



SISTEMI CENTRALNOG GREJANJA

Uređaji za grejanje:

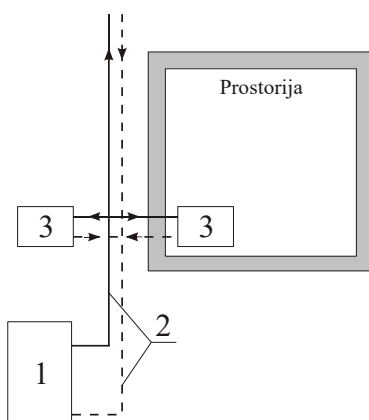
- Pojedinačni (lokalni)
- Postrojenja za centralno grejanje

Podele sistema centralnog grejanja prema:

- Nosiocu toplote (grejnom fluidu) na vodene, parne ili vazdušne sisteme;
- Vrsti goriva na sisteme na čvrsto, tečno ili gasovito gorivo;
- Načinu odavanja toplote na konvektivno, zračno i kombinovano;
- Vrsti izvora toplote na konvencijalne i nekonvencijalne sisteme.



Postrojenja za centralno grejanje



Osnovni elementi sistema za centralno grejanje:

1 – IZVOR TOPLOTE

2 – DISTRIBUCIJA TOPLOTE

3 – GREJNA TELA

Pojedinačni uređaji (1)

Osnovna podela lokalnih uređaja za grejanje je prema vrsti goriva/energije:

- peći na čvrsto gorivo;
- peći na tečno gorivo;
- peći na gasovito gorivo;
- uređaji za grejanje koji koriste električnu energiju.

Pojedinačni uređaji (2)

Peći na čvrsto gorivo

- Kamini,
- Zidane peći,
- Metalne peći (bunkerske i trajnožareće)



$\eta = 60-70\%$



$\eta = 10-30\%$



η oko 50-80%

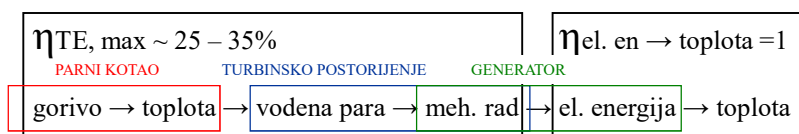


$\eta = 75-85\%$

Pojedinačni uređaji (3)

UREĐAJI ZA GREJANJE KOJI KORISTE ELEKTRIČNU ENERGIJU

- grejalice,
- kaloriferi,
- termoakumulacione peći,
- klimatizeri (split sistemi, toplotne pumpe).



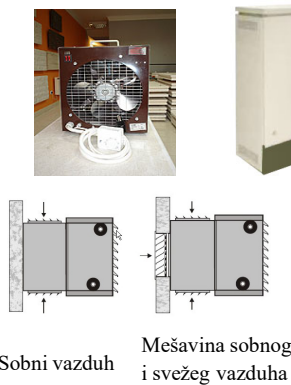
Toplotne pumpe, koje imaju koeficijent grejanja $\epsilon_g = 2,5 - 3$. Tada je:
 $\eta = (2,5 - 3) \times (25 - 30\%) \sim 70 - 90\%$.

Pojedinačni uređaji (4)

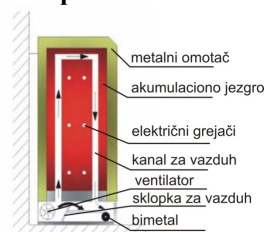
Grejalice



Kaloriferi



Termoakumulacione peći



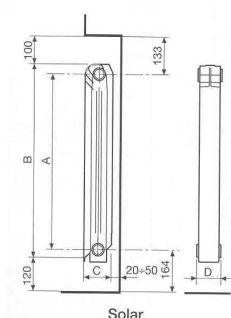
“Split” sistemi (TP)



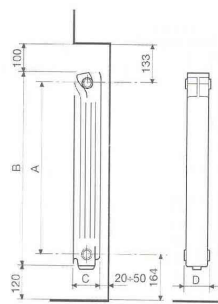
Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (1)



RADIJATORI

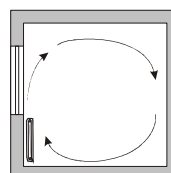


Solar

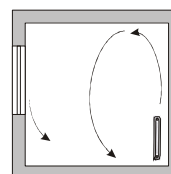


Calidor

a) dobri termički uslovi



b) loši termički uslovi



Dimenzije radijatora i način postavljanja u prostoriji

Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (2)



Pločasti radijatori



Označavanje radijatora

ČLANKASTI RADIJATORI

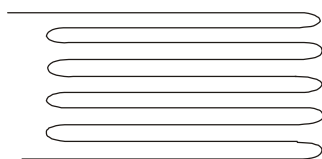
tip članka
broj članaka
 $600/110 - 20$
2400
količina toplote [W]

