

6. SISTEMI CENTRALNOG GREJANJA I PRIPREME SANITARNE TOPLE VODE U ZGRADAMA

6.1 UREĐAJI I OPREMA SISTEMA CENTRALNOG GREJANJA

6.1.1 Kotlovi za centralno grejanje

Kotlovi su uređaji u kojima se vrši sagorevanje goriva i pretvaranje hemijske energije goriva u toplotu. Dobijena toplota se predaje radnom fluidu, koji može biti voda, vodena para, vazduh ili termalno ulje. Bitno se razlikuju kotlovi za vodu – tzv. **toplovodni** i **vrelovodni** kotlovi od kotlova za paru – tzv. **parni** kotlovi.

Ako je radni fluid vazduh, kao što je to slučaj sa vazдушnim grejanjem, onda je zagrevanje vazduha obično indirektno, preko razmenjivača toplote, a ako je direktno, onda se češće koriste peći za zagrevanje vazduha nego kotlovi. Vazduh je loš kao radni medijum, jer ima malu vrednost specifičnog toplotnog kapaciteta u odnosu na vodu. Ako bi došlo do kratkotrajnog prekida u protoku (prestanaka strujanja vazduha), temperatura vazduha u kotlu bi naglo porasla, pa bi moglo doći do pregrevanja i oštećenja matrijala kotla.

U tehnici grejanja, u postrojenjima za centralno i daljinsko grejanje, mnogo češće se koriste toplovodni i vrelovodni kotlovi nego parni, jer se danas skoro isključivo primenjuje centralno toplovodno grejanje. Kotlovi koji se koriste u sistemima centralnog grejanja mogu biti jako različite veličina i kapaciteta. Za male instalacije često se koriste i električni toplovodni kotlovi, čiji se kapaciteti kreću od 6 do 24 kW – za etažno grejanje stanova i manjih porodičnih kuća. Kotlovi na čvrsto i tečno gorivo kapaciteta od 20-30 kW uglavnom se koriste za grejanje porodičnih kuća, a u gradskim toplanama, u sistemima daljinskog grejanja koriste se kotlovi kapaciteta do 50 MW. U poslednje vreme se puno radi na povećanju stepena korisnosti kotla, i to na sledeći način:

- usavršavaju se konstrukciona rešenja,
- rade se precizniji proračuni,
- koriste se novi materijali i tehnologije za izradu elemenata kotla.

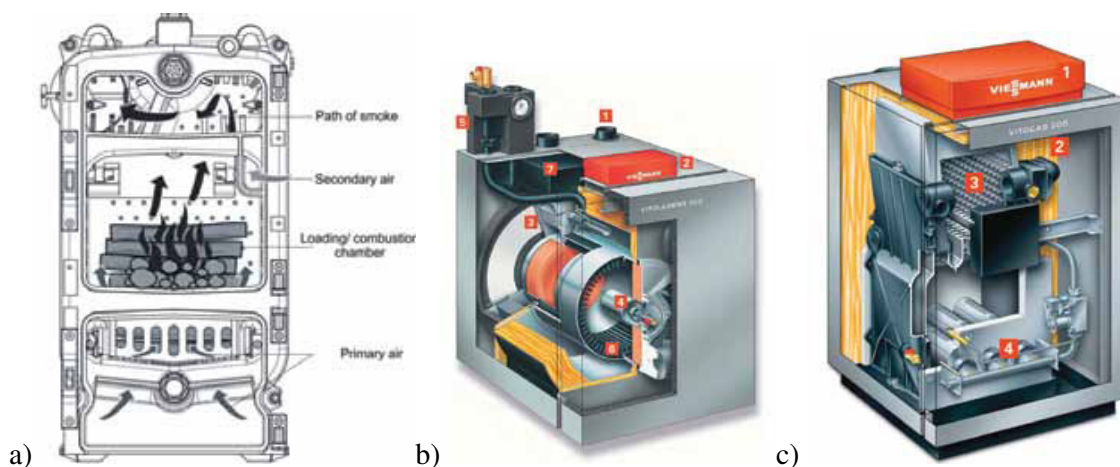
Kako bi se što bolje iskoristila energija sadržana u gorivu, neophodno je da kotao bude **u potpunosti prilagođen gorivu**. To ne znači samo poznavanje vrste goriva – čvrsto, tečno ili gasovito, već i specifičnosti svake od vrsta goriva – toplotnu moć, hemijski sastav, udeo jalovine, itd. Osim toga, ukoliko je u pitanju čvrsto gorivo – potrebno je poznavati vrstu uglja (lignit, kameni, mrki ugalj ili briketi i pelete od biomase) kao i način sagorevanja u ložištu (u sloju - na rešetki – nepokretnoj ili pokretnoj; u prahu – specijalni gorionici i mlinovi za ugljeni prah, kao dodatna oprema; u fluidizovanom sloju – materijal ispune sloja, veličina čestica uglja, itd.)

S druge strane, korisnici kotla bi želeli da imaju što fleksibilniji kotao, u kome bi mogli da sagorevaju različito gorivo – npr. ono koje je trenutno najjeftinije ili ono koje je dostupno na tržištu. Proizvođači kotlova obično deklarišu da se njihov kotao može koristiti za sva goriva – ukoliko je u pitanju sagorevanje čvrstog goriva na rešeci, a za tečno i gasovito gorivo se mogu naknadno ugraditi odgovarajući gorionici. Jasno je da takav kotao ne može imati visok stepen korisnosti, jer je konstrukcija kotla za čvrsto i tečno gorivo jako različita.

Svaki kotao je prilagođen određenoj vrsti goriva i samo tada ima max η !

Specifičnosti goriva određuju specifičnosti konstrukcije kotla, kao na primer:

- za goriva sa visokim procentom volatila (isparljivih gorivih materija) potrebno je dovoditi sekundarni vazduh radi potpunijeg sagorevanja,
- kvalitetni ugljevi (koks, antracit i kameni) mogu dobro i potpuno da sagorevaju u sloju
- kotlovi na tečno i gasovito gorivo mogu selakše regulisati, pa su i prekidi u radu kod njih mnogo jednostavniji,
- razlikuju se gorionici za tečno i gasovito gorivo,
- električni kotlovi su potpuno različiti od kotlova na konvencijalno gorivo – više su nalik bojlerima, nego kotlovima za sagorevanje goriva.



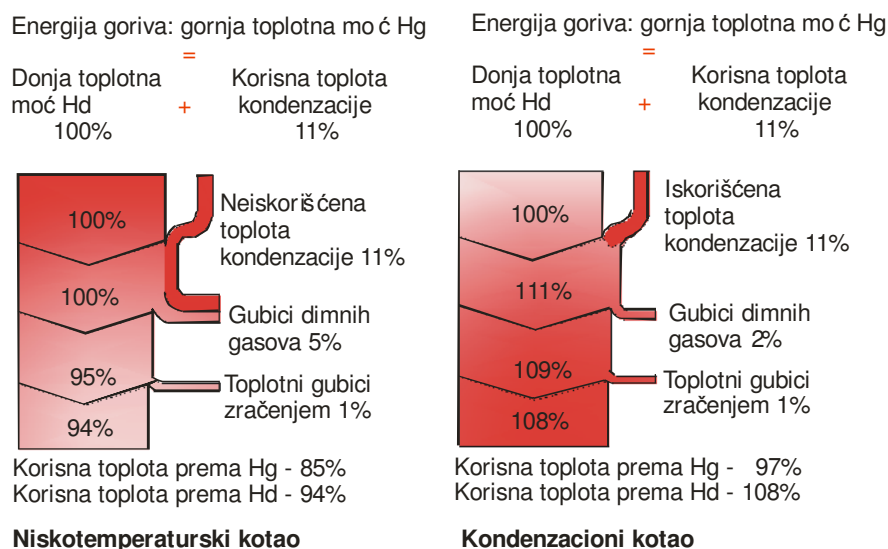
Slika 6.1 Kotlovi za centralno grejanje: a) kotao od livenog gvožđa za sagorevanje sečke i uglja u sloju; b) čelični kondenzacioni kotao na lako lož-ulje, c) niskotemperaturni kotao sa atmosferskim gorionikom na gas

Kondenzacioni kotlovi su kotlovi kod kojih se toplota sadržana u vodenoj pari i dimnim gasovima koristi putem kondenzacije.

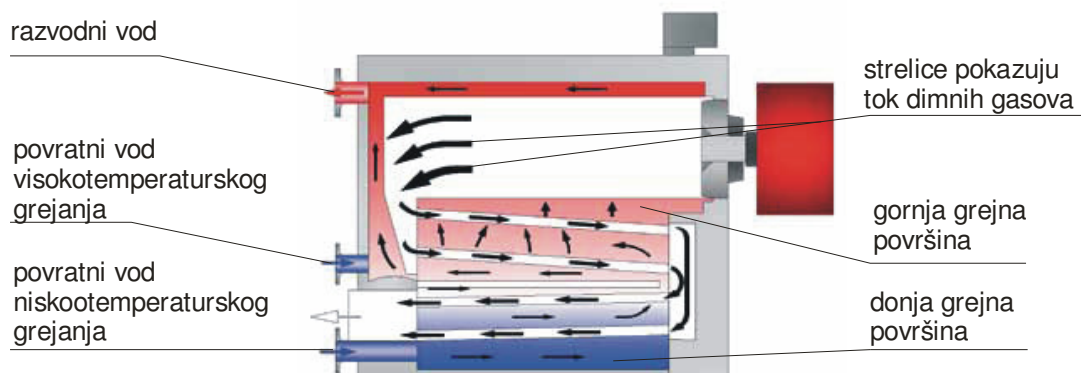
Donja toplotna moć goriva H_d je toplota oslobođena procesom sagorevanja goriva bez dodatnog iskorišćenja toplote kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para se ne kondenzuje). Kod goriva koja u sastavu sadrže vodonik, pa iz tog razloga u dimnim gasovima sadrže vodenu paru, razlikuje se gornja toplotna moć od donje toplotne moći. Gornja toplotna moć predstavlja toplotu oslobođenu procesom sagorevanja goriva s dodatnim iskorišćenjem toplote kondenzacije vodene pare (dimni plinovi su svedeni na standardno stanje, a vodena para se kondenzuje). Gornja toplotna moć veća je od donje za količinu toplote kondenzacije vodene pare sadržane u dimnim gasovima.

Pored vode nastale sagorevanjem vodonika, i vlaga znatno utiče na toplotnu moć. Iskorišćenje toplote kondenzacije moguće je i opravdano kod goriva koja sadrže vodonik (npr. gasovita goriva), ali je povezano sa problemima sumporne korozije u slučaju kada goriva sadrže i sumpor (lož ulje).

Na slici 6.3. prikazana je funkcionalna šema jednog kondenzacionog kotla, dok je u tabeli 6.1 dat pregled uobičajenih vrednosti stepena korisnosti kotlova (u odnosu na donju toplotnu moć) u zavisnosti od vrste goriva, konstrukcije kotla i načina regulacije.



Slika 6.2 Poređenje stepena korisnosti niskotemperaturskog i kondenzacionog kotla



Slika 6.3 Funkcionalna šema prolaza tople vode i dimnih gasova kod kondenzacionog kotla

Tabela 6.1 Pregled stepena korisnosti kotlova

Kotlovi			
Čvrsto gorivo	Kotlovi bez regulacije		0,65
	Kotlovi do 50 kW sa ručnom regulacijom		0,68
	Kotlovi preko 50 kW sa dobrom ručnom regulacijom		0,72
	Kotlovi do 175 kW sa mehaničkom regulacijom		0,75
	Kotlovi preko 175 kW sa dobrom mehaničkom regulacijom		0,83
	Kotlovi na različitu biomasu		0,82 – 0,92
Tečno gorivo	Kotlovi do 50 kW sa ručnom regulacijom		0,81 – 0,85
	Kotlovi preko 50 kW sa automatskom regulacijom		0,83 – 0,90
Gasovito gorivo	Kotlovi do 100 kW sa prirodnom promajom		0,80 – 0,88
	Kotlovi preko 100 kW sa prinudnom promajom		0,88 – 0,94
	Niskotemperaturski kotlovi		0,95 – 0,98
	Kondenzacioni kotlovi		do 1,08

6.1.2 Cevna mreža

Cevna mreža u sistemima centralnog grejanja ima funkciju povezivanja izvora toplote sa grejnim telima u u sistemu. Postoje različiti sistemi povezivanja instalacije grejanja, kao na primer: dvocevni sistemi sa gornjim i donjim razvodom, jednocevni sistemi – horizontalni i

vertikalni, sa kratkom vezom i bez nje, itd. Svaka cevna mreža u sistemima centralnog grejanja čini jedan **zatvoreni strujni krug**, odnosno povezuje izvor toplote sa grejnim telima čineći **zatvoren sistem**. Sačinjena je od cevi koje mogu biti od različitih materijala, i svaka cev u strujnom krugu istog prečnika i protoka fluida naziva se **deonicom**.

Cevna mreža se može podeliti na dve celine:

- razvodnu i
- povratnu cevnu mrežu.

Kod grejanja parom niskog pritiska kroz razvodnu cevnu mrežu struji vodena para, koja se, nakon kondenzovanja u grejnom telu, kao kondenzat vraća do kotla povratnom – kondenznom mrežom. Prečnici cevnih vodova razvodne cevne mreže kod parnog grejanja veći su od prečnika kondenznih vodova.

Kod toplovodnog grejanja, grejni fluid je voda koja kroz razvodnu cevnu mrežu struji na temperaturi t_r (90, 80°C), a vraća se ohlađena povratnom mrežom, na temperaturi t_p (70, 60°C), nakon predaje toplote u grejnom telu. Prečnici odgovarajućih deonica razvodne i povratne cevne mreže kod toplovodnog grejanja približno su jednaki.

U zavisnosti od toga da li je strujanje vode u sistemu prirodno ili prinudno, razlikuje se:

- gravitaciono i
- pumpno grejanje.

Kod gravitacionog grejanja cirkulacija vode u sistemu se odvija prirodnim putem, pod uticajem zemljine teže zahvaljujući različitim gustinama vode u razvodnom i povratnom delu cevne mreže. Kada se u cevovod postavlja pumpa koja omogućava strujanje fluida u sistemu, onda se koristi naziv pumpno grejanje.

Cevna mreža se može podeliti i prema položaju cevi u sistemu, i to na:

- **Glvni usponski vod**, koji spaja kotao i horizontalnu razvodnu mrežu; analogno glavnom usponskom vodu postoji i **glavni povratni vod**, koji spaja horizontalnu povratnu mrežu sa kotlom;
- **Horizontalna razvodna mreža** se prostire od korena svih vertikala u sistemu i uvek se vodi pod nagibom od 3 ‰ (kako bi se mogao izdvojiti vazduh i odvesti iz sistema); analogno razvodnoj postoji i povratna horizontalna mreža;
- **Usponski vodovi** – vertikale su cevi koje se vode od horizontalne mreže, vertikalno po visini objekta, i koje prolaze u blizini grejnih tela. Vertikale se mogu voditi vidno duž spoljnih zidova, ili skriveno u žljebovima u zidu;
- **Prikljuci** – razvodni i povratni – povezuju grejna tela sa vetikalom; i priključci se izvode pod nagibom.

Postoje i delovi cevne mreže koji ne služe za osnovnu funkciju – cirkulaciju grejnog fluida, ali imaju svoju ulogu i predstavljaju sastavni deo sistem za centralno grejanje:

- Sigurnosni vodovi – razvodna i povratna sigurnosna cev, koje su povezane sa ekspanzionim sudom; nekada ulogu razvodne sigurnosne cevi može da preuzme i glavni usponski vod, ali ako ispunjava određene zahteve propisane za sigurnosne cevi;
- Vazдушna mreža u sistemu centralnog grejanja služi za odvođenje vazduha iz instalacije, tj. ima ulogu odzračivanja; njenu ulogu delom mogu da preuzmu i vertikale i horizontalna mreža u sistemu sa gornjim razvodom;
- Drenažna mreža postoji u sistemima parnog grejanja;
- Obilazni vodovi (by-pass).

Materijali za izradu cevne mreže

U tehnici grejanja koriste se cevi od sledećih materijala:

- čelika (čelične šavne i bešavne cevi),
- bakra i
- plastike (razne vrste plastičnih cevi).

Najčešće su u primeni crne čelične cevi: bešavne i šavne. Obe vrste cevi se izrađuju u veličinama prečnika od 10 do 1000 mm.

Označavanje cevi standardnih veličina:

- prema nazivnom prečniku ND ili DN – u „col“-ima ili mm (npr. 3/8" ili 10 mm),
- prema nazivnoj veličini NV – što odgovara više prečnika cevi u mm,
- prema nazivnom orvori NO – (npr. DN 10 je NO12,5 mm; DN 15 je NO 15,75mm).

Takođe se propisuje i nazivni pritisak – što odgovara maksimalnom radnom pritisku za koji je određena cev predviđena:

- za kućne instalacije – NP6 (pritisak od 6 bar),
- za primarnu mrežu toplovoda – NP25.

U novije vreme često su u kućnim instalacijama zastupljene bakarne cevi, koje mogu biti savitljive i krute, a mogu biti neizolovane ili izolovane plastikom. Standardni prečnici su $\phi 12$, $\phi 14$, $\phi 15$, $\phi 16$, $\phi 18$, $\phi 20$, itd.

Bakarne savitljive cevi koriste se za podno grejanje, kao i plastične cevi, koje se izrađuju do standardnog prečnika $\phi 300$. Plastične cevi većih prečnika ($\phi 10$, $\phi 200$, $\phi 300$) često se koriste umesto kanala za razvod vazduha u pojedinim sistemima. U tehnici hlađenja su bakarne cevi jako zastupljene, zbog svoje otpornosti na koroziju i koriste se već od prečnika 6mm.

Cevi od veštačkih materijala:

Termoplastične cevi od materijala:

- PVC – polivinil hlorid,
- PB – polibutilen,
- PE – polipropilen (LDPE i HDPE),
- PP – polipropilen,
- ABS – akrilonitrit butadien stiren,
- PVDF – poliviniliden fluorid.

Termostabilne cevi:

- Epoksi-staklo
- Poliester-staklo.

Višeslojne cevi kao kombinacija metal-plastika (PE+Al+PE) imaju dobre osobine i plastičnih i metalnih cevi. Kao plastične cevi, višeslojne cevi imaju prednosti:

- otpornost prema koroziji,
- otpornost na hemikalije,
- zvučna izolovanost,
- termička izolovanost,
- glatka površina (mali pad pritiska usled trenja)
- mala težina i
- brza i laka montaža.

Kao metalne cevi, višeslojne cevi imaju i sledeće dobre osobine:

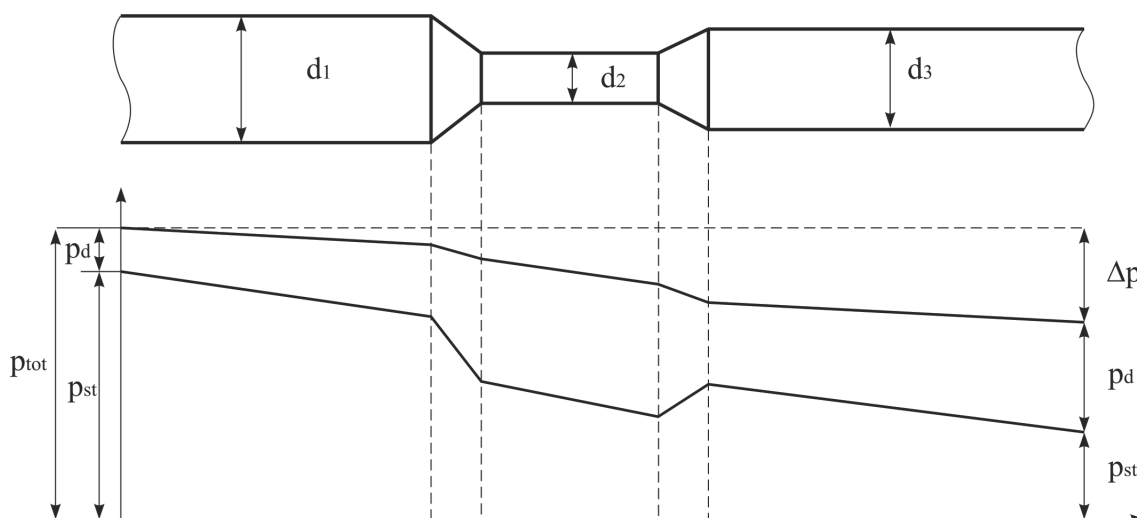
- nepropustive su za kiseonik,
- mali koeficijent temperaturnog širenja,
- veća mehanička čvrstoća,
- otpornost na više temperature i pritiske.

Primena višeslojnih cevi je široka:

1. Razvod sanitarne i pijaće vode (hladna i topla PTV),
2. Grejanje (podno i radijatorsko, $\theta_{max} = 110^{\circ}\text{C}$, $p_{max} = 10 \text{ bar}$),
3. Hlađenje (klizališta, ledena dvorane, $\theta_{min} = -50^{\circ}\text{C}$),
4. Procesna industrija.

