

dodaje se pri vrhu. Prilikom protjecanja kroz žlijeb na materijal utječu gravitacija, trenje i centrifugalna sila. Čestice veće gustoće tonu brzo na dno žlijeba, gdje je usporavanje trenjem najveće i centrifugalna sila najmanja. Te se čestice ispuštaju kroz centralne otvore na dnu žlijeba. Čestice manje gustoće tonu sporije, pa ih centrifugalna sila baca na vanjski rub žlijeba (sl. 43). One teku do kraja žlijeba, gdje se ispuštaju. Prednosti su ovih uređaja mnogobrojne: minimalna posluga (1 radnik na 50 i više spirala), malo habanje, nije potrebna pogonska energija, nema pokretnih dijelova, mali potreban prostor, relativno veliki kapacitet (pri radnoj plohi od 1m^2 jedna spirala može dati $1\cdots 2\text{t/h}$ produkata). Broj upotrijebljenih uređaja zavisi od traženog ukupnog kapaciteta, pa ih može biti i nekoliko stotina u jednom postrojenju.

LIT.: K. Čukmasov, Obogaćivanje mineralnih sirovina u teškim tečnostima i suspenzijama, Izd. preduzeće Ministarstva rudarstva FNRJ, Beograd 1950. — T. Г. Фоменко, Гравитационные процессы обогащения полезных ископаемых, Москва 1966. — H. Schubert, Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, Band II. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1967. — И. С. Благов, Обогащение углей на концентрационных столах, Москва 1967. — М. В. Циперович, В. П. Курбатов, В. В. Хворов, Обогащение углей и тяжелых суспензиях, Москва 1974.

R. Marušić



Sl. 2. Mjedena zdjela za drveni ugljen (Španjolska, 15. st.)

GRIJANJE, postupak održavanja određene temperature u stambenim i radnim prostorijama iskoriscivanjem energije izgaranja krutog, tekućeg ili plinovitog goriva, odnosno pretvaranjem električne energije u toplinu (u nekim slučajevima i koštenje prirodnim izvorima topline).

Zadatak je uređaja za grijanje da osigura ljudima u radnim i stambenim prostorijama ugodan rad i boravak. U hladnim godišnjim razdobljima ugrijavanjem okolišnog zraka regulira se odavanje topline čjevećeg tijela tako da se postigne ravnoteža topline između tijela i okolice i da se čovjek osjeća toplinski i fiziološki lagodno, tj. da se nalazi u pogodnom fiziološkom ambijentu. Faktori koji utječu na lagodnost, osim načina odjevanja, još su i temperatura zraka, srednja temperatura zidova, te gibanje, vlažnost i čistoća zraka. Grijanjem se može utjecati samo na temperaturu zraka i srednju temperaturu zidova. Utjecaj obaju ovih faktora označuje se skupno kao *osjetna temperatura*. Utjecaji ostalih faktora mogu se realizirati samo s uređajem za klimatizaciju zraka. Takvi uređaji smatraju se za najsvršenija tehnička sredstva za postizavanje ugodne klime u prostorijama (v. *Ventilacija i klimatizacija*).

Najstariji oblik grijanja *drvima* jest *otvoreno ložiste*, smješteno na prikladnoj podlozi u sredini prostorije s otvorom u stropu. Tu se toplina prenosi pretežno zračenjem od plamena i žara. Nedostatak je tog loženja zadimljenost



Sl. 1. Antička brončana zdjela za grijanje drvenim ugljenom



Sl. 3. Bakrena zdjela za drveni ugljen (Italija, 16. st.)



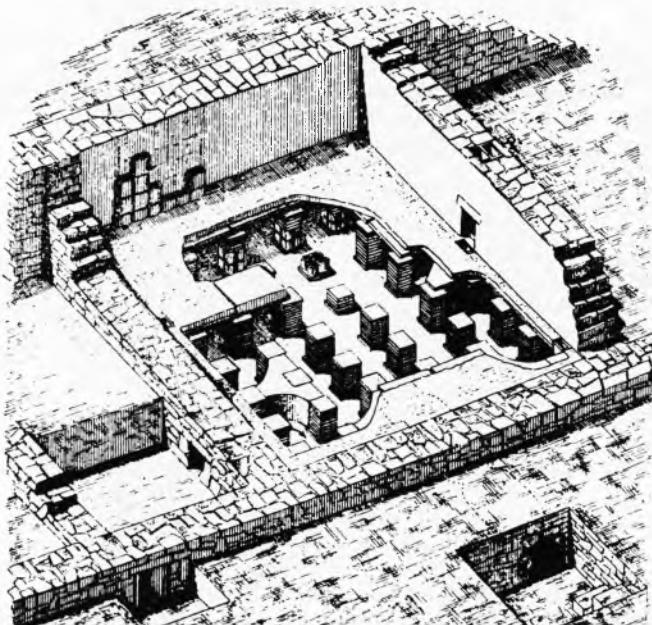
Sl