PLOČASTI RADIJATORI

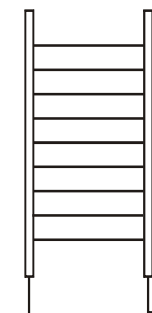
tip radijatora
visina radijatora [mm]
dužina radijatora [mm]
 $22 - 600/1000$
1350
količina toplote [W]

Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (3)

CEVNA GREJNA TELA



Cevna zmija



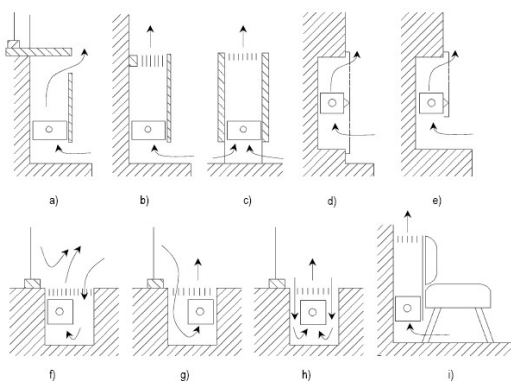
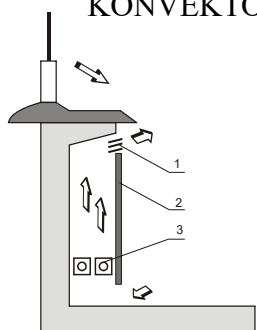
Cevni registar



Različite konstrukcije cevnih grejnih tela

Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (4)

KONVEKTORI



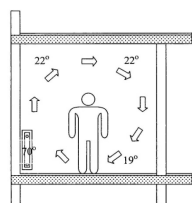
- 1 – Kanal za strujanje vazduha sa žaluzinama i uspostavljanje uzgonskog efekta
- 2 – Kućište konvektora
- 3 – Konvektorsko telo – zagrejač vazduha izrađen od orebrenih cevi

Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (5)

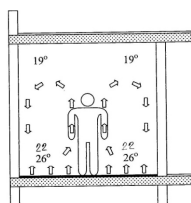
PANELNA GREJNA TELA

Raspodela temperatura po:

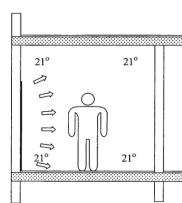
a) zapremini prostorije



Radijatorsko grejanje

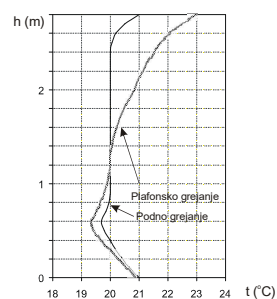


Podno grejanje



Zidno grejanje

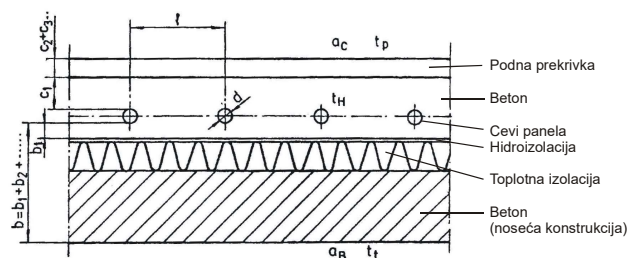
b) visini prostorije



Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (6)

PANELNA GREJNA TELA

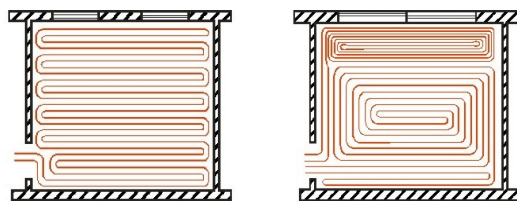
Podni paneli



Tipski podni panel

Grejna tela – vrste i načini odavanja toplote (7)

Načini polaganja cevi u panelu

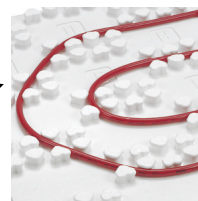


Načini fiksiranja cevi



Armatura od čelične žice

Plastični držači



Uticaj temperature grejnog fluida na toplotni učinak (1)

Razmenjena količina toplote u radijatoru može se izraziti na dva načina:

$$Q_{RAD} = U \cdot A \cdot \Delta\theta_m \quad (1)$$

Bilans toplote izražen sa "vodene" strane je:

$$Q_{RAD} = \dot{m}_W \cdot c_W \cdot (\theta_{raz} - \theta_{pov}) \quad (2)$$

Srednja temperaturska razlika :

$$\Delta\theta_m = \frac{\Delta\theta_{ul} - \Delta\theta_{iz}}{\ln \frac{\Delta\theta_{ul}}{\Delta\theta_{iz}}} \xrightarrow{\text{pojednostavljeno}} \Delta\theta_m = \frac{\theta_{raz} + \Delta\theta_{pov}}{2} - \theta_{vaz}$$

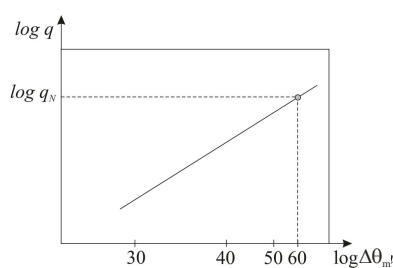
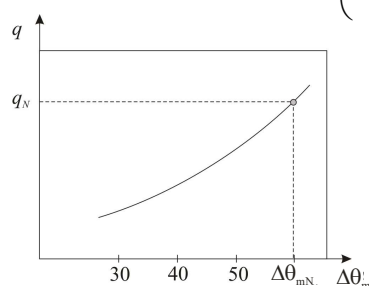
Uticaj temperature grejnog fluida na toplotni učinak (2)

Odavanje toplote grejnog tela u zavisnosti od srednje razlike temperatura :

a) dijagram sa linearnim osama

b) dijagram u dvostrukom logaritamskom sistemu

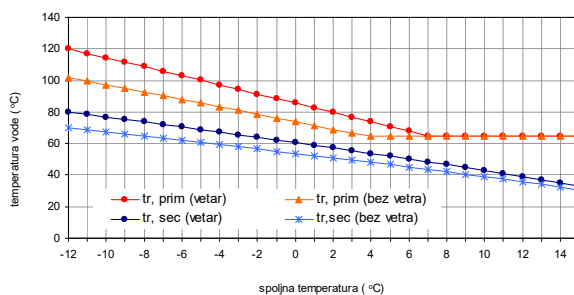
$$q = q_N \left(\frac{\Delta\theta_m}{\Delta\theta_{mN}} \right)^m$$



Centralna i lokalna regulacija toplotnog učinka

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

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

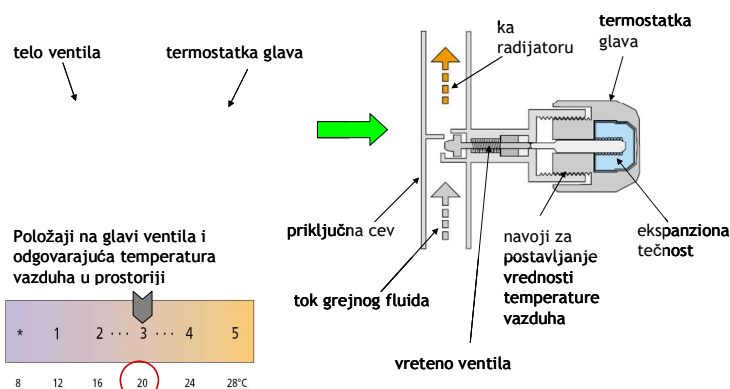


Lokalna regulacija toplotnog učinka (1)

- Lokalna regulacija podrazumeva *održavanje željene unutrašnje temperature vazduha u pojedinim prostorijama u zgradi.*
- Zbog svojih međusobnih razlika u:
 - orijentaciji,
 - nameni,
 - dinamike korišćenja prostorije,
 - 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 provetravanjem otvaranjem prozora.
- Najčešći način primene lokalne regulacije je postavljanje sobnog termostata ili radijatorskih ventila sa termostatskim glavama.

Lokalna regulacija toplotnog učinka (2)

LOKALNA REGULACIJA



Radijatorski ventil sa termostatskom glavom - princip rada

Armatura u sistemima centralnog grejanja (1)

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).

Armatura u sistemima centralnog grejanja (2)

ZAPORNA ARMATURA

Zaporna armatura mogu biti različite vrste zasuna i slavina



Zasun



Leptir slavina



Kuglasta slavina

Armatura u sistemima centralnog grejanja (3)

BALANSNA ARMATURA

Balansna armatura su različite vrste ventila, najčešće sa kosim sedištem zbog oprega prigušenja koji se postužu



Balansni ventili za regulaciju protoka

Armatura u sistemima centralnog grejanja (4)

REGULACIONA ARMATURA

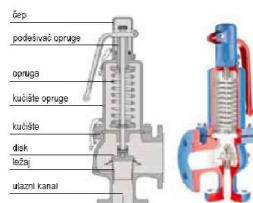
Regulaciona armatura ima ulogu podešavanja određenih parametara sistema na osnovu signala o uticajnoj izmerenoj veličini



Ručni regulacioni ventil



Regulator protoka sa motornim pogonom



Sigurnosni ventil sa oprugom

Uređaji i oprema sistema centralnog grejanja

Kotlovi za centralno grejanje

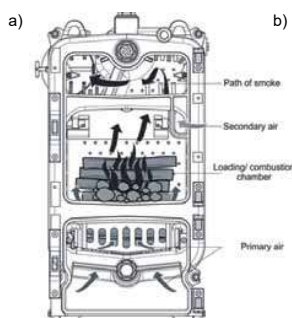
Podele kotlova prema grejnom fluidu :

- Grejni fluid je voda \Rightarrow toplovodni i vrelovodni kotlovi
- Grejni fluid je para \Rightarrow parni kotlovi

Kako bi se što bolje iskoristila energija sadržana u gorivu, neophodno je da kotao bude ***u potpunosti prilagođen gorivu.***

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

Kotlovi za centralno grejanje (2)



Kotao od livenog gvožđa za sagorevanje sečke i uglja u sloju



Čelični kondenzacioni kotao na lako lož-ulje



Niskotemperaturski kotao sa atmosferskim gorionikom na gas

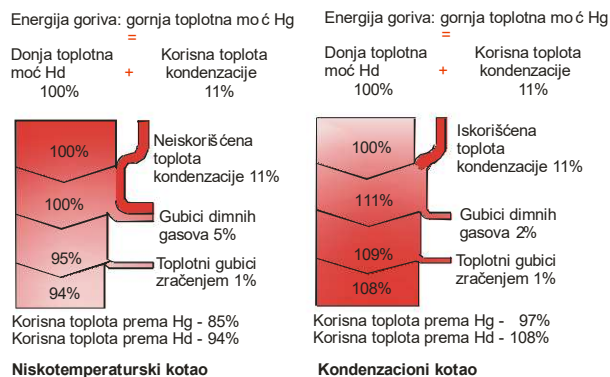
Kotlovi za centralno grejanje (3)

Kondenzacioni kotlovi

- Kotlovi kod kojih se toplota sadržana u vodenoj pari i dimnim gasovima koristi putem kondenzacije
- 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 H_g , predstavlja toplotu oslobođenu procesom sagorevanja goriva s dodatnim iskorišćenjem toplote kondenzacije vodene pare

Kotlovi za centralno grejanje (4)

Poređenje stepena korisnosti niskotemperaturskog i kondenzacionog kotla u odnosu na H_d





Kotlovi za centralno grejanje (5)

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 prirodnim 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



Cevna mreža (1)

- 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.
- Cevna mreža se može podeliti na dve celine: razvodnu i povratnu cevnu mrežu.

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

- * gravitaciono i
- * pumpno grejanje.



Cevna mreža (2)

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

- Glvni usponski vod i glavni povratni vod
- Horizontalna razvodna i povratna mreža
- Usponski vodovi
- Priključci grejnih tela

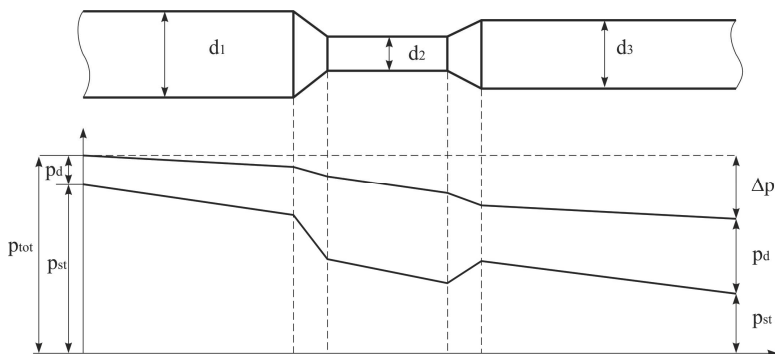
Materijali za izradu cevne mreže

- čelik (čelične šavne i bešavne cevi),
- bakar i
- plastika (razne vrste plastičnih cevi)



Cevna mreža (3)

Pad pritiska pri strujanju fluida kroz cevi



Pad pritiska pri strujanju realnog fluida



Cevna mreža (4)

Pad pritiska pri strujanju fluida kroz cevi

Pad pritiska pri strujanju idealnog fluida je jednak zbiru dinamičkog i statičkog :

$$p_{tot} = p_d + p_{st}$$

Pri strujanju realnog fluida javlja se i gubitak, pa je pad pritiska:

$$p_{tot} = p_d + p_{st} + \Delta p$$

Iz praktičnih razloga, sa aspekta inženjerske prakse, pad pritiska pri strujanju fluida se deli na dva dela:

$$\Delta p = p_{TR} + p_L$$



Cevna mreža (5)

Pad pritiska pri strujanju fluida kroz cevi

Pad pritiska usled trenja:

$$\Delta p_{TR} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = R \cdot l$$

Pad pritiska usled lokalnih otpora:

$$\Delta p_L = Z = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

Cevna mreža (6)

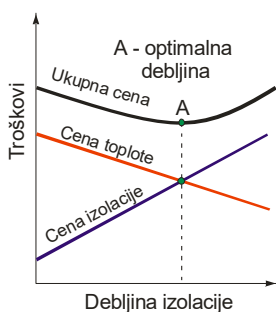
Izolacija cevovoda

- Zadatak izolacije je da se gubici toplote svedu na minimalne vrednosti ili da se iz drugih razloga ograniči površinska temperatura cevi
- Dimenzionisanje debljine izolacije može biti izvršeno po različitim kriterijimima:
 - * da se ostvari ekonomski optimalno snabdevanje toplotom,
 - * da se osigura promena temperature grejnog fluida u odgovarajućim granicama,
 - * da se ograniči uticaj na okolinu

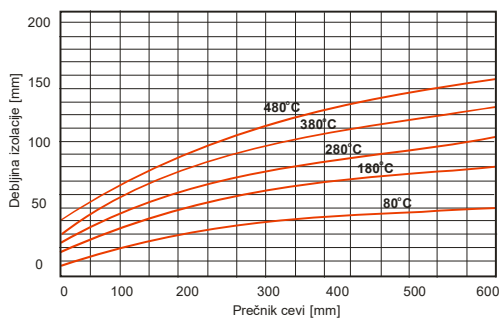
Cevna mreža (7)

Optimalna debljina izolacije u zavisnosti od

a) ukupne cene



b) nazivnog prečnika cevi i temperature fluida koji se transportuje



Cevna mreža (8)

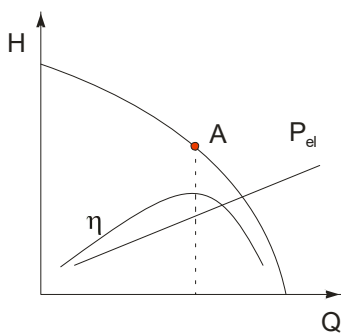
Ekonomski opravdane debljine izolacije za različite tipove cevi

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

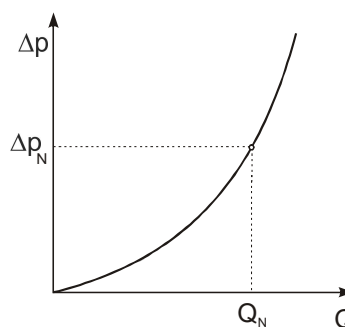
Pumpe u sistemima centralnog grejanja (1)

Karakteristika pumpe i radna tačka

Karakteristika pumpe

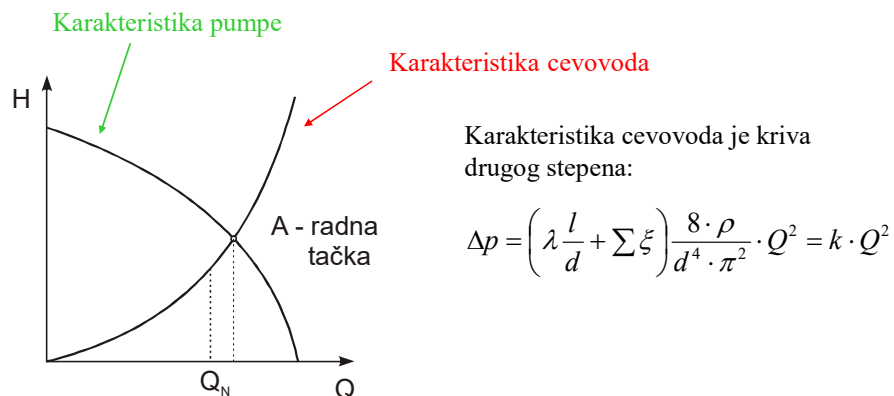


Karakteristika cevovoda



Pumpe u sistemima centralnog grejanja (2)

Sprega pumpe i cevovoda

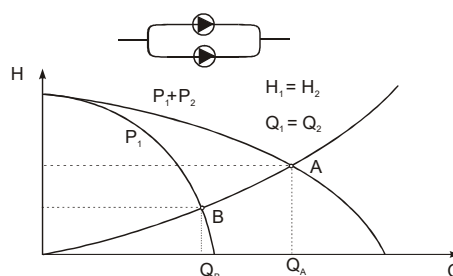
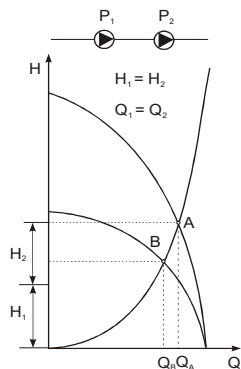


Pumpe u sistemima centralnog grejanja (3)

Sprega dve pumpe i cevovoda

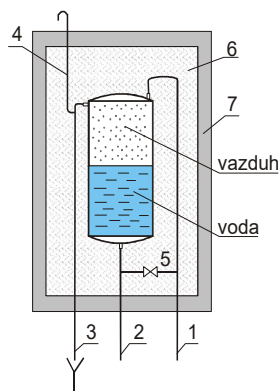
Redna veza – za veći napor

Paralelna veza – za veći protok



Sigurnosni uređaji i armatura vodenih kotlova (1)

Otvoreni ekspanzioni sud



Osnovni elementi otvorenog ekspanzionog suda:

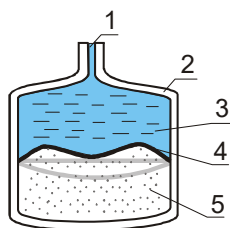
- 1 – Razvodna sigurnosna cev
- 2 – Povratna sigurnosna cev
- 3 – Prelivna cev
- 4 – Odzračna cev
- 5 – Kratka veza (zbog obezbeđenja cirkulacije vode)
- 6 – Izolacija
- 7 – Kućište

Određivanje zapremine suda za radijatorsko grejanje:

$$V = 1,2 - 1,5 \cdot Q_{GT} \cdot 10^{-3}$$

Sigurnosni uređaji i armatura vodenih kotlova (2)

Zatvoreni ekspanzioni sud



Osnovni elementi ekspanzionog suda sa membranom:

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



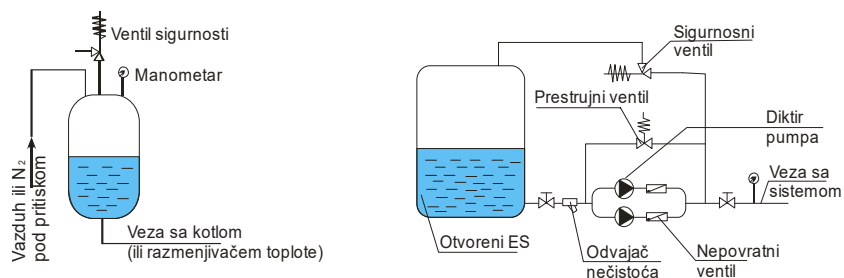
Zapremina ekspanzionog suda sa membranom određuje se na osnovu izraza:

$$V_s = V \cdot \frac{p_{\max}}{p_{\max} - p_{\min}}$$

Sigurnosni uređaji i armatura vodenih kotlova (3)

Održavanje pritiska u većim sistemima

Ekspanzioni sud sa gasnim jastukom (levo) i diktir sistem (desno)



Sistemi toplovodnog grejanja (1)

■ Sistemi toplovodnog grejanja rade sa toplom vodom kao nosiocem toplote do maksimalne temperature 110°C

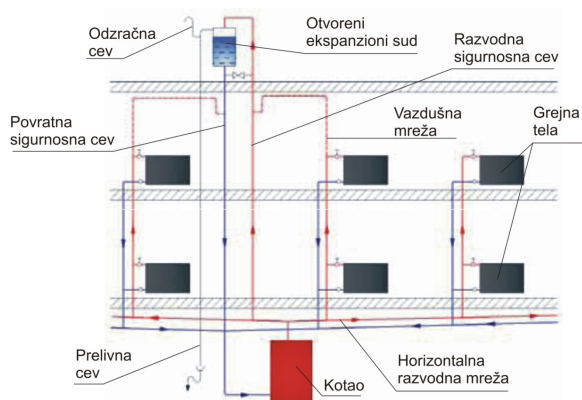
■ Podele se mogu napraviti na bazi različitih kriterijuma:

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



Sistemi toplovodnog grejanja (2)

Šema sistema otvorenog gravitacionog grejanja sa donjim razvodom

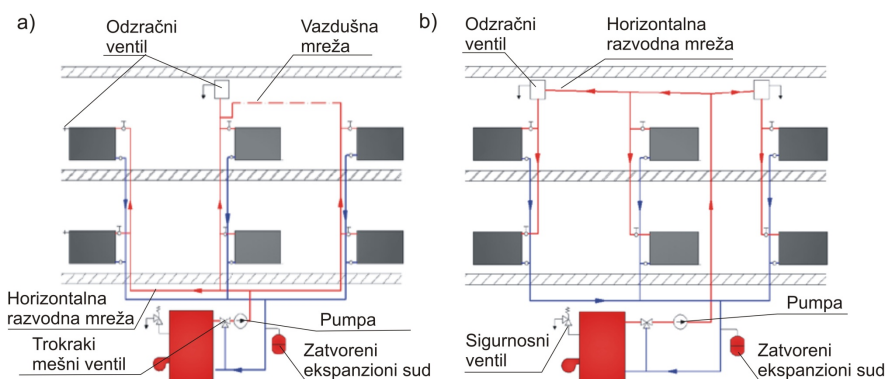


Sistemi toplovodnog grejanja (3)

Šema sistema pumpnog grejanja

a) donji razvod

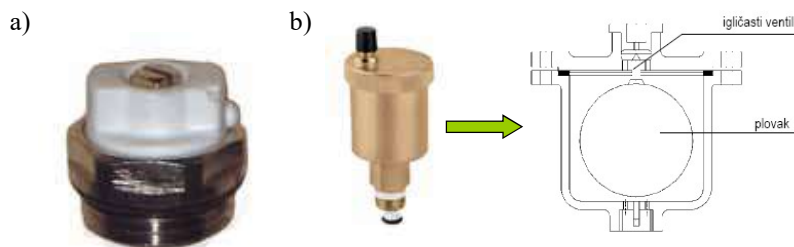
b) gornji razvod





Sistemi toplovodnog grejanja (4)

Odzračivanje



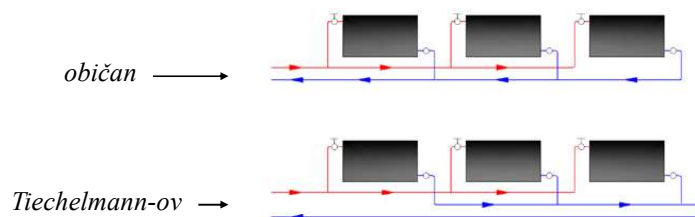
Odzračni ventili: a) radijatorski i b) automatski sa plovkom



Sistemi toplovodnog grejanja (5)

Horizontalni dvocevni razvod

- Kod zgrada male spratnosti a velike površine, razgranatost cevne mreže je dominantna u horizontalnom pružanju.
- Karakteristika Tiechermann-ovog kruga je da je ukupna dužina deonica (razvodni i povratni) od razdelnika do svakog grejnog tela ista.



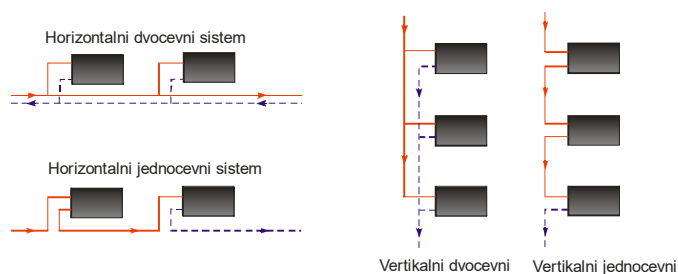


Sistemi toplovodnog grejanja (6)

Jednocevni sistemi grejanja

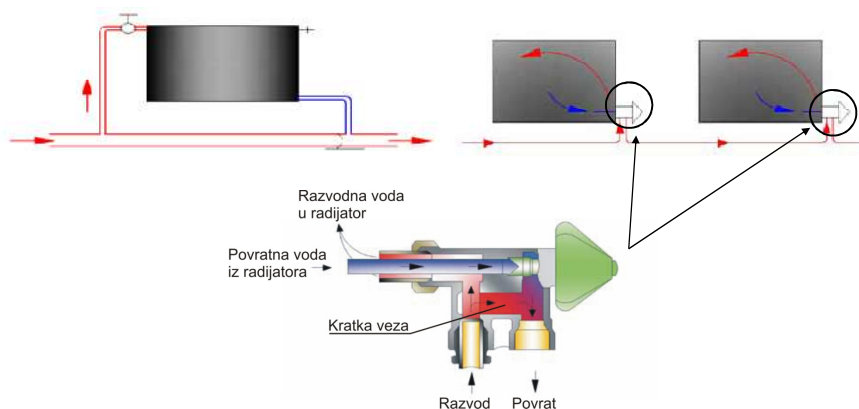
- temperaturski pad u svakom grejnom telu kod jednocevnih sistema manji je nego kod dvocevnih sistema, a srednja temperatura vode u grejnim telima opada u smeru strujanja vode, tako da se njihova površina povećava

Poređenje dvocevnih i jednocevnih sistema



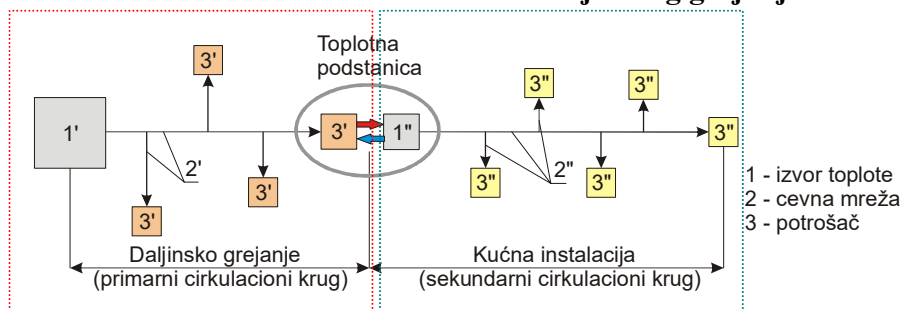
Sistemi toplovodnog grejanja (7)

Jednocevni sistemi grejanja sa razdeljivanjem protoka



Daljinsko grejanje (1)

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)

Daljinsko grejanje (2)

Mreže daljinskog grejanja

Prema konfiguraciji, postoje:

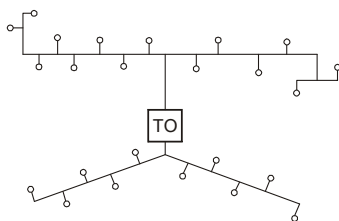
- zrakaste i
- prstenaste mreže.

Prema broju cevi:

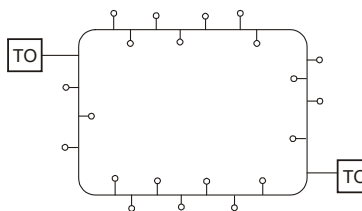
- jednocevne
- dvocevne
- trocevne

Prema načinu polaganja cevi:

- nadzemne
- podzemne



zrakaste

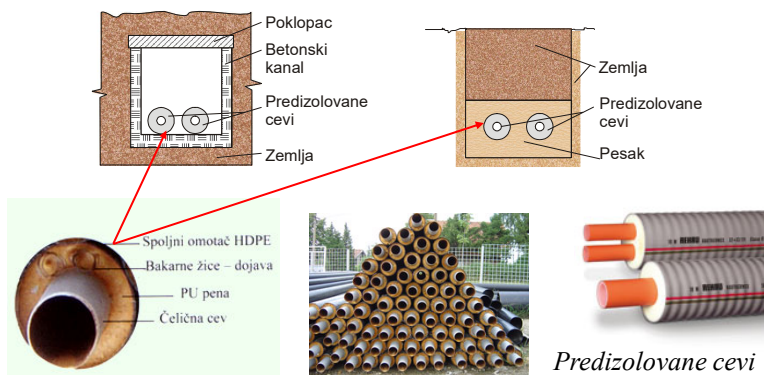


prstenaste

Daljinsko grejanje (3)

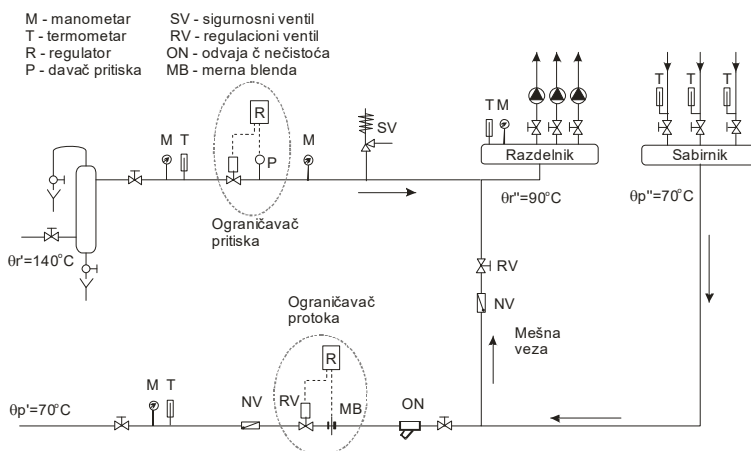
Načini polaganja toplovoda

u betonskom kanalu (levo) i beskanalno (desno)



Daljinsko grejanje (4)

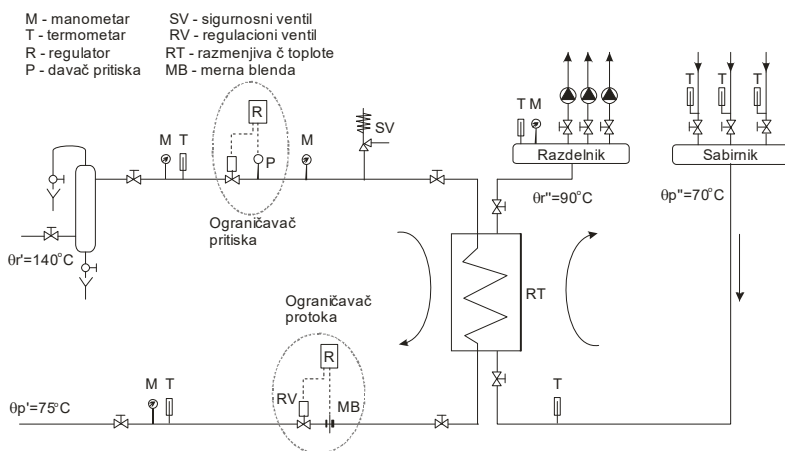
Toplotne podstanice – direktan priključak





Daljinsko grejanje (5)

Toplotne podstanice – indirektan priključak



Daljinsko grejanje (6)

Merenje potrošnje utrošene toplote