Pad pritiska pri strujanju fluida kroz cevi

Pri svakom strujanju realnog fluida (a voda je realni fluid) dolazi do određenog pada pritiska prilikom strujanja fluida kroz cevi (usled trenja, vrtloženja, itd.). Pad pritiska zapravo predstavlja svojevrsan gubitak u sistemu Δp_{GUB} . U svakom zatvorenom sistemu, kao što su i sistemi centralnog grejanja, potrebno je da gubitak pritiska bude jednak ili manji od raspoloživog napora. **Raspoloživi napor** H_{RASP} je zapravo neophodan pritisak koji omogućava cirkulaciju grejnog fluida.



Slika 6.4 Pad pritiska pri strujanju realnog fluida

Prilikom idealnog strujanja (bez trenja fluida orilikom strujanja kroz cev) totalni (ukupni pritisak) je jednak zbiru dinamičkog i statičkog:

$$p_{tot} = p_d + p_{st} \quad (6.1)$$

Međutim, pri realnom strujanju dolazi do pada totalnog pritiska usled trenja fluida o zid cevi i vrtloženja pri promeni pravca strujanja, pa je:

$$p_{tot} = p_d + p_{st} + \Delta p \quad (6.2)$$

dge je dodatni član gubitak koji se javlja.

Iz praktičnih razloga, sa aspekta inženjerske prakse i lakšeg proračuna pada pritiska koji se javlja u sistemu cevovoda, pad pritiska pri strujanju fluida se deli na dva dela:

$$\Delta p = p_{TR} + p_L \quad (6.3)$$

gde je:

Δp – ukupni pad pritiska (Pa),
 p_{TR} – pad pritiska usled trenja (Pa) i
 p_L – pad pritiska usled lokalnih otpora (Pa).

Pad pritiska usled trenja u pravim deonicama cevovoda se računa kao:

$$\Delta p_{TR} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = R \cdot l, \quad (6.4)$$

gde su:

λ – koeficijent trenja,
 l – dužina deonice,
 d – prečnik deonice,
 ρ – gustina vode,
 w – brzina strujanja i
 R – jedinični pad pritiska usled trenja.

Koeficijent trenja je funkcija brzine strujanja, odnosno Rejnoldsovog broja Re i relativne hrapavosti ε :

$$\lambda = f(Re, \varepsilon) \quad (6.5)$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{d}, \quad (6.6)$$

gde su:

d – prečnik deonice,
 δ – apsolutna hrapavost.

U zavisnosti od režima strujanja (koje može biti laminarno, prelazni ili turbulentno – što pokazuje vrednost Rejnoldsovog broja) i relativne hrapavosti cevovoda ε , cevi se mogu ponašati kao:

- hidraulički glatke $\lambda = f(Re)$,
- hidraulički hrapave $\lambda = f(Re, \varepsilon)$ i
- hidraulički potpuno hrapave $\lambda = f(\varepsilon)$.

Za određivanje koeficijenta trenja najčešće su u upotrebi sledeće formule:

$$\text{Formula Kolbruka: } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \cdot \frac{\varepsilon}{3,71} \right) \quad (6.7)$$

$$\text{Formula Alštula: } \lambda = 0,11 \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (6.8)$$

U tehnici grejanja se pad pritiska usled trenja ne računa prema gornjim izrazima pri proračunima cevne mreže, niti se svaki put ispituje režim strujanja u cevima. Jedinični padovi pritiska usled trenja R su izračunati za različite vrste cevi i dati tabelarno u zavisnosti od protoka i prečnika cevovoda, tako da se njihove vrednosti pri dimenzionisanju cevne mreže direktno očitavaju iz tablice. U tablicama je dato:

Q (W) – toplotni protok (umesto masenog protoka fluida),
 R (Pa/m) – jedinični pad pritiska,
 d (mm) – nazivni prečnik deonice i
 w (m/s) – brzina strujanja fluida.

Od date 4 veličine dve su nezavisno promenljive, dok su ostale zavisne funkcije: na primer, prilikom dimenzionisanja deonice poznat je *toplotni protok* Q kroz deonicu i željena *brzina strujanja* w (prema preporučenim vrednostima se usvaja u određenim granicama) – na osnovu ove dve veličine očitavaju se jedinični pad pritiska usled trenja R i prečnik deonice d .

Pad pritiska usled lokalnih otpora (svaka promena pravca strujanja grejnog fluida uslovljava dodatni pad pritiska; u lokalne otpore spadaju kolena, suženja, proširenja, račve, ventili, blende...) računa se kao:

$$\Delta p_L = Z = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}, \quad (6.9)$$

gde je

ξ - koeficijent lokalnog otpora, koji se određuje eksperimentalno jer zavisi od mnogo uticajnih parametara, kao što je geometrija lokalnog otpora, vrsta fluida, režim strujanja, itd.

U tehnici grejanja se koriste osrednjene vrednosti koeficijenata lokalnih otpora, koje se daju tabelarno u zavisnosti od geometrije i protoka kroz pripadajuće deonice.

Prilikom dimenzionisanja cevne mreže sistema centralnog grejanja proračun se sprovodi za **svaki strujni krug** (zatvoreni strujni krug svakog grejnog tela). Deonice koje su zajedničke za više strujnih krugova i jednom dimenzionisane, ne dimezionišu se ponovo za sledeći strujni krug, već se samo sabira pad pritiska kroz već dimenzionisane zajedničke deonice. Zbog toga se proračun cevne mreže obično započinje sa najnepovoljnijim strujnim krugom (najudaljenijeg grejnog tela od kotla), a zatim se ide na kraće strujne krugove.

Izolacija cevovoda

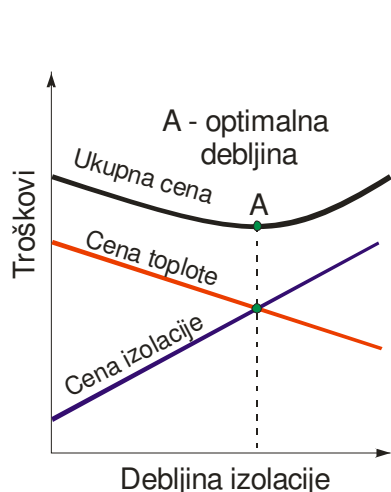
Zadatak izolacije je da se gubici toplote svedu na minimalne vrednosti ili da se iz drugih razloga ograniči površinska temperatura cevi. Ugrađuje se na kotlovima, rezervoarima tople vode, cevovodima, armaturi, razmenjivačima toplote i uređajima smeštenim u negrejanim prostorima.

Dimenzionisanje debljine izolacije može biti izvršeno po različitim kriterijimima:

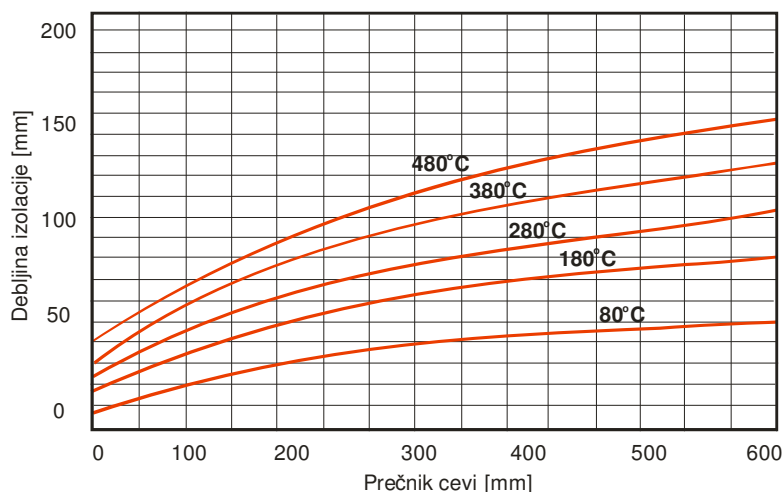
- da se ostvari ekonomski optimalno snabdevanje toplotom (ulaganja u izolaciju trebaju biti opravdana uštedom na toploti u toku vremenu rada postrojenja),
- da se osigura promena temperature grejnog fluida u odgovarajućim granicama,
- da se ograniči uticaj na okolinu (npr. ograničeno zračenje, ograničena površinska temperatura - dodir).

Optimalna debljina izolacije

Rast cena energije nameće potrebu da se vodi računa o ekonomičnosti. S povećanjem debljine izolacije rastu i troškovi izvođenja, a troškovi usled gubitaka toplote se smanjuju (slika 6.5). Najekonomičnija debljina izolacije je ona kod koje je suma za obe vrste troškova najniža. Optimalna debljina zavisi od cene energije, ali i od cene izolacionog materijala sa ugradnjom. Problem kod izbora može predstavljati činjenica da optimalnu debljinu izolacije treba odrediti za duži vremenski period nakon ugradnje, uz nepoznate tržišne uslove u budućnosti. Često se u različitim priručnicima, katalogima i sl. pronalaze podaci takve vrste. Jedan primer prikazan je na slici 6.6.



Slika 6.5 Optimalna izolacija u funkciji ukupne cene



6.6 Optimalna izolacija u zavisnosti od nazivnog prečnika cevi i temperature fluida koji se transportuje

U tabeli 6.2 prikazane su ekonomski opravdane debljine izolacije za cevi nazovnog prečnika do DN 40, koje važe za današnje cene energije i izolacije.

Tabela 6.2 - Ekonomski opravdane debljine izolacije za različite tipove cevi do DN 40

Navojne čelične cevi	-	-	DN10	DN15	DN20	-	DN25	DN32	-	DN40	
Šavne čelične cevi	-	-	-	-	-	DN25	-	DN32	-	DN40	
Bakrene cevi*	12	15	18	22	-	28	35	-	44	-	
POTREBNA DEBLJINA IZOLACIJE CEVI u [mm]											
Toplotna provodljivost 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

* Spoljni prečnik cevi

6.1.3 Pumpe u sistemima centralnog grejanja

Strujanje vode u sistemima centralnog grejanja može se ostvariti prirodnim i prinudnim putem. U prvom slučaju gravitacioni napor je taj koji stvara tok vode od kotla ka grejnim telima i nazad. Kod pumpnog grejanja, u rad se uključuje pumpa koja prenosi mehaničku energiju na tečnost i time se ostvaruje strujanje.

Prednosti pumpnog sistema u odnosu na gravitacioni su:

- veći raspoloživi napor, što kao rezultat daje cevnu mrežu sa manjim prečnicima cevi, pa je samim tim cevna mreža jeftinija (uključujući i pripadajuću armaturu);
- manja inertnost sistema (veće brzine strujanja vode u instalaciji; s obzirom da su manji prečnici cevnih deonica, u instalaciji ima manje vode pa je zato i uzgrevanje brže).

Nedostaci pumpnog sistema u odnosu na gravitacioni su:

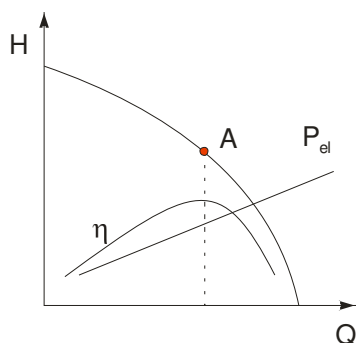
- pumpa troši električnu energiju za pogon;

- problem u radu sistema ukoliko dođe do prekida u snabdevanju električnom energijom (kada je izvor toplote kotao na čvrsto gorivo, čija je regulacija sporija, pa je teško trenutno smanjiti kapacitet – može doći do pregrevanja);
- buka u sistemu – kada su brzine strujanja velike stvara se buka usled strujanja; za prigušenje buke koriste se elastične veze između pumpe i cevovoda, kako bi se smanjilo prenošenje vibracija sa pumpe na cevnu mrežu.

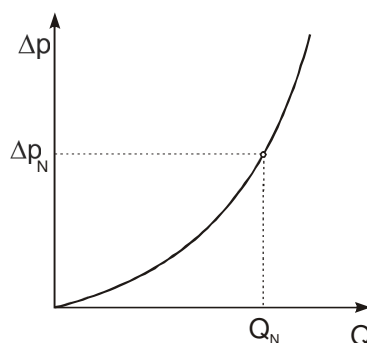
Pumpno grejanje je danas skoro isključivo u primeni kada su u pitanju toplovodni sistemi centralnog grejanja. Primena pumpi u sistemima omogućava projektovanje i izvođenje velikih razgranatih mreža. Takođe, u pumpnim sistemima moguće je imati "potopljena" grejna tela (koja se nalaze na manjoj koti u odnosu na kotao, npr. u podrumskim prostorijama ili etažama ispod podruma). Kod pumpnog grejanja napor pumpe je taj koji ostvaruje cirkulaciju vode u sistemu. Zato se pumpe u sistemima centralnog grejanja nazivaju cirkulacionim pumpama.

Karakteristika pumpe i radna tačka

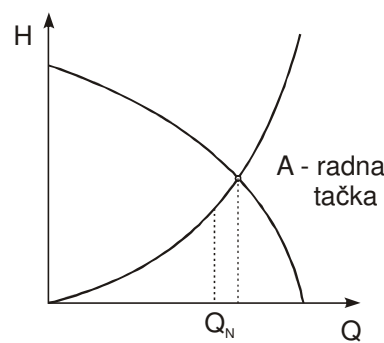
Krive koje predstavljaju odnos između napora, protoka, snage i stepena korisnosti pumpe nazivaju se karakterističnim krivama (slika 6.7). Kriva koja pokazuje odnos napora i protoka koji pumpa ostvaruje naziva se karakteristikom pumpe (Q-H kriva). Napor se može dati u sledećim jedinicama: [Pa] ili [kPa] i [mmH₂O], a protok u [l/h], [l/s] ili [m³/h]. Za tačku A na dijagramu prikazanom na slici 6.7 pumpa ima najvišu vrednost stepena korisnosti i ona definiše uslove za koje je pumpa konstruisana, pa treba težiti da se za takve uslove i primenjuje. Pri svakoj promeni uslova stepen korisnosti će biti lošiji.



Slika 6.7 Karakteristika pumpe



Slika 6.8 Karakteristika cevovoda



Slika 6.9 Sprega pumpe i cevovoda

Radna tačka pumpe dobija se kombinacijom karakteristike pumpe i karakteristike cevovoda, koja je prikazana na slici 6.8. Karakteristika cevovoda je kriva drugog stepena u pravouglom sistemu, gde je na ordinati vrednost pada pritiska kroz cevovod, a na apscisi vrednost protoka:

$$\Delta p = \Delta p_{tr} + \Delta p_{lok} = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2 \rho}{2} + (\xi_1 + \xi_2 + \dots) \frac{w^2 \rho}{2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \xi_1 + \xi_2 + \dots \right) \frac{w^2 \rho}{2}, \text{ tj.} \quad (6.10)$$

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2 \rho}{2}. \quad (6.11)$$

gde su:

- λ – koeficijent trenja,
- l – dužina deonice,
- d – prečnik deonice,
- ρ – gustina vode,

w – brzina strujanja fluida,

ξ – koeficijent lokalnog otpora.

Kako je protok kroz cev:

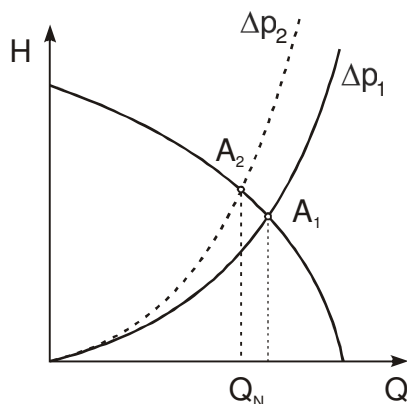
$$Q = w \frac{d^2 \pi}{4} \Rightarrow w = \frac{4Q}{d^2 \pi} \quad (6.12)$$

sledi zavisnost pada pritiska i protoka kroz cevovod:

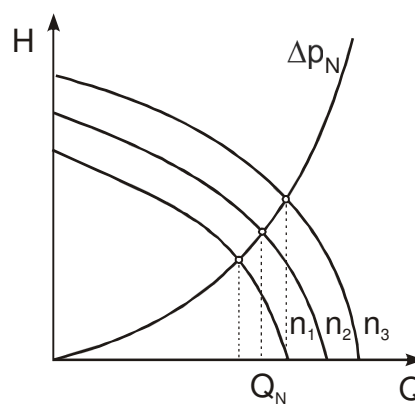
$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{8 \cdot \rho}{d^4 \cdot \pi^2} \cdot Q^2 = k \cdot Q^2. \quad (6.13)$$

Sprega pumpe i cevovoda prikazana je na slici 6.9. Pri tome se stvarni protok kroz instalaciju Q može razlikovati od nominalnog protoka Q_N .

Svođenje stvarnog protoka na nominalni može se izvršiti na dva načina (koji su prikazani na slikama 6.10 i 6.11). Prvi način je "**prigušenjem**", odnosno povećanjem otpora strujanja u instalaciji (npr. smanjenjem otvorenosti balansnog ventila), tako da karakteristika cevovoda bude strmija u odnosu na prethodni slučaj. Na taj način se dobija radna tačka A_2 u preseku karakteristika tako da je protok kroz instalaciju je sveden na nominalni. Drugi način je **promenom broja obrtaja pumpe** – postoje pumpe koje mogu raditi sa više brzina (obično 3) ili koje imaju kontinualnu promenu broja obrtaja.



Slika 6.10 Svođenje na nominalni protok "prigušenjem"



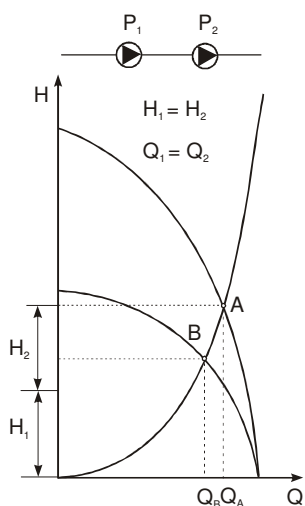
Slika 6.11 Svođenje na nominalni protok promenom broja obrtaja

Pumpe sa kontinualnom promenom broja obrtaja koriste se kod sistema koji rade sa promenljivim protokom grejnog fluida. Promena protoka, napora i snage pumpe (koju preuzima iz elektro mreže) sa promenom broja obrtaja kreću se na sledeći način:

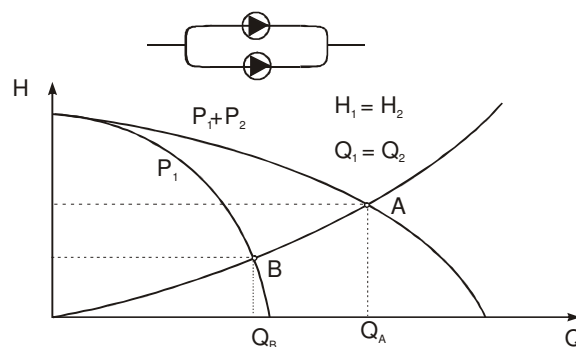
$$\begin{aligned} Q &= Q_N \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right) \\ H &= H_N \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \\ P &= P_N \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right)^3 \end{aligned} \quad (6.14)$$

Spega dve pumpe

Redna sprega dve pumpe podrazumeva da su one postavljene na cevovodu jedna iza druge (slika 6.12). Paralelna veza dve pumpe ostvarena je ako su pumpe postavljene u paralelnim vodovima koji se završavaju vezom sa jednom cevi, kao što je prikazano na slici 6.13. Pri tome se, u oba slučaja, radna tačka A odnosi na slučaj kada rade obe pumpe, a radna tačka B kada radi samo jedna pumpa. Takođe, u navedenim primerima obe pumpe u sprezi su jednakih karakteristika (dve iste pumpe). Sa dijagrama se jasno može uočiti kako se menjaju protok i napor u zavisnosti od vrste sprege. Kod redne veze druga pumpa doprinosi značajnijem povećanju napora, dok je povećanje protoka nezatno. U sličaju paralelne veze ostvaruje se značajnije povećanje protoka kroz cevovod, dok je povećanje napora znatno manje. Zato se često kaže: "Redna veza je za veći napor, a paralelna za veći protok".

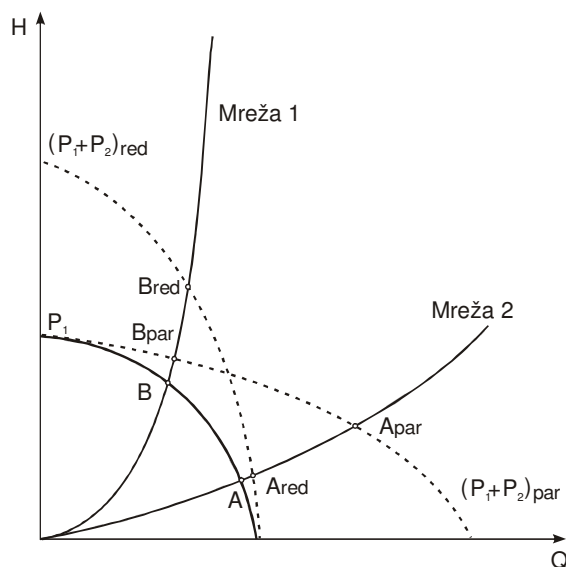


Slika 6.12 Redna veza dve jednake pumpe



Slika 6.13 Paralelna veza dve jednake pumpe

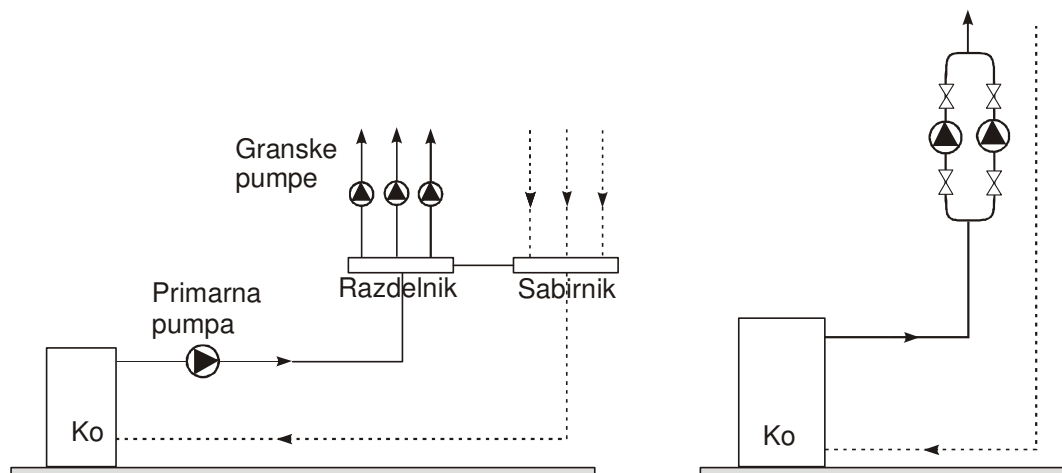
Međutim, izbor načina sprezanja pumpi isključivo zavisi od karakteristike cevovoda, odnosno položaja radne tačke, što je prikazano na slici 6.14. Ukoliko je karakteristika cevovoda strma – bolja je redna veza, a ako je karakteristika cevovoda položena bolja je paralelna veza.



Slika 6.14 Sprega pumpi u zavisnosti od položaja radne tačke

U praksi je veoma čest slučaj da pumpe koje se nalaze u cevovodu nisu istih veličina. Tada treba voditi računa da ne dođe do nepravilnog sprežanja pumpi, što može da ima jako loše posledice. Bilo da se radi o rednoj ili paralelnoj vezi, ukoliko je karakteristika cevovoda takva da ne odgovara sprezi (radna tačka se ne nalazi na karakteristici sprege), može se desiti da druga pumpa samo stvara dodatni otpor strujanju u cevovodu, a ne doprinosi povećanju napora ili protoka.

Na slici 6.15 prikazana su dva česta primera iz prakse.



Slika 6.15 Razgranata mreža sa primarnom i sekundarnim pumpama (levo) i način postavljanja "radne" i "rezervne" pumpe (desno)

Prvi se odnosi na velike, razgranate sisteme, u kojima osim primarne pumpe, postoje tzv. granske pumpe – svaka za po jednu granu cevne mreže. Ako je jedna od granskih pumpi previše "jaka" i ne priguši se – može doći do prekida strujanja kroz drugu granu, ili čak do strujanja u suprotnom smeru. Drugi prikazani primer odnosi se na postavljanje "radne" i "rezervne" cirkulacione pumpe. U ovom slučaju ne radi se o sprezi – već ove dve pumpe rade alternativno – u slučaju otkaza "radne", uključuje se "rezervna", koja radi dok se "radna" ne servisira ili zameni novom.

6.1.4 Sigurnosni uređaji i armatura vodenih kotlova

Sigurnosni uređaj vodenih kotlova je ekspanzioni sud. Prilikom zagrevanja vode od temperature okoline do radne temperature, njena zapremina se povećava, stvarajući tzv. „višak vode“, koji prima upravo ekspanzioni sud.

Fukcije ekspanzionog suda u sistemu su:

- omogućavanje širenja vode prilikom zagrevanja (primanje viška vode),
- održavanje hidrostatičkog pritiska i
- ispuštanje vazduha iz instalacije grejanja (samo kod otvorenog ekspanzionog suda)

Otvoreni ekspanzioni sud

Otvoreni ekspanzioni sud je najčešće cilindričnog oblika (slika 6.16) i postavlja se u najvišoj tački u sistemu centralnog grejanja (obično na tavanu).

Potrebna zapremina otvorenog ekspanzionog suda izračunava se na sledeći način:

$$V = \beta(\theta_{\max} - \theta_{\min}) \cdot V_w \quad (6.15)$$

gde su:

β - koeficijent zapreminskog širenja vode (1/K)

θ_{max} , θ_{min} – maksimalna i minimaln temperatura vode u sistemu (°C)

V_w – zapremina vode u sistemu centralnog grejanja (kotao, cevna mreža i grejna tela) (m³).

Zapreminsko širenje vode u temperaturskom opsegu od 4 – 100°C iznosi oko 4,3%, pa se zbog toga usvaja pojednostavljeni način određivanja zapremine otvorenog ekspanzionog suda:

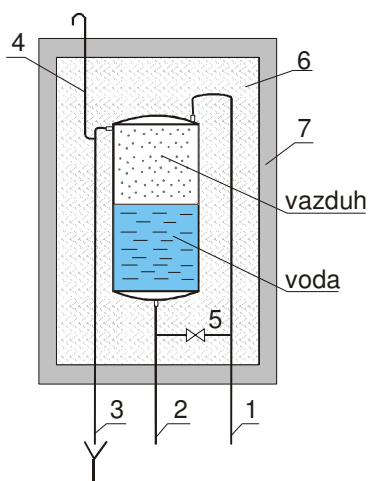
$$V = 0,045 \cdot V_w \quad (6.16)$$

Međutim, i ovako pojenostavljen izraz nije u praktičnoj primeni, jer je jako veliki posao određivanje ukupne zapremine vode u sistemu, pa je određivanje zapremine suda iskustveno prilagođeno prema toplotnom kapacitetu Q_{GT} (W) i vrsti instalacije za grejanje:

$$V = 1,2 - 1,5 \cdot Q_{GT} \cdot 10^{-3} \quad \text{- za radijatorsko grejanje} \quad (6.17)$$

$$V = 1,5 - 2,0 \cdot Q_{GT} \cdot 10^{-3} \quad \text{- za podno grejanje} \quad (6.18)$$

$$V = 0,5 - 0,8 \cdot Q_{GT} \cdot 10^{-3} \quad \text{- za konvektorsko grejanje} \quad (6.19)$$



Osnovni elementi otvorenog ekspanzionog suda:

- 1 – Razvodna sigurnosna cev
- 2 – Povratna sigurnosna cev
- 3 – Prelivna cev
- 4 – Odzračna cev
- 5 – Kratka veza (zbog obezbeđenja cirkulacije vode)
- 6 – Izolacija
- 7 – Kućište

Slika 6.16 Šematski prikaz otvorenog ekspanzionog suda

Dimezije sigurnosnih vodova:

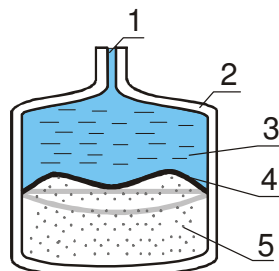
$$\text{Sigurnosna razvodna cev: } d_r = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_k} \quad (6.20)$$

$$\text{Sigurnosna povratna cev: } d_p = 15 + 0,93 \cdot \sqrt{Q_k} \quad (6.21)$$

Zatvoreni ekspanzioni sud

Zatvoreni ekspanzioni sud se koristi kada nema tehničkih mogućnosti za postavljanje otvorenog ekspanzionog suda i sve češće je u primeni. Takođe se koristi kada je potrebno održavati viši pritisak u sistemu. Postoje različite vrste i konstrukcije ekspanzionih sudova, u zavisnosti od veličine samog sistema centralnog grejanja. Kada su u pitanju manje instalacije, najčešće je u primeni ekspanzioni sud sa membranom (slika 6.17).

Pri zagrevanju vode u kotlu, voda se širi i kroz sigurnosnu cev ulazi u vodeni deo suda. Voda potiskuje membranu ka vazdušnom delu, tako da dobija prostor za ekspanziju. Membrana potiskuje vazduh i pritisak u vazdušnom delu se neznatno povišava. Kada grejanje prestane, voda se hladi, smanjuje zapreminu, pa pritisak vode opada. Tada pritisak vazduha iz vazdušnog dela suda potiskuje vodu nazad u sistem.



Osnovni elementi ekspanzionog suda sa membranom:

- 1 – Priključak na toplovodnu mrežu
- 2 – Metalni omotač
- 3 – Vodeni deo
- 4 – Membrana
- 5 – Vazdušni deo

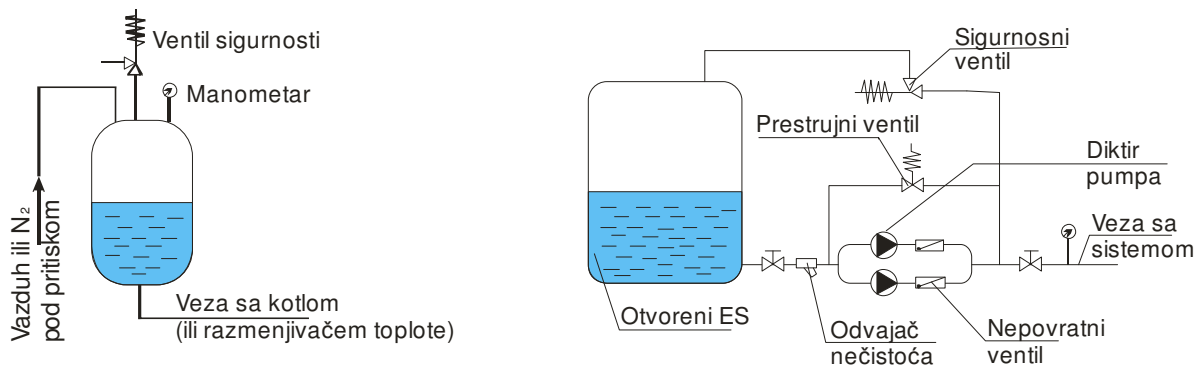
Slika 6.17 Izgled i šematski prikaz zatvorenog ekspanzionog suda sa membranom

Zapremina ekspanzionog suda sa membranom određuje se na osnovu:

$$V_s = V \cdot \frac{P_{\max}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad (6.22)$$

Kada u sistemima grejanja sa otvorenim ekspanzionim sudom dođe do prekomernog povišenja pritiska (širenja vode), višak vode se preko prelivne cevi izbaci iz sistema, tako da uvek ima prostora za dalje širenje vode i nema opasnosti od prskanja suda ili instalacije. Kod zatvorenih ekspanzionih sudova ne postoji mogućnost preliivanja vode, već bi usled prekomernog širenja vode došlo do prskanja membrane, suda ili dela instalacije. U cilju zaštite zatvorenih sistema centralnog grejanja obavezno se na ekspanzioni sud ili sigurnosni vod postavlja **sigurnosni ventil**. Ukoliko se pritisak povisi iznad dozvoljenog, ventil se otvara i propušta deo vode van sistema, čime se snižava pritisak.

U većim sistemima, pritisak vazduha u vazdušnom delu zatvorenog ekspanzionog suda se održava pomoću kompresora. Zbog izbegavanja pojave korozije, zatvoreni ekspanzioni sudovi se često ispunjavaju azotom umesto vazduhom. Održavanje pritiska se može rešiti i sistemom sa diktir pumpom (slika 6.18).



Slika 6.18 Održavanje pritiska: ekspanzioni sud sa gasnim jastukom (levo) i diktir sistem (desno)

Armatura vodenih kotlova:

- slavina za punjenje i pražnjenje kotla,
- manometar za praćenje pritiska u sistemu (napunjenosti sistema vodom),
- termometar u razvodnom i povratnom vodu,
- regulator sagorevanja ili regulator promaje (koristi se kod kotlova na čvrsto gorivo).

Određivanje potrebnog kapaciteta kotla

Potreban kapacitet kotla u sistemu centralnog grejanja određuje se kao:

$$Q_k = Q_{GT} \cdot (1 + a + b) \quad (6.23)$$

gde su:

Q_{GT} – ukupan toplotni učinak grejnih tela (W)

a – dodatak za toplotne gubitke kotla i cevne mreže i zavisi od sledećih pokazatelja:

- da li je cevna mreža izolovana ili ne,
- da li je cevna mreža razgranata ili ne,
- da li su vertikale duž spoljnih zidova ili su postavljene u žljebove;

b – dodatak zbog prekida u zagrevanju (koji se usvaja samo ako postoji prekid u zagrevanju i pri najnižim spoljnim temperaturama)

Kotlarnica

Kotlarnica je prostorija u koju se smešta kotao za centralno grejanje, kao i sva prateća oprema. Kotlarnica po svom položaju u zgradi mogu biti podrumске i krovne (retko, u slučajevima kada se koristi gasovito gorivo).

Dimenzije kotlarnice moraju biti takve da mogu da obezbede:

- pravilnu montažu kotla i opreme,
- lako rukovanje i pristup kotlu,
- nesmetane popravke i rad na održavanju.

Pod u kotlarnici se obično izvodi kao „plivajući“ temelj, betonski fundament koji je odvojen od zidova, kako se ne bi prenosila buka kroz objekat. U zavisnosti od veličine postrojenja, različiti su i zahtevi za opremljenost kotlarnice u smislu:

- dovoda vode,
- nivoa osvetljenosti,
- ventilacije kotlarnice,
- hemijske pripreme vode,
- pomoćne prostorije,
- opreme za gašenje požara, itd.

Ukoliko je kotao na čvrsto gorivo, onda uz kotlarnicu obično ide i skladište uglja (ugljara) i deponija šljake. Ako je kotao malog kapaciteta, onda je ugljara u samoj zgradi i to veoma blizu kotlarnice (najčešće susedna prostorija). Kada su u pitanju kotlovi većeg kapaciteta, onda je pogodno da pod ugljare bude u nivou plafona kotlarnice, kako bi se obezbedilo lakše dopremanje uglja u kotlarnicu. U velikim sistemima – toplanama, skladišta uglja su van samog objekta u kome su smešteni kotlovi. Ako se radi o kotlovima na tečno gorivo, onda je potreban rezervoar za gorivo, koji može biti dnevni (kod većih sistema) ili sezonski (koji mora da obezbedi rezerve goriva za najmanje dva meseca ili celu grejnu sezonu). U rezervoarima za mazut mora postojati zagrevanje mazuta, kako bi se pri niskim temperaturama mogao transportovati do kotlarnice.

Dimnjak predstavlja obavezni element u svim kotlarnicama na konvencionalana goriva. Kada su u pitanju manje kotlarnice, primenjuje se orijentacioni proračun za izračunavanje potrebnog poprečnog preseka dimnjaka:

$$F = \frac{a \cdot Q_k}{\sqrt{h}} \quad (6.24)$$

gde su:

F – površina poprečnog preseka dimnjaka (cm²),

a – empirijski faktor srazmernosti koji uzima u obzir količinu produkata sagorevanja koju proizvodi određeno gorivo ($a = 0,017$ za tečno i $a = 0,034$ za čvrsto gorivo),

Q_k – kapacitet kotla (kW) i

h – visina od ložišta kotla do vrha dimnjaka (m).

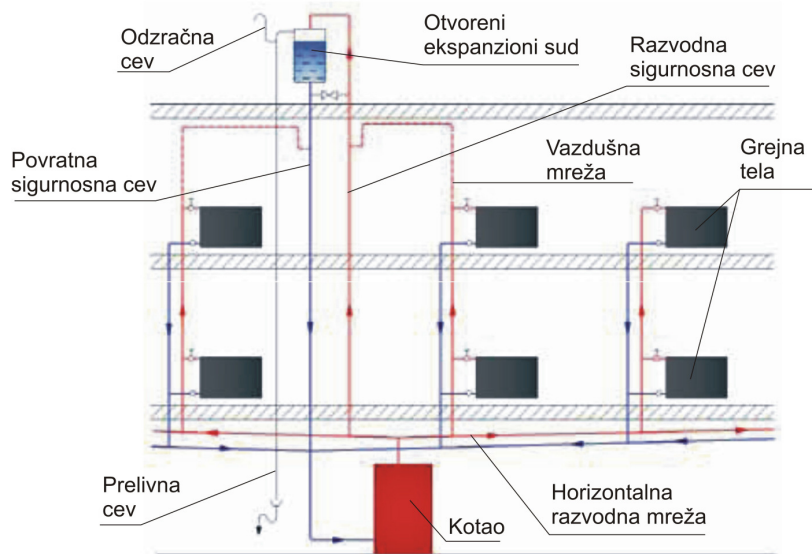
6.2 SISTEMI TOPLOVODNOG GREJANJA

Sistemi toplovodnog grejanja rade sa toplom vodom kao nosiocem toplote do maksimalne temperature 110°C. Voda se zagreva u kotlovima i kroz cevnu mrežu se dovodi do grejnih tela u prostorijama, gdje se hladi, a zatim se ponovno vraća u kotao na zagrevanje.

Podele se mogu napraviti na bazi različitih kriterijuma:

- Prema sili koja osigurava cirkulaciju vode: gravitaciona i pumpna;
- Prema načinu vođenja cevovoda: jednocevnna i dvocevnna;
- Prema položaju razvodne horizontalne cevne mreže: s gornjim i donjim razvodom
- Prema vezi s atmosferom: otvorena i zatvorena toplovodna grejanja.

U sistemu **gravitacionog grejanja** strujanje vode kroz cevnu mrežu ostvaruje se usled uzgonske sile, prirodnim putem, odnosno bez utroška mehaničke energije. Sva grejna tela na istom nivou (istom spratu) nalaze se na istoj visinskoj razlici u odnosu na kotao, pa prema tome imaju i isti raspoloživi napor H_{rasp} . Međutim, dužina cevne mreže kojom je grejno telo povezano sa kotlom (strujni krug) razlikuje se za skoro svako grejno telo. Izborom odgovarajućeg prečnika cevi deonica u strujnom krugu teži se ka tome da ukupan pad pritiska (usled trenja i usled lokalnih otpora) bude jednak raspoloživom naporu – to važi sa sve strujne krugove. **Strujni krug** čine sve deonice cevne mreže od kotla do grejnog tela i od grejnog tela nazad do kotla – čime je formiran jedan zatvoreni krug u kome struji grejni fluid. Na slici 6.19 prikazana je šema sistema gravitacionog grejanja sa donjim razvodom.

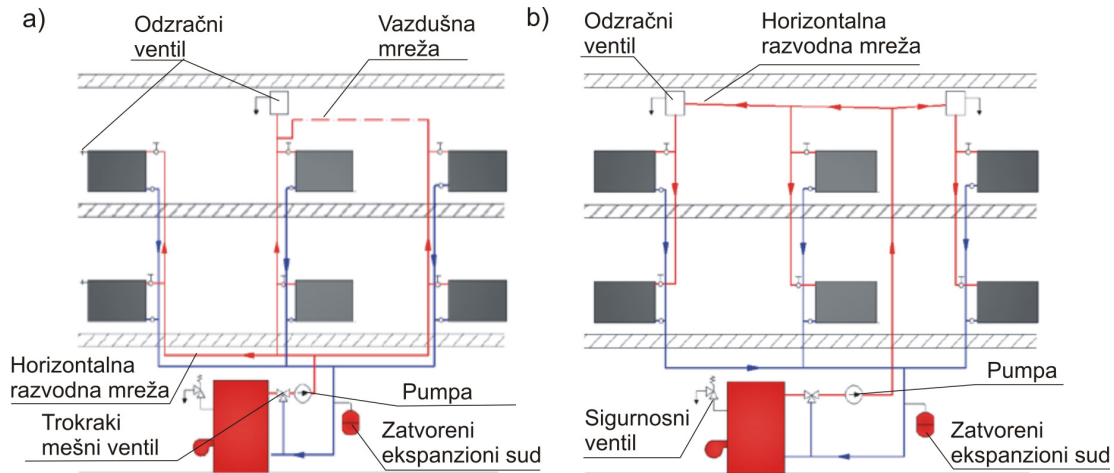


Slika 6.19 Šema sistema otvorenog gravitacionog grejanja sa donjim razvodom

Donji razvod podrazumeva da se horizontalna cevna mreža vodi ispod tavanice podrumskih prostorija, odnosno na nivou ispod grejnih tela. Sve horizontalne deonice cevne mreže se izvode pod nagibom od 5‰, što je neophodno zbog pražnjenja cevne mreže i odzračivanja instalacije (odvođenja vazduha iz sistema pri samom punjenju instalacije vodom, ali i kasnije – u toku rada, ukoliko se u sistemu javi mehurići vazduha). Horizontalne cevi u mreži su postavljene tako da omogućavaju kretanje vazduha u smeru naviše (s obzirom da je vazduh lakši od vode). Cevna mreža se u svojim najvišim tačkama (na vrhovima svih usponskih vodova) povezuje sa vazdušnom mrežom (na crtežima u projektu se obično prikazuje linijom crta – tačka

– crta). Vazдушna mreža je povezana sa otvorenim ekspanzionim sudom preko razvodne sigurnosne cevi, tako da se izbacivanje vazduha van sistema vrši preko odzračne cevi na otvorenom ekspanzionom sudu. Na samoj vazdušnoj mreži su izvedene cevne petlje, koje omogućavaju prolaz vazduha naviše i stvaranje "vazдушnih čepova" radi sprečavanja eventualnog strujanja vode kroz vazдушnu mrežu.

Na slici 6.20 prikazane su šeme sistema pumpnog grejanja sa donjim, odnosno gornjim razvodom.



Slika 6.20 Šema sistema grejanja sa prinudnom cirkulacijom: a) donji razvod i b) gornji razvod

Cirkulaciona pumpa je na šemama postavljena u glavni razvodni vod, iza kotla, što obezbeđuje nadpritisk u većem delu instalacije. Pumpa se može postaviti i u glavni povratni vod, pa se tada veći deo instalacije nalazi u "potpitisaku". Izgled polja pritiska u mreži zavisi od mesta povezivanja ekspanzionog suda sa instalacijom.

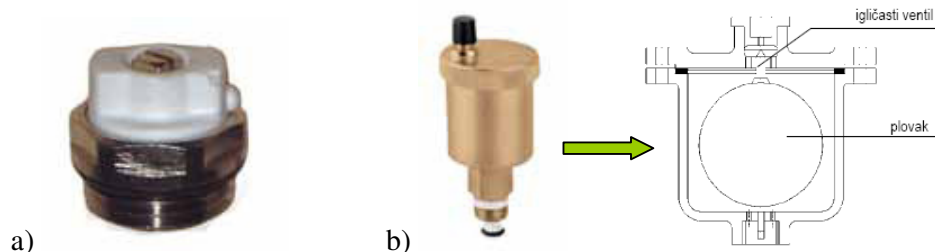
Radijatorski ventili su postavljeni na razvodnim priključcima grejnih tela i imaju ulogu smanjenja protoka kroz grejno telo ili potpuno zatvaranje – isključivanje grejnog tela iz sistema.

Radijatorski navijci se postavljaju na povratnim priključcima grejnih tela. Slično kao i regulacioni ventili na vertikalama, i radijatorski navijci mogu imati dvostruku ulogu: zatvaranje – odvajanje grejnog tela od mreže ukoliko se želi izvršiti bilo kakva intervencija na grejnom telu ili njegova zamena (u paru se zatvaraju sa radijatorskim ventilima) i regulisanje – kada se vrši balansiranje mreže, pa je potrebno izvršiti prigušenje na grejnom telu (povećati otpor strujanju u strujnom krugu posmatranog grejnog tela). Kod velikih sistema ovo je veoma važna funkcija.

Trokraki mešni ventil je regulacioni ventil koji ima ulogu centralne regulacije rada sistema. Mešanjem povratne i razvodne vode u pogodnom odnosu snižava se temperatura razvodne vode i time se ostvaruje kvalitativna centralna regulacija rada sistema.

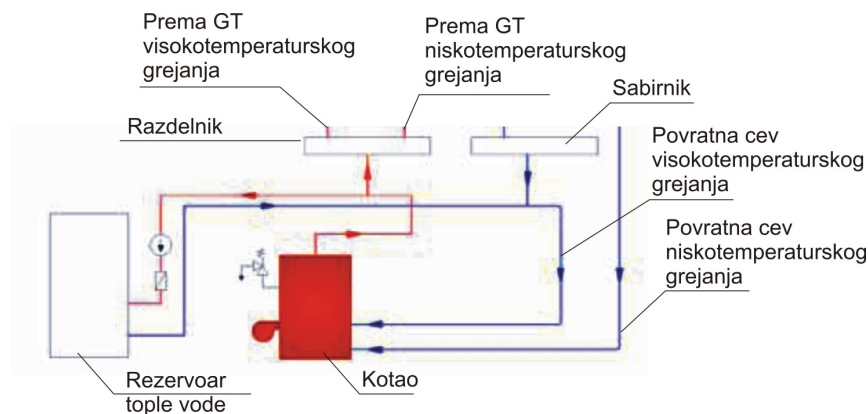
Vazдушna mreža se vodi na isti način kao i kod gravitacionog grejanja kada je u pitanju otvoren sistem, ali nema cevni petlje, već se na vertikale postavljaju ventili, koji su sasvim malo otvoreni. Razlog za to je veći nadpritisk u sistemu pumpnog u odnosu na gravitaciono grejanje. Drugi način odzračivanja, koji je takođe često u primeni je postavljanje odzračnih ventila (radijatorskih) na sva grejna tela, kao što je prikazano na šemi sistema sa donjim razvodom i zatvorenim ekspanzionim sudom (slika 6.20 a). Kod takvog načina odzračivanja sistema nagib razvodnih priključaka grejnih tela je suprotan (ka grejnom telu). Odzračni ventili (automatski) u sistemu sa zatvorenim ekspanzionim sudom mogu se postaviti i na vrhu vertikala (slika 6.20). U tom slučaju nagib razvodnih priključaka je kao i u slučaju postavljanja vazdušne mreže. Dakle, odzračni ventil se uvek postavlja u najvišoj tački (tačkama) instalacije, pri čemu cevna mreža

mora imati takvu konfiguraciju (u pogledu nagiba) da ne postoje mesta sa kontra nagibom u kojima bi se mogli formirati vazdušni čepovi. Odzračni ventili prikazani su na slici 6.21.



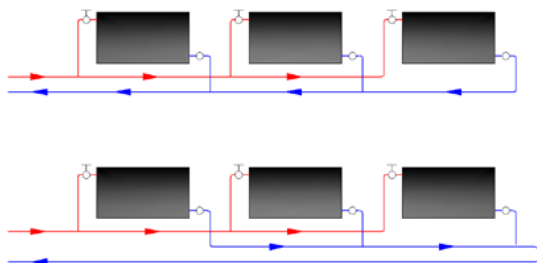
Slika 6.21 Odzračni ventili: a) radijatorski i b) automatski sa plovkom

Kada su u pitanju velike zgrade i razgranate cevne mreže koje se vode kroz zgradu, u kotlarnici se postavljaju razdelnik i sabirnik, odnosno snabdevanje toplotom se deli na zone na način da ka svakoj zoni ide po jedna grana – glavna razvodna cev, koja kreće iz razdelnika. Paralelno sa njom vodi se i povratna grana. Obično se, kod velikih sistema, u svaku razvodnu granu postavlja posebna cirkulaciona pumpa koja se naziva granska pumpa i ona obezbeđuje potreban napor i protok u grani. Nekada se iz istog izvora toplote mogu snabdevati različiti potrošači, koji se razlikuju po temperaturskom režimu (na primer: sistem radijatorskog grejanja, sistem podnog grejanja, sistem centralne pripreme tople sanitarne vode, itd.). U tom slučaju, svaki sistem ima svoje glavne grane i cirkulacione pumpe. Na slici 6.22 prikazana je šema povezivanja kondenzacionog kotla sa potrošačima toplote koji rade u različitim temperatirskim režimima.



Slika 6.22 Šema povezivanja kondenzacionog kotla sa različitim potrošačima

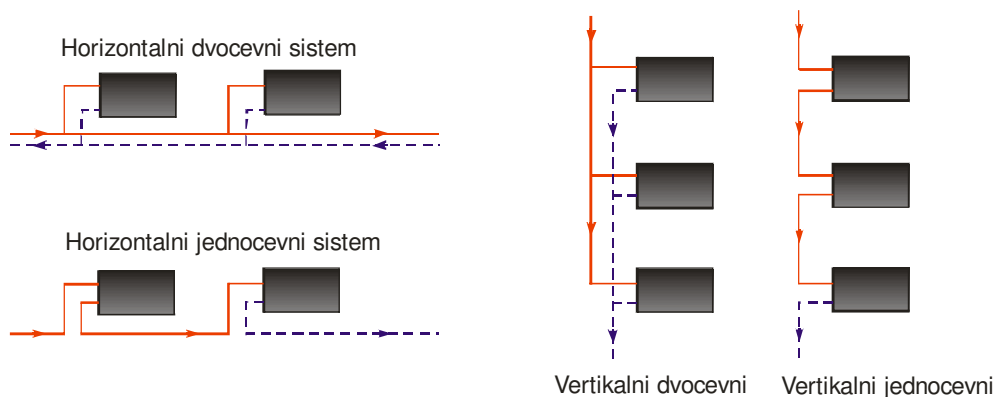
Kod zgrada male spratnosti a velike površine, razgranatost cevne mreže je dominantna u horizontalnom pružanju. Tada se povezivanje grejnih tela kod dvocevnih sistema može vršiti na način prikazan na slici 6.23. Radijatori na slici 6.23 gore povezani su sa horizontalnom mrežom na način tako da najudaljenije grejno telo ima najveću dužinu strujnog kruga, a najbliže ima najmanju dužinu deonica. Na taj način, pad pritiska do najudaljenijeg grejnog tela prilikom strujanja vode u mreži je najveći, dok je u ostalim strujnim krugovima potrebno praviti prigušenja. Na slici 6.23 dole radijatori su povezani u Tiechelman-ov strujni krug. Karakteristika Tiechelman-ovog kruga je da je ukupna dužina deonica (razvodni i povratni) od razdelnika do svakog grejnog tela ista, pa su hidraulički otpori ujednačeni a mogućnost balansiranja mreže bolja.



Slika 6.23 Horizontalni dvocevni razvod: običan (gore) i Tiechelman-ov (dole)

Dvocevni sistemi toplovodnog centralnog grejanja imaju poseban cevovod za razvod vode, tako da svako grejno telo dobija vodu iste temperature θ . Povratna voda temperature θ_p se skuplja posebnim cevovodom – povratnom mrežom, i vraća nazad u kotao. Cevna mraža kod dvocevnog sistema ima promenljiv prečnik, pri čemu se u razvodnom cevovodu poprečni presek deonice smanjuje, a u povratnom povećava u smeru strujanja vode. Takva cevna mreža zahteva više posla oko montaže i vođenje po dve cevi kroz zgradu, što može biti otežano kada se grejanje naknadno uvodi u već postojeću zgradu.

Jednocevni sistemi ublažavaju navedene nepovoljne efekte dvocevnih sistema, kod kojih su razvodna i povratna mreža jedinstven cevovod. Kod jednocevnog razvoda, bez obzira na broj grejnih tela, ima isti prečnik i isti protok. Voda koja prođe kroz jedno grejno telo zatim ulazi u sledeće i tako redom, pri čemu u svako sledeće grejno telo voda ulazi sa nižom temperaturom nego u prethodno, sve dok ne izađe iz poslednjeg grejnog tela sa temperaturom koja odgovara temperaturi povratne vode celog sistema t_p . Prema tome, temperaturski pad u svakom grejnom telu kod jednocevnih sistema manji je nego kod dvocevnih sistema, a srednja temperatura vode u grejnim telima opada u smeru strujanja vode, tako da se njihova površina povećava. Grejna tela u jednocevnom sistemu koja su bliže kotlu imaju manju površinu (jer je srednja temperatura vode u njima viša), a ona koja su dalje imaju veću površinu u odnosu na dvocevne sisteme. Ukupna površina grejnih tela kod jednocevnih sistema je ipak nešto veća u odnosu na ukupnu površinu dvocevnih grejnih sistema. Poređenje dvocevnih i jednocevnih sistema prikazano je na slici 6.26.



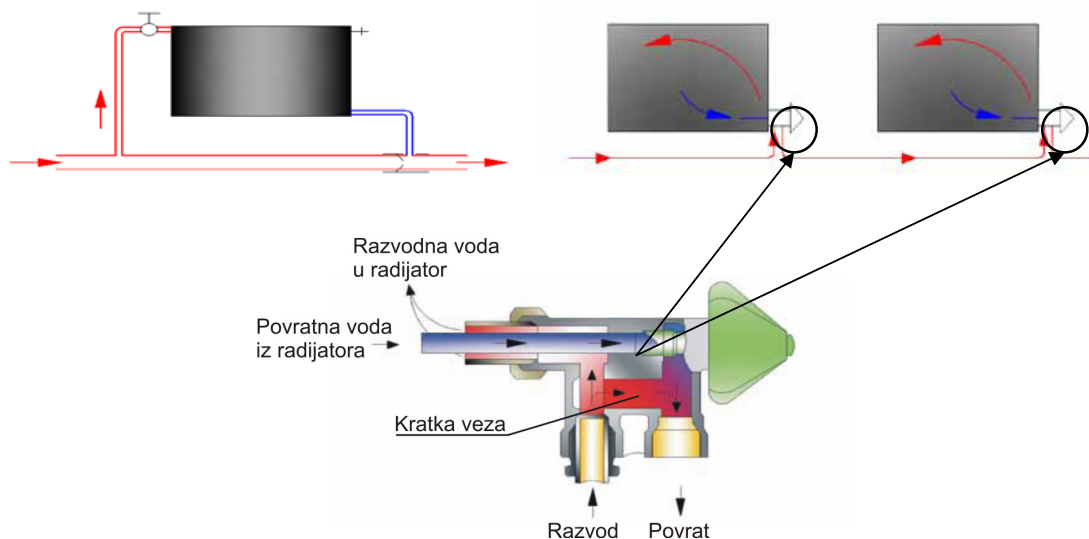
Slika 6.24 Horizontalni (levo) i vertikalni (desno) dvocevni i jednocevni sistem

Prednosti jednocevnih sistema u odnosu na dvocevne:

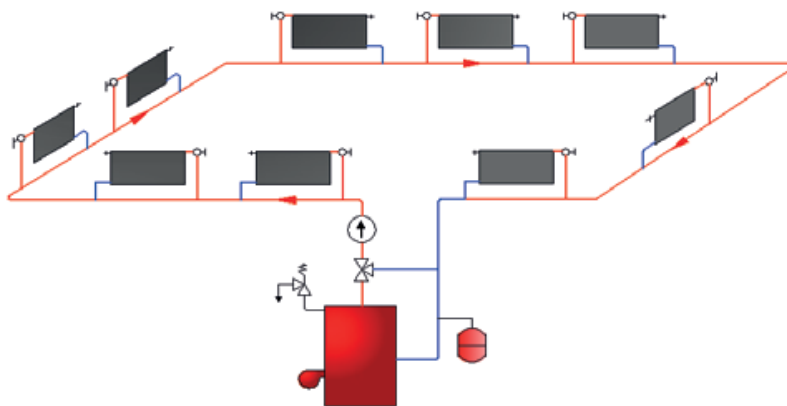
- kraća cevna mreža (manja dužina cevovoda – niža cena),
- bolje i lakše uravnoteženje mreže (uregulisanje),
- jednostavnije merenje potrošnje toplote (pogotovo kod horizontalnih sistema).

Na slici 6.24 su prikazani jednocevni sistemi bez razdeljivanja protoka kroz grejna tela i mrežu, i bez lokalne regulacije. Opciono je moguće postaviti regulacione ventile na vertikalama ili horizontalnim granama. Mana ovakvog sistema je loša lokalna regulacija zbog nepostojanja

možnosti "razdeljivanja" protoka, već ukupan protok kroz vertikalnu, odnosno granu odgovara protoku kroz sva grejna tela. Jednocevni sistem bez kratke veze kod nas nisu u primeni. Razdeljivanje protoka moguće je ostvariti drugačijim povezivanjem (slika 6.25 levo) ili postavljanjem kratke veze između razvodnog i povratnog priključka radijatora, što je, u novije vreme, obezbeđeno ugradnjom posebnih radijatorskih ventila za jednocevno grejanje (slika 6.25 desno). Na slici 6.25 dole prikazan je presek kroz radijatorski ventil za jednocevno grejanje.



Slika 6.25 Razdeljivanje protoka kroz grejno telo: načinom povezivanja i kratkom vezom
Jednocevno grejanje je jako povoljno za primenu za etažno grejanje (slika 6.26).

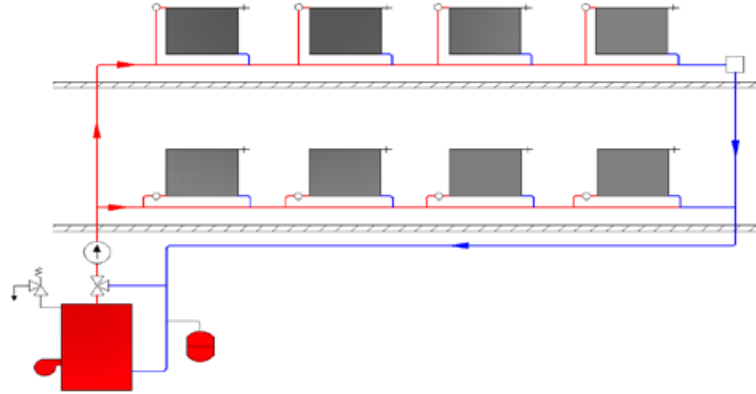


Slika 6.26 Jednocevni sistem – etažno grejanje

Horizontalni jednocevni sistemi imaju znatno veću primenu od vertikalnih sistema. Kod horizontalnih sistema grejna tela se naizmenično vezuju formirajući horizontalne cirkulacione grane. Svaka grana zagreva po deo grejane površine zgrade na jednom spratu, tako da ih na jednom nivou može biti i više. U ovakvom sistemu sa horizontalnim granama skraćuje se, u poređenju sa vertikalnim sistemima, dužina vertikalnog i horizontalnog dela. Broj vertikalnih deonica je manji.

Vertikale za horizontalne grane se postavljaju u pomoćnim prostorijama zgrade (stepeništa, šahtovi). Horizontalne deonice se uglavnom vode kroz samu konstrukciju poda prostorija koje se greju (nisu vidno postavljene), pa se u prostoriji vide samo cevi priključaka

radijatora. Na slici 6.27 prikazan je horizontalni sistem razvoda kod jednocevnog grejanja sa zatvorenim ekspanzionim sudom i zajedničkim vertikalama.



Slika 6.27 Horizontalni sistem razvoda kod jednocevnog grejanja sa zajedničkim vertikalama

Primena jednocevnih sistema u velikim zgradama omogućava izdvajanje svakog stana (ili posebne zone jednog korisnika ili vlasnika) u poseban horizontalni cirkulacioni krug, čime je omogućeno jednostavno i precizno merenje utrošene toplote za grejanje. U razvijenim zemljama je već godinama praksa da se račun za grejanje (kod stanova i poslovnih prostora povezanih na sistem daljinskog grejanja) plaća prema stvarno potrošenoj količini toplote, a ne paušalno – prema površini stana.

Ukoliko na jednom spratu zgrade ima više stanova, postavlja se razvodni orman sa razdelnikom i sabirnikom, kako bi svaki stan imao svoj zaseban cirkulacioni krug. Razvodni orman predstavlja vezu između glavnih usponskih vodova i strujnih krugova stanova na posmatranom spratu zgrade. Merilo utrošene toplote – kalorimetar – postavlja se na ulazu cevi u svaki stan. Meri se protok vode, temperatura razvodne i temperatura povratne vode, pa se na osnovu toga dobija podatak o utrošenoj toploti za grejanje.

6.3 DALJINSKO GREJANJE

Terminom *daljinsko grejanje* označavamo *centralizovano snabdevanje toplotom većeg broja potrošača tzv. niskotemperaturske toplote*. Potrošači toplote u sistemu daljinskog grejanja mogu biti postrojenja centralnog grejanja, provetravanja, klimatizacije, postrojenja za pripremu tople sanitarne vode, kao i različiti uređaji u industriji koji koriste toplotu.

U praksi se još sreće termini *toplifikacija*, koji nije odgovarajući. Najkorektniji izraz bi bio *daljinsko snabdevanje toplotom* (jer osim potreba za grejanjem postoje i drugi potrošači toplote), ali je uobičajen izraz daljinsko grejanje.

Podela sistema daljinskog grejanja (DG) može se izvršiti prema nekoliko osnova:

Podela sistema DG prema nameni:

- komunalni sistemi (stambene, poslovne, javne zgrade)
- industrijski sistemi (razne fabrike – potrebe grejanja i tehnološki procesi)

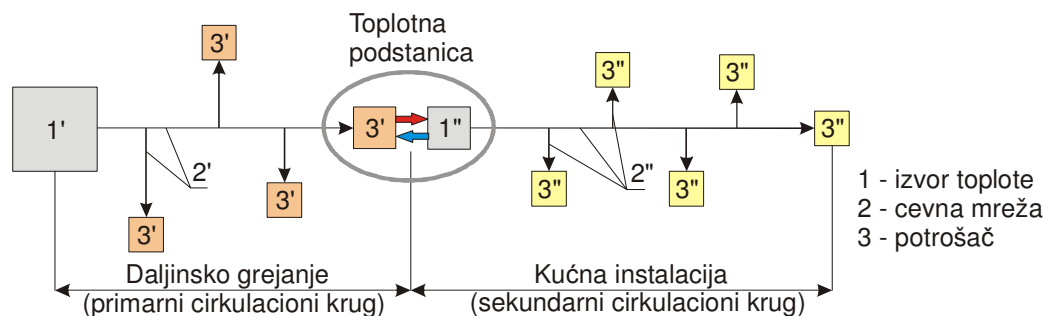
Podela prema području snabdevanja toplotom:

- blokovski (određeni broj zgrada na manjoj gradskoj teritoriji)
- reonski ili gradski (manji gradovi ili veća gradska područja)
- oblasni ili regionalni (grad i okolna naselja)

Podela prema nosiocu toplote:

- vodeni sistemi,
- parni sistemi.

Slično kao i kod sistema centralnog grejanja, kod daljinskog grejanja postoje tri osnovna elementa sistema (slika 6.28):



Slika 6.28 Osnovni elementi u sistemu daljinskog grejanja

1. element za proizvodnju toplote (toplotni izvor – toplana, kotlovi);
2. element za transport nosioca toplote (cevna mreža – toplovod);
3. element za predaju toplote potrošačima (priključna stanica, predajna stanica, toplotna podstanica ili samo podstanica)

Izvor toplote su obično parni ili vrelovodni kotlovi na čvrsto, tečno ili gasovito gorivo. Za transport nosioca toplote (radnog fluida) koristi se posebna cevna mreža – toplovod (ili parovod), koja se najčešće izvodi kao podzemna. Cevi toplovoda ili parovoda moraju biti dobro termički izolovane kako bi se sprečili (sveli na najmanju meru) gubici toplote od izvora do potrošača. Toplotna podstanica je element sistema u kome se vrši primopredaja toplote između sistema daljinskog grejanja i kućne instalacije.

Voda je danas osnovni nosilac toplote u sistemima DG gde se uglavnom primenjuju vrelovodni sistemi ($\theta_r > 110^\circ\text{C}$). Toplota koju voda prenosi je direktno proporcionalna masenom protoku i razlici temperatura razvodne i povratne vode. Izbor temperatura vode u razvodu i povratu je od velikog značaja. Da bi toplovod bio jeftiniji (manjih prečnika) i da bi snaga pumpe i utrošeni rad bili manji, potrebno je da maseni protok bude manji, a to znači da razlika temperatura razvodne i povratne vode treba da bude što veća. Ovo je naročito važno kada su u pitanju veće dužine transporta. Kada je u pitanju spregnuta proizvodnja toplote i električne energije, pri porastu θ_r raste i toplota odvedena iz parne turbine, pa se smanjuje proizvodnja električne energije, tako da opada faktor dobijanja toplote. Takođe, sa porastom temperature razvodne vode raste i njen pritisak (kako bi se sprečilo ključanje). Prema tome, potrebno je optimizirati vrednost θ_r zajedno sa toplotnim izvorom i načinom regulisanja toplotnog konzuma (kvantitativno, kvalitativno ili kombinovano). Projektni parametri treba da daju najbolje rezultate za celogodišnji rad sistema DG. S druge strane, svakako treba težiti da temperatura povratne θ_p vode bude što niža, ali je ona ograničena temperaturom povratne vode u kućnoj instalaciji.

U našoj zemlji se u sistemima DG uglavnom koriste toplane za proizvodnju toplote i koriste se sledeći temperaturski režimi:

- 110/70°C; 130/70°C; 140/70°C i 150/70°C za direktne sisteme i
- 110/75°C; 130/75°C; 140/75°C i 150/75°C za indirektno sisteme.

Mreže daljinskog grejanja

Podela mreža daljinskog grejanja može se izvršiti na nekoliko načina:

Prema konfiguraciji (slika 6.29), postoje:

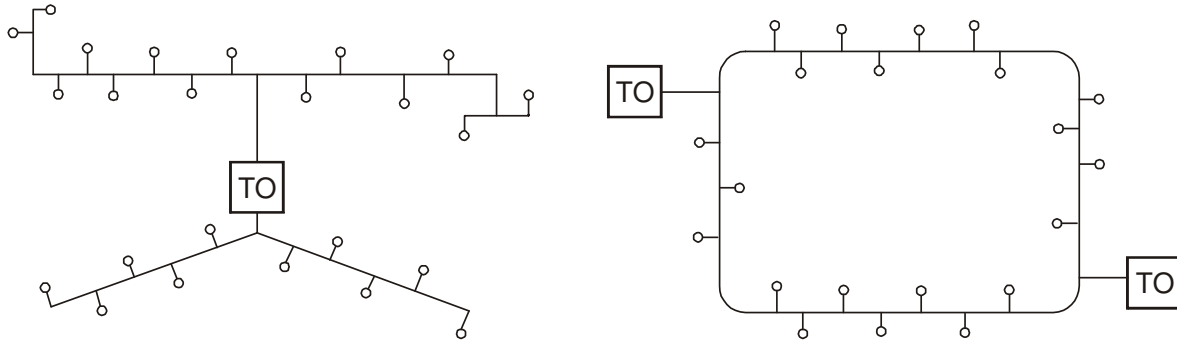
- zrakaste i
- prstenaste mreže.

Prema broju cevi:

- jednocevne (za transport pare bez povratka kondenzata - neekonomično);
- dvocevne (najčešće primenjivane);
- trocevne (dve razvodne sa različitim θ , i jena povratna).

Prema načinu polaganja cevi:

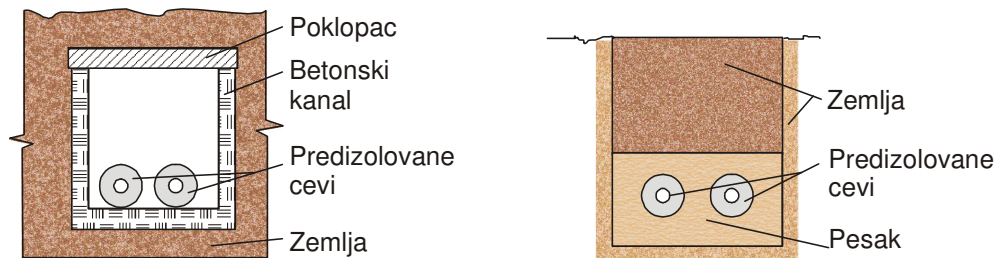
- nadzemne (jeftinije, primenjuje se u industrijskim kompleksima) i
- podzemne (cevi u kanalima ili beskanalno polaganje u zemlju - slika 6.30).



Slika 6.29 Konfiguracija mreža daljinskog grejanja - zrakasta (levo) i prstenasta mreža (desno)

Problemi koji se javljaju prilikom postavljanja toplovoda su: odgovarajuća toplotna i hidroizolacija, čvrstoća cevovoda - načini oslanjanja, temperaturske dilatacije i zaštita od korozije. Hidraulički proračun mreže daljinskog grejanja je sličan proračunu cvne mreže u kućnoj instalaciji (kod toplovoda je znatno manji udeo lokalnih otpora nego kod kućne instalacije).

Za transport toplote se koriste *predizolovane* cevi, prikazane na slici 6.31.



Slika 6.30 Načini polaganja toplovoda - u betonskom kanalu (levo) i beskanalno (desno)



Slika 6.31 Predizolovane cevi

Toplotne podstanice

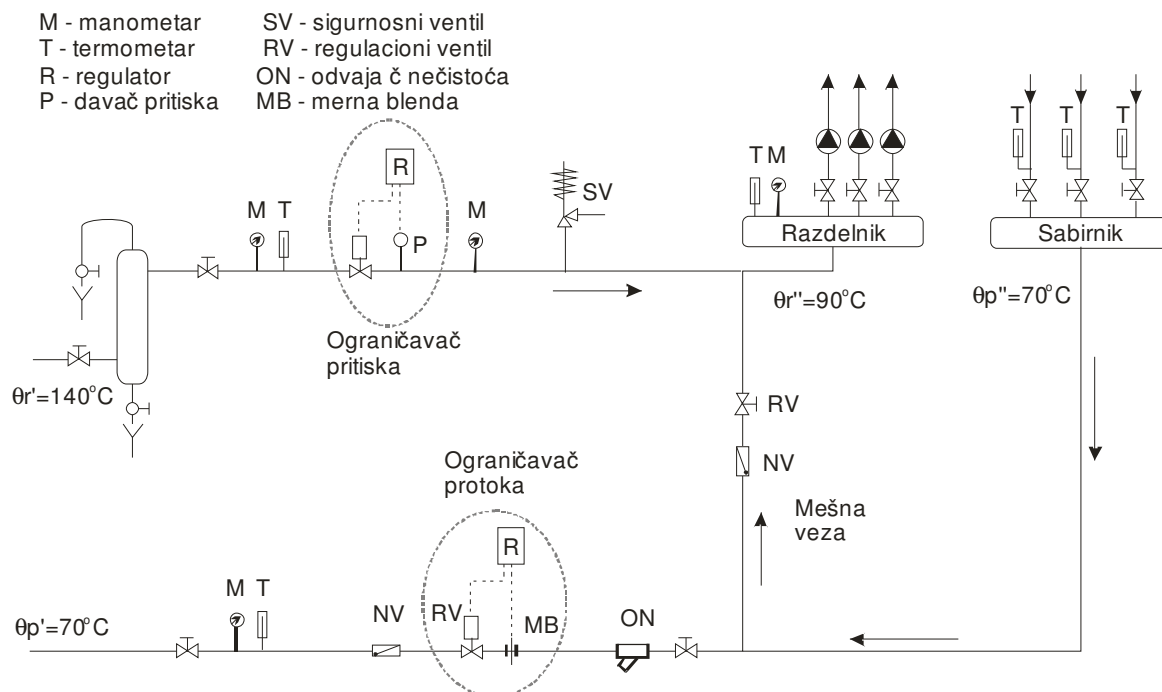
Postoje dva osnovne tipa toplotnih podstanica (šeme prikazane na slikama 6.32 i 6.33):

- sa direktnim priključkom i
- sa indirektnim priključkom.

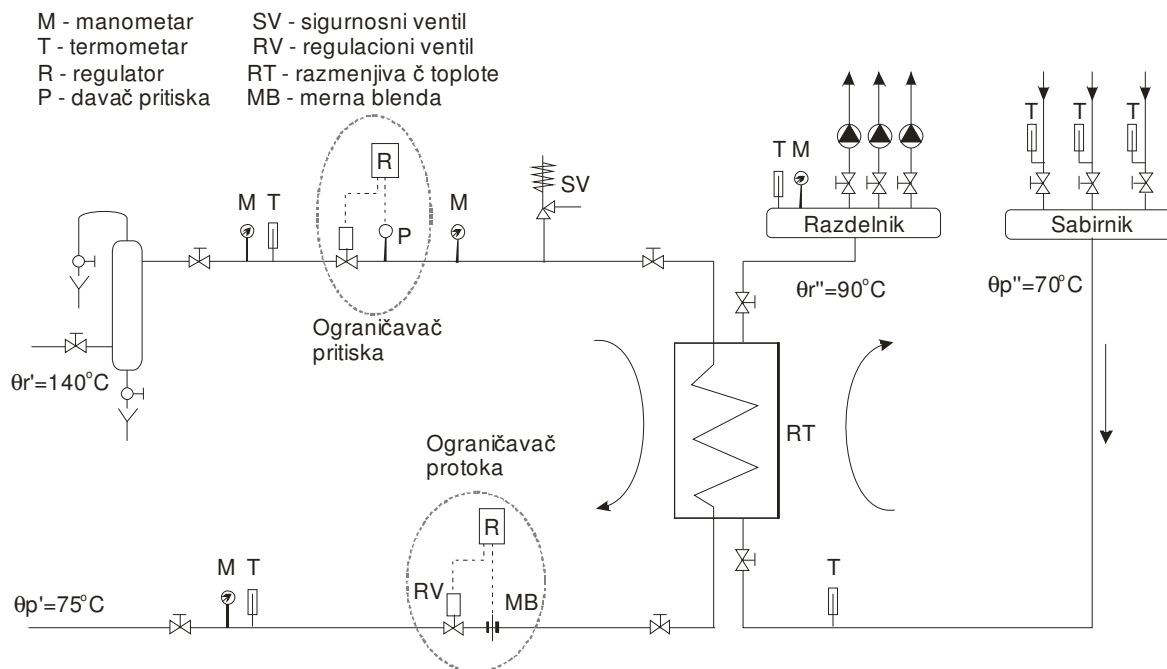
Kod sistema sa direktnim priključkom sistem daljinskog grejanja i kućna instalacija predstavljaju jedinstven hidraulički (cirkulacioni) krug. Ovo rešenje je jednostavnije, jeftinije i ekonomičnije. U ovom sistemu je temperatura povratne vode primara niža i jednaka je temperaturi povratne vode u sekundaru (kućnoj instalaciji) $\theta_p' = \theta_p''$. Međutim, ovakav sistem nije uvek primenljiv, zbog pritiska koji je potrebno održavati u mreži daljinskog grejanja. Nepovoljnost predstavlja i jedinstven cirkulacioni krug, pa se nečistoće iz kućne instalacije prenose u instalaciju daljinskog grejanja. Zbog toga se obavezno postavlja odvajач nečistoća na povratnoj grani cevovoda kućne instalacije.

Indirektan priključak podrazumeva postojanje razmenjivača toplote, koji služi za razmenu toplote između vode primara i sekundara i on hidraulički razdvaja cirkulacione krugove sistema DG i kućne instalacije. Prednost ovakve podstanice je što je pritisak u kućnoj instalaciji nezavisan od pritiska u toplovodu. Takođe, nema mešanja vode iz kućne instalacije sa vodom iz sistema DG.

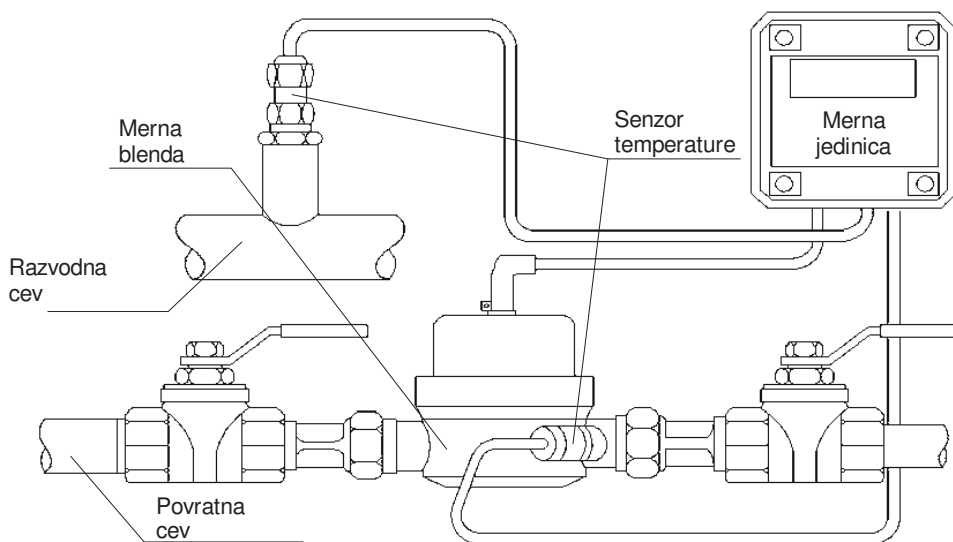
U razvodu primara se obavezno postavlja ograničavač pritiska (regulacioni ventil povezan sa davačem pritiska) čime se instalacija štiti. Iza njega sledi sigurnosni ventil, koji reaguje u slučaju prekoračenja pritiska. U povratu primara se postavlja ograničavač protoka (regulacioni ventil u sprezi sa mernom blendom koja meri protok), čija je uloga da ograniči maseni protok vode na maksimalnu (projektanu) vrednost, kako određeni potrošači (oni bliži toplani) ne bi dobijali veći protok, ostavljajući neke druge potrošače sa manjim protokom. Ovo je naročito izraženo u periodima uzgrevanja instalacije, nakon prekida u radu. Na razdelniku kućne instalacije postavlja se termo-manometar, dok se temperatura vode meri na svakoj grani povratne mreže kućne instalacije koja ulazi u sabirnik. Temperatura i pritisak se mere i na razvodu i povratu primara. Utrošenu toplotu potrošača računa računska jedinica na osnovu merenja masenog protoka, temperature u razvodu i temperature u povratu sekundara (slika 6.34).



Slika 6.32 Toplotna podstanica - direktan priključak



Slika 6.33 Toplotna podstanica - indirektan priključak



Slika 6.34 Merenje potrošnje utrošene toplote

6.4 CENTRALNA I LOKALNA REGULACIJA TOPLOTNOG UČINKA

Tokom rada centralnih sistema grejanja, zbog promene klimatskih uticaja (prevashodno temperature spoljnog vazduha i brzine vetra) toplotne potrebe se stalno menjaju. Isporuka toplote iz kotla stalno mora da se prilagođava trenutnim toplotnim potrebama potrošača. Toplotne potrebe se menjaju i u toku dana i u toku grejne sezone. Postavlja se pitanje: Kako sistem centralnog grejanja treba da prati te potrebe?

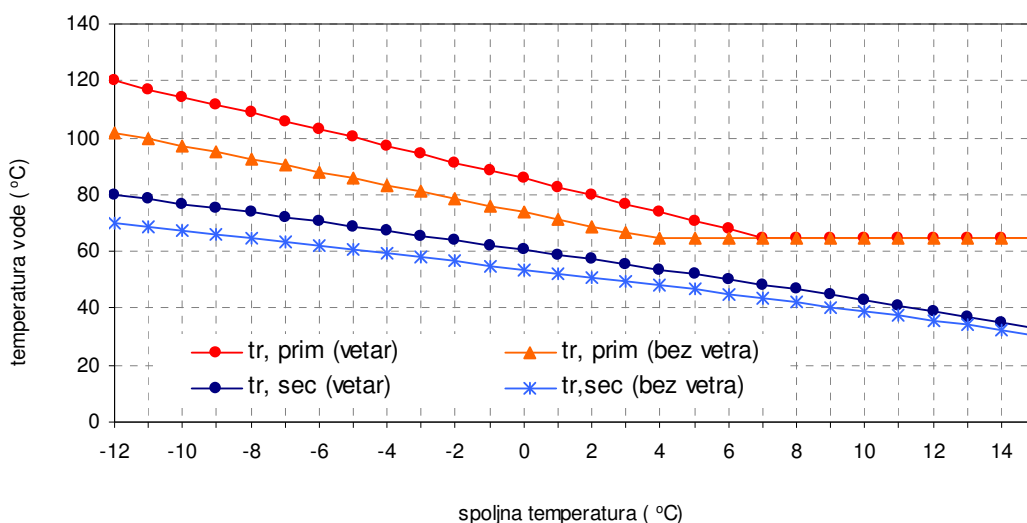
Usled dnevnih i godišnjih promena u potrebama za toplotom potrošača u sistemu daljinskog grejanja potrebno je uskladiti dinamiku isporuke toplote iz toplane. Centralna

regulacija količine toplote koja se isporuči u jedinici vremena može se ostvariti na sledeće načine:

1. Promenom temperature razvodne vode $\theta_r \neq \text{const}$, pri konstantnom protoku $\dot{m} = \text{const}$;
2. Promenom protoka vode $\dot{m} \neq \text{const}$, pri konstantnoj temperaturi razvoda $\theta_r = \text{const}$;
3. Kombinovano, promenom oba parametra $\theta_r \neq \text{const}$ i $\dot{m} \neq \text{const}$.

Prvi način regulacije omogućava smanjenje isporučene količine toplote snižavanjem temperature razvodne i povratne vode, što je povoljno sa aspekta smanjenih gubitaka toplote u transportu (cevovodu). Osim toga, pri održavanju konstantnog protoka povoljna je raspodela toplote u sistemu (pod uslovom da je cevna mreža dobro izbalansirana) - svaki potrošač dobija onu količinu toplote koja mu je potrebna, u skladu sa trenutnim gubicima (Klizini dijagram promene temperature razvodne vode u funkciji spoljne temperature i vetra dat je na slici 6.35. Po ovom dijagramu vrši se centralna regulacija toplotnog učinka u Beogradskim elektranama). Nedostatak ovog načina regulacije je što kroz sistem cirkuliše nepotrebno velika količina vode tokom cele sezone, pa su veći troškovi za pogon cirkulacionih pumpi. Ovaj način regulacije se primenjuje kod nas i u velikom broju evropskih zemalja.

Smanjenjem protoka vode takođe je moguće ispratiti smanjenje toplotnog konzuma. Primenom ovog načina regulacije dolazi do smanjenja brzina strujanja cevovodu, pa je pad pritiska usled trenja i lokalnih otpora manji, što dovodi do manjeg napora pumpe i značajno manje potrošnje električne energije za pogon pumpi (električna snaga pumpe se menja sa trećim stepenom u odnosu na promenu protoka). S druge strane, nedostatak ovakvog načina regulacije su povećani gubici toplote u transportu.

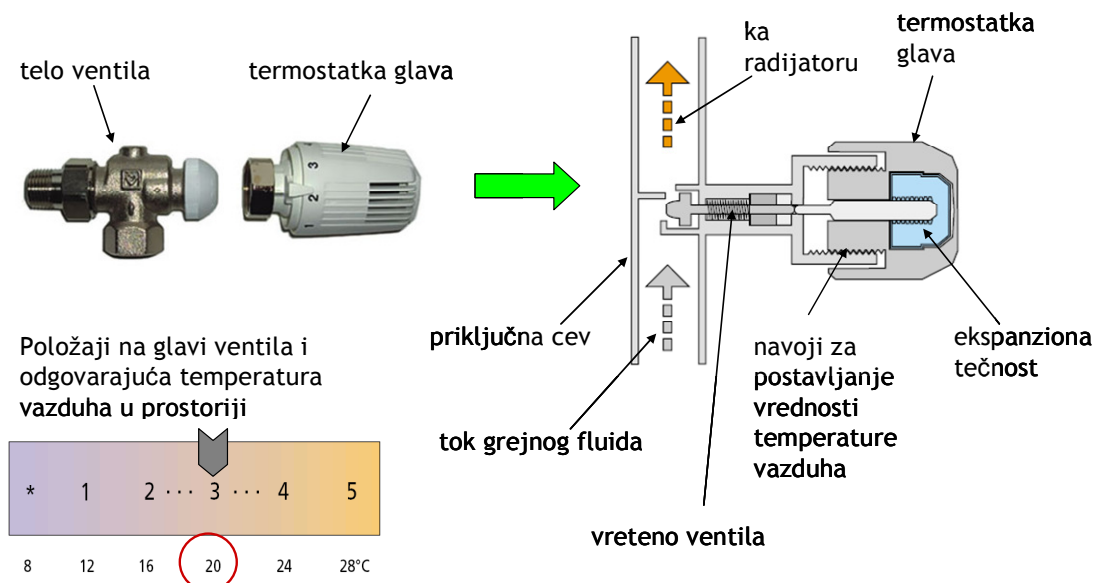


Slika 6.35 Klizni dijagram

Kombinovana regulacija promenom protoka i temperature razvodne vode je najpovoljniji način regulacije - nedostaci prva dva načina su umanjeni.

Lokalna regulacija podrazumeva održavanje željene unutrašnje temperature vazduha u pojedinim prostorijama u zgradi. Zbog svojih međusobnih razlika u orijentaciji, nameni, broju ljudi koji u njima boravi i dobitaka toplote od osvetljenja i drugih električnih uređaja, prostorije koje se greju iz istog izvora toplote imaju različite potrebe za isporučenom toplotom. Kada ne

postoji lokalna regulacija toplotnog učinka, prostorije orijentisane ka jugu i velikim dobicima od unutrašnjih izvora se “pregrevaju”, pa korisnici često primenjuju “regulaciju” čestim provetranjem otvaranjem prozora. Najčešći način primene lokalne regulacije je postavljanje sobnog termostata ili radijatorskih ventila sa termostatskim glavama. Na slici 6.36 je prikazan princip rada termostatskog radijatorskog ventila.



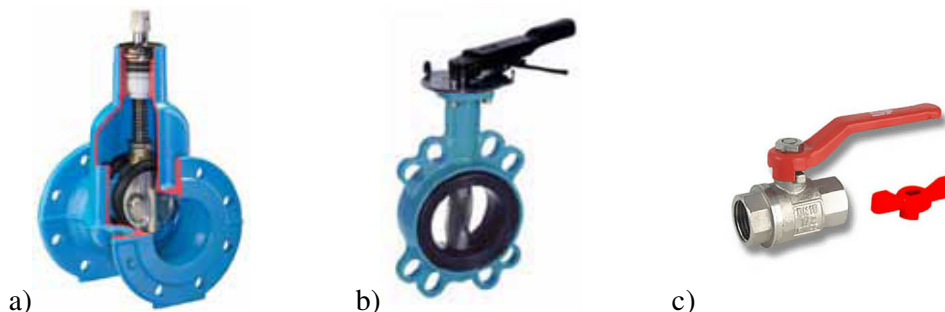
Slika 6.36 Radijatorski ventil sa termostatskom glavom - princip rada

6.5 ARMATURA U SISTEMIMA CENTRALNOG GREJANJA

U zavisnosti od funkcije koju treba da obavlja u sistemu, postoji sledeća podela armature:

- **zaporna** (ima funkciju ON/OFF, tj. postavlja se u položaj otvoreno/zatvoreno;
- **balansna** (ima funkciju pri balansiranju sistema prilikom puštanja u rad)
- **regulaciona** (ima funkciju regulacije toplotnog učinka tokom grejne sezone) i
- **sigurnosna** (ima zaštitnu funkciju – obično štiti elemente sistema od previsokog pritiska).

Zaporna armatura mogu biti različite vrste zasuna i slavina (slika 6.37)



Slika 6.37 Zaporna armatura: a) Zasun, b) leptir slavina, c) kuglasta slavina

Balansna armatura su različite vrste ventila, najčešće sa kosim sedištem zbog oprega prigušenja koji se postužu (slika 6.38). To su ventili na kojima se preko priključaka za merni instrument može meriti protok i koji se može postaviti na projektnu vrednost.



Slika 6.38 Balansni ventili za regulaciju protoka

Regulaciona armatura ima ulogu podešavanja određenih parametara sistema na osnovu signala o uticajnoj izmerenoj veličini. Na primer, na osnovu izmerene temperature u razvodu i postavljene vrednosti u regulatoru, šalje se signal pogonu ventila koji pokreće vreteno i po potrebi zatvara ili otvara ventil. Pogoni ventila mogu biti ručni, magnetni, pneumatski ili elektromotorni.



Slika 6.39 Regulacioni ventili: a) ručni regulacioni ventil, b) regulator protoka sa motornim pogonom, c) sigurnosni ventil sa oprugom

6.6 SISTEMI ZA PRIPREMU SANITARNE TOPLE VODE

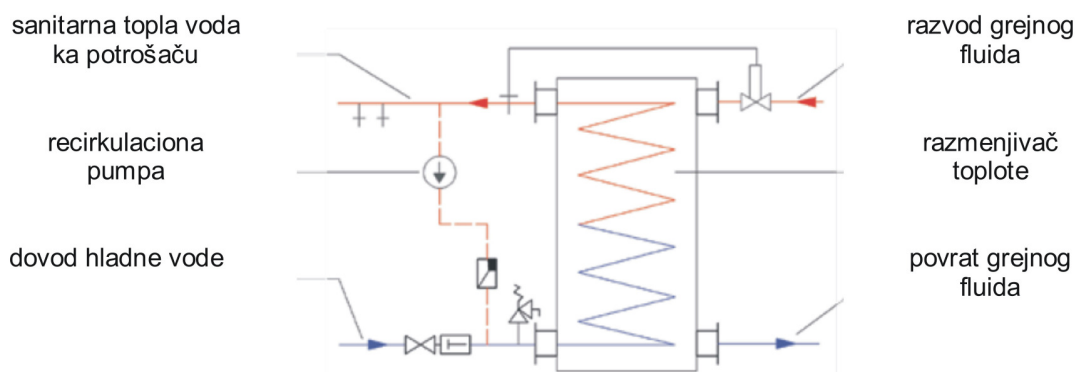
U zgradama namenjenim boravku i radu ljudi neophodan tehnički sistem, pored sistema grejanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije, jeste i sistem za pripremu sanitarne tople vode. U zavisnosti od namene zgrade razlikuje se i poreba za potrošnjom tople vode, što utiče i na izbor samog sistema. Osnovna podela ovih sistema, slično kao kod sistema grejanja i klimatizacije, jeste na lokalne i centralne sisteme. Ostale podele mogu se formirati u zavisnosti od načina pripreme – na protočne i akumulacione sisteme, zatim, u zavisnosti od vrste grejača – na sisteme sa električnim grejačima, toplovodnim ili parnim grejačima, i konačno, u zavisnosti od izvora snabdevanja toplotnom energijom – na sisteme koji koriste konvencionalna goriva i sisteme sa obnovljivim izvorima energije.

6.6.1 Konvencionalni sistemi za pripremu sanitarne tople vode

Zagrevanje sanitarne potrošne vode može se izvesti lokalnim (decentralizovanim) ili centralnim sistemima. Decentralizovano grejanje potrošne vode koristi se za pojedinačne potrošače, npr. za jedno potrošno mesto, pa se tu zbog niže potrošnje vode, a time i manjeg potrebnog toplotnog učinka za njeno grejanje, mogu koristiti protočni električni zagrevači vode. Ako se radi o grupi potrošača, mogu se koristiti protočni plinski grejači vode ili akumulacioni električni bojleri manje zapremine. Lokalni uređaji za pripremu sanitarne tople vode često su u primeni u stambenim zgradama sa manjim brojem stambenih jedinica.

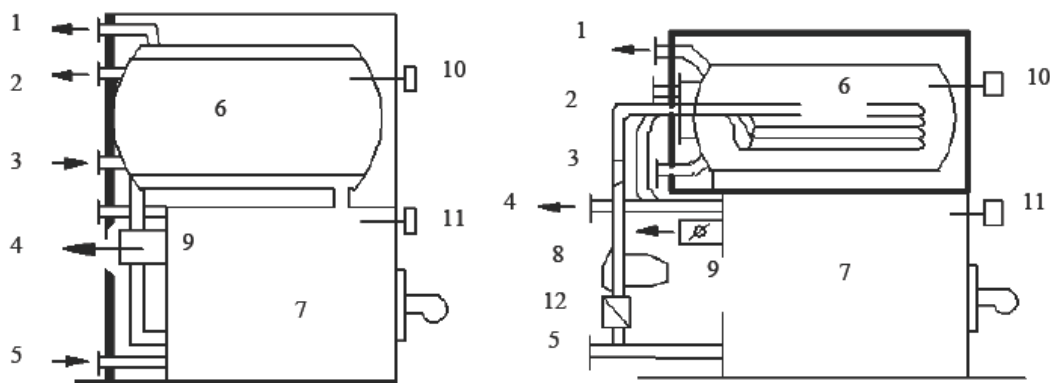
Zagrevači vode mogu se izvesti kao protočni ili akumulacioni. Kod protočnog zagrevača njegov učinak treba biti takav da svu količinu vode koja se u određenom trenutku troši, može

zagrijati na željenu temperaturu. Zbog potrebnih većih učinaka primena ovih zagrejača češća je za manje, pojedinačne potrošače. Cevni grejač u protočnom uređaju treba da ima dovoljnu površinu da zagrije svu potrošnu vodu koja kroz njega protiče, dok sanitarna topla voda (STV) unutar omotača bojlera osigurava određenu akumulaciju, u zavisnosti od zapremine bojlera. Centralna priprema sanitarne tople vode protočnim grejačem uobičajena je u slučaju kad se koristi tzv. kombinovani gasni kotao, namenjen za grejanje i pripremu STV, koji ima dovoljan toplotni učinak da osigura grejanje potrošne vode i kod istovremenog rada više potrošača. Na slici 6.40 prikazan je protočni sistem za zagrevanje STV.



Slika 6.40 Šema protočnog sistema za pripremu sanitarne tople vode

Akumulaciono zagrevanje koristi se za centralne sisteme, kod kojih je potrošnja veća i može se računati s faktorima istovremenosti potrošnje. Bojler kod manjih sistema može biti sastavni deo kotla (slika 6.41). U bojleru može biti ugrađen cevna grejač (desno) ili kompletan bojler može biti uronjen u kotlovsku vodu (levo), pri čemu se razmena toplote između kotlovske i potrošne vode odvija preko omotača bojlera.

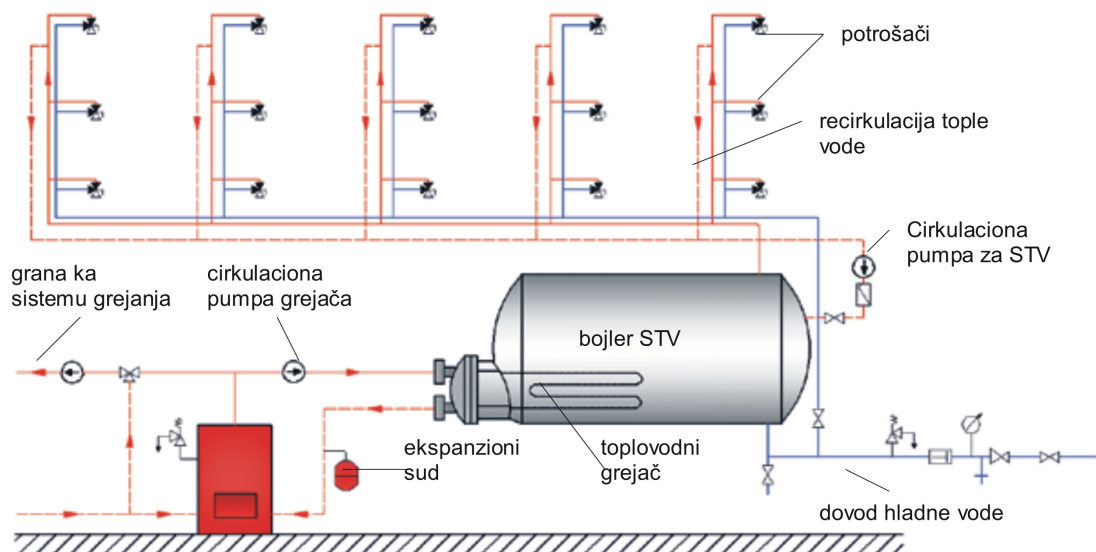


1 - topla sanitarna voda, 2 - cirkulacioni vod, 3 - hladna voda, 4 – razvod grejanja, 5 - povrat grejanja, 6 - akumulator, 7 - kotao, 8 - pumpa, 9 -priključak za dimne gasove, 10 - regulator temperature tople vode, 11 - graničnik temperature kotlovske vode, 12 – nepovratni ventil

Slika 6.41 Bojleri za centralno zagrijavanje potrošne tople vode ugrađeni na kotlu

U praksi je ipak češće zastupljen sistem centralne pripreme STV kod kojih se bojler (sa akumulacijom tople vode) ugrađuje nezavisno od kotla. Od kotla se vodi posebna grana namenjena grejaču STV, a posebne grane se vode ka drugim potrošačima toplote u zgradi (to mogu biti grejna tela, grejači u ventilacionim ili klima komorama, itd). Na slici 6.42 prikazana je

šema centralnog sistema za zagrevanje sanitarne vode sa posebnim rezervoarom (bojlerom) za toplu vodu.



Slika 6.42 Centralni sistem pripreme potrošne tople vode s izdvojenim rezervoarom (bojlerom)

Centralni sistemi za pripremu potrošne vode smešteni su obično u kotlarnici ili toplotnoj podstanici. U sistemu centralnog snabdevanja toplotom je kotao (odnosno razmenjivač toplote, ukoliko se radi o sistemu daljinskog grejanja) namenjen i za zadovoljenje grjenog učinka za grejanje zgrade, pumpa grejača STV, rezervoar tople vode (bojler sa grejačem), razvodni cevovodi tople i hladne vode sa sigurnosnom, zapornom i regulacionom armaturom, cirkulacioni cevovod tople vode s cirkulacionom pumpom. Kotao je najčešće toplovodni, a kao gorivo se mogu koristiti čvrsta, tečna ili gasovita goriva. Najčešće su u rezervoru (bojleru) tople vode nalazi i dodatni električni grejač, koji se koristi: za dogrevanje vode u ekstremnim periodima povećane potrošnje toplote i sanitarne vode, za rad sistema za pripremu STV tokom letnjeg perioda kada kotao ne radi i u režimu zaštite od legionele.

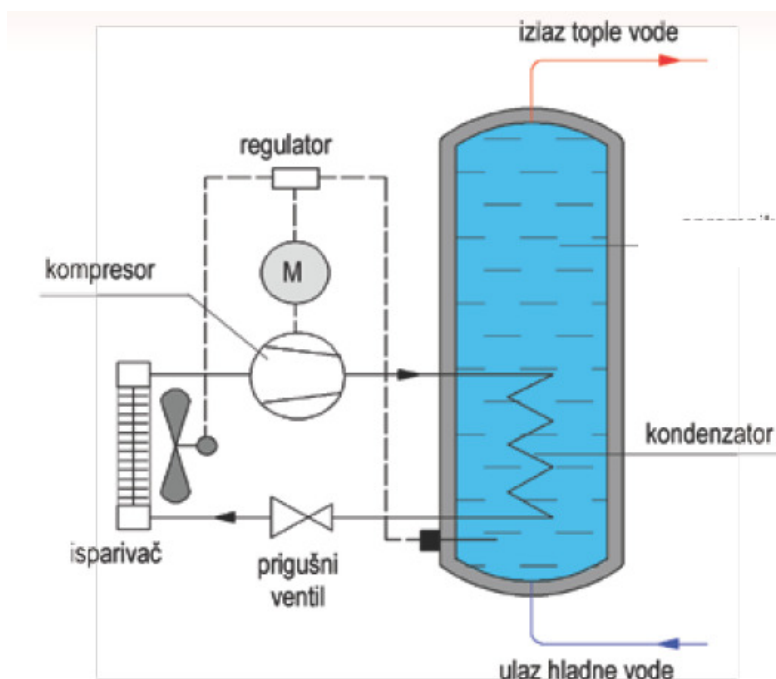
Cirkulaciona pumpa za STV ugrađuje se kako bi se na udaljenim mestima potrošnje osigurala topla voda odmah nakon otvaranja slavine. Nije poželjno da je cirkulaciona pumpa uvek uključena, pa se njeno uključivanje reguliše vremenskim programom u zavisnosti od potrošnje tople vode u zgradi, ili što je još bolje, na osnovu temperature vode na povratu recirkulacionog voda u bojler. Razvodni cevovodi tople vode i cirkulacioni cevovodi, po pravilu, treba da budu toplotno izolovani kako bi se sprečili gubici toplote u okolinu, kao i zbog obebeđivanja potrebne temperature potrošne vode na mestima potrošnje. Razvodni cevovodi hladne vode takođe treba da budu izolovani zbog sprečavanja smrzavanja vode, kao i zbog sprečavanja rošenja na cevima usled kondenzacije vlage iz prostora.

6.6.2 Nekonvencionalni sistemi za pripremu sanitarne tople vode

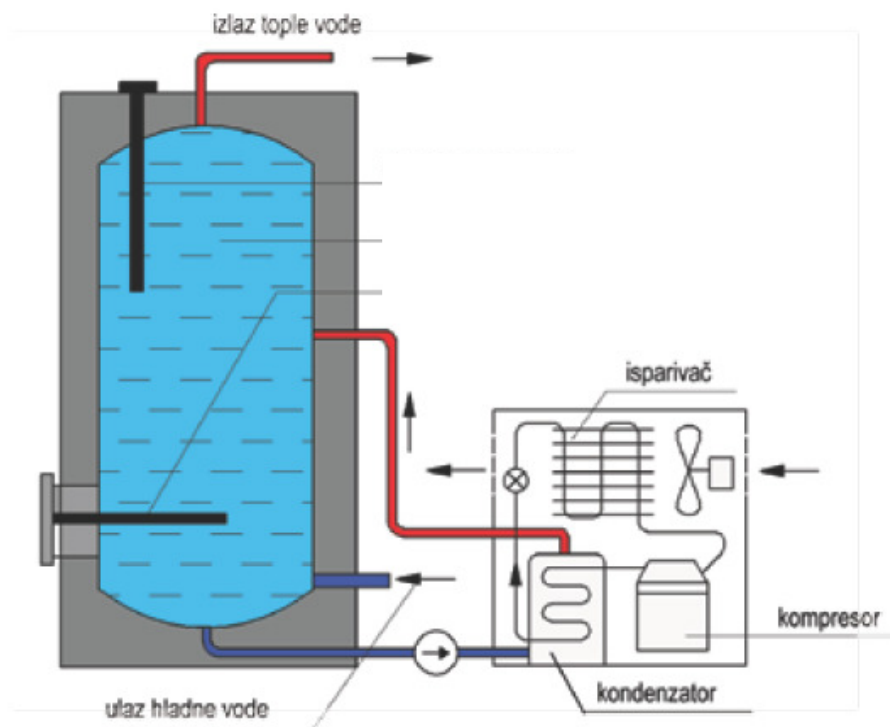
6.6.2.1 Toplotne pumpe za pripremu sanitarne vode

Za zagrevanje sanitarne vode mogu se koristiti i toplotne pumpe, kao nekonvencionalni izvor toplote. Njihovom primenom mogu se očekivati uštede na troškovima grejanja, s obzirom da kompresorske toplotne pumpe koriste toplotnu energiju iz okoline i uz utrošak mehaničkog rada, dobija se pogodna temperatura (koristi se toplota kondenzacije rashladnog fluida u toplotnoj pumpi) za grejanje. Izvedbe mogu biti raznovrsne, pa kondenzator toplotne pumpe može biti ugrađen u obliku cevnog grejača u samom bojleru sanitarne tople vode (slika 6.43) ili

potrošna voda iz bojlera može pomoću pumpe cirkulisati kroz kondenzator toplotne pumpe (slika 6.44).



Slika 6.43 Funkcionalna šema rada toplotne pumpe za pripremu STV



Slika 6.44 Toplotna pumpa za zagrevanje STV

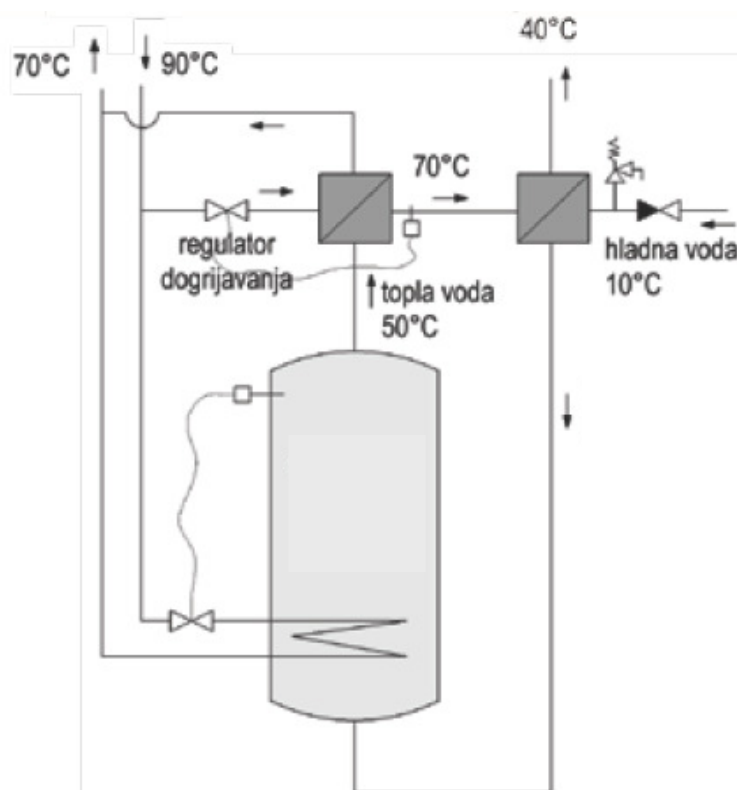
Pri izboru toplotne pumpe za grejanje sanitarne tople vode, treba voditi računa o potrebi celogodišnjeg rada na vrlo promenjivim temperaturama toplotnog izvora (ako je to vazduh, temperatura može tokom godine varirati od oko -18°C pa do oko $+35^{\circ}\text{C}$). Iz toga razloga toplotna pumpa treba da bude posebno prilagođena takvom načinu rada. Pored toga, toplotne

pumpe koje rade s jednostepenom kompresijom i danas uobičajenim rashladnim fluidima (najčešće freonima), mogu ostvariti temperature vode do oko 50°C, što nije dovoljno za obezbeđenje potrebne temperature vode u nekim slučajevima. Tada treba primeniti toplotne pumpe sa dvostepenom kompresijom ili toplotne pumpe koje rade po transkritičnom procesu sa CO₂ i koje mogu postići značajno više temperature sanitarne vode.

Za potrošnju energije važan je izbor temperature potrošne vode, koji zavisi ne samo od vrste potrošača, već je ograničen i uslovima zaštite od legionele. Legionele su bakterije koje izazivaju tzv. legionarsku bolest (jednu vrstu upale pluća), koja može biti smrtonosna. Legionele se razmnožavaju na temperaturama između 32°C i 42°C, a uništavaju se na temperaturama od oko 60°C do 70°C. U akumulacionim sistemima potrebno je barem na kratko, uglavnom u noćnom periodu postići takve temperature, kako bi došlo do uništavanja legionele (termička dezinfekcija). Termičku dezinfekciju potrebno je izvršiti jednom nedeljno u trajanju od oko sat vremena. To se obično može sprovesti vremenskim programom za rad sistema, tako što se, na primer, podesi povišenje temperature u rezervoaru na 70°C od 3 do 4h ujutro svake subote (ili nekog drugog dana u nedelji).

Moguća je i dezinfekcija ultraljubičastim zrakama. U centralnim sistemima moguće je ugrađenim dodatnim električnim grejačem povremeno zagrejati vodu na višu temperaturu.

Jedan od mogućih načina ostvarenja povišene temperature radi termičke dezinfekcije prikazan je i na slici 6.45.



Slika 6.45 Sistem za zaštitu od legionele

6.6.2.2 Solarni sistemi za pripremu sanitarne vode

Solarni sistemi se generalno mogu podeliti na aktivne i pasivne. Pasivni solarni sistemi podrazumevaju da se ne koristi nikakav dodatni uređaj ili element u sistemu koji bi trošio dodatnu energiju za rad sistema. U pitanju su uglavnom različita arhitektonsko-građevinska

rešenja koja imaju ulogu boljeg prikupljanja Sunčeve energije, njene akumulacije i korišćenja u svrhu grejanja. U okviru ovog poglavlja pažnju ćemo posvetiti aktivnim solarnim sistemima.

Osnovni uređaj aktivnog solarnog sistema je *prijemnik sunčeve energije (PSE)* ili, kako se još često naziva *solarni kolektor*. Po svojoj konstrukciji prijemnici može biti:

- ravan PSE,
- cevni ili
- parabolični.

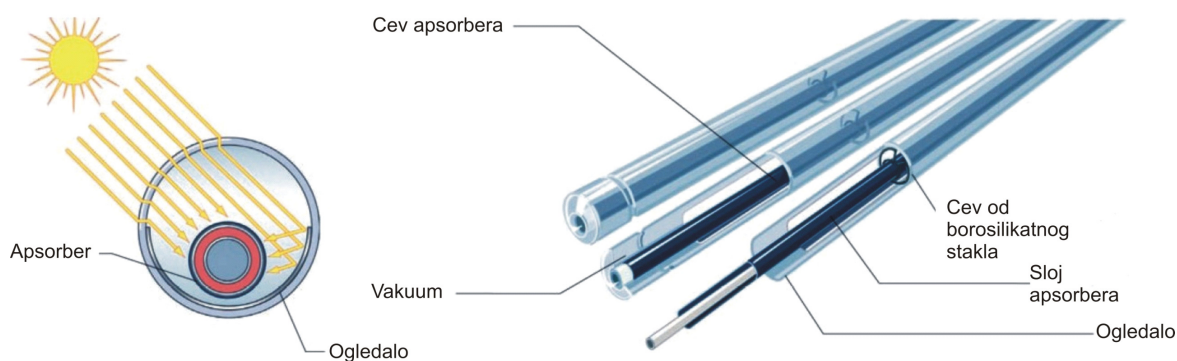
RAVAN PSE može imati različite konstrukcije, tehničke detalje i većina proizvođača ima patentom zaštićeno svoje tehničko rešenje. U principu, svi ravni PSE imaju iste osnovne elemente (slika 6.46), a to su kućište, prekrivka koja propušta Sunčevo zračenje, izolacija sa donje strane koja sprečava gubitke toplote i - apsorber, koji predstavlja srce uređaja.

Apsorber je element PSE koji ima ulogu intenzivnog apsorbovanja Sunčeve energije i provođenja toplote do radnog fluida. Izrađen je od specijalnih materijala ili prevučen selektivnim premazima koji pospešuju apsorpciju Sunčevih zraka. Obično je crne ili tamne boje. Kod ravnih PSE apsorber je izveden u obliku ploče u koju su utisnute cevi kroz koje protiče radni fluid. Radni fluid je često voda, a ako se sistem koristi kao zatvoren, sa posebnim strujnim krugom, radni fluid može biti i neki drugi fluid. Prekrivka je obično od specijalnog stakla, čija je uloga da propusti Sunčevo zračenje do apsorbera, spreči propuštenje infracrvenog (toplotnog) zračenja u okolinu i smanji gubitke toplote. Kao i kod apsorbera i za prekrivke postoje različita rešenja – izbor vrste stakla (obično silikatna stakla), broj slojeva, itd. Termička izolacija se postavlja sa tamne strane (na poleđini) PSE, kako bi se sprečilo odavanje toplote sa apsorbera ka okolini i smanjili gubici toplote.



Slika 6.46 Ravan prijemnik Sunčeve energije

CEVNI PSE se sastoje od staklenih cevi u kojima se nalaze uski metalni apsorberi. Prostor između staklene cevi i apsorbera je obično vakuumiran – izvučen je vazduh. Na taj način je sprečeno odavanje toplote konvektivnim putem. Sa donje strane cevi, ispod apsorbera postavlja se visokoreflektujuća folija (ogledalo) koja omogućuje refleksiju Sunčevih zraka i njihovo dospevanje do apsorbera (slika 6.47), čime se povećava efikasnost prijemnika. Stepem korisnosti cevni PSE je veći nego kod ravnih, ali je i cena znatno viša.



Slika 6.47 Cevni prijemnik Sunčeve energije

Termička efikasnosti prijemnik a Sunčeve energije određuje se kao:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{I \cdot A}, \quad (6.25)$$

dge su:

- \dot{Q}_k - korisno predana toplota radnom fluidu (W),
- I - dozračeni intenzitet ukupnog Sunčevog zračenja (W/m^2),
- A - površina prijemnika Sunčeve energije (m^2).

Prijemnici Sunčeve energije se obično postavljaju na krov zgrade (bilo da je krov ravan ili kos), ali se mogu postaviti i na drugim dostupnim mestima – terase, dvorišta, itd. Ugao nagiba pod kojim se postavlja PSE zavisi od geografske širine i perioda korišćenja solarnog sistema (tokom leta ili tokom cele godine). U svakom slučaju se teži da se PSE postavi tako da upadni zraci Sunca sa površinom prijemnika zaklapaju ugao od 90° veći deo vremena. Obično su orijentisani ka jugu, jer je tada najveći stepen iskorišćenja Sunčevog zračenja. Ukoliko se sistem koristi cele godine, ugao nagiba kolektora se može promeniti u zavisnosti od sezone.

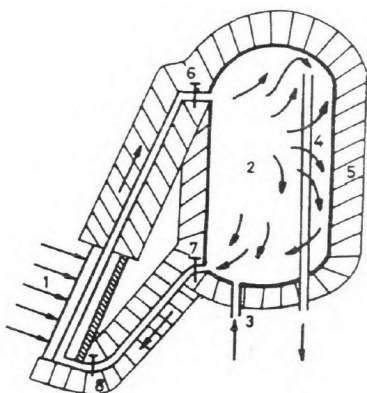


AKTIVNI SOLARNI SISTEMI

Za naše klimatsko podneblje solarni sistemi se uglavnom koriste za pripremu tople sanitarne vode. Kada su u pitanju sistemi grejanja, veoma je teško izvesti solarni sistem koji može da pokriva gubitke toplote tokom cele grejne sezone bez nekog dopunskog izvora toplote. Postoji i varijanta sprege solarnih kolektora i toplotne pumpe, kada se mogu dobiti nešto više temperature grejnog fluida, ali je i u tom slučaju potreban dodatni izvor toplote – u periodima jako malih intenziteta zračenja Sunca i veoma niskih temperatura spoljnog vazduha. U nastavku će biti reči o nekoliko najčešće primenjivanih solarnih sistema. Solarni sistemi za pripremu STV mogu biti sa prirodnom ili prinudnom cirkulacijom vode, i mogu biti direktni i indirektni.

Direktni sistem sa prirodnom cirkulacijom fluida

Na slici 6.48 prikazan je sistem za pripremu PTV sa protočnim rezervoarom i prirodnom cirkulacijom radnog fluida.

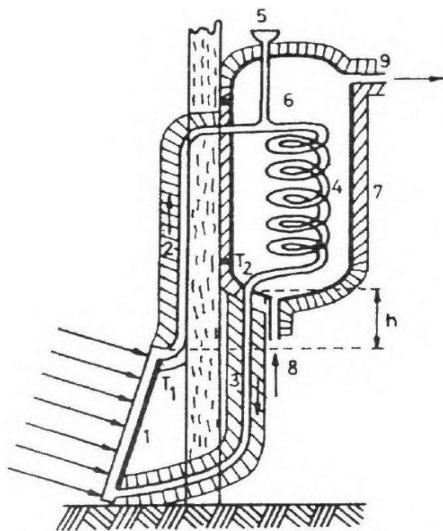


- 1 – ravni solarni vodeni kolektor;
- 2 – rezervoar (protočni bojler);
- 3 – cev za dovod hladne vode;
- 4 – cev za odvod tople vode ka potrošaču;
- 5 – izolacija;
- 6, 7 – slavine za ručnu regulaciju cirkulacije vode između apsorbera i rezervoara;
- 8 – slavina za pražnjenje.

Slika 6.48 Protočni solarni bojler sa prirodnom cirkulacijom fluida

Kroz cevi u apsorberu protiče voda koja se zagreva i prirodnim putem struji u rezervoar, dok hladna voda sa donje strane ulazi u PSE. Ventili 6 i 7 se zatvaraju kada zračenje Sunca slabi ili ga nema, i na taj način, prekidom cirkulacije, sprečava se hlađenje vode u rezervoaru. Ceo sistem je kompaktan i izolovan.

Indirektni sistem sa prirodnom cirkulacijom fluida



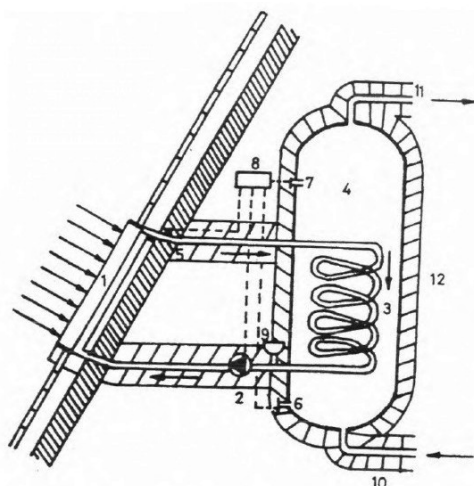
- 1 – ravni solarni vodeni kolektor;
- 2,3 – cevi u primarnom cirkulacionom krugu kroz koje protiče radni fluid;
- 4 – razmenjivač toplote;
- 5 – ekspanzioni sud;
- 6 – rezervoar za toplu vodu;
- 7 – termička izolacija;
- 8 – cev za dovod hladne vode;
- 9 – cev za odvod tople vode ka potrošaču.

Slika 6.49 Indirektni solarni bojler sa prirodnom cirkulacijom fluida

Kod indirektnog sistema radni fluid koji protiče kroz prijemnik struji u posebnom zatvorenom cirkulacionom krugu. U bojleru tople vode (rezervoaru, skladišniku toplote) toplota se sa zagrejanog radnog fluida, koji struji kroz spiralnu cev razmenjivača toplote prenosi na potrošnu toplu vodu. Ovaj sistem je prikazan na slici 6.49.

Indirektni sistem sa prinudnom cirkulacijom fluida

Za razliku od sistema sa prirodnom cirkulacijom, strujanje radnog fluida od apsorbira do razmenjivača toplote u rezervoaru obavlja se prinudnim putem, uz pomoć pumpe (slika 6.50). Pomoću senzora temperature meri se temperatura vode u rezervoaru i temperatura radnog fluida.



- 1 – ravni solarni vodeni kolektor;
- 2 – cirkulaciona pumpa;
- 3 – razmenjivač toplote;
- 4 – rezervoar za toplu vodu (bojler);
- 5,6,7 – senzori temperature;
- 8 – regulator;
- 9 – ekspanzioni sud;
- 10 – cev za dovod hladne vode;
- 11 – cev za odvod tople vode ka potrošaču;
- 12 – termička izolacija.

Slika 6.50 Indirektni solarni bojler sa prinudnom cirkulacijom fluida

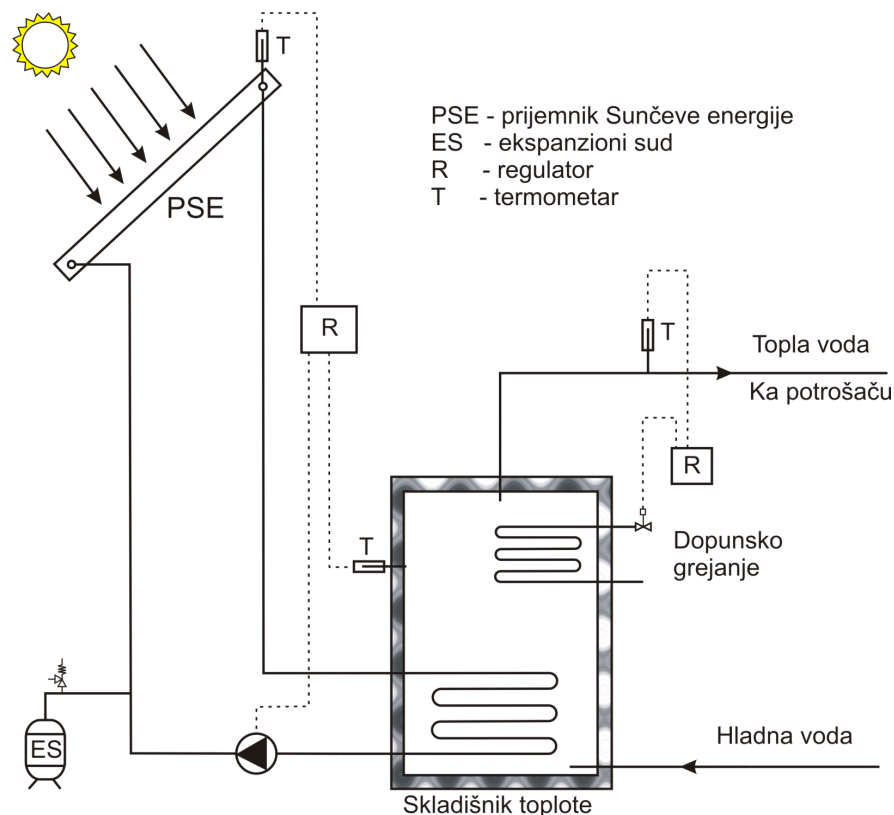
Regulator za automatsku regulaciju rada sistema upoređuje temperaturu vode u rezervoaru i temperaturu radnog fluida. Kada je temperatura radnog fluida viša od temperature vode u rezervoaru, regulator šalje signal i pumpa se uključuje. Kada se ova temperaturska razlika smanji na minimalnu vrednost, regulator šalje impuls koji isključuje pumpu i zaustavlja cirkulaciju radnog fluida u primarnom krugu. Na taj način se sprečava hlađenje vode u rezervoaru u periodima kada nema Sunčevog zračenja.

Sva prethodno navedena rešenja su kompaktni sistemi kod kojih se rezervoar tople vode nalazi u neposrednoj blizini prijemnika. Ovi sistemi su manjeg kapaciteta i niže cene, povoljni za pripremu STV za stanove i manje individualne porodične kuće. Kod većih sistema, rezervoar tople vode je smešten u samom objektu.

Indirektni sistem sa prinudnom cirkulacijom fluida, jednim rezervoarom i dopunskim izvorom toplote

Često su potrebe za sanitarnom toplom vodom nepredvidive, stohastički se menjaju u vremenu, pogotovo kada su u pitanju komercijalni i poslovni objekti. Tada se može desiti da se u određenom trenutku jave veće potrebe za toplom vodom od onih koje može da obezbedi solarni sistem. U tim slučajevima se postavlja dodatni izvor za grejanje STV, koji može biti električni grejač ili toplovodni (što je slučaj kod sistema koji rade preko cele godine).

Na slici 6.51 prikazana je šema solarnog sistema sa jednim rezervoarom i dopunskim grejanjem.

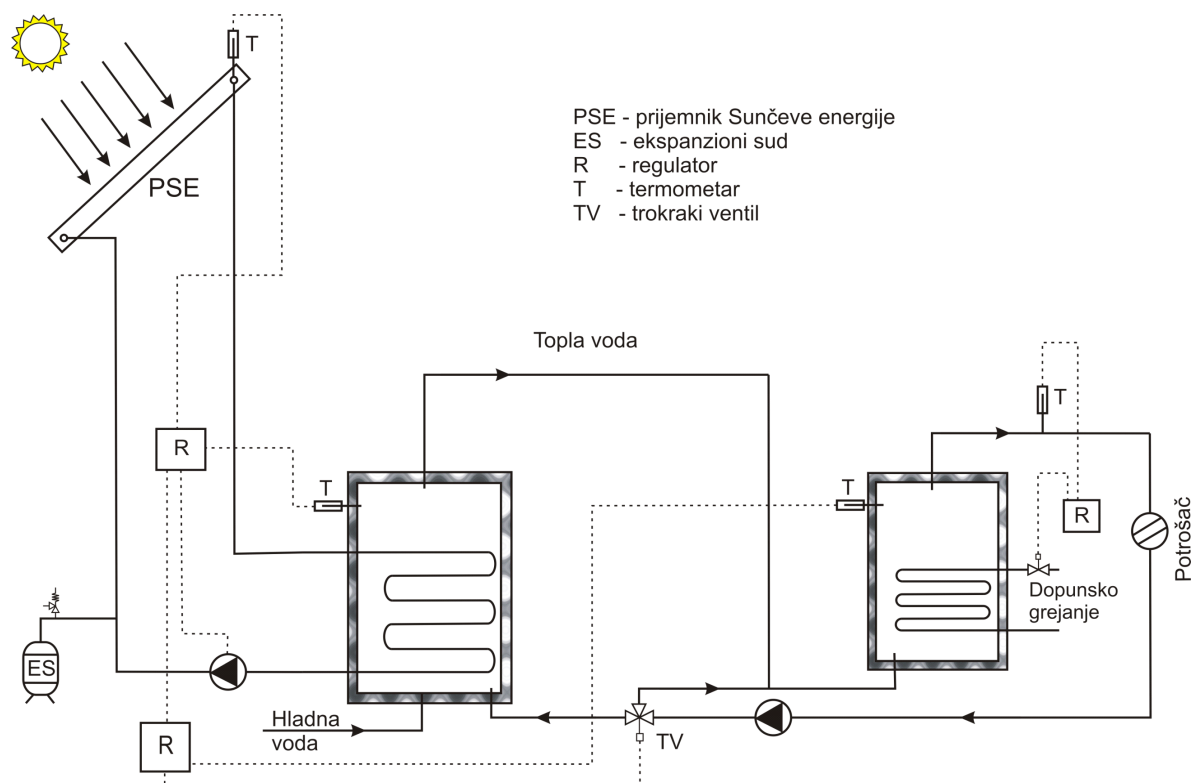


Slika 6.51 Sistem sa PSE i jednim skladišnikom toplote i dopunskim izvorom za grejanje

Regulator koji dobija signale o temperaturi radnog fluida i vode u rezervoaru šalje impuls za uključivanje, tj. isključivanje cirkulacione pumpe primarnog kruga. Sa druge strane, meri se temperatura potrošne tople vode koja ide ka potrošačima; ukoliko se temperatura STV snizi ispod dozvoljene, regulator koji prima signal o ovoj vrednosti temperature, šalje impuls za uključivanje dodatnog izvora za grejanje vode u rezervoaru. Kada temperatura PTV poraste, regulator isključuje dodatni izvor toplote.

Indirektni sistem sa prinudnom cirkulacijom fluida, dva rezervoara i dopunskim izvorom toplote

Na slici 6.52 prikazan je solarni sistem sa dva rezervoara tople vode. Pri tome se u prvom rezervoaru vrši zagrevanje vode solarnim sistemom. Temperatura vode u prvom rezervoaru zavisi od dozračenog intenziteta Sunčeve energije i regulator na osnovu signala o vrednostima temperatura radnog fluida i vode u rezervoaru održava ovu temperaturu na maksimalnom nivou. Zagrejana voda iz prvog rezervoara se transportuje u drugi, odakle ide direktno ka potrošačima. U drugom rezervoaru se nalazi dodatni izvor za grejanje. Usled oscilacija u potrošnji tople vode i raspoložive Sunčeve energije za grejanje, dolazi do oscilacija u vrednostima temperatura vode u rezervoarima. Ukoliko je temperatura u prvom rezervoaru niska, trokraki ventil će otvoriti gornji krak i cirkulacija vode će se odvijati u cirkulacionom krugu drugog rezervoara. Suprotno tome, trokraki ventil će otvoriti krak ka prvom rezervoaru, šaljući ohlađenu vodu na dogrevanje pomoću PSE. Ovakav sistem je ekonomičniji od sistema sa jednim rezervoarom.



Slika 6.52 Sistem sa PSE i dva skladišnika toplote

6.7 PROJEKTNI USLOVI I DINAMIKA POTROŠNJE STV

Kod projektovanje centralnih sistema za pripremu sanitarne tople vode, važno je poznavati njenu ukupnu potrošnju, kao i dnevnu dinamiku potrošnje. Vrednosti potrošnje i temperatura za različite potrošače prikazane su u tabelama 6.3, 6.4 i 6.5.

Tabela 6.3 Potrošnja i temperatura STV za različite zgrade

Zgrada	Potrebna količina vode	Temperatura vode [°C]
Bolnica	100 - 300 l/dnevno krevet	60
Kasarna	30 - 50 l/dnevno osoba	45
Poslovna zgrada	10 - 40 l/dnevno osoba	45
Spa centar/banjsko lečilište	200 - 400 l/dnevno osoba	45
Robna kuća	10 - 40 l/dnevno osoba	45
Škola bez tuševa	5 - 15 l/dnevno učenik	45
Škola s tuševima	30 - 50 l/dnevno učenik	45
Sportski tereni s tuševima	50 - 70 l/dnevno osoba	45
Frizerski salon	150 -200 l/dnevno osoba	45
Perionica veša	250 - 300 l/100 kg veša	75

Tabela 6.4 Potrošnja i temperatura STV za ugostiteljske objekte

Potrošno mesto	Dnevna potrošnja po osobi [l/dnevno]	
	60°C	45°C
Restorani po gostu	8 – 20	12 - 30
Hoteli - sobe s kupatilom i kadom	100 – 150	140 - 220
Hoteli - sobe s tušem	50 -100	70 - 120
Hoteli - sobe s umivaonikom	10 – 15	15 - 20
Odmarališta i pansioni	25 – 50	35 - 70

Tabela 6.5 Potrošnja i temperatura STV za stambene zgrade

Potrošno mesto	Količina pri jednom uzimanju [l]	Temperatura vode [°C]	Trajanje [min]
Ispusni ventil			
DN10 poluotvoren	5	40	1
DN10 potpuno otvoren	10	40	1
DN15 poluotvoren	10	40	1
DN15 potpuno otvoren	18	40	1
DN20 poluotvoren	25	40	1
DN20 potpuno otvoren	45	40	1
Sudopera			
jednodelna	30	55	5
dvodelna	50	55	5
Umivaonik			
samo pranje ruku	5	35	1.5
umivaonik, mali	10	35	2
umivaonik jednodelni	15	40	3
umivaonik dvodelni	25	40	3
Kada za kupanje			
mala (100)	100	40	15
srednja (160)	150	40	15
velika (180)	250	40	20
Tuširanje	50	40	6
Kada za sedenje	50	40	5
Bide	25	40	8
Ukupna dnevna potrošnja za domaćinstva			
Manji zahtevi	10 - 20 l/dnevno osoba		
Srednji zahtevi	20 - 40 l/dnevno osoba		
Veliki zahtevi	40 - 80 l/dnevno osoba		

Prema Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada, prilikom proračuna potrebne finalne energije za pripremu STV, kada se primenjuje pojednostavljeni sezonski ili mesečni metod

proračuna, potrebna toplota za pripremu STV može se usvojiti iz tabele date u prilogu 6, a u zavisnosti od kategorije zgrade. Preporučene vrednosti date su u tabeli 6.6.

Tabela 6.6 Vrednosti godišnje potrebne toplote za pripremu STV prema kategoriji zgrade

Tip zgrade	1	2	3	4	5	6	7	8	9) Ostale zgrade				Jedini- nica
Ulazni podaci	Stambena zgrada sa jednim stanom	Stambena zgrada sa više stanova	Poslovna zgrada	Zgrade namenjene obrazovanju	Bolnice	Restorani	Trgovinski centri	Sportski centri	Sale za sastanke i prezentacije	Industrijske zgrade	Skladišta	Unutrašnji bazeni	
Toplota potrebna za pripremu STV po jedinici površine grejanog prostora	10	20	10	10	30	60	10	80	10	10	1,4	80	kWh/m ²

Godišnja potrebna energija za pripremu STV se izračunava preko jednačine, a prema standardu SRPS EN 15316:

$$Q_W = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_W - \theta_o) \text{ [kWh/a]}, \quad (6.26)$$

gde je:

V_W - godišnja potrošnja vode [m³/a],

θ_W - temperatura vode u rezervoaru [°C],

θ_o - temperatura vode iz vodovoda [°C],

$\rho_W \cdot c_W = 1,16$ [kWh/(m³K)].

Godišnji toplotni gubici sistema za pripremu sanitarne tople vode određuju se kao:

$$Q_{W,ls} = Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,gen,ls} \text{ [kWh/a]}, \quad (6.27)$$

gde je:

$Q_{W,dis,ls}$ - gubici toplote u cevnoj mreži razvoda tople vode prema 15316-3-2 [kWh/a],

$Q_{W,st,ls}$ - gubici toplote pri skladištenju u rezervoaru prema 15316-3-3 [kWh/a],

$Q_{W,gen,ls}$ - gubici toplote pri proizvodnji ili pripremi tople vode prema 15316-3-3 [kWh/a].

Ukupna godišnja potrebna toplota za pripremu sanitarne tople vode je:

$$Q_H = Q_W + Q_{W,ls} \text{ [kWh/a]}. \quad (6.28)$$

Naravno, ne koristi se voda na svim potrošnim mestima istovremeno, pa je potreban učinak za koji se projektuju centralni sistemi za pripremu sanitarne tople vode manji. Zato se u obzir uzima faktor jednovremenosti koji zavisi od broja potrošača povezanih na zajednički centralni sistem. Pretpostavlja se da je dnevna potrošnja vode ograničena na razdoblje od z_A sati, pri čemu je realna pretpostavka da ova vrednost varira $z_A = 0,5 - 2,5$ h. U tabeli 6.7 date su vrednosti faktora jednovremenosti u zavisnosti od broja stanova, kao i potrebni kapaciteti kotlova i zapremine rezervoara (bojlera) za toplu vodu.

Tabela 6.7 Vrednosti faktora jednovremenosti, kapaciteti kotla i veličina bojlera

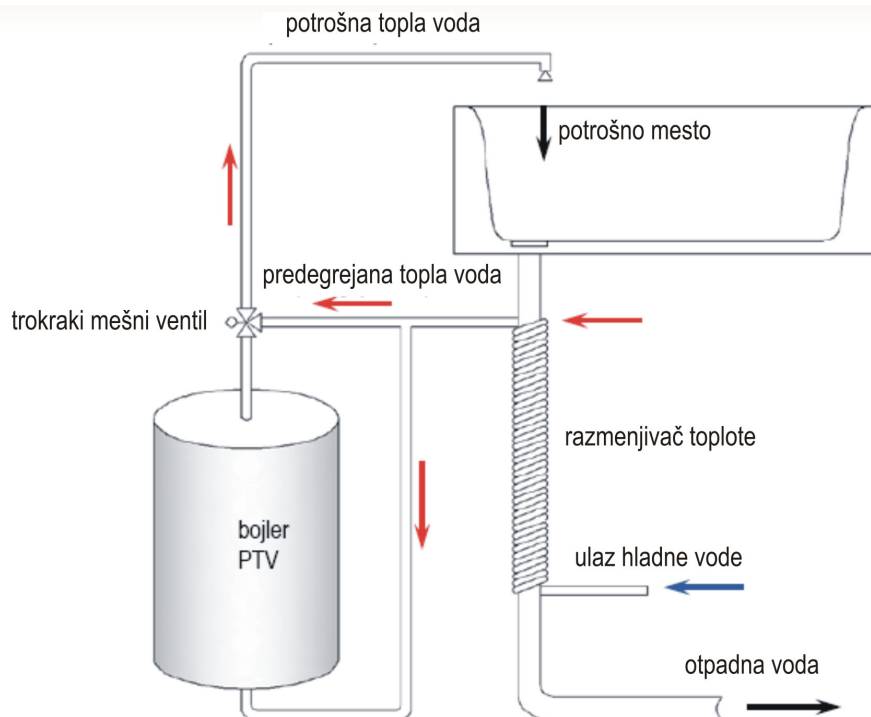
Broj stanova	Faktor jednovremenosti	Kapacitet kotla Q _k [kW] pri z _A [h]			Veličina bojlera V _s [m ³] za z _A [h]					
					0,5		1		2,5	
					$\theta_w - \theta_o$ [K]					
n	φ	0,5	1	2,5	30	50	30	50	30	50
1	1,15	14	12	8	200	150	350	200	600	350
2	0,86	21	17	12	300	200	500	300	900	500
4	0,65	31	26	7	450	300	750	450	1200	750
6	0,56	40	34	22	600	400	1000	600	1600	950
8	0,50	48	40	27	700	450	1150	700	2000	1200
10	0,47	56	47	31	800	500	1350	800	2200	1400
12	0,47	68	57	38	1000	600	1650	1000	2700	1600
15	0,44	79	66	44	1150	700	1900	1150	3200	1900
18	0,42	91	78	50	1300	800	2300	1350	3600	2200
20	0,40	96	80	53	1400	850	2400	1400	3800	2300
25	0,38	114	95	63	1600	1000	2700	1700	4500	2700
30	0,36	130	108	72	1900	1200	3100	1900	5200	3100
36	0,36	151	127	84	2200	1300	3600	2200	6000	3600
50	0,32	192	161	106	2800	1700	4600	2800	7600	4600
60	0,31	223	187	124	3200	2000	5400	3200	8900	5300
80	0,29	278	233	155	4000	2400	6700	4000	11100	6700
100	0,28	336	281	186	4800	2900	7100	4800	13300	8000
120	0,27	389	326	215	5600	3400	9400	5600	15400	9300
150	0,26	468	392	260	6700	4100	11300	6700	18600	11200
200	0,25	600	502	333	8600	5200	14400	8600	23900	14300

Zapremina bojlera za pripremu potrošne tople vode značajna je i za potrošnju energije. Suviše mala zapremina bojlera za potrošnu vodu često se u korišćenju kompenzuje povišenjem temperature vode, kako bi se mešanjem sa hladnom vodom na mestu potrošnje došlo do željene temperature, a predviđena akumulacija zadovoljila kapacitetom. Povišena temperatura vode ima za posledicu veće toplotne gubitke u bojleru i mreži, gubitke vode vezane za ostvarenje željene temperature na potrošaču mešanjem (veće kod primene dvoručnih nego kod primene jednoručnih slavina) i u nepovoljnim rasponima temperature povećano taloženje kamenca u bojleru i na grejnim površinama grejača. Za potrošnju energije takođe je važno osigurati merenje potrošnje sanitarne tople vode. Praćenjem potrošnje mogu se utvrditi odstupanja od uobičajenih vrednosti ili neracionalno trošenje, a uz dodatno merenje temperature i udeo toplote za pripremu sanitarne tople vode u energetsom bilansu zgrade.

6.8 KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE SANITARNE VODE

Oko 80% toplote utrošene za pripremu sanitarne tople vode neiskorišćeno odlazi u kanalizaciju. Ako se odvodi vode iz kada, tuševa i umivaonika izvedu odvojeno od fekalne kanalizacije, moguće je ostvariti povraćaj toplote otpadne vode od umivanja i tuševa, kao što je prikazano na slici 6.53. To je prikladno projektovati i izvoditi za veće potrošače (npr. hoteli,

velike stambene zgrade i sl.), a instalacija ovakvih uređaja jeftinija je u novogradnjama nego što je to slučaj za postojeće zgrade. Važno je da sistem bude izveden tako da osigurava pouzdan rad imajući u vidu da otpadna voda sadrži nečistoće i masnoću.



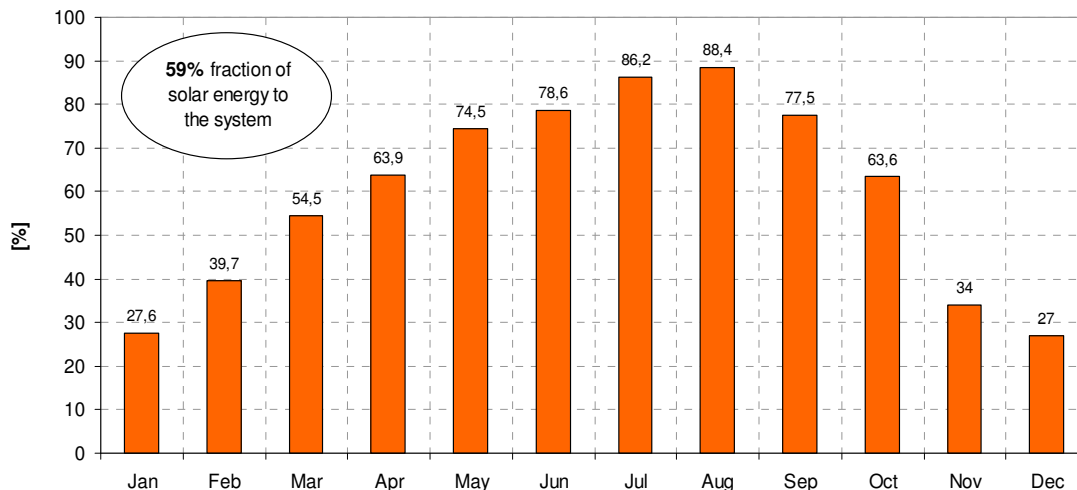
Slika 6.53 Sistem za povraćaj otpadne toplote sanitarne vode

6.9 PRIMER PRIMENE SOLARNOG SISTEMA ZA PRIPREMU STV

Zgrada koja se koristi u ovom primeru je novo projektovana zgrada u centru Beograda. U pitanju je stambeno poslovni objekat ukupne korisne površine 1300m². Termički omotač zgrade je projektovan sa dobrom termičkom zaštitom, a slika zgrade je data u poglavlju 5 (sl. 5.23).

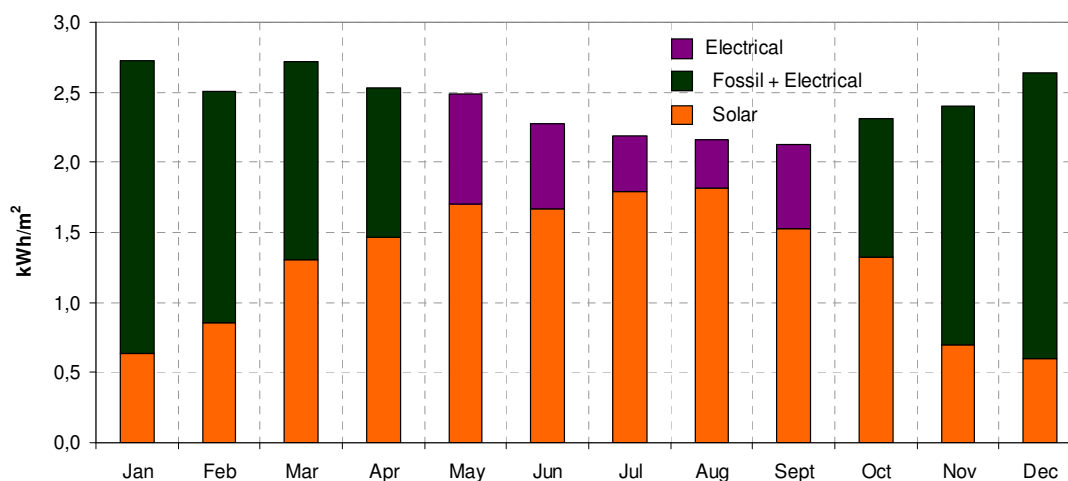
Umesto individualnih električnih bojlera za pripremu STV predviđen je kombinovani solarni sistem sa dodatnim električnim i toplovodnim grejačem. Tokom zimskog perioda, kao dopunski izvor koristi se toplovodni grejač, dok se tokom letnjeg perioda za dogrevanje koristi električni grejač. Prijemnici solarne energije smeđteni su na krovu zgrade i zauzimaju površinu od 31 m². Korišćeni su ravni PSE ukupnog efikasnosti 78,5%.

Na slici 6.54 prikazan je dijagram koji pokazuje udeo pokrivanja ukupnih potreba potrošača STV iz solarnog sistema tokom godine za projektne uslove. Sa dijagrama se vidi da tokom letnjih meseci sistem pokriva oko 88% potreba za toplom vodom. Na ovaj način se izbegava predimenzionisanje sistema, kao i režimi u kojima može doći do pregrevanja, kada je potrebno rasterećenje sistema. U realnim uslovima eksploatacije sistema, u zavisnosti od broja sunčanih sati tokom dana i potrošnje tople vode, javiće se periodi kada sistem može da zadovolji 100% potreba za toplom vodom. Čak i u najhladnijim zimskim mesecima, solarni sistem nadoknađuje preko četvrtine potreba za zagrevanjem sanitarne vode. Tokom godine, ovako projektovan solarni sistem može pokriti 59% potrebne toplote za zagrevanje STV.



Slika 6.54 Udeo solarnog sistema u pripremi STV tokom 12 meseci

Na slici 6.55. prikazan je odnos količine toplote potrebne za pripremu STV iz različitih izvora tokom godine.



Slika 6.55 Odnos udela u pripremi STV iz različitih izvora

Poređenjem potrebne primarne energije potrebne za rad centralnog sistema za pripremu STV u odnosu na lokalnu pripremu sa električnim bojlerima, dolazi se do podatka o uštedi od 78%, odnosno smanjenje potrebe za primarnom energijom sa 64 kWh/m²a na svega 14 kWh/m²a. Period otplate ovakve investicije za primenu na novoprojektovanim zgradama kreće se od 1,7 do 3 godine, što pokazuje veoma dobru ekonomsku opravdanost primene solarnih sistema.