog toplinskog učina povećava se površina ogrjevnog tijela u odnosu na prethodno.



- 1 - ogrjevno tijelo - radiator
- 2 - priključak za odzračivanje
- 3 - vod ogrjevnog medija
- 4 - prestrujni vod
- 5 - priključak za odzračivanje
- 6 - polazni vod
- 7 - povratni vod

- 8 - specijalni ventil
- 9 - slijepi zasun
- 10 - sigurnosni ventil
- 11 - cirkulacijska crpka
- 12 - priključak za pražnjenje
- 13 - izvor topline - kotao
- 14 - zatvorena ekspanzijska posuda

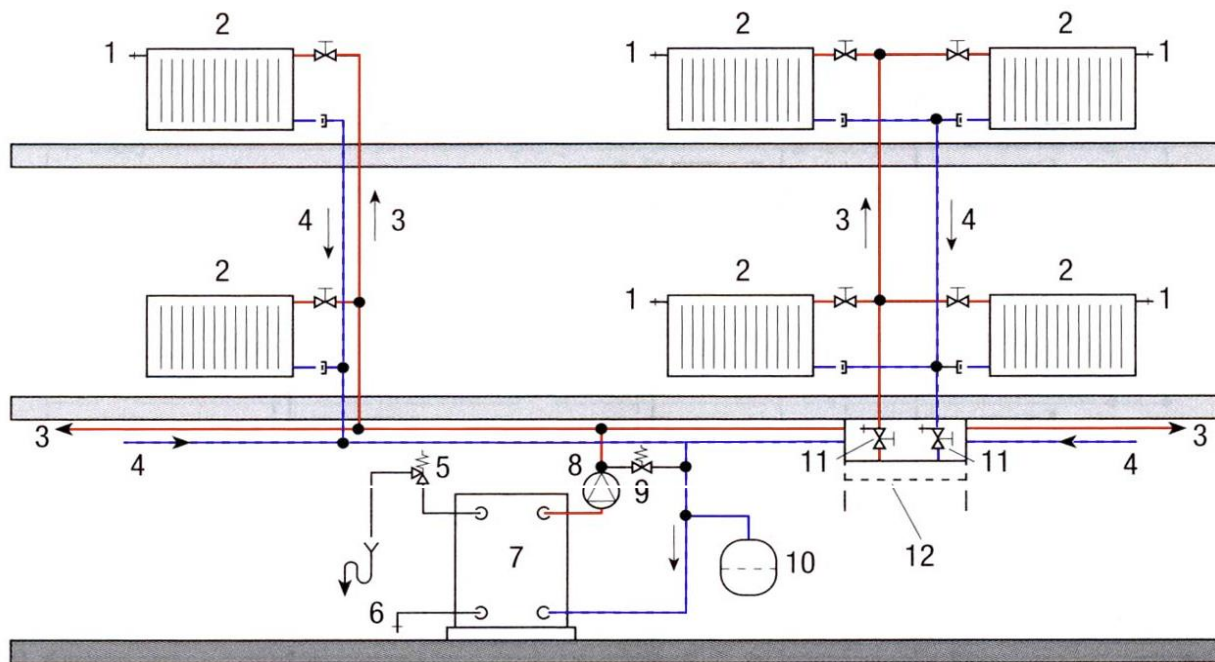
DVOCIJEVNI SUSTAV GRIJANJA

Cijevni razvod se sastoji od DVA u pravilu usporedno vođena voda: **polaznog i povratnog voda**.

Mogu biti izvedeni s donjom ili gornjom raspodjelom (razvodom). Na slici je prikazan donji razvod.

Temperature **ogrijevnog medija** na ulasku u svako **ogrijevno tijelo** su jednake.

Sustav se **dimenzionira** prema **najnepovoljnijem odsječku**, tj. dijelu instalacije.



- 1 - priključak za odzračivanje
- 2 - ogrijevno tijelo - radiator
- 3 - polazni vod —
- 4 - povratni vod —
- 5 - sigurnosni ventil
- 6 - priključak za pražnjenje

- 7 - izvor topline - kotao
- 8 - cirkulacijska crpka
- 9 - prestrujni ventil
- 10 - zatvorena ekspanzijska posuda
- 11 - granski zaporni ventil s mogućnošću pražnjenja
- 12 - isječak dijela instalacije

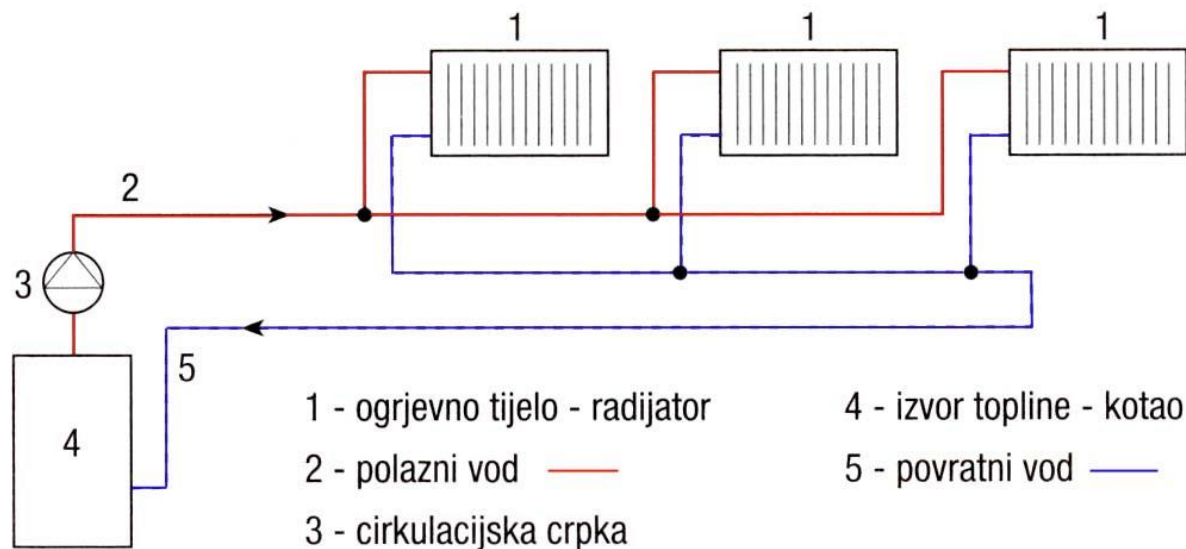
TICHELMANNOV SUSTAV GRIJANJA

Predstavlja kombinaciju dvocijevnih i jednocijevnih sustava grijanja.

Karakterističan je po tome što su ukupne duljine polaznog i povratnog voda od izvora topline do svakog ogrjevnog tijela jednake. Sukladno tome padovi tlaka na svim granama su jednaki, te nije potrebno hidrauličko uravnotežavanje.

Sustav se može dimenzionirati prema bilo kojoj grani.

Osnovni nedostatak sustava je u tome što jednake ukupne duljine vodova u praksi nisu ostvarive!



ČELIČNE CIJEVI

- navojne čelične cijevi
- bešavne i šavne čelične cijevi
- precizne čelične cijevi

BAKRENE CIJEVI

(u ravnim komadima, u kolutovima, bez zaštite, s ovojnicom, predizolirane)

POLIMERNE CIJEVI

- polivinilkloridne cijevi (PVC)
- polietilenske cijevi (niske gustoće PELD, srednje gustoće PEMD, visoke gustoće PEHD)
- cijevi od umreženog polietilena (PE-Xa, PE-Xb, PE-Xc, PE-Xd)
- polipropilenske cijevi (PP)
- polibutanske cijevi (PB)
- višeslojne cijevi



-TOPLINSKA IZOLACIJA CIJEVNOG RAZVODA:

Sprječavanje nepotrebnog odavanja topline na okolni prostor → smanjivanje toplinskih gubitaka

MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJU:

-ANORGANSKOG PORIJEKLA

- staklena vuna
- kamena vuna
- mineralna vuna

-ORGANSKOG PORIJEKLA

- prirodni (npr. pluto)
- umjetni (na polimernoj osnovi): npr. pjenasti ekspanzirani elastomer

-NA MATERIJALE ZA TOPLINSKU IZOLACIJU postavljaju se zahtjevi na:

- koeficijent toplinske vodljivosti λ ($\lambda < 0,1 \text{ W/mK}$)
- protupožarna svojstva (teško zapaljivi, samogasivi, kod zapaljenja ne smiju razvijati otrovni plinove i kapljevine)
- kod izolacije hladnih cijevi otpornost difuziji vodene pare, m (moraju imati visoki koeficijent otpora difuziji vodene pare)

-TOPLINSKA IZOLACIJA CIJEVNOG RAZVODA:

Sprječavanje nepotrebnog odavanja topline na okolni prostor → smanjivanje toplinskih gubitaka

MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJU:

-ANORGANSKOG PORIJEKLA

- staklena vuna
- kamena vuna
- mineralna vuna

-ORGANSKOG PORIJEKLA

- prirodni (npr. pluto)
- umjetni (na polimernoj osnovi): npr. pjenasti ekspanzirani elastomer

-NA MATERIJALE ZA TOPLINSKU IZOLACIJU postavljaju se zahtjevi na:

- koeficijent toplinske vodljivosti λ ($\lambda < 0,1 \text{ W/mK}$)
- protupožarna svojstva (teško zapaljivi, samogasivi, kod zapaljenja ne smiju razvijati otrovni plinove i kapljevine)
- kod izolacije hladnih cijevi otpornost difuziji vodene pare, m (moraju imati visoki koeficijent otpora difuziji vodene pare)

-Potrebna **debljina sloja toplinske izolacije** ovisi o promjeru cijevi i koeficijentu toplinske vodljivosti izolacijskog materijala.

-Potrebna debljina sloja toplinske izolacije može se odrediti i **na osnovu izolacijske klase (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6).**

-Određivanje izolacijske klase prema značajki pogona sustava grijanja (HRN EN 12828: Sustavi grijanja u građevinama- Izvedba sustava toplovodnog grijanja, Značajka pogona sustava grijanja (I) prema HRN EN 12828:

$$I = f_a \times (\theta_w - \theta_e) \times t$$

f_a - procijenjeni udio toplinskih gubitaka, [-]

θ_w - temperatura ogrijevnog medija u cijevima, [°C]

θ_e - temperatura okolnog zraka, [°C]

t - ukupno trajanje sezone grijanja, [s]

POTREBNA DEBLJINA
TOPLINSKE IZOLACIJE
CIJEVNOG RAZVODA

Izolacijske klase (HRN EN 12828)

Izolacijska klasa	Značajka pogona sustava grijanja I , [°C _s /(godx10 ⁹)]
0	$I < 0,05$
1	$0,05 < I < 0,17$
2	$0,17 < I < 0,35$
3	$0,35 < I < 0,70$
4	$0,70 < I < 1,40$
5	$1,40 < I < 2,80$
6	$I > 2,80$

$$[K_s] = [^{\circ}C_s]$$

Potrebne debljine sloja toplinske izolacije cijevnog razvoda sustava grijanja ovisno o promjeru cijevi d_1 , koeficijentu toplinske vodljivosti materijala toplinske izolacije λ , linearnom transmisijском koeficijentu U_L za cijevi i izolacijskim klasama (HRN EN 12828)

Vanjski promjer cijevi d_1 , [mm]	Potrebna debljina izolacije u [mm] IZOLACIJSKA KLASA 1				
	U_L	λ , [W/(mK)]			
	[W/(mK)]	0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,25	1	3	6	11
20	0,29	5	7	11	16
30	0,32	8	12	17	23
40	0,35	10	14	20	28
60	0,42	12	18	26	37
80	0,48	14	22	31	41
100	0,55	15	23	32	44
200	0,88	19	26	35	46
300	1,21	21	29	39	50
Ravna ploha	(1,17)	22	30	37	45

Vanjski promjer cijevi d_1 , [mm]	Potrebna debljina izolacije u [mm] IZOLACIJSKA KLASA 2				
	U_L	λ , [W/(mK)]			
	[W/(mK)]	0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,23	2	5	8	14
20	0,25	7	12	19	27
30	0,28	11	17	25	36
40	0,30	14	21	30	42
60	0,36	17	26	37	50
80	0,41	20	29	41	54
100	0,46	22	32	43	57
200	0,72	27	37	49	62
300	0,98	28	39	51	64
Ravna ploha	(0,88)	31	41	51	62

Ekonomska debljina toplinske izolacije cijevnog razvoda sustava grijanja,
 funkcija je **promjera cijevi** i **koeficijenta toplinske vodljivosti izolacijskog materijala λ**
 (prema uredbi o štednji energije – EnEV)

Navojne čelične cijevi		–	–	DN10	DN15	DN20	–	DN25	DN32	–	DN40
Šavne čelične cijevi		–	–	–	–	–	DN25	–	DN32	–	DN40
Bakrene cijevi ¹⁾		12	15	18	22	–	28	35	–	44	–
POTREBNA DEBLJINA IZOLACIJE CIJEVI u [mm]											
Koeficijent toplinske vodljivosti λ [W/(mK)]	0,025	10	11	11	11	12	17	18	18	23	24
	0,030	15	15	15	15	15	23	23	24	31	31
	0,035	20	20	20	20	20	30	30	30	40	40
	0,040	27	27	26	26	25	38	38	38	51	50
	0,045	36	35	34	33	30	49	47	47	63	69
	0,050	48	45	43	41	39	61	59	57	78	77

¹⁾ vanjski promjer u [mm]



Osnovna podjela obzirom na lokaciju i zadaću:

Linijske crpke

Cirkulacijske crpke za grijanje

Recirkulacijske crpke za PTV

Regulacija kapaciteta crpke

ON/OFF režim rada (ručno i automatski preko termostata ili satnog programatora)

višebrzinska regulacija

kontinuirana regulacija (frekventna regulacija broja okretaja)



*Jednostruka crpka
 (elektronički regulirana)*



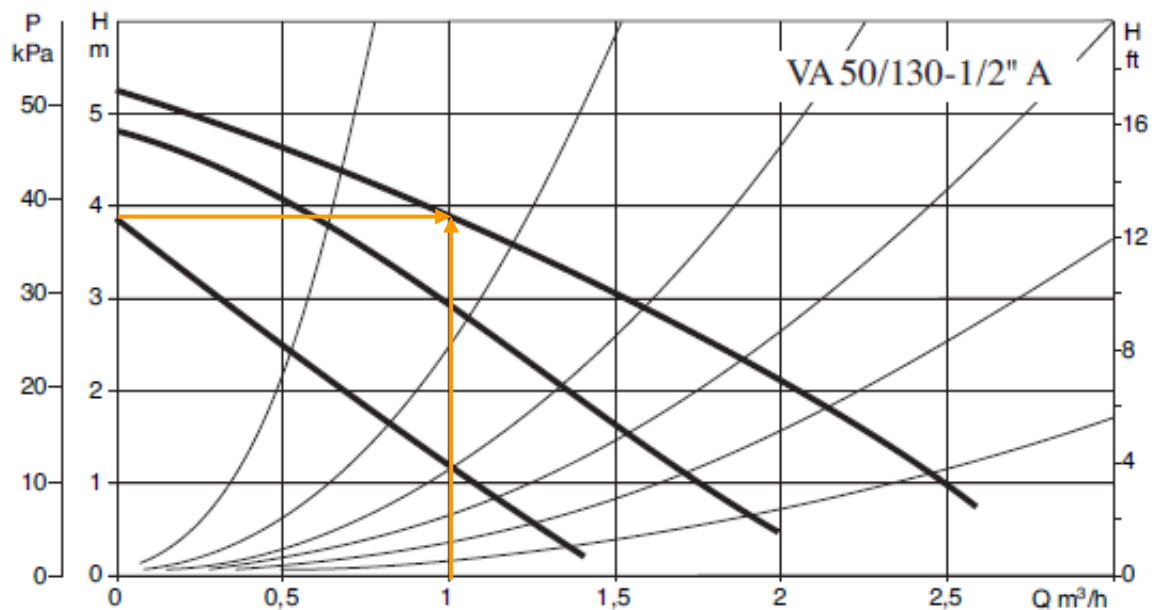
Jednostruka crpka



*Dvostruka crpka
 (radna i rezervna)*

I. Odabir temeljem računalnog programa za izbor crpke, prema proizvodnom programu određene tvrtke (npr. <http://net.grundfos.com/Appl/WebCAPS/InitCtrl?mode=18>)

II. Odabir temeljem H-Q karakteristike crpke iz kataloga proizvođača:



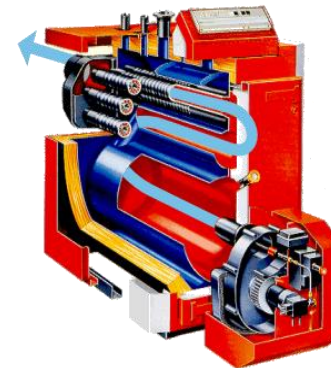
H = 3,8 m
 Q = 1,0 m³/h
 3. brzina

H-Q karakteristika 3 - brzinske cirkulacijske crpke

Povećanje visine dobave pumpe radi kompenzacije manjka protoka znatno povećava utrošak energije

$$\text{Troškovi pumpe} \approx C_0 + \frac{\text{Visina dobave} \times \text{Protok}}{\text{Efikasnost pumpe}}$$

Grijanje



2-6%



Vrste ekspanzijskog sustava:

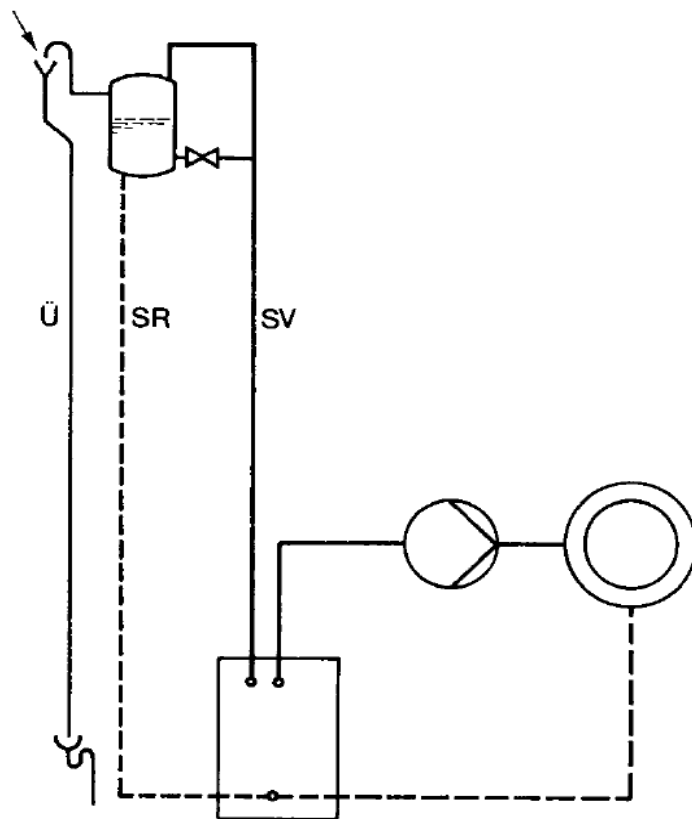
otvoreni sustav (ekspanzijska posuda na najvišoj točki toplovodne instalacije)

zatvoreni sustav (membranska ekspanzijska posuda u kotlovnici, priključak na povratni vod)

diktir ekspanzijski sustav (smješten u kotlovnici, priključak na povratni vod)

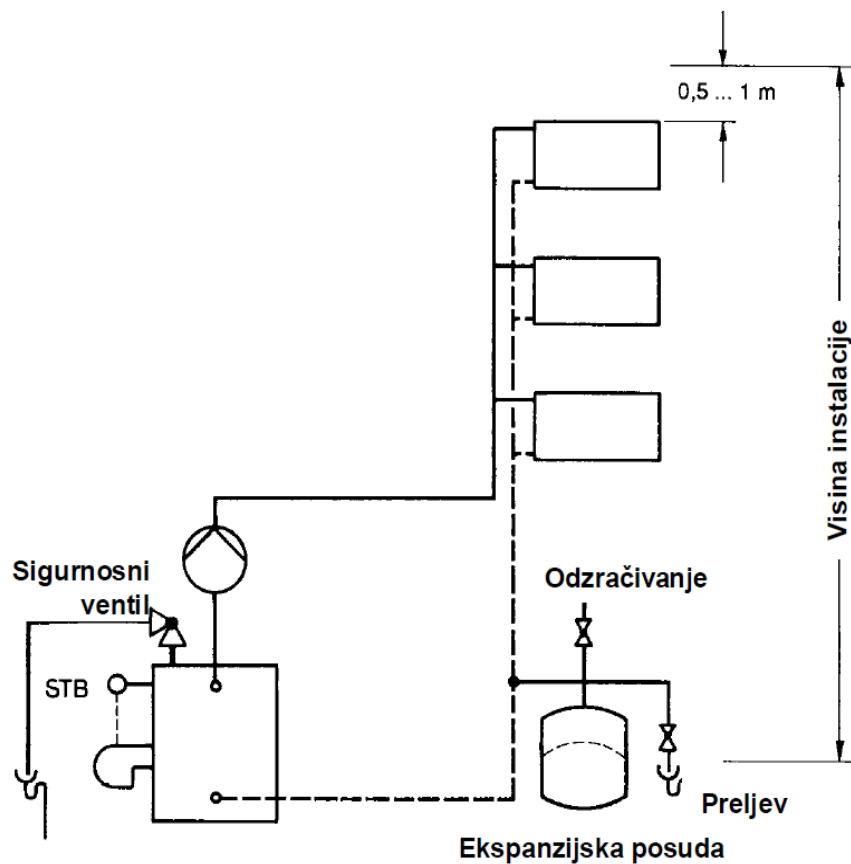
Projektiranje ekspanzijskog sustava regulirano normom **EN 12828**.

Veza s atmosferom



- približan volumen ekspanzijske posude:
 $V_n = 1 \div 1.5 \cdot Q_H [\text{kW}]$ [l] radijatori
 $V_n = 0.5 \div 0.8 \cdot Q_H [\text{kW}]$ [l] konvektori
 $V_n = 1.5 \div 2 \cdot Q_H [\text{kW}]$ [l] podno grijanje

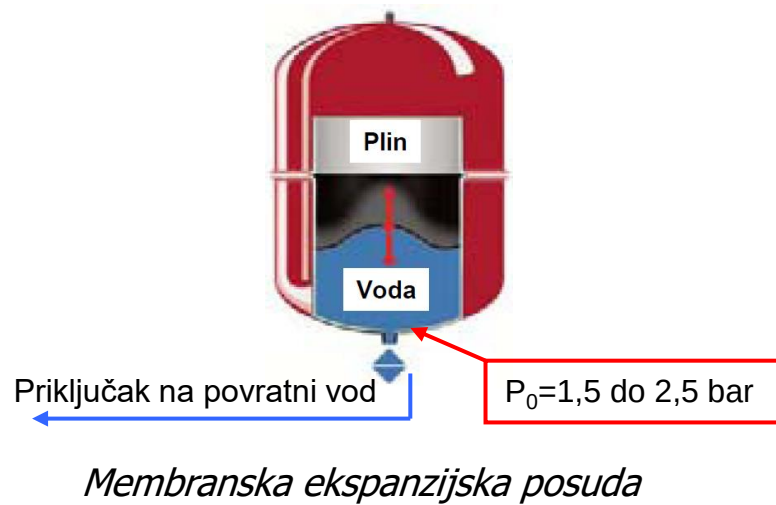
*Shema instalacije toplovodnog grijanja s
 "otvorenim" sustavom ekspanzije*



Shema instalacije toplovodnog grijanja sa "zatvorenim" sustavom ekspanzije



Proizvodna "gama" uređaja



Membranska ekspanzijska posuda

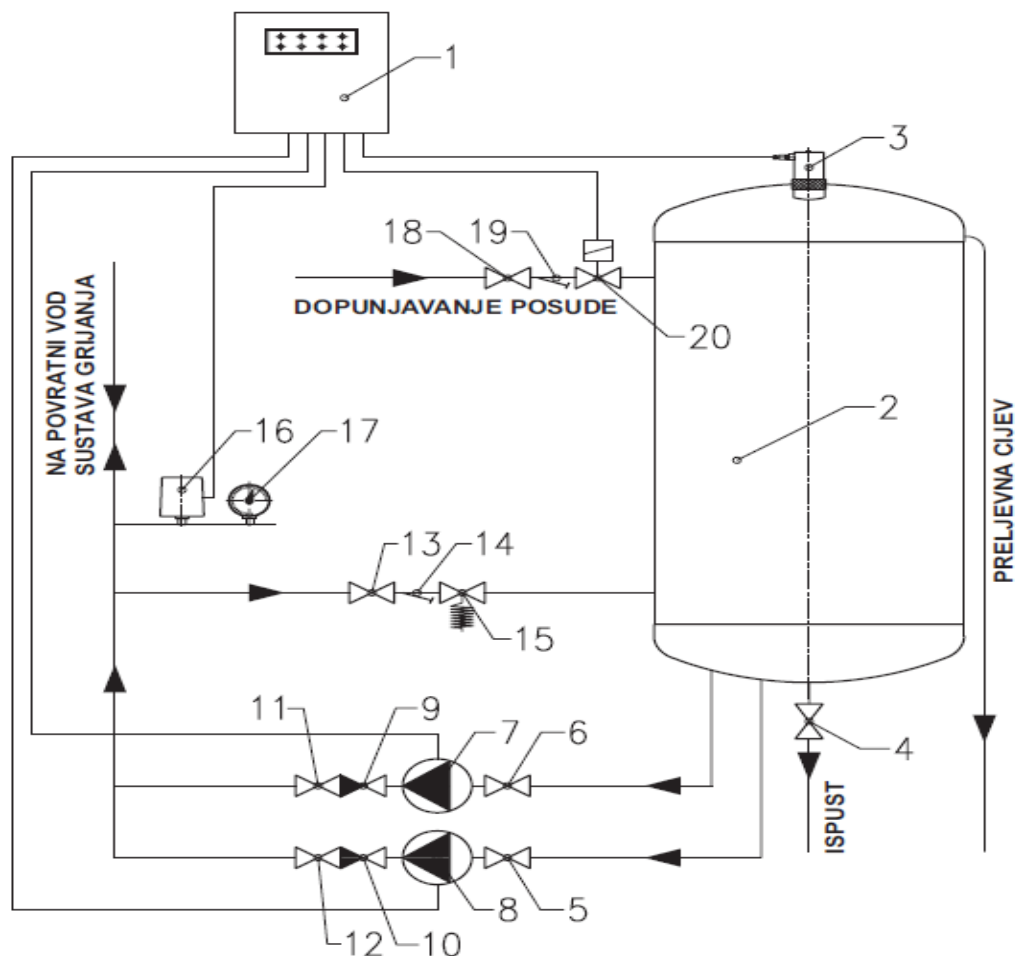


U većim sustavima grijanja javlja se problem s održavanjem tlaka, odnosno s izbacivanjem vode kod zagrijavanja ili s nadopunjavanjem vode kod ohlađivanja ili propuštanja sustava.

Primjenom norme HRN **EN 12828**, održavanje tlaka u sustavima grijanja pomoću posude s membranom ili tlačne posude s dušikom kod sustava s instaliranom snagom većom od **360 kW** nije dozvoljeno.

Tlak treba održavati s visoko položenom otvorenom ekspanzijskom posudom ili nisko položenom otvorenom ekspanzijskom posudom pomoću tlačne pumpe i prestrujnog ventila.

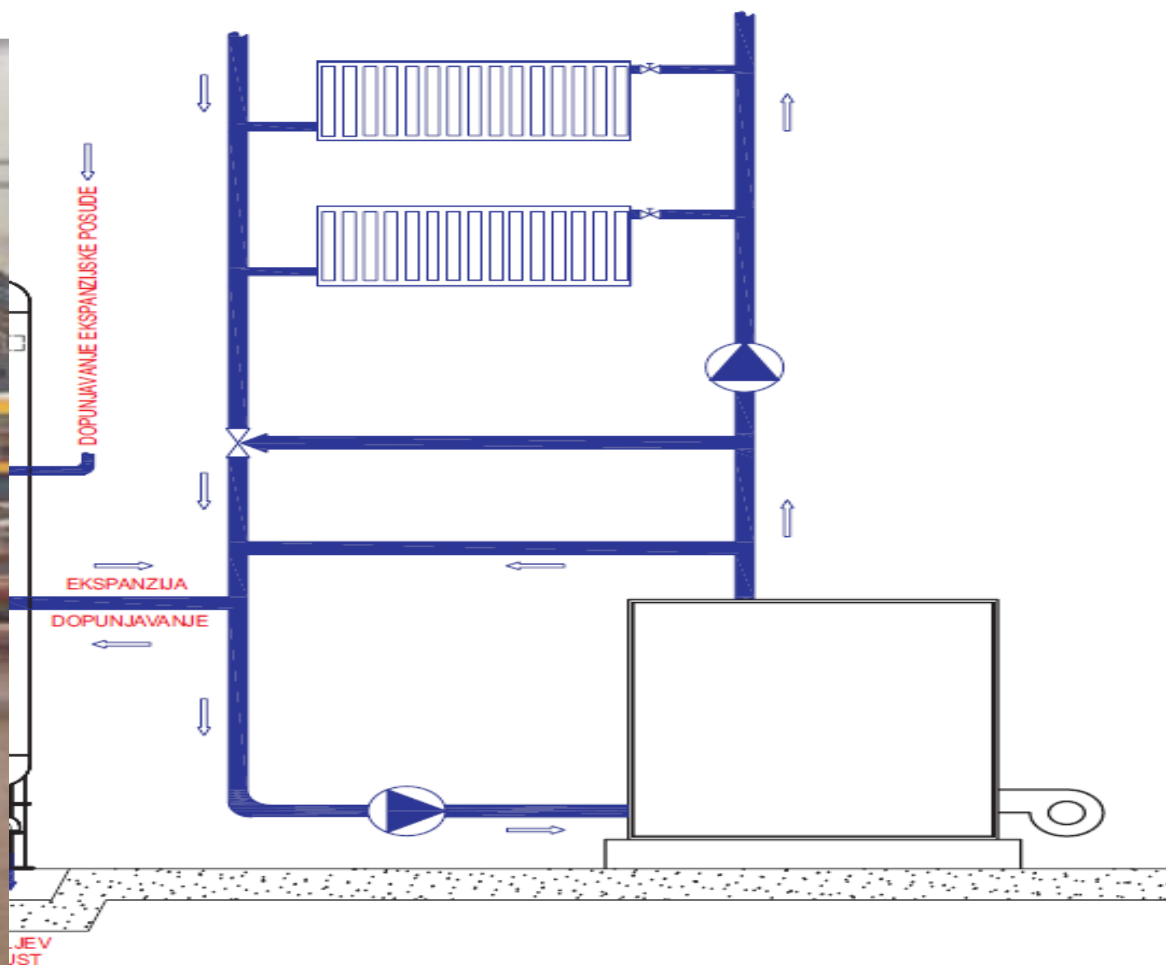
Zbog navedenih razloga razvijeni su uređaji koji automatski održavaju tlak u navedenim sustavima.



LEGENDA

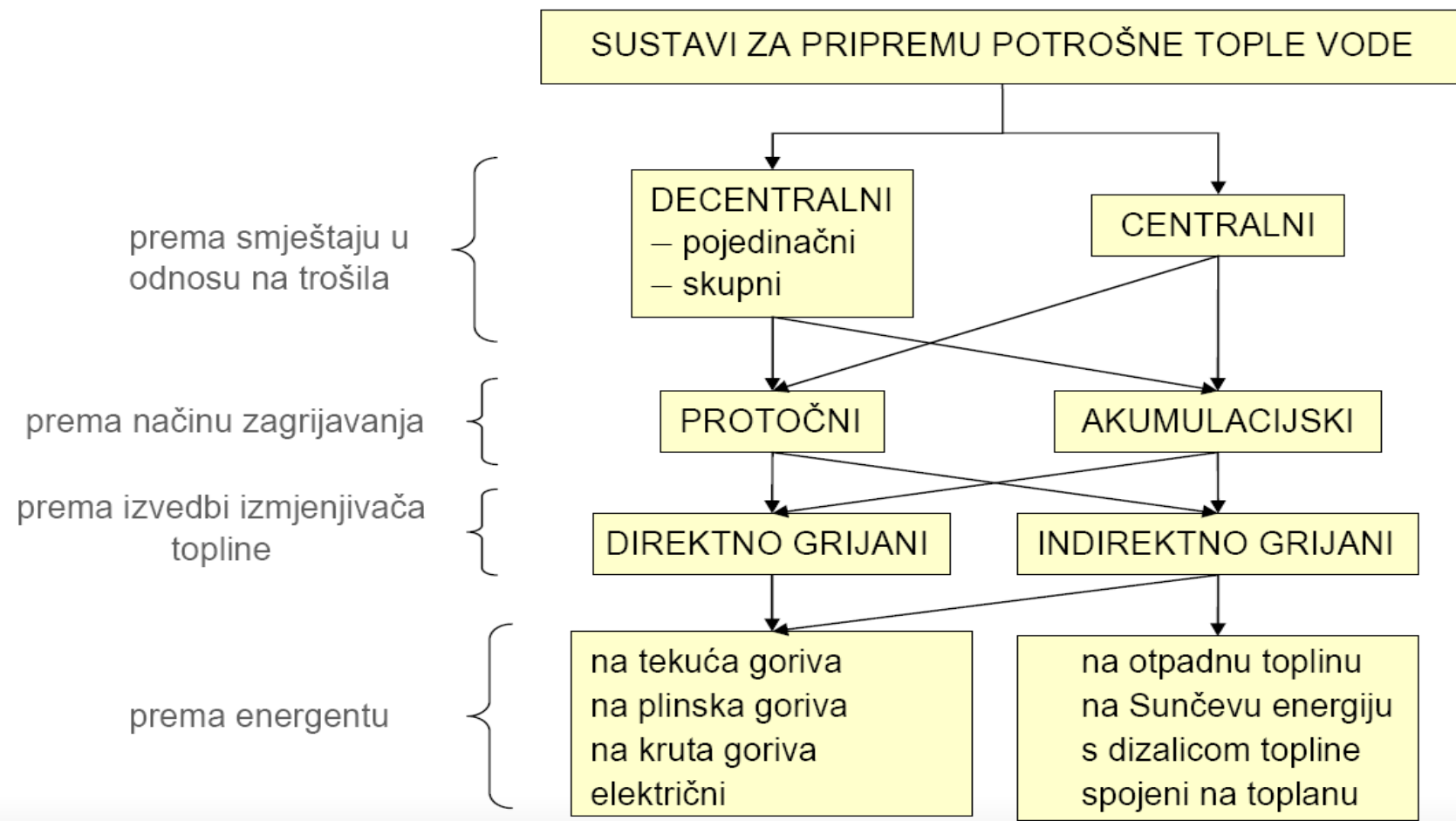
- 1 - elektrokomandni ormar
- 2 - otvorena ekspanzijska posuda
- 3 - nivosonda
- 4 - kuglasta slavina
- 5 - kuglasta slavina
- 6 - kuglasta slavina
- 7 - tlačna pumpa
- 8 - tlačna pumpa
- 9 - nepovrtni ventil
- 10 - nepovrtni ventil
- 11 - kuglasta slavina
- 12 - kuglasta slavina
- 13 - kuglasta slavina
- 14 - hvatač nečistoće
- 15 - prestrujni ventil
- 16 - tlačna sklopka
- 17 - manometar
- 18 - kuglasta slavina
- 19 - hvatač nečistoće
- 20 - elektromagnetski ventil

*Shema otvorenog ekspanzijskog uređaja s tlačnom pumpom
 (DIKTIR sustav)*



Spajanje ekspanzijskog uređaja na sustav grijanja

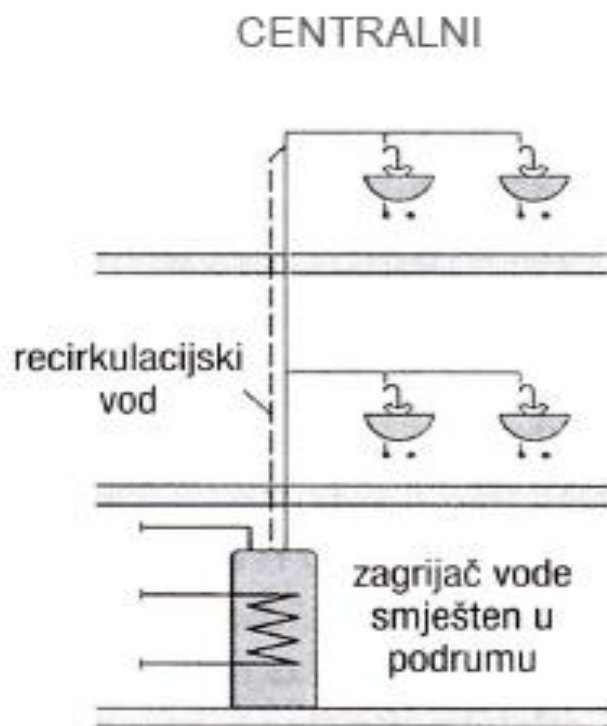
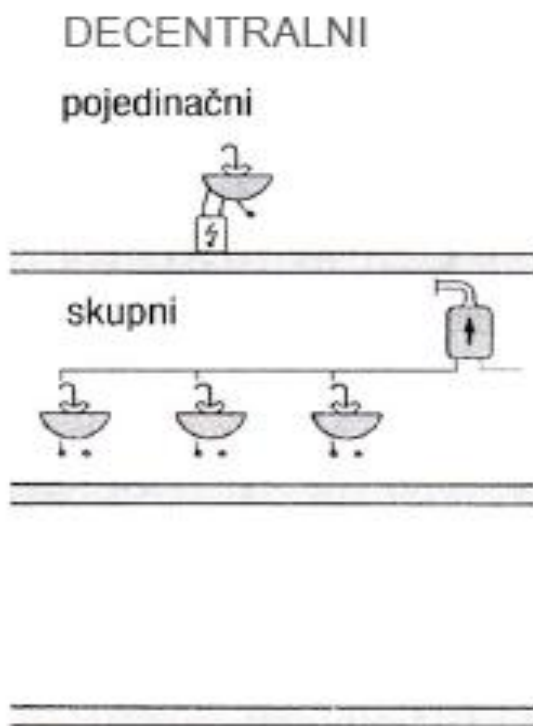
OPĆA PODJELA SUSTAVA ZA PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE (PTV)



prema smještaju u odnosu na trošila:

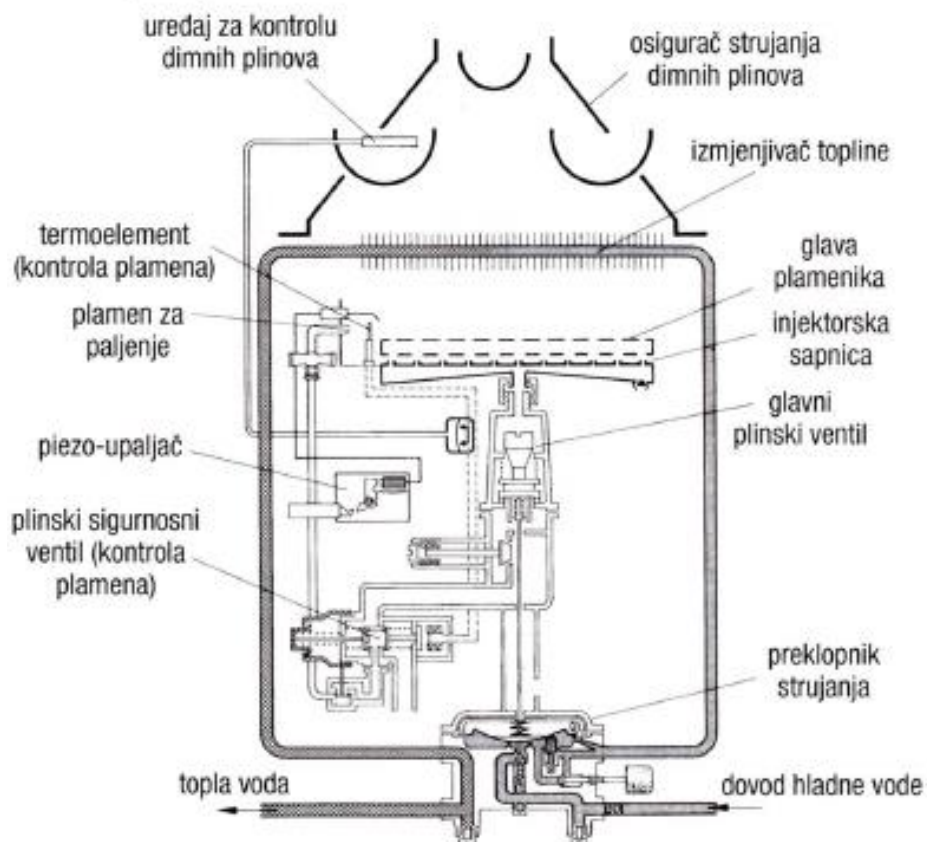
decentralni (lokalni) → smješteni u neposrednoj blizini trošila

centralni → smješteni na jednom mjestu za cijeli stan, kuću ili zgradu



prema načinu zagrijavanja vode:

protočni → zagrijavaju vodu neposredno u trenutku potrošnje, pri čemu izmjena topline započinje otvaranjem protoka kroz trošilo



Prednosti protočnih sustava:

- potrošači su uvijek opskrbljeni svježom, neustajalom vodom
- grijanje vode u protoku
- manja korozija materijala nego kod akumulacijskih
- zauzimaju malo prostora u odnosu na učin

Nedostaci protočnih sustava:

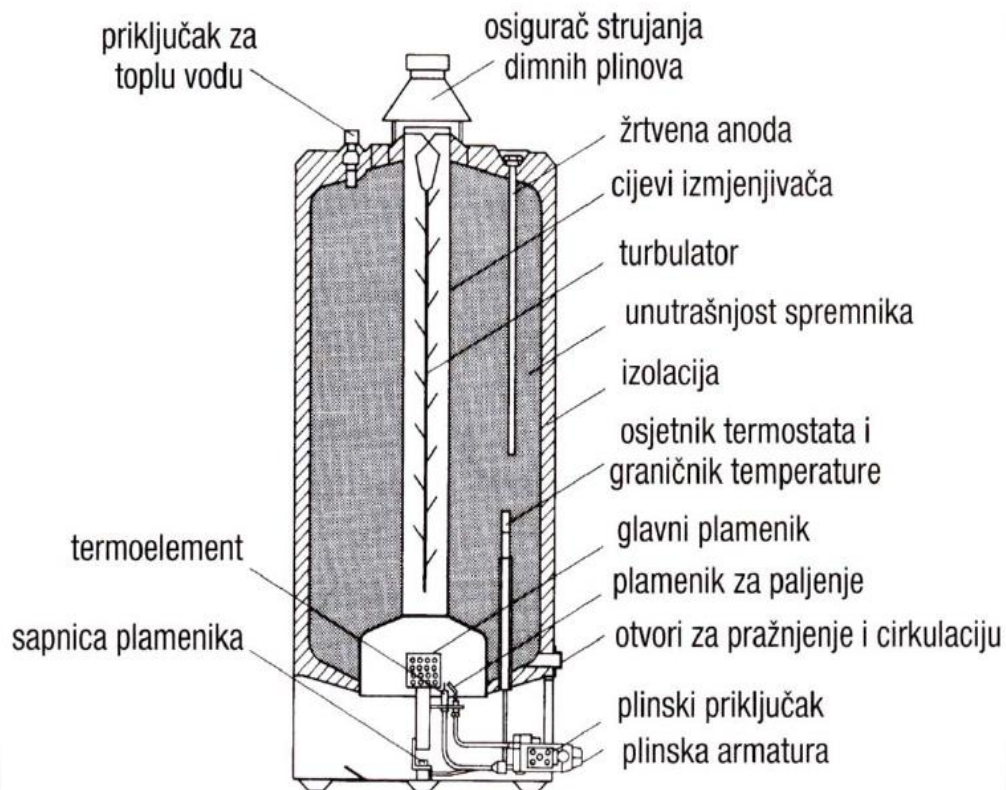
- taloženje vodenog kamenca u grijaćim cijevima (cijevi se lako začepi pri upotrebi tvrde vode)
- nisu prikladni za pogone s promjenljivom potrošnjom tople vode

Prednosti akumulacijskih sustava:

- akumulirana količina tople vode može se potrošiti u vrlo kratkom vremenu (lako se pokrivaju špice)
- velika količina vode se može zagrijati izvorom topline relativno malog učina ako se raspolaže s dovoljno vremena za grijanje
- akumulirana količina topline može se trošiti i kad je izvor toplinske energije isključen
- temperatura potrošne tople vode se može dobro regulirati

Nedostaci akumulacijskih sustava:

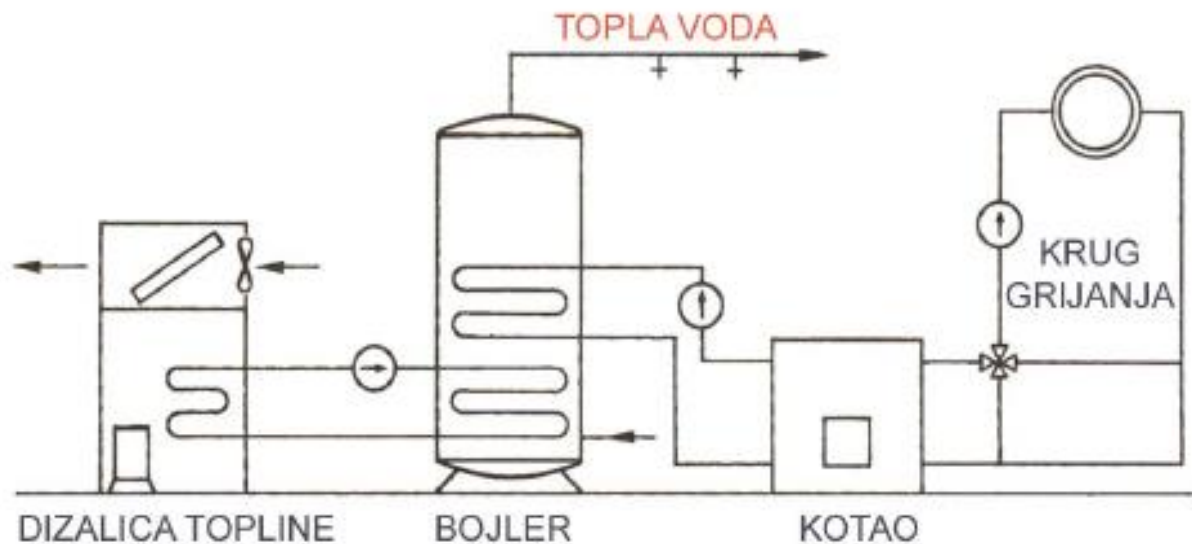
- polagano zagrijavanje vode
- zauzimanje prostora
- ako topla voda dugo stoji u spremniku, gubi na kvaliteti (ustajala voda, bakterije)



prema izvedbi izmjenjivača topline:

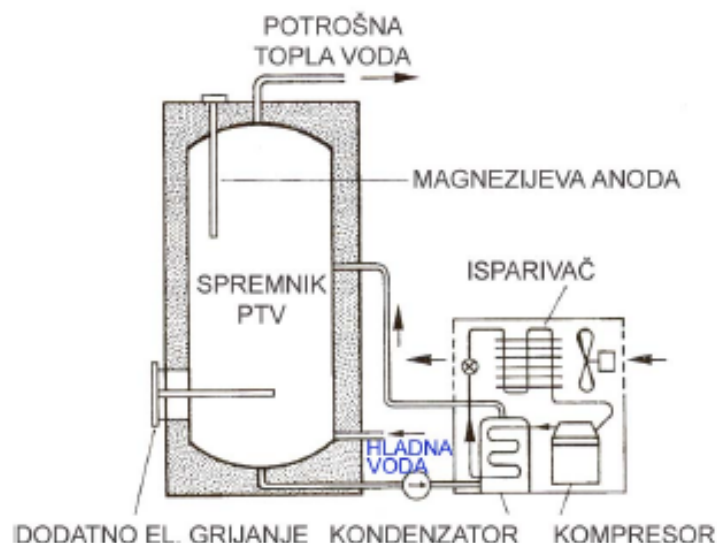
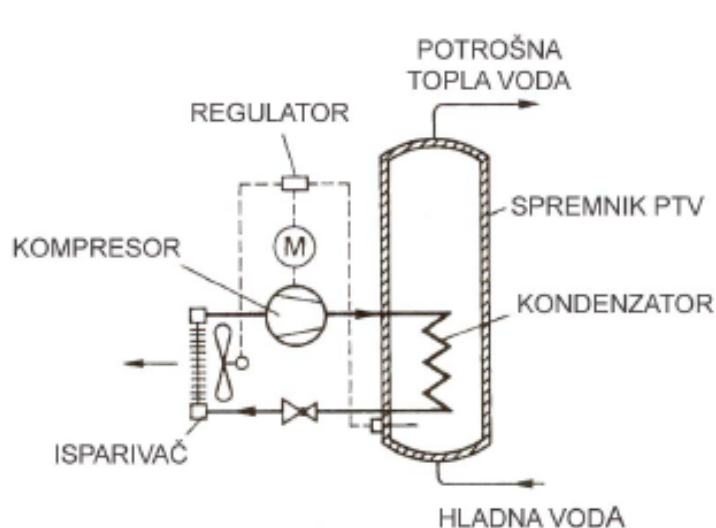
direktno grijani → toplinu predaje vodi izravno, preko odgovarajućeg izmjenjivača

indirektno grijani → toplinu predaju vodi posredno, preko izmjenjivača topline kroz koji struji
ogrjevni medij



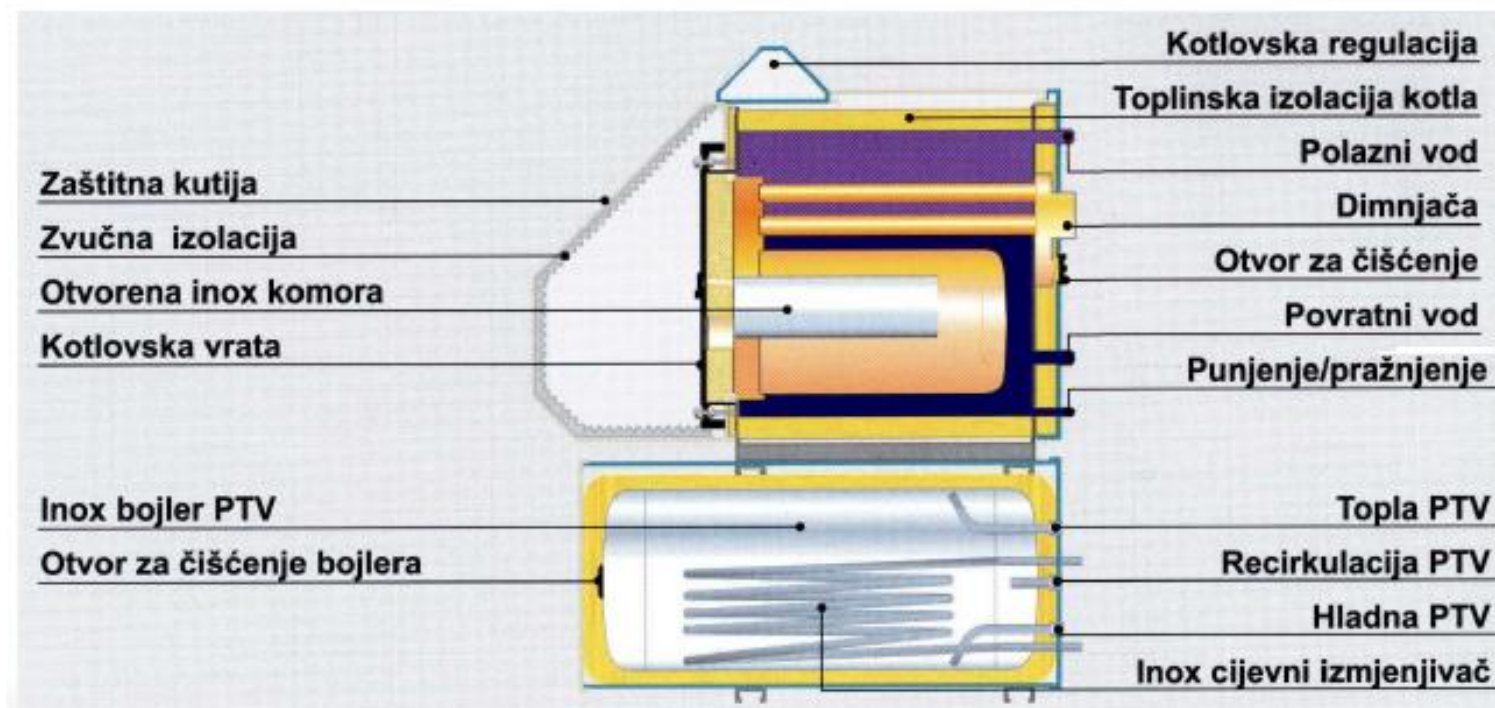
PRIPREMA PTV POMOĆU DIZALICE TOPLINE

- veći investicijski troškovi nego za električne uređaje, ali je manja potrošnja struje
- dizalica topline sastoji se od slijedećih elemenata → kompresor, kondenzator, prigušni element, isparivač
- zagrijavanje vode pomoću dizalice topline vrši se direktno (kondenzator je uronjen u spremnik PTV) ili indirektno preko posrednog medija – vode
- dodatni električni grijači → uključuju se automatski kada je



KOTLOVI S INDIREKTNOM GRIJANIM SPREMNIKOM ZA PRIPREMU PTV (CENTRALNA PRIPREMA)

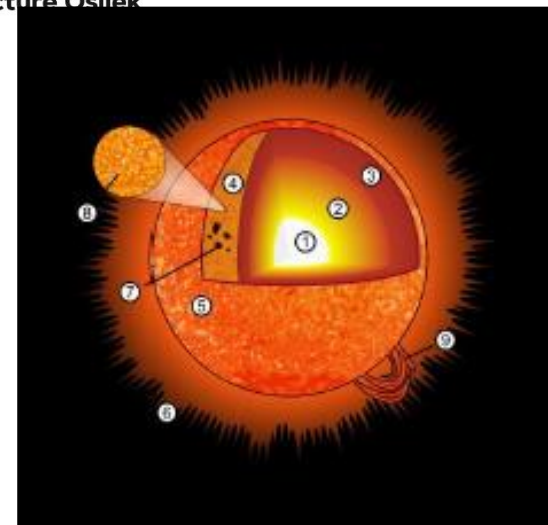
kotlovima se indirektno grije voda u zasebnom spremniku preko izmjenjivača topline
 spremnici PTV mogu biti fizički odvojeni od kotla ili mogu biti pričvršćeni za kotao



ENERGIJA SUNCA

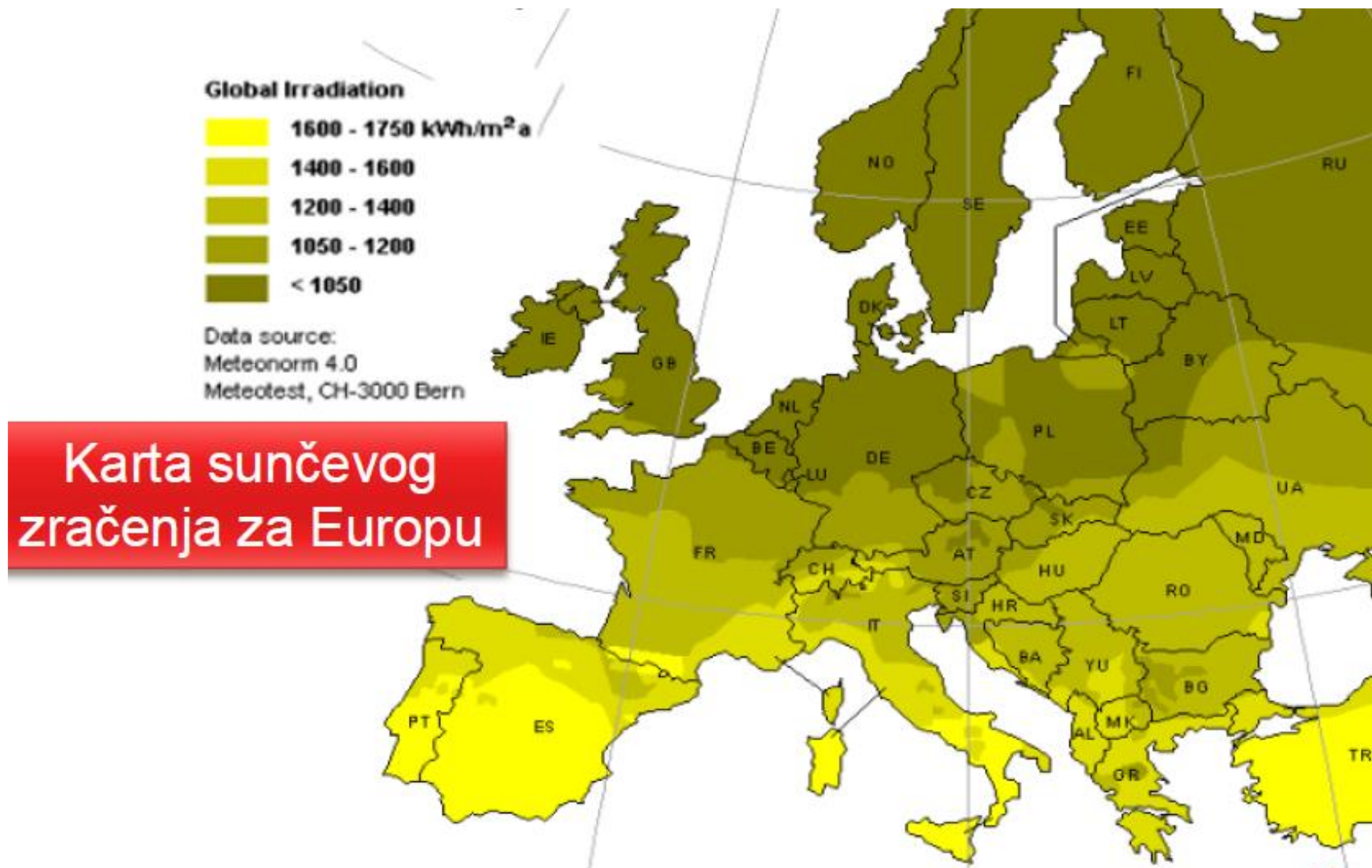
Energija Sunca nastaje procesima termonuklearne fuzije vodika koji se odvijaju u središtu Sunca. S površine Sunca temperature 5760 K energija se emitira u svemir elektromagnetskim valovima.

Iako samo vrlo mali dio ukupne Sunčeve energije dolazi do površine Zemlje, godišnja količina te energije je veća od energije ukupnih rezervi ugljena i nafte.



Energija sunčevog zračenja se pretvara u druge oblike energije procesima:

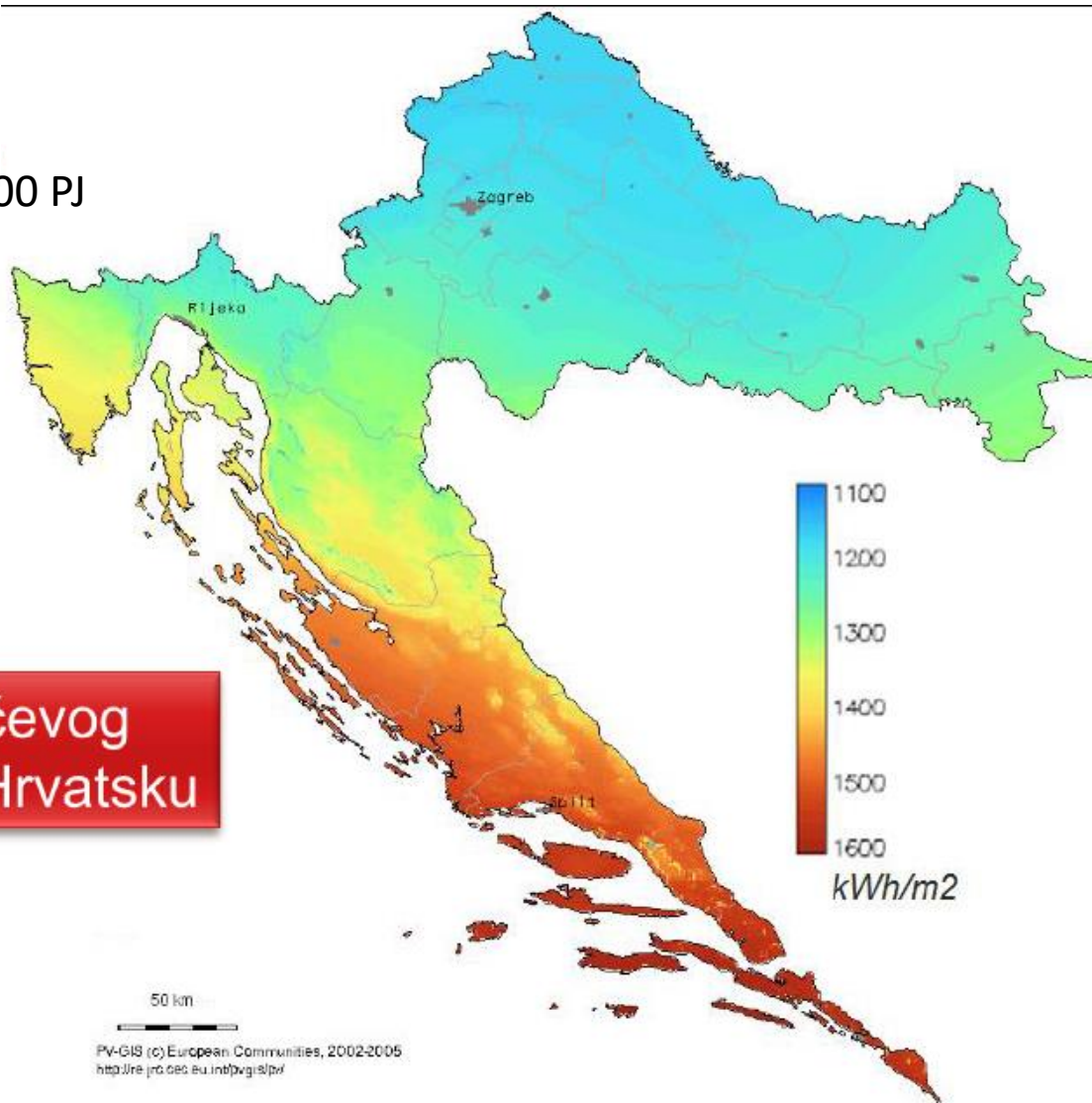
1. Fotosinteze (kemijska energija biljaka, rezultat: hrana, te unutarnja energija **biomase i fosilnih goriva**)
2. Isparavanja (kruženje vode i vodene pare u atmosferi, rezultat: **potencijalna energija vodotokova**)
3. Strujanja vode i zraka, rezultat: **kinetička energija morskih struja i vjetra, te potencijalna energija morskih valova**)
4. Znatno manji dio služi izravno kao oblik energije (**Sunčevi solarni kolektori, pasivno grijanje i fotonaponski kolektori**).



Srednja vrijednost: 1,3 MWh/m²
Povrsina Hrvatske: 56.594 km²
Ukupna energija: 265.000 PJ
Potrošnja energije u Hrvatskoj: 400 PJ

Godišnja insolacija
Hrvatske je 650 puta
veća od ukupne
energetske potrošnje!

Karta sunčevog
zračenja za Hrvatsku



Energija Sunca se danas iskorištava

PASIVNO

– u građevinama pomoću arhitektonskih mjera u svrhu grijanja i osvjetljavanja prostora



AKTIVNO

- sunčevih kolektora za

- zagrijavanje PTV
- grijanje prostora (i hlađenje)

- fotonaponske ćelije za

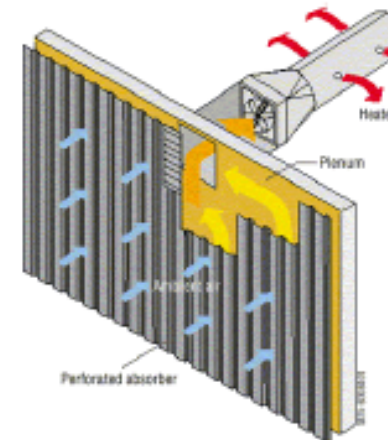
- proizvodnju električne energije



Obuhvaća zagrijavanje vode (i zraka) pomoću solarnih kolektora.

Primjena:

- *grijanje vode u domaćinstvima*
- *grijanje bazena i kupatila,*
- *grijanje procesne vode,*
- *dogrijavanje za kondicioniranje zraka*



Indikatori potencijalno isplativih primjena solarnog zagrijavanja vode:

- 1. Potreba za toplom vodom konst. kroz tjedan i godinu (ili više ljeti).*
- 2. Visoka cijena ostale energije (el. energija, plin, itd.).*
- 3. Dovoljno površine za postavljanje kolektora*
- 4. Sunčanija klima pomaže, ali nije nužnost – solarno grijanje moguće i u hladnijoj klimi.*

Potencijalne lokacije: kuće za stanovanje, škole, bolnice, restorani, zatvori, praonice, ostalo.

Solarni sustavi
 za pripremu PTV-
 a u najvećem
 broju slučajeva
 koriste se kao
 dodatni izvori
 topline, dok kao
 osnovni i dalje
 služe plinski, uljni
 ili električni
 kotlovi.

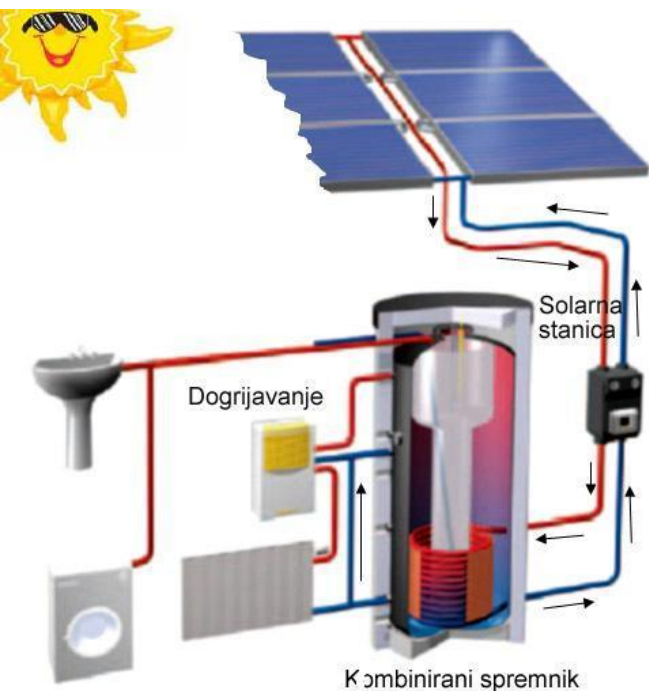


- a) kolektor
- b) spremnik tople vode s izmjenjivačem topline
- c) solarna stanica s crpkom i regulacijom
- d) razvod s odgovarajućim radnim (solarnim) medijem.

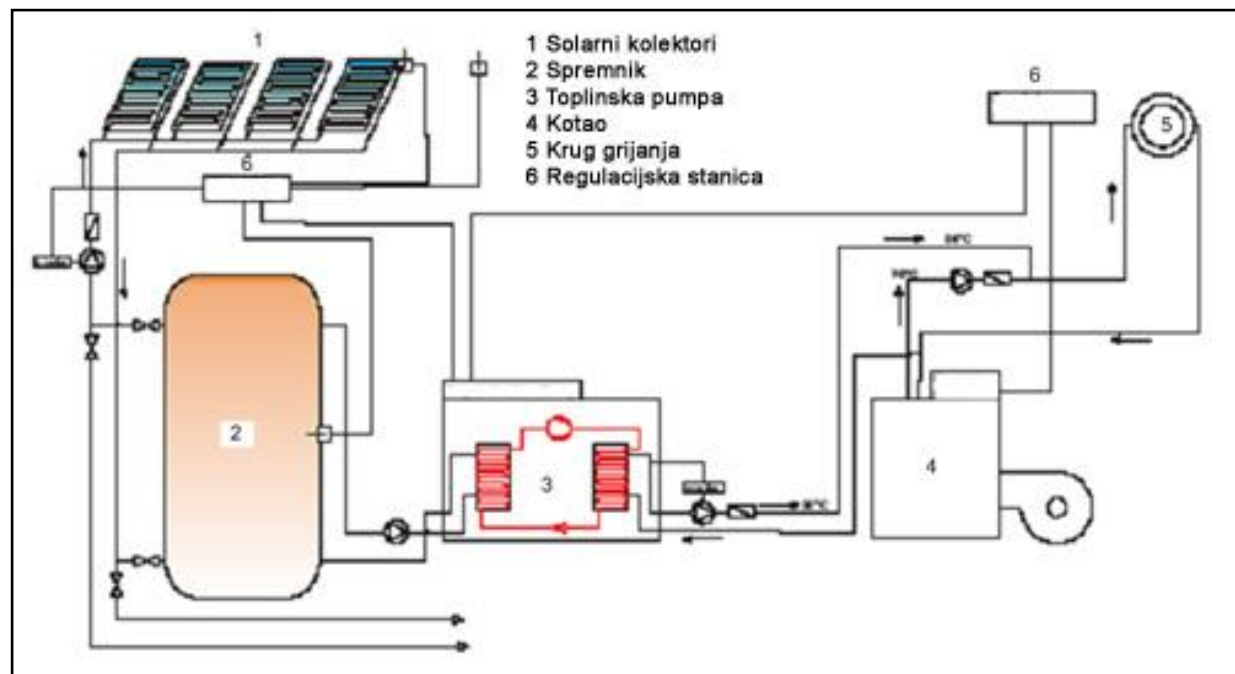
*Konfiguracija sustava zagrijavanja PTV
 sa solarnim kolektorima*

-Osnovni dijelovi solarnih sustava su:

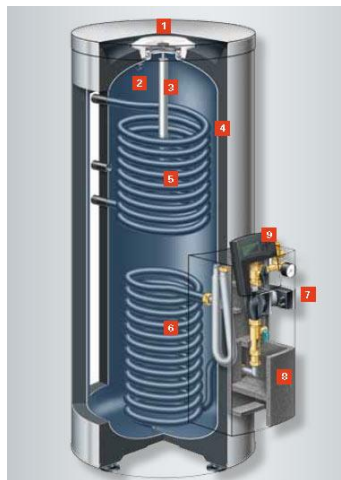
- kolektor
- spremnik tople vode s izmjenjivačem topline
- solarna stanica s crpkom i regulacijom
- razvod s odgovarajućim radnim medijem.



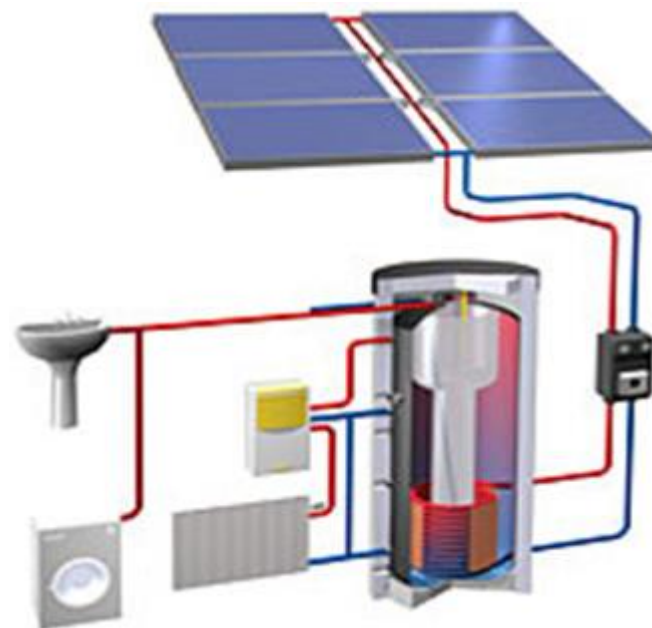
Primjer solarnog sustava



Solarni spremnici topline



Primjer solarnog sustava



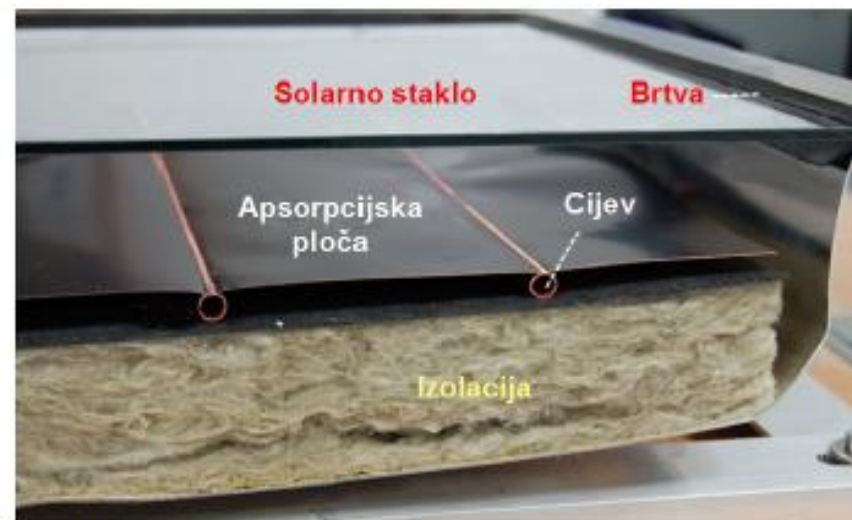
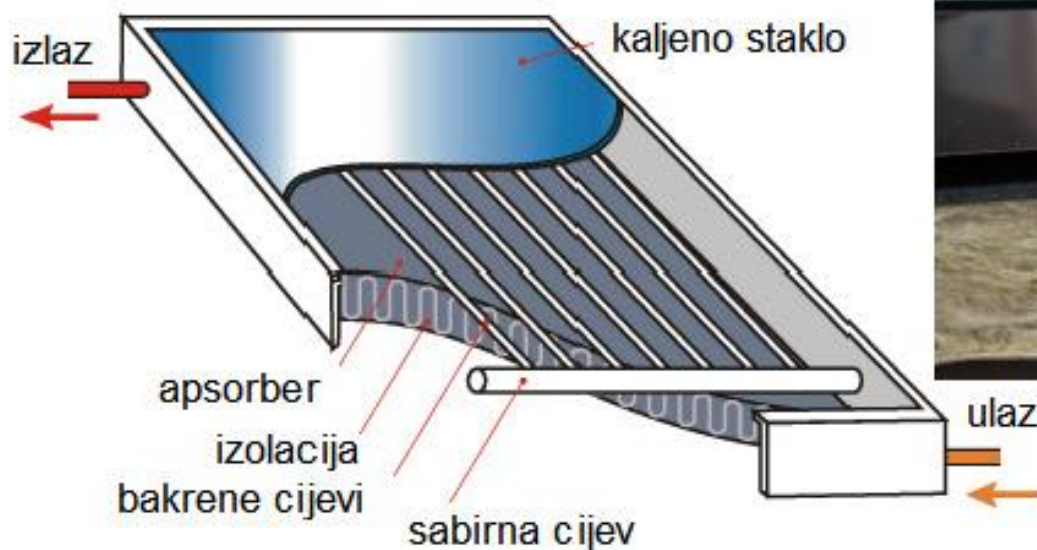
Solarni kolektori

Pločasti solarni kolektori



Vakumski solarni kolektori





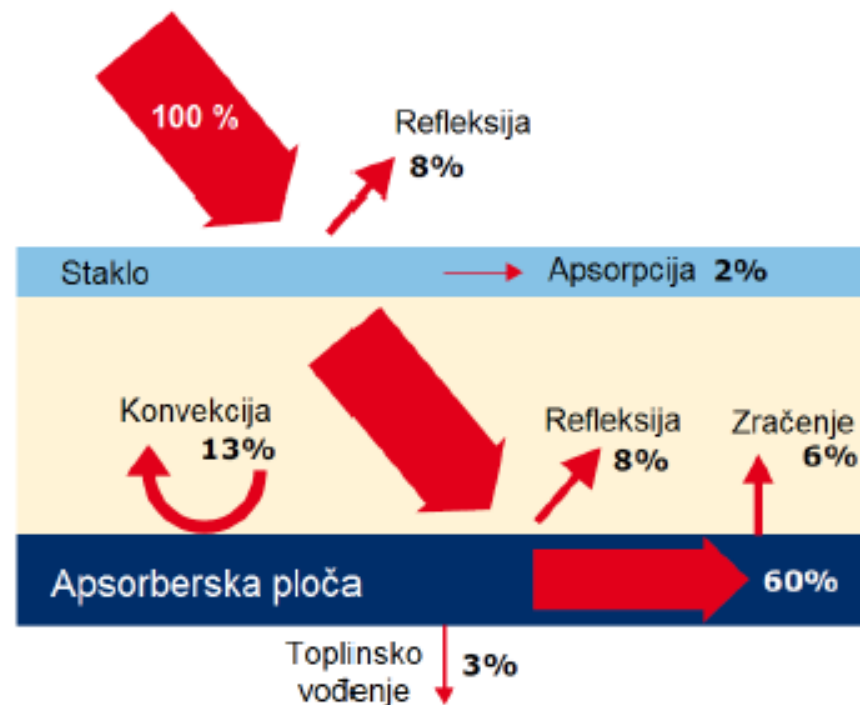
Sastoje se od tanke (0.3-0.5 mm) metalne apsorberske ploče prosječnih dimenzija (0.8-1) (1.9-2) m na koju su pričvršćene bakrene cijevi kroz koje teče radni medij.

Ploča s cijevima je smještena u izolirano (mineralna vuna, stiropor) kućište (metalno ili plastično) i pokrivena specijalnim staklom visoke propusnosti (90%) u samo jednom smjeru.

Pločasti toplinski kolektori koriste i direktno i difuzno sunčevo zračenje i ne zahtijevaju praćenje putanje sunca, održavanje je minimalno, relativno su jeftini te mehanički jednostavni.

Sunčevo zračenje ulazi u kolektor kroz prozirno staklo i dolazi do apsorbera. Tu se apsorbirano zračenje pretvara u toplinsku energiju. Dobra toplinska vodljivost je potrebna za prijenos prikupljene topline iz apsorberske ploče na cijevi gdje se toplota konačno prenosi na tekućinu.

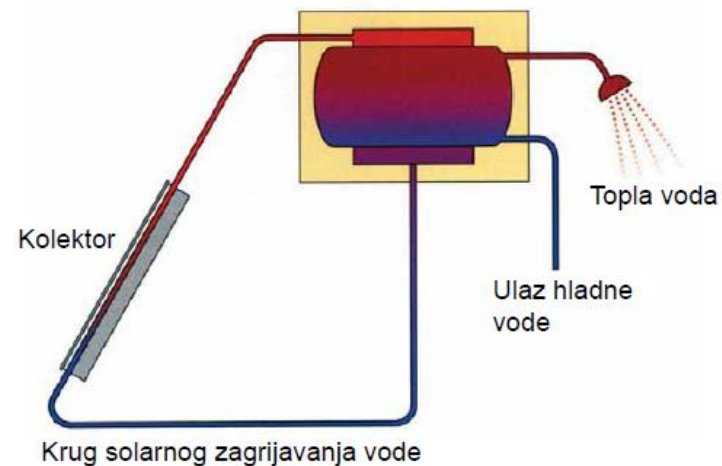
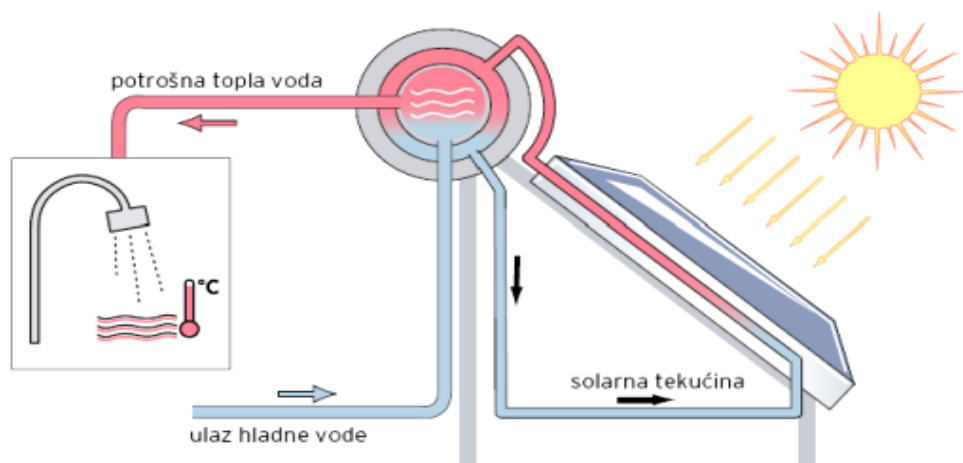
Obično se voda/ glikol smjesa s antikorozivnim aditivom koristi kao radno sredstvo. Ona također štiti kolektor od smrzavanja.



Slika: Glavni gubici pločastog kolektora za vrijeme rada

Izvor: Wagner & Co. (Hrsg.): *So baue ich eine Solaranlage. Technik, Planung und Montage.* Cölbe: Wagner & Co Solartechnik GmbH, 1995.

Termoforski solarni sustav s horizontalnim spremnikom





DIMENZIONIRANJE SOLARNIH SUSTAVA - POTREBNI PODACI

1. Klimatski podaci na lokaciji postavljanja solarnog sustava

- zemljopisna širina
- satne vrijednosti ozračenosti
- satne temperature zraka okoline

2. Podaci o solarnom kolektoru

- optički stupanj djelovanja
- efektivni koeficijent prolaza topline
- kut nagiba kolektora
- površina kolektora
- ulazna temperatura u kolektor

3. Podaci za određivanje potrebne topline

- broj potrošača (osoba)
- potrošnja tople vode po osobi i danu
- temperatura hladne vode
- temperatura tople vode



PROCJENA ISPLATIVOSTI TOPLINSKOG SOLARNOG SUSTAVA

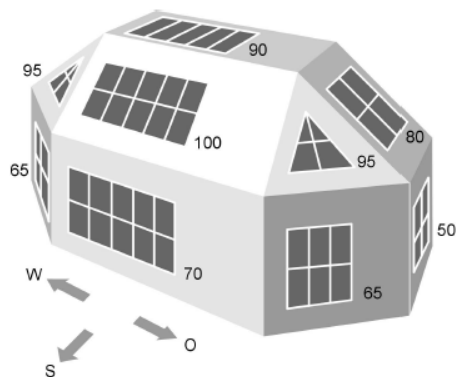
- 1. Procijeniti dnevne potrebe za toplom vodom*
- 2. Odrediti raspoloživu solarnu snagu*
- 3. Izračunati dimenzije solarnog sustava*
- 4. Izračunati godišnju uštedu u energiji*
- 5. Izračunati godišnju uštedu u novcu*
- 6. Izračunati cijenu sustava*
- 7. Izračunati omjer uštede prema investiciji i jednostavni period povrata*

Prilika za korištenje solarnog toplinskog sustava se pruža kod:

- velikih potreba za toplim vodom,
- visoke cijene konvencionalnog izvora energije,
- stalnih potreba za toplom vodom,
- kada postoji prostor za smještaj kolektora

OKVIRNI PODACI INSOLACIJE

Utjecaj usmjerenja, nagiba i zasjenjivanja



Ovisno o smještenosti kolektora (vrsti montaže) varira i dobitak. **Najveće dobitke donosi kosi krov s južne strane objekta.** Krov s istočne ili zapadne strane objekta donosi cca 80% dobitaka. **Sjena smanjuje dobitak energije:** Kolektorsko polje treba se postaviti i dimenzionirati tako da ostane mali utjecaj sjena susjednih zgrada, drveća i sl.



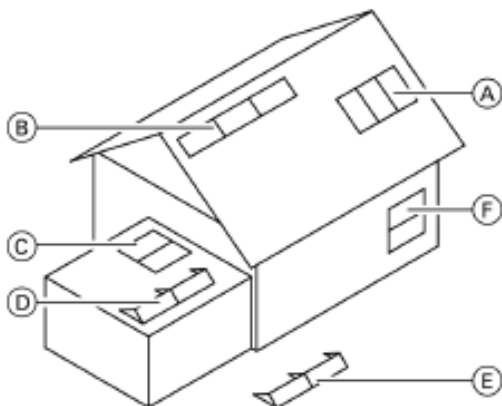
pločasti kolektori u okomitoj izvedbi



pločasti kolektori na betonskoj ploči

vakumski kolektori na tlu





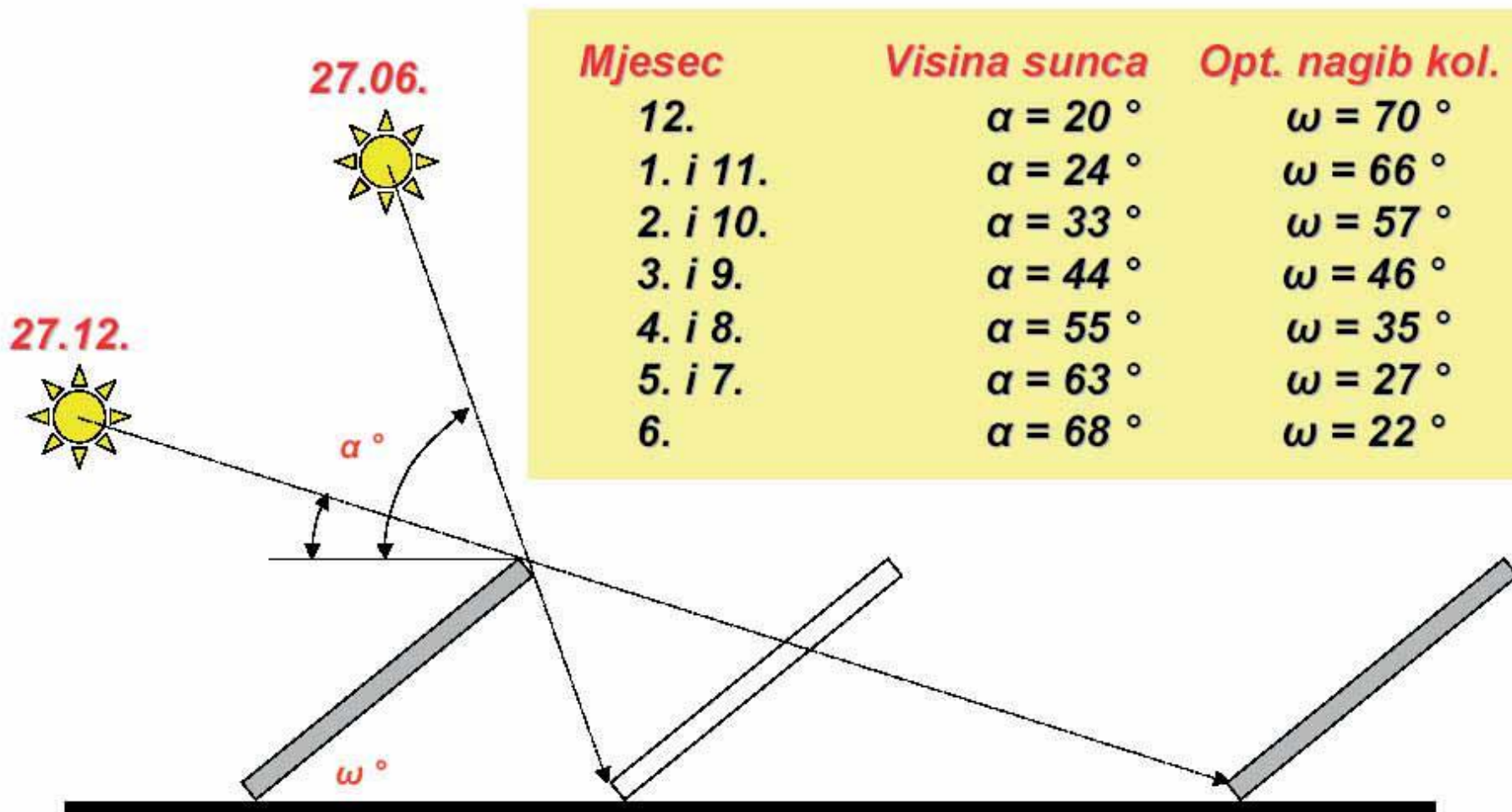
*vakumski kolektori
u okomitoj izvedbi*

Kod montaže **na fasade ili u ležećem položaju** na ravne krovove preporuča se da se uveća dimenzioniranje površine kolektora za 20-30%.



*vakumski kolektori
na fasadi zgrade*

VISINA SUNCA I MINIMALNI RAZMAK KOLEKTORA



Dimenzioniranje spremnika

Mali solarni sustavi (solarno pokrivanje SD = 60 %)

$$\text{Solarna akumulacija } V_{\text{sol}} (\text{lit}) = \text{Prosječna dnevna potrošnja sanitarne vode (lit)} \times 2$$

Veliki solarni sustavi (solarno pokrivanje SD = 35 %)

$$\text{Solarna akumulacija } V_{\text{sol}} (\text{lit}) = \text{Prosječna dnevna potrošnja sanitarne vode (lit)}$$

	Potreba za toplom vodom po osobi, lit/dan·osobi (VDI 2067), temp. vode na izljevnom mjestu	
Stupanj komfora (stanogradnja)	45 °C	60 °C
visoki zahtjevi	50 - 80	35 - 55
srednji zahtjevi	30 - 50	20 - 35
jednostavni zahtjevi	15 - 30	10 - 20

Dimenzioniranje spremnika (mali solarni sustavi)

$$V_{\text{sol}} \geq \frac{2 \cdot V_p \cdot P \cdot (t_w - t_k)}{(t_{\text{sp}} - t_k)} \quad \text{lit}$$

gdje je:

V_{sol}

-solarna akumulacija, l

V_p

-potreba za toplom vodom, l/dan, osobi

P

-broj osoba

t_w

-temp. sanitarne vode na izljevnom mjestu, ° C

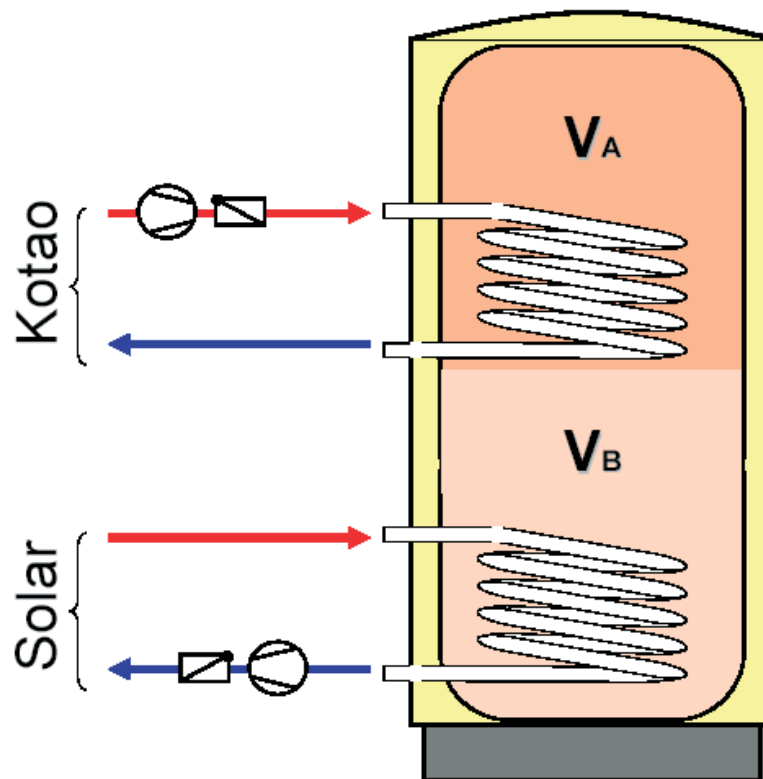
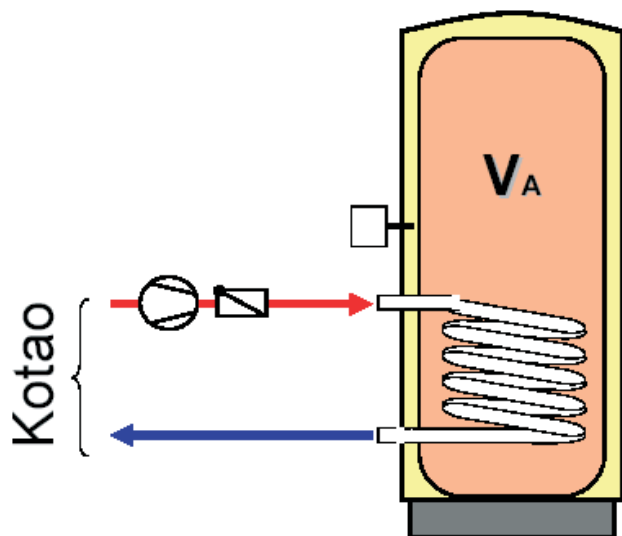
t_k

-ulazna temp. Hladne vode, ° C

t_{sp}

-temp. Sanitarne vode u spremniku, ° C

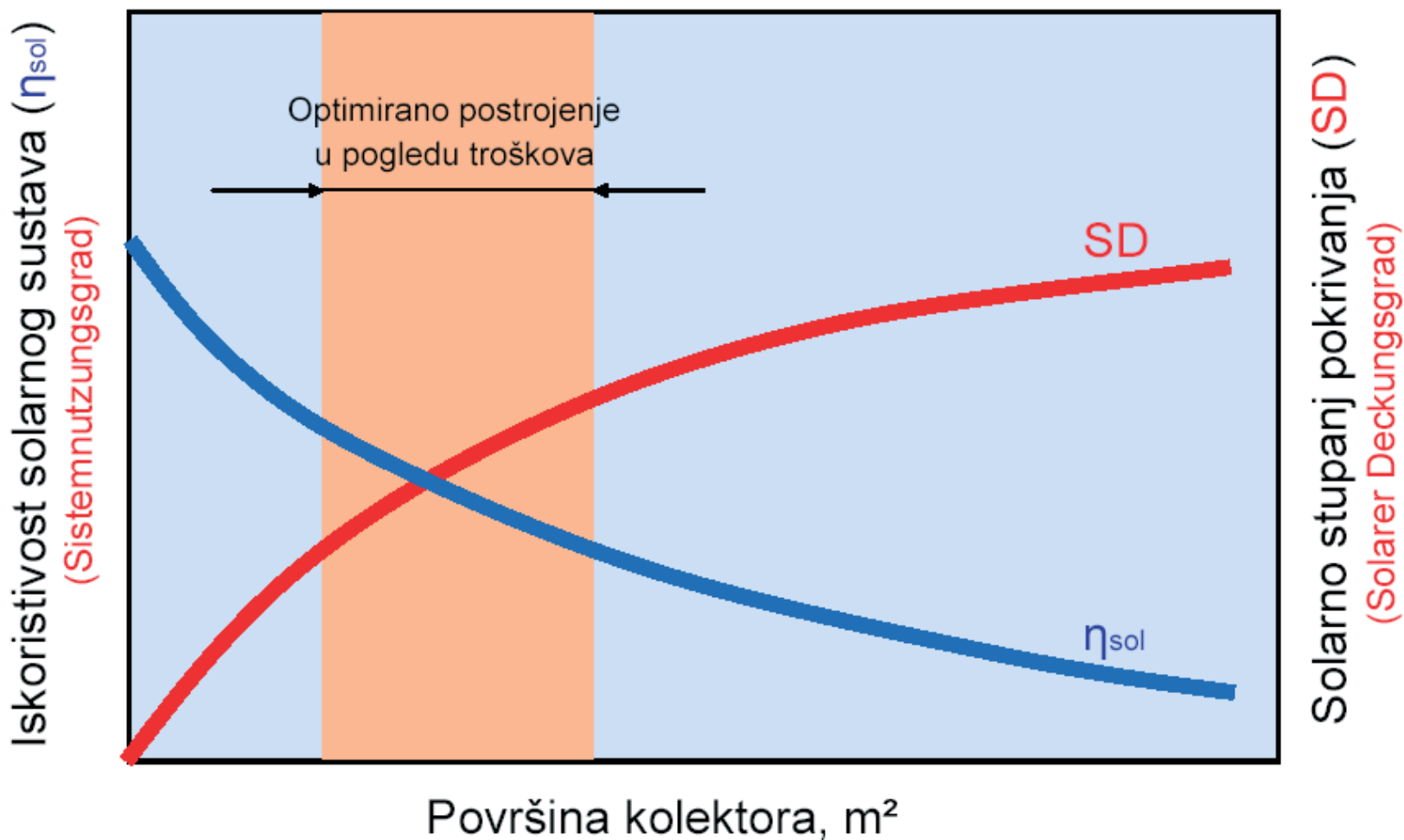
V_A - je računski volumen
 spremnika sanitarne vode
 bez solarnog sustava



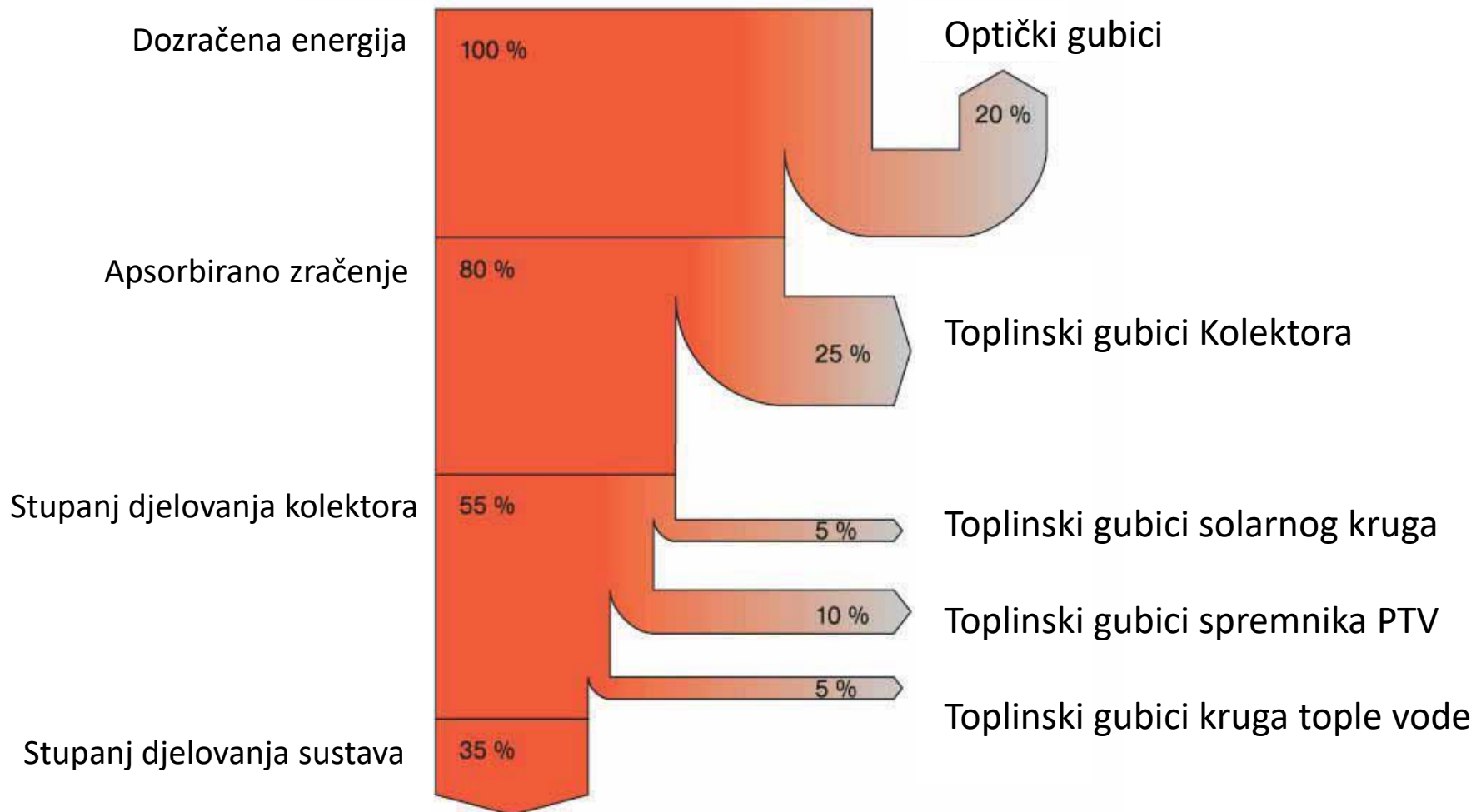
Solarna akumulacija:

$$V_{\text{sol}} = V_A + V_B$$

Učinkovitost solarnog sustava



Stupanj djelovanja solarnog sustava



- Osnova za dimenzioniranje solarne instalacije za zagrijavanje pitke vode je **potreba za toplom vodom**.
- Paketi se dimenzioniraju za stupanj **solarnog pokrivanja od ca. 60%**.
- **Volumen spremnika mora biti ca. 1,5 - 2 puta veći** od dnevne potrebe za toplom vodom, uzimajući u obzir i željenu temperaturu pitke vode.

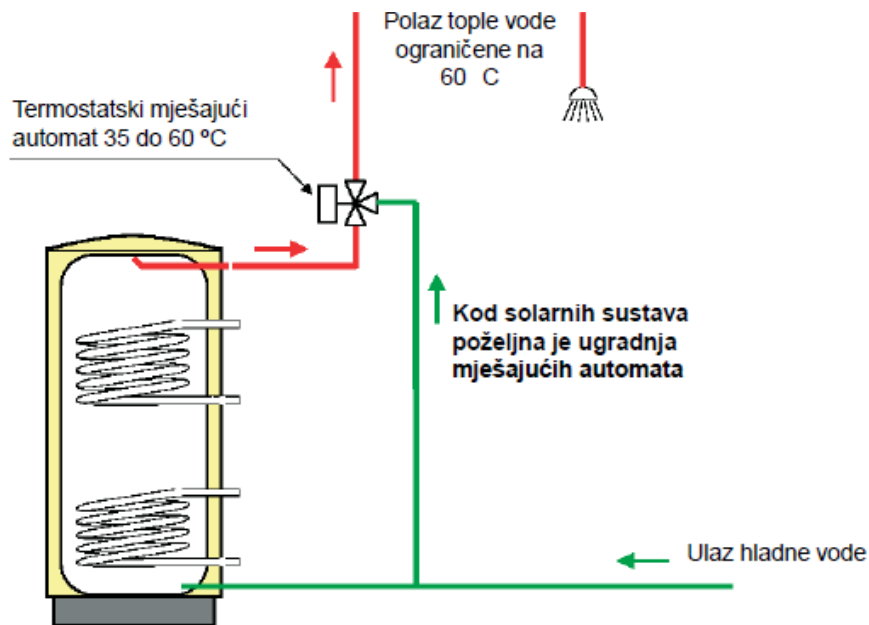
Broj osoba	Dnevna potreba za toplom vodom u l		Volumen spremnika u l	Kolektor	
	45°C	60°C		Broj pločastih kolektora SV/SH	Površina vakuumskih cijevnih kolektora
2	80	60	300	2/2	3 m ²
3	120	90			
4	160	120		3/3	4 m ²
5	200	150			
6	240	180	400	4/4	5 m ²
7	280	210			
8	320	240	500		
10	400	300			

Podaci iz tablice vrijede kod sljedećih uvjeta:

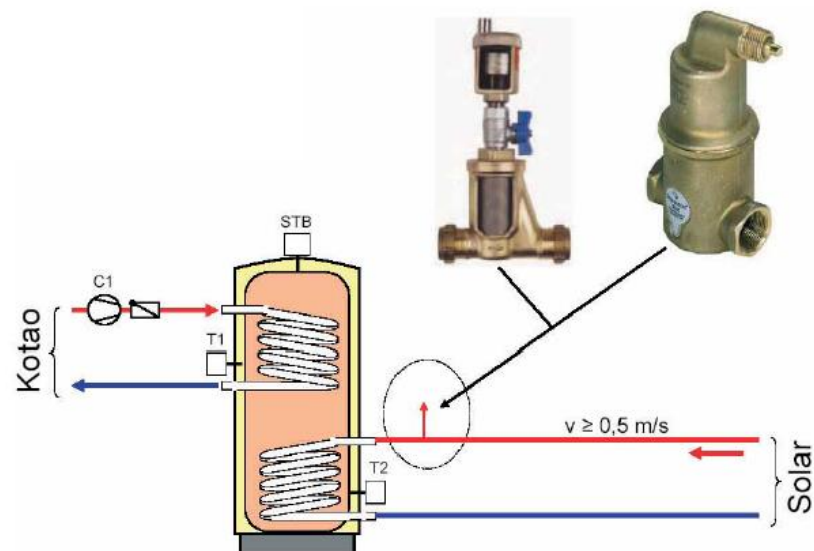
- usmjeravanje SW (jugozap.), S (jug) ili SE (jugoistok)
- nagib krova od 25 do 55°

Oprema spremnika - preporuka

Ugradnja miješajućeg automata

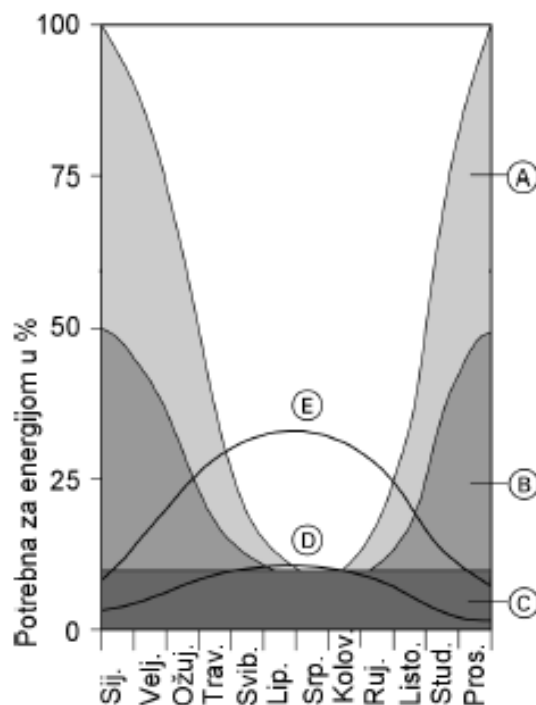


Ugradnja armature za odzračivanje



INSTALACIJA ZA ZAGRIJAVANJE PITKE VODE I ZA POTPORU GRIJANJU PROSTORA

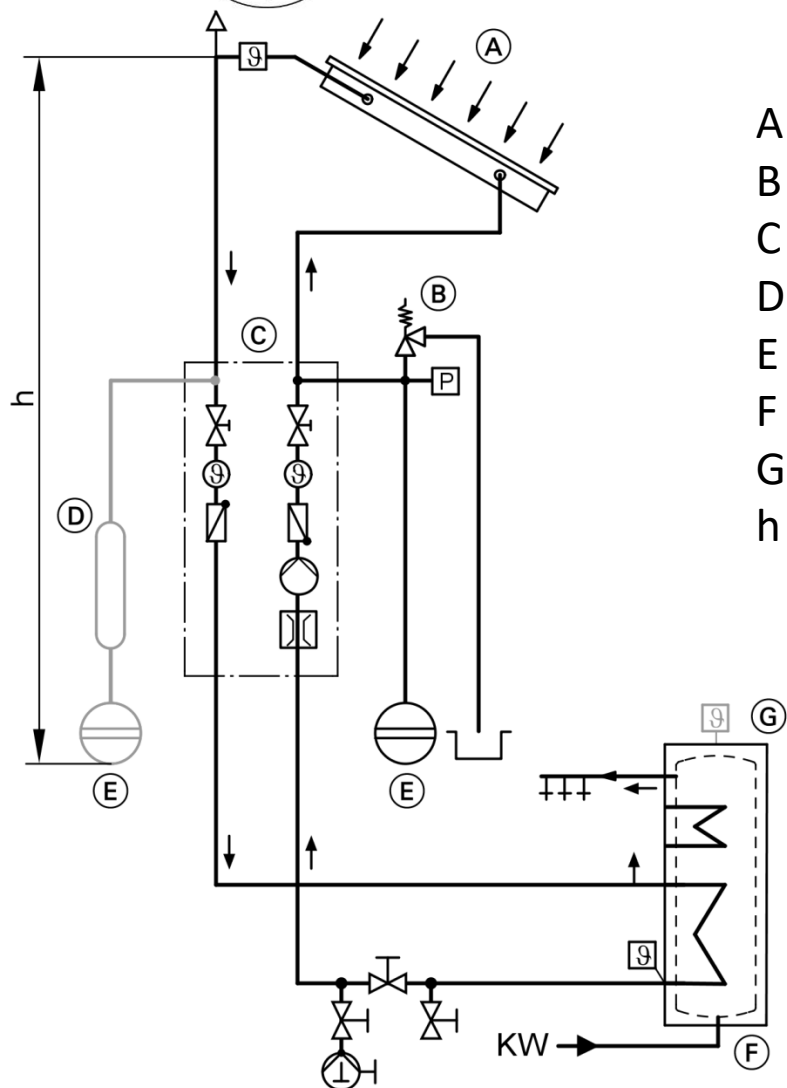
- Dok je potrošnja topline za zagrijavanje pitke vode tijekom godine relativno konstantna, za vrijeme najveće potrebe za toplinom za grijanje prostora sunčeva energetska ponuda je prilično mala.
- Kako bi se realizirala potpora grijanju prostora, površina kolektora mora biti relativno velika. Na taj način ljeti može doći do **stagnacije** u solarnom krugu.
- Za ekonomski učinkovit pogon instalacije za solarnu potporu grijanju, površina kolektora trebala bi biti **maks. 2 do 2,5 puta veća od one za toplinu potrebnu ljeti**
- **Kod energetske učinkovitih kuća (potrebna toplina manja od $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) mogu se dostići solarni stupnjevi pokrivanja čak do 35% u odnosu na ukupnu potrebu za energijom, uključivo zagrijavanje pitke vode.**
- Kod objekata s višom potrebom za toplinom taj stupanj pokrivanja ispada niži.



- A** Potreba za toplotom prostora kuće (otprilike od godine izgradnje 1984.)
- B** Potreba za toplotom prostora energetski učinkovite kuće
- C** Potreba za toplom vodom
- D** Dobitak solarne energije kod 5m² površine apsorbera (pločasti kolektor)
- E** Dobitak solarne energije kod 15m² površine apsorbera (pločasti kolektor)

Isključivo orijentiranje prema potrebi za toplinom prostora može dovesti do problematičnih predimenzioniranja solarne instalacije – nužno je uvođenje **MEĐUSPREMNIKA TOPLINE (PUFFER)** u sustav!

Broj osoba	Dnevna potreba za toplom vodom u l		Volumen međuspremnika u l*1	Kolektor	
	45°C	60°C		Pločasti kolektor	Vakuumski cijevni kolektor
2	80	60	750	4 x SV 4 x SH	2 x 3 m ²
3	120	90			
4	160	120	750 1000		4 x 2 m ²
5	200	150			
6	240	180	1000	6 x SV 6 x SH	3 x 3 m ²
7	280	210			
8	310	240			



- A Kolektor
- B Sigurnosni ventil
- C Solar-Divicon
- D Predspojna posuda
- E Ekspanziona posuda
- F Bivalentni spremnik PTV-a
- G Sigurnosni graničnik temperature
- h Statička visina

Upute za toplinski medij

- Nakon instalacije sustav propisno isprati.
- Toplinski medij ne smije se izlagati konstantnim temperaturama višim od 170 °C.
Više temperature u spoju sa stranim tvarima kao što su kisik, ogorine i strugotine mogu dovesti do razlaganja toplinskog medija, što se može prepoznati po tamnoj obojenosti toga medija. To pak može prouzročiti stvaranje mulja ili kore u solarnom krugu
- Nakon punjenja instalacije toplinskim medijem treba se osigurati da je instalacija propisno odzračena i da se troši toplina u sustavu, dakle spriječiti dulje vrijeme stagnacije.
- Uvjeti za zaštitu toplinskog medija: **U slučaju mirovanja instalacije preko odgovarajućeg izvođenja** sustavne hidraulike mora biti zajamčeno:
 - Toplinski medij mora se kod postizanja temperature vrenja nastankom prvih mjehurića potpuno istisnuti iz kolektora.
 - Membransko-ekspanziona posuda odn. predspojna posuda moraju biti u stanju prihvatiti toplinski medij.

PREDSPOJNA POSUDA

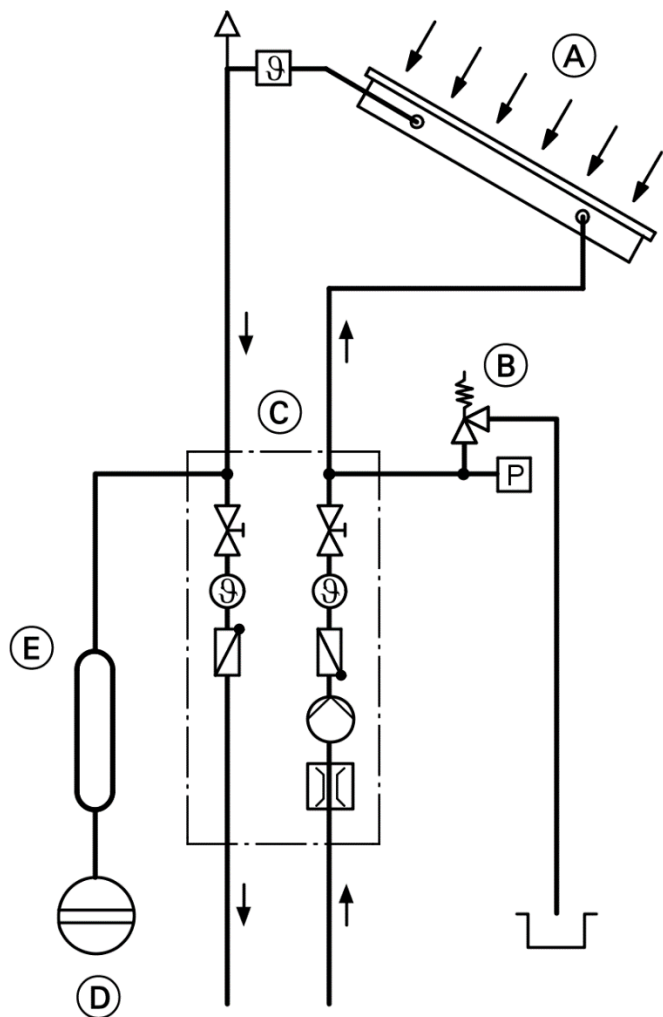
Predspojne posude ili spremnici s temperaturama po slojevima **u slučaju stagnacije štite ekspanzijsku posudu od pregrijavanja.**

Prema VDI 6002 ugradnja se preporučuje. **ako je volumen cijevnih vodova između kolektorskog polja i ekspanzione posude manji od 50% kapaciteta ispravno projektirane ekspanzijske posude**

Kod ukupnih **duljina cijevi manjih od 10 m ili krovnih kotlovnica** preporučujemo ugradnju predspojne posude. Treba li ugraditi predspojnu posudu, nju zajedno s ekspanzijskom posudom valja ugraditi u polazni vod.

Solarni kolektori s automatskim temperaturnim isključivanjem (nema potrebe za prekrivanjem kada se ne koriste tijekom ljeta) s temperaturom stagnacije od 145°C.





PRIMJER: PREDSPOJNA I EKSPANZIJSKA
 POSUDA U POLAZNOM VODU:

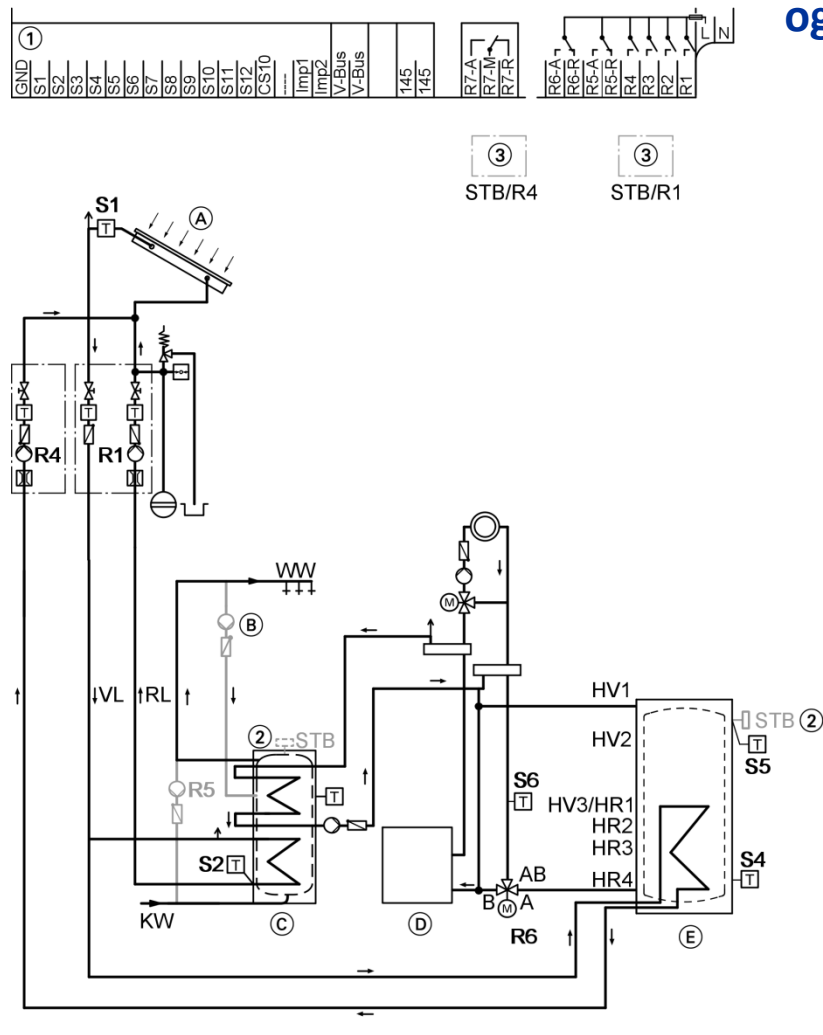
- A Kolektor
- B Sigurnosni ventil
- C Solar-Divicon
- D Ekspanziona posuda
- E Predspojna posuda

U našoj klimatskoj zoni: bivalentne instalacije!

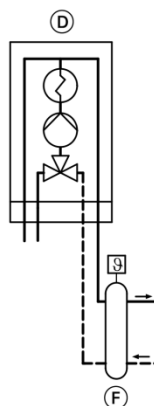
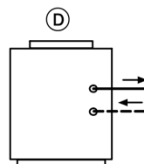
- U našoj klimatskoj zoni sunčevo zračenje nije tako jako da se čitavo zagrijavanje pitke vode odnosno zagrijavanje vode u bazenu i grijanje prostora pokrije preko solarne energije.
- Stoga se solarna instalacija za zagrijavanje pitke vode odnosno zagrijavanje vode u bazenu i/ili grijanje prostora mora **kombinirati s drugim proizvođačem topline**

U bivalentnim instalacijama, primjerice uljnim ili plinskim kotlom ili dizalicom topline ili električnim grijačem, proizvodi se dodatna potrebna toplina.

Bivalentno zagrijavanje pitke vode i potpora grijanju prostora preko međuspremnika ogrjevnog voda

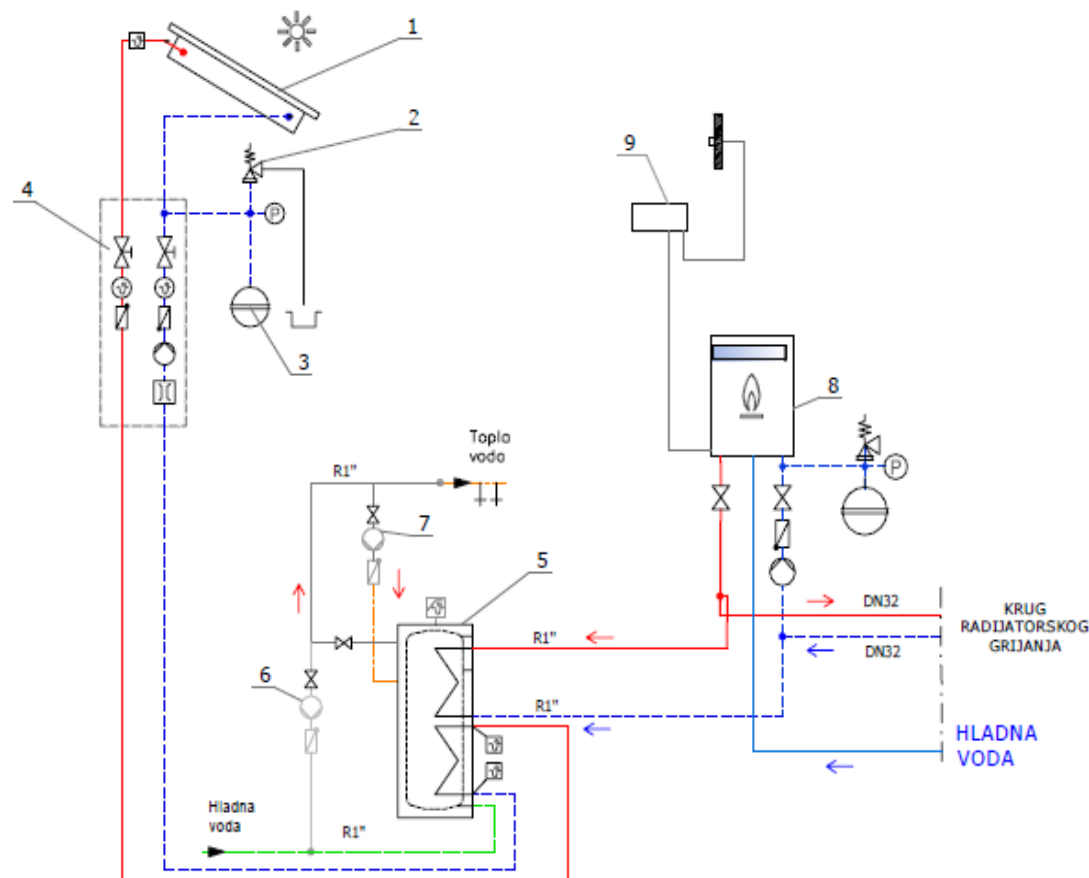


KW Hladna voda
 WW Topla voda
 RL Povratni vod
 VL Polazni vod
 S Osjetnici
 R Relej (cirkulacijska crpka, preklopni ventil)

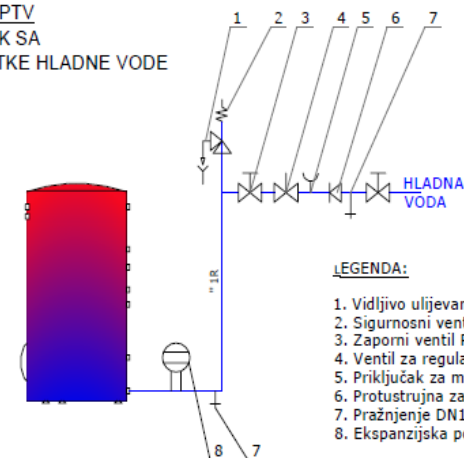


Primjeri solarnog sustava pripreme PTV

SHEMA PRIKLJUČKA SOLARNOG KOLEKTORA, SPREMNIK I PLINSKOG UREĐAJA



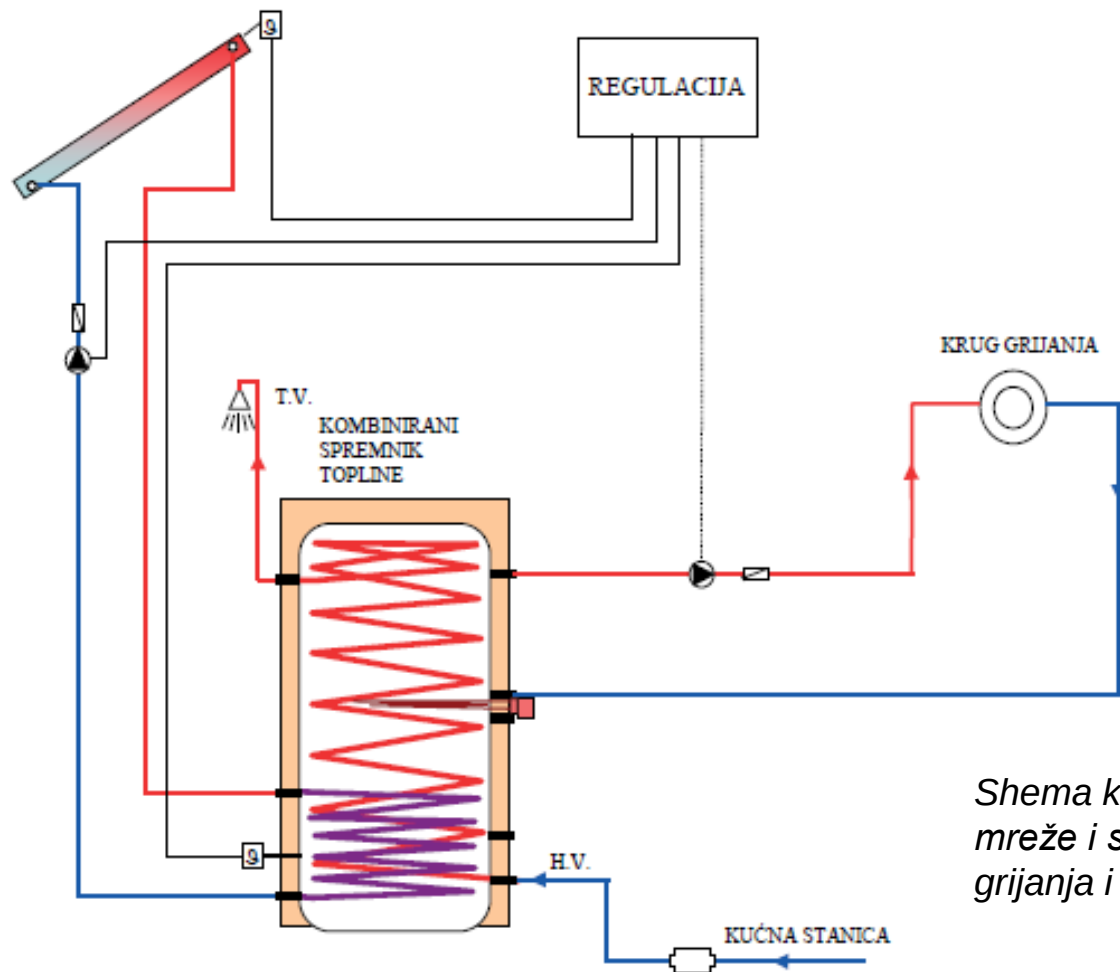
SPREMNIK PTV
PRIKLJUČAK SA
STRANE PITKE HLADNE VODE



LEGENDA:

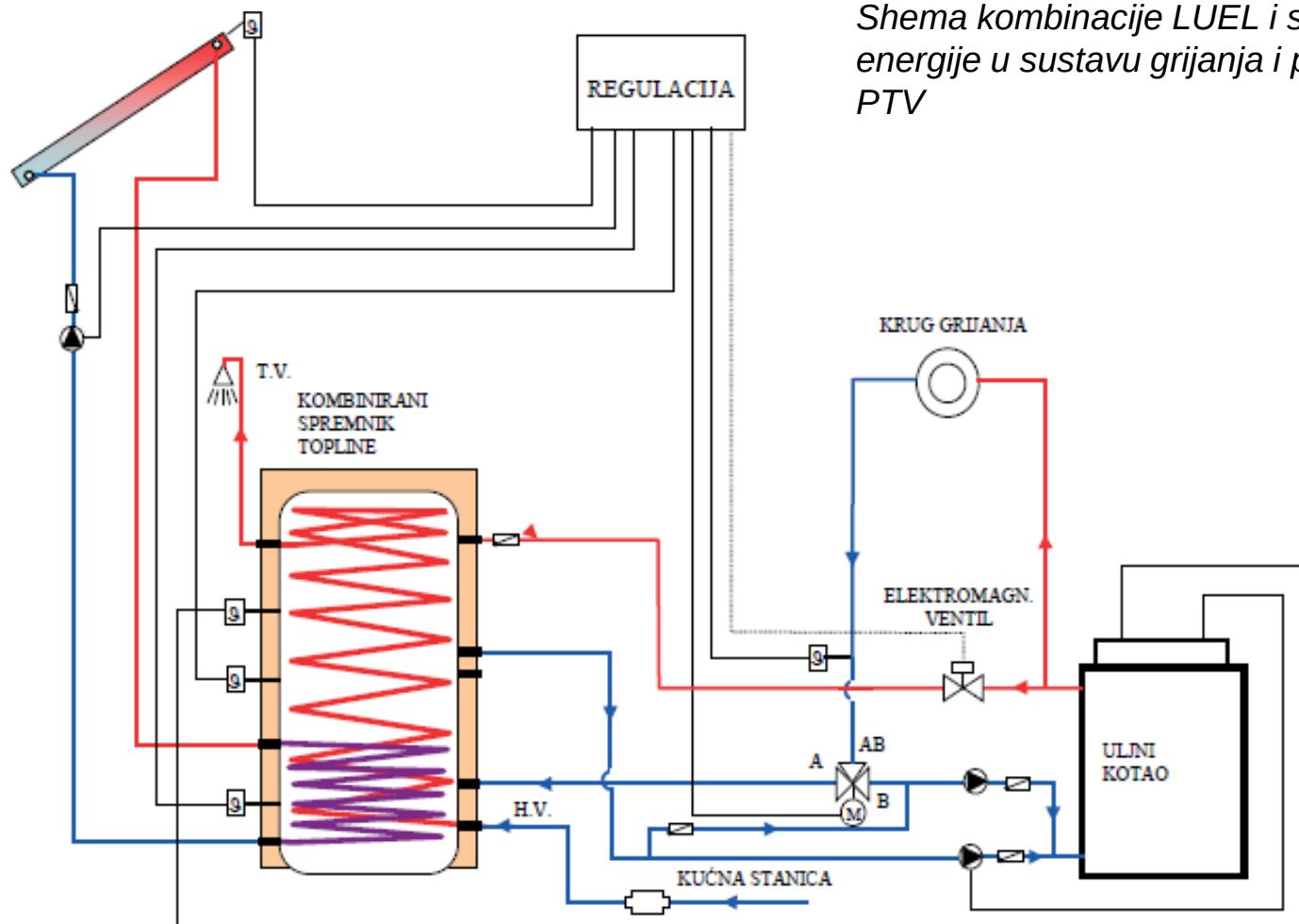
1. Pločasti solarni kolektor, površine $P=2,32 \text{ m}^2$
2. Sigurnosna grupa R3/4"
3. Solarna ekspanzijska posuda $V=80 \text{ l}$
4. Dvocijevna crpna stanica za krug kolektora
5. Spremnik PTV, volumena $V=750 \text{ l}$
6. Cirkulacijska pumpa za preslojavanje
7. Cirkulacijska pumpa za recirkulaciju
8. Plinski kondenzacijski cirkulacijsku uređaj
9. Regulator sustava

Primjeri solarnog sustava pripreme PTV



Shema kombinacije el. energije iz mreže i solarne energije u sustavu grijanja i pripremi PTV

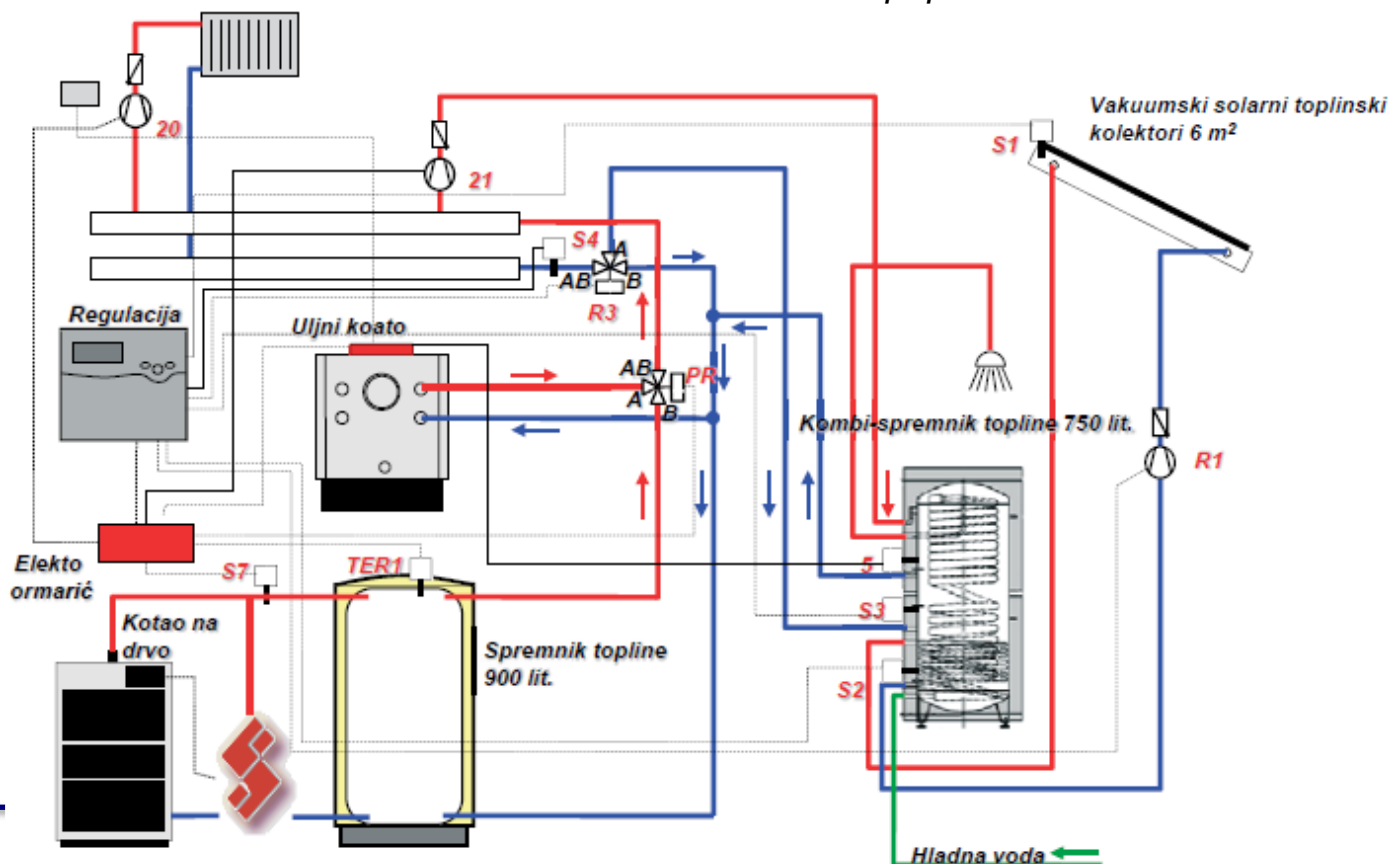
Primjeri solarnog sustava pripreme PTV



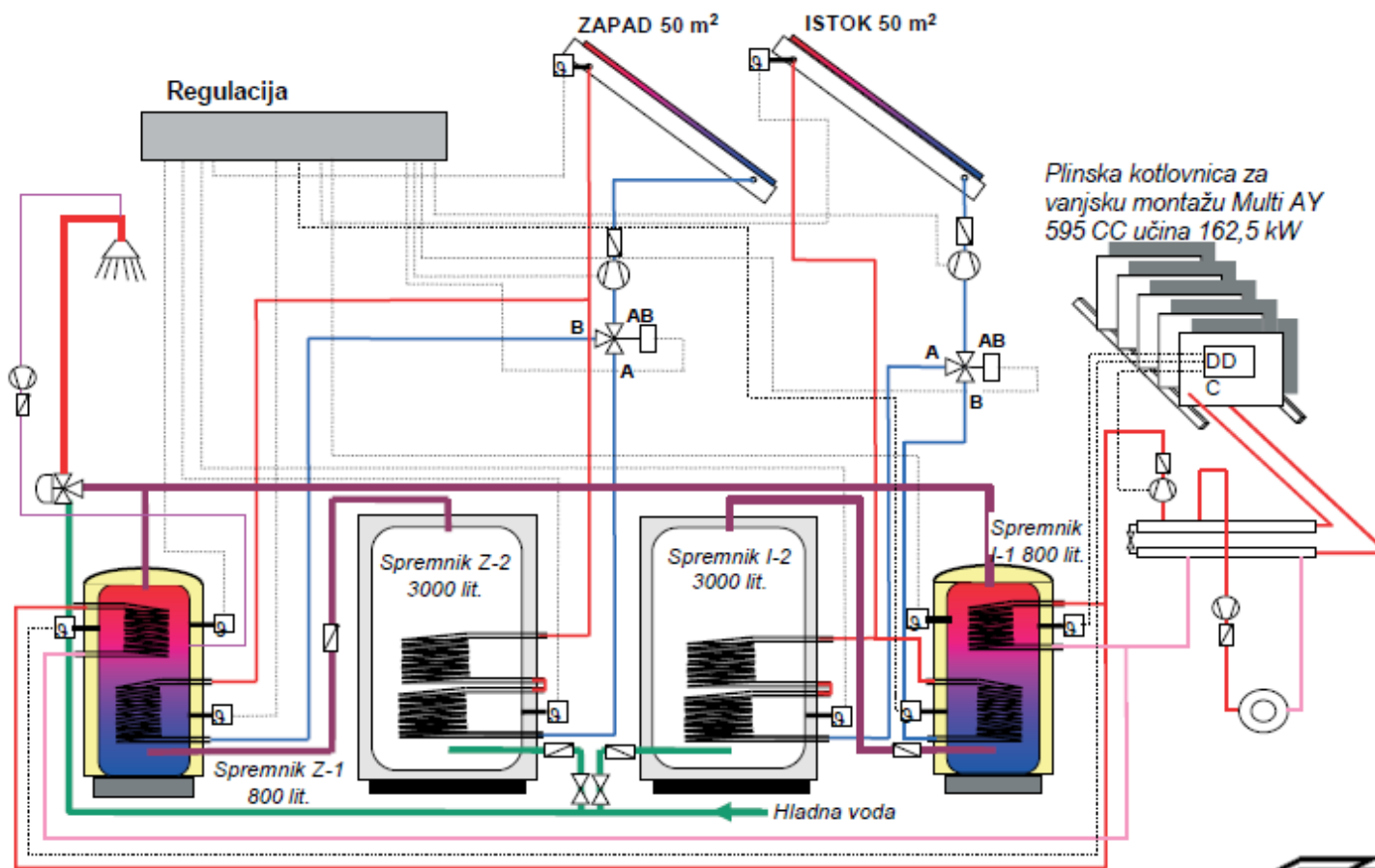
Shema kombinacije LUEL i solarne energije u sustavu grijanja i pripremi PTV

Primjeri solarnog sustava pripreme PTV

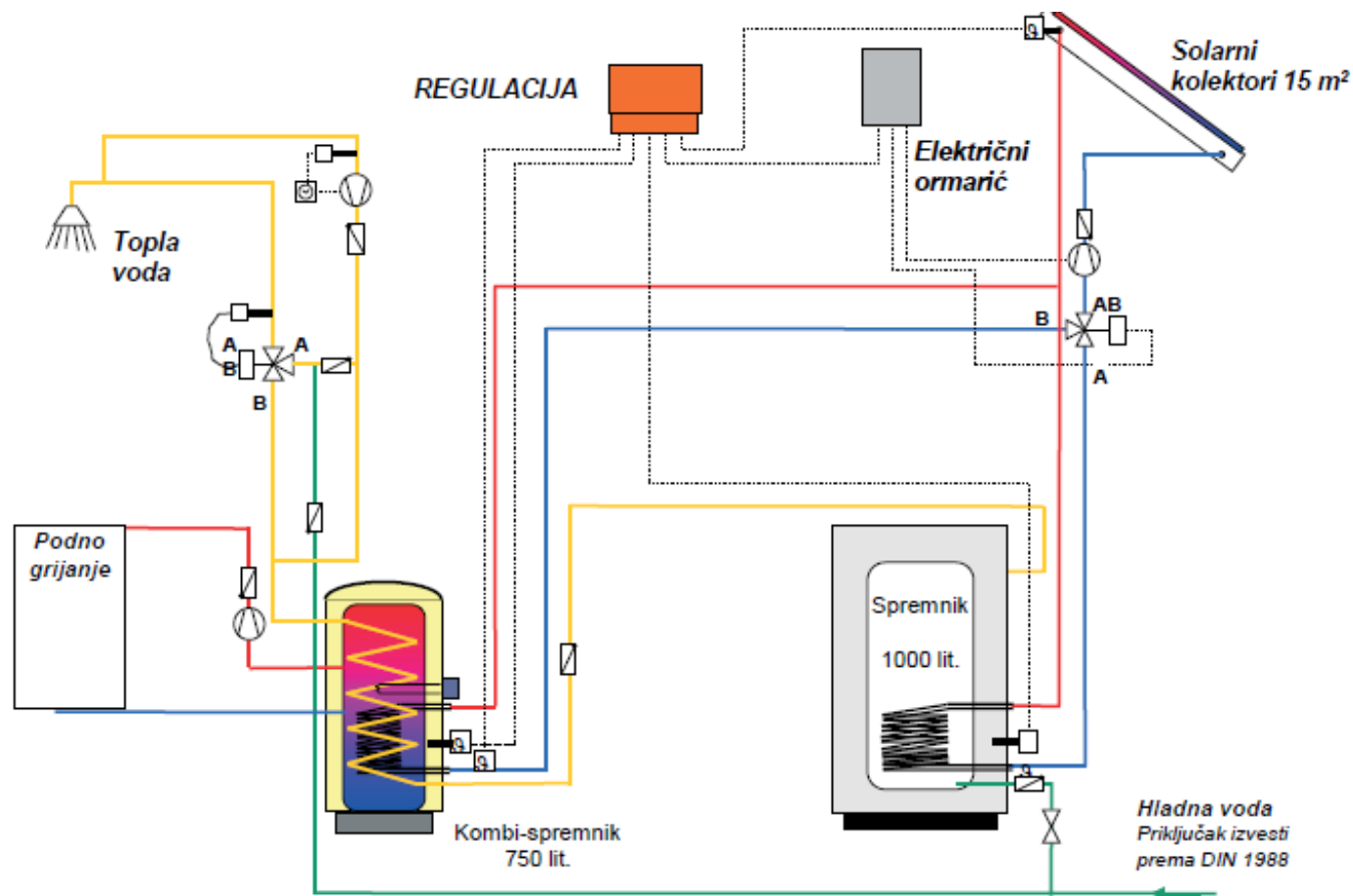
Shema kombinacije kotla na drva i solarne energije u sustavu grijanja i pripremi PTV



Primjeri solarnog sustava pripreme PTV

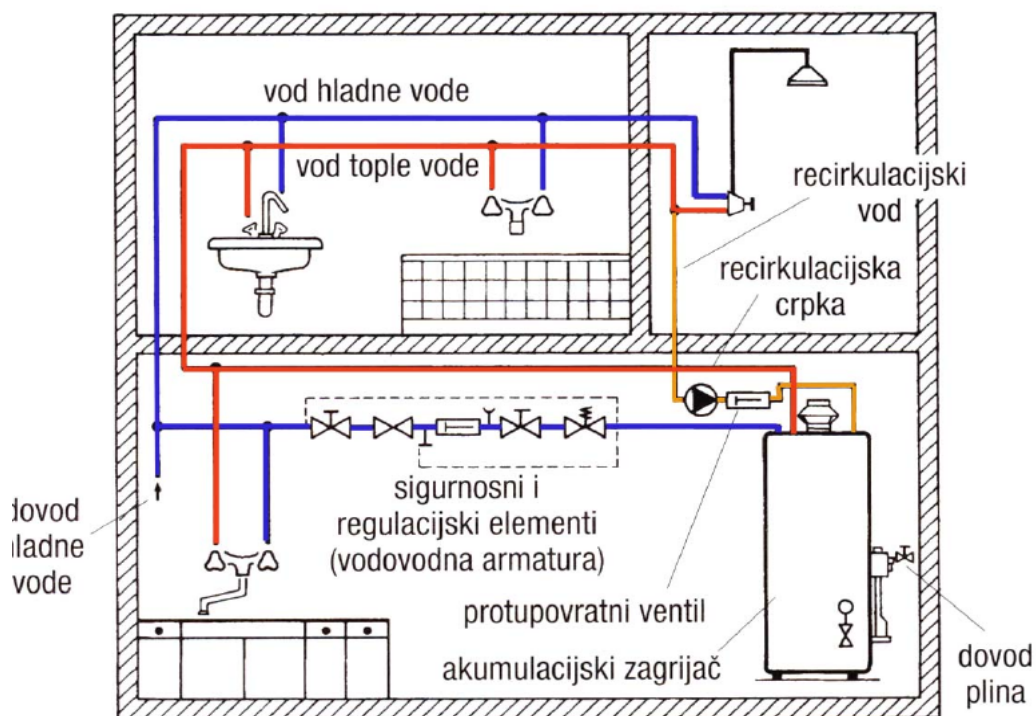


Primjeri solarnog sustava pripreme PTV



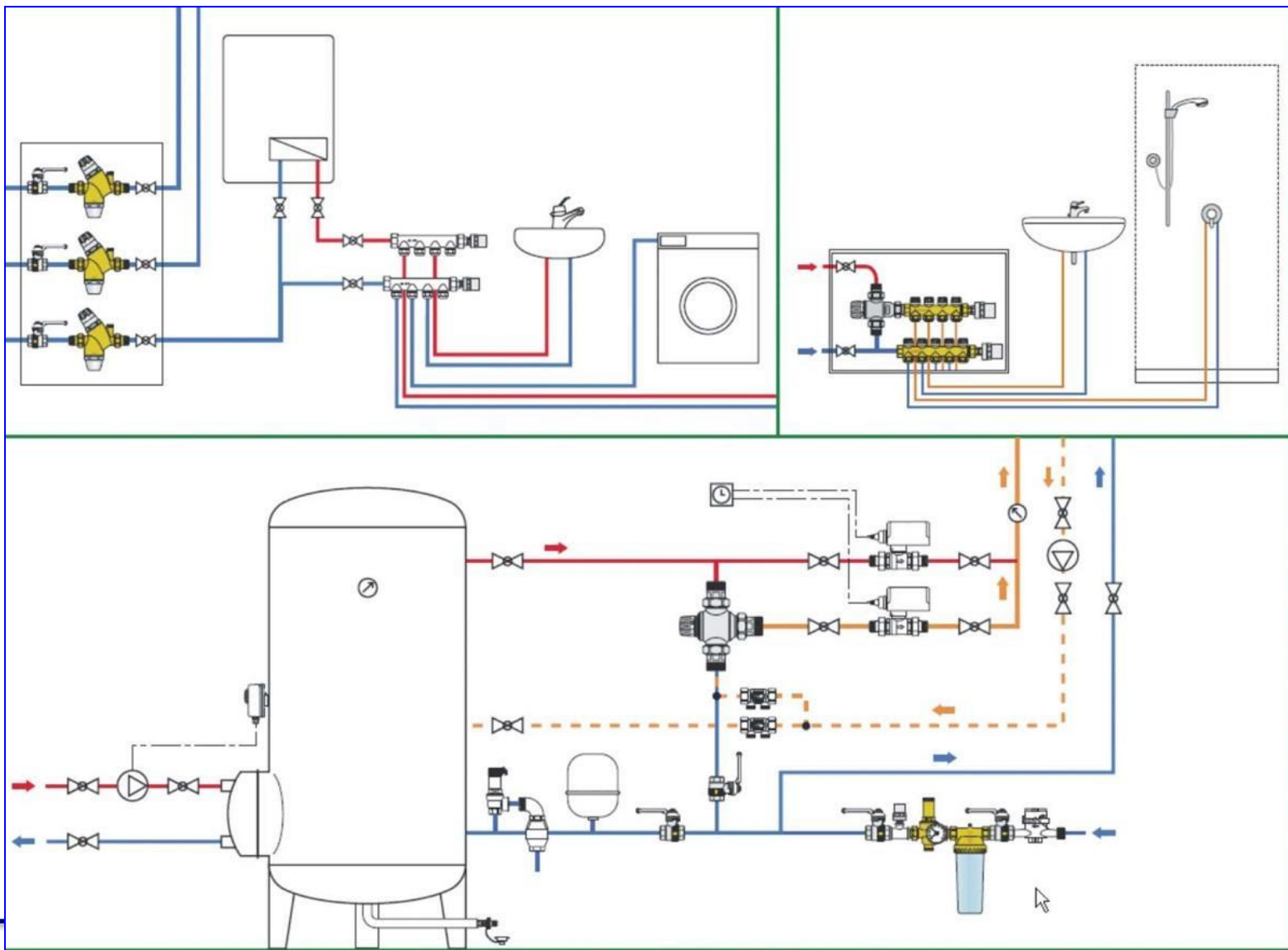
SUSTAVI ZA PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE (PTV)

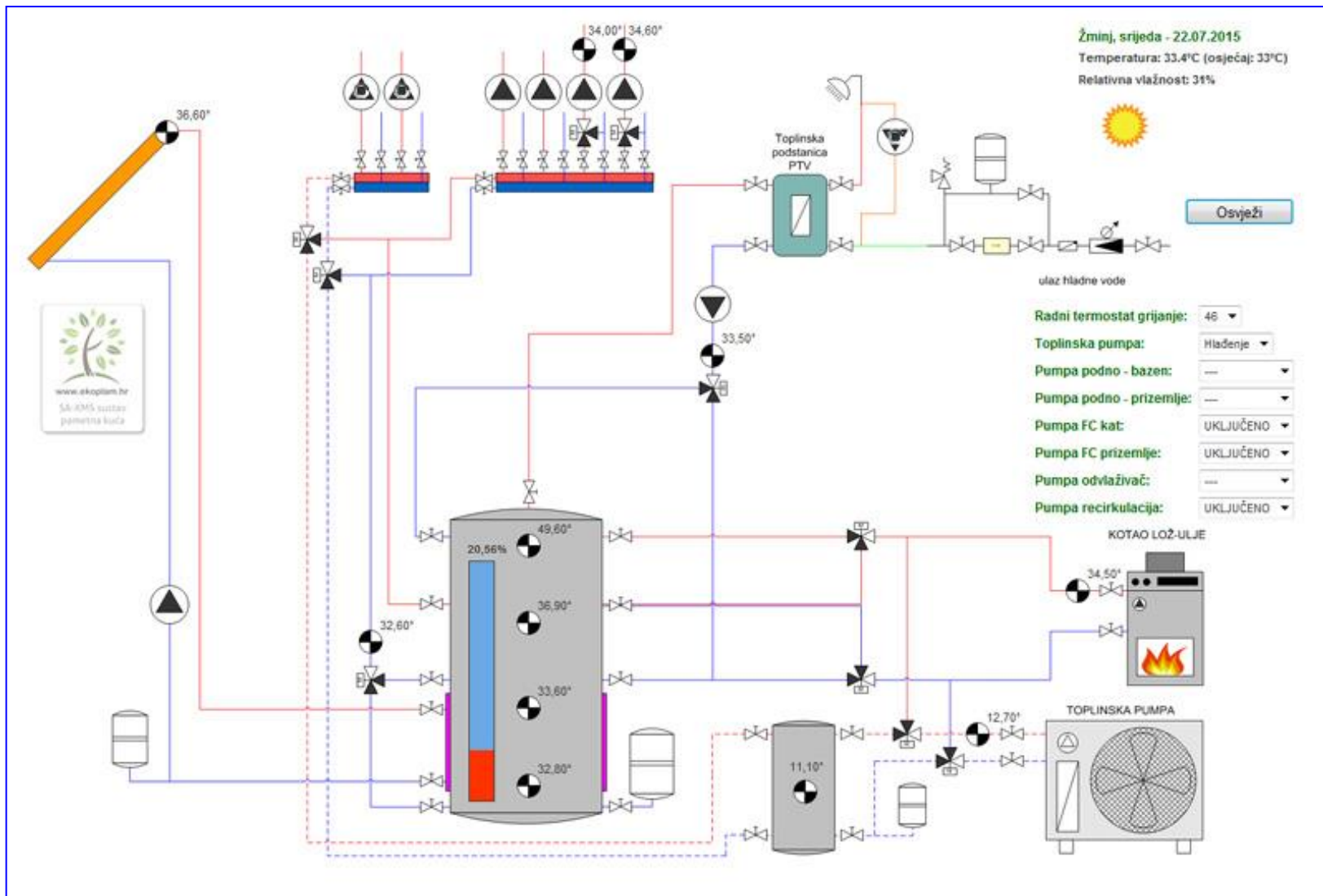
- za zagrijavanje potrošne tople vode
- najčešće se promatraju zajedno sa sustavima grijanja (nerijetko su izvedeni i s istim izvorom topline)
- osnovni dijelovi: izvor topline, vodovi do trošila, sigurnosni i regulacijski elementi



RECIRKULACIJSKI VOD

- ugrađuje se da bi topla voda kod centralnih sustava za pripremu PTV bila raspoloživa neposredno nakon otvaranja slavine na udaljenim trošilima
- razvodna mreža tople vode od uređaja za grijanje do trošila je stalno ispunjena toplom vodom; kad nema potrošnje tople vode, voda u toplom vodu se hladi; potrebno je istisnuti veću količinu ohlađene vode da bi se dobila topla voda
- recirkulacijska crpka → recirkulira vodu u zatvorenom krugu između spremnika i izljevog mjesta





RECIRKULACIJSKI VOD

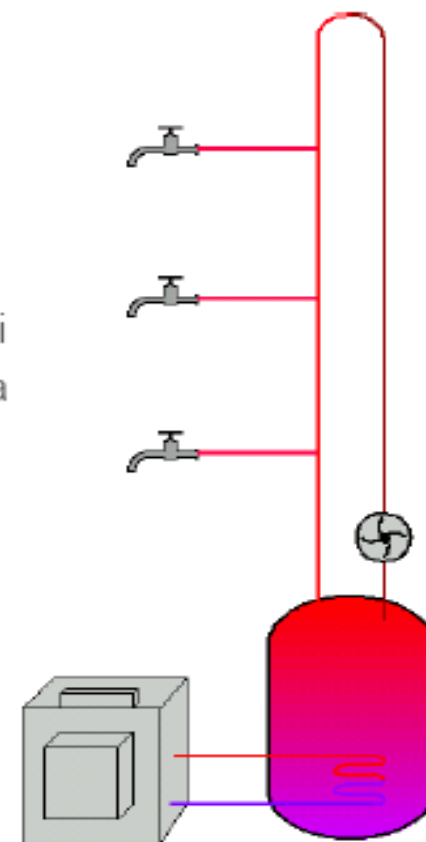
- priključak recirkulacijskog voda → u gornjoj trećini spremnika
- mora se toplinski izolirati (kao i topli vod)
- izbjegava se stajanje vode
- cirkulacija vode se ostvaruje: prirodno (rjeđe) ili pomoću crpke
- uslijed stalne recirkulacije vode, voda u spremniku se hladi – toplinski gubici cijevi → hlađenje vode u spremniku preko recirkulacijskog voda
- pogonski troškovi crpke, gubici energije

Pogonski trošak crpke od ca. 30 W ako radi 24 h/dan:

$$= 24 \frac{\text{h}}{\text{dan}} \cdot 365 \frac{\text{dan}}{\text{god}} \cdot 30 \text{ W} = 262800 \frac{\text{Wh}}{\text{god}} = 262,8 \frac{\text{kWh}}{\text{god}}$$

Godišnji trošak el. energije za pogon recirkulacijske crpke:

$$262,8 \frac{\text{kWh}}{\text{god}} \cdot 0,80 \frac{\text{kn}}{\text{kWh}} = 210,24 \frac{\text{kn}}{\text{god}}$$



Centralna priprema PTV u indirektno grijanom akumulacijskom spremniku s recirkulacijskim vodom i crpkom

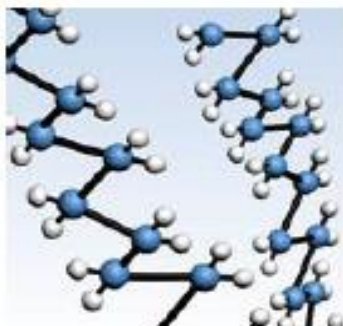
VOĐENJE RECIRKULACIJSKOG VODA UNUTAR TOPLOG VODA – PRINCIP CIJEV U CIJEVI

Materijal recirkulacijskog voda: PE-Xc (polietilen umrežen elektronskim mlazom)

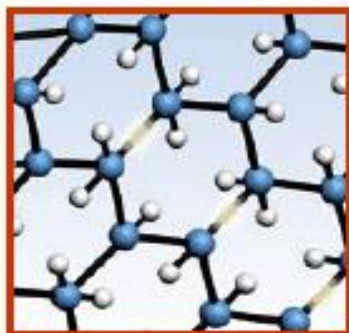
PE-polyethylene, X-cross-linking, c-electron beam cross linking

Prednosti:

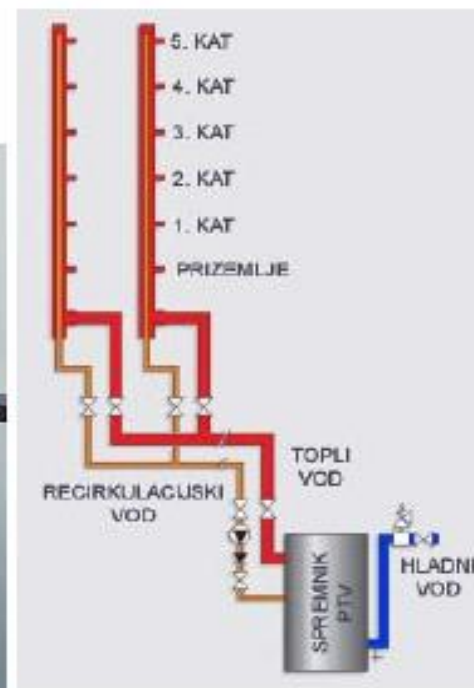
- mali toplinski gubici
- smanjenje troškova montaže
- manji troškovi za izolaciju cijevi



PE-HD



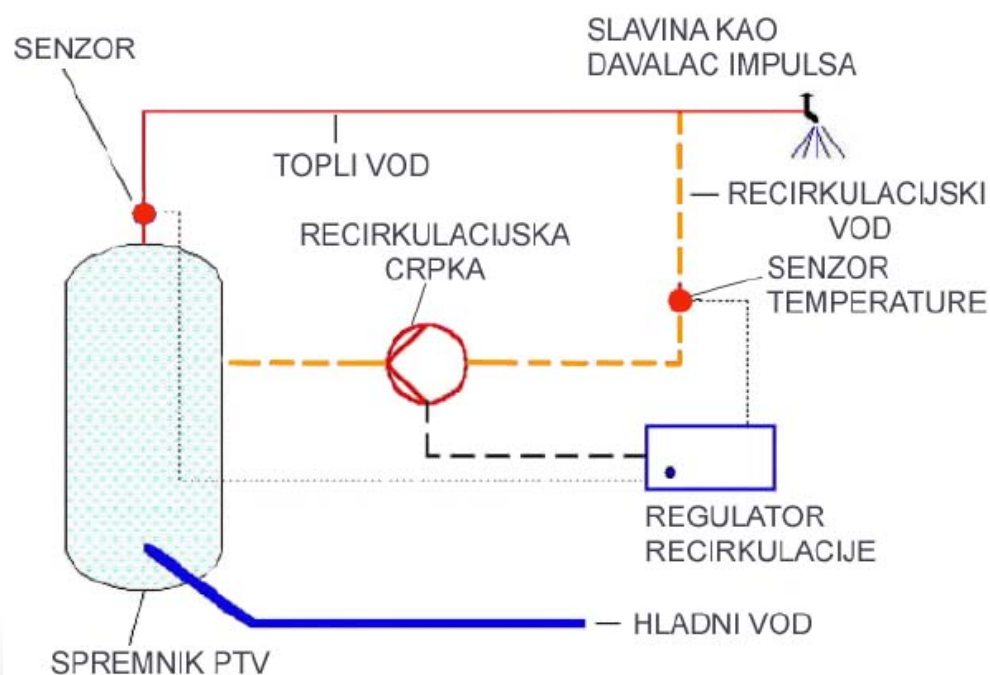
PE-Xc



Vođenje recirkulacijskog voda unutar toplog voda

Izvor: VIEGA

Cirkulacijska crpka se ugrađuje u svrhu trenutnog osiguranja tople vode na izljevnom mjestu (trošilu), bez obzira na njegovu udaljenost od izvora topline. Na taj način se gospodari energijom i potrošnjom vode kao osnovnog energenta.



Shema regulacije i upravljanja regulacijskom crpkom u recirkulacijskom vodu

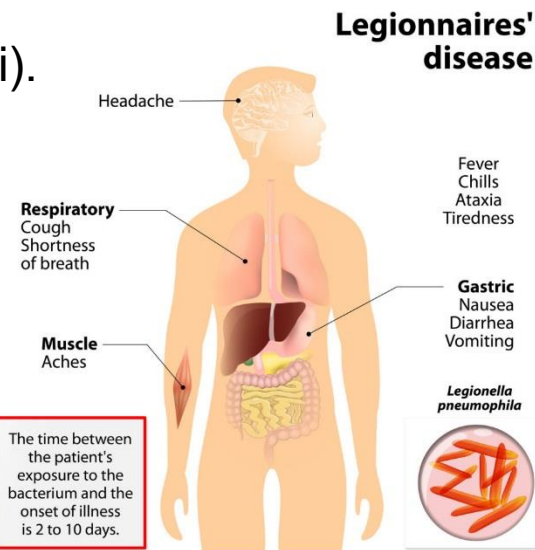
Ugradnja cirkulacijske crpke s cirkulacijskim vodom u sustavima potrošne vode je ujedno i potrošač električne energije, stoga je preporučeno u svrhu gospodarenja energijom putem sustava automatske regulacije i upravljanja rad cirkulacijske crpke programirati u funkciji vremena potrošnje PTV-a. Taj program treba sljediti tehnološke zahtjeve objekta.

-Kod sustava potrošne tople vode, treba obratiti posebnu pažnju na sprječavanje pojave bakterija legionele, usljed ustajalosti vode u sustavu i pogodne temperature za razvoj.

-Bakterije se u ustaljenoj toploj vodi razvijaju najčešće na temperaturama između 32 i 42° C, a ta neželjena pojava rješava se programskim (periodičkim) pregrijavanjem vode u sustavu PTV-a na ~80° C. Temperatura u svakom slučaju treba biti veća od 65° C!

LEGIONELA ili tzv. “**Legionarska bolest**” je bolest bakteriološkog karaktera – izazvana bakterijom *Legionele*, a manifestira se atipičnom upalom pluća i može biti smrtonosna.

Blaži oblik bolesti je Pontijakova groznica (tegobe slične gripi).



Za detaljno određivanje godišnjih potreba toplinske energije sustava za zagrijavanje potrošne tople vode (Q_W), te toplinskih gubitaka predmetnog sustava ($Q_{W,ls}$) potrebno se služiti sljedećom tehničkom regulativom:

HRN EN 15316-3-1: Sustavi grijanja u zgradama—Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 3-1: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, pokazatelji potreba prema izljevnom mjestu

HRN EN 15316-3-2: Sustavi grijanja u zgradama—Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 3-2: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, **razvod**

HRN EN 15316-3-3: Sustavi grijanja u zgradama—Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 3-3: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, **zagrijavanje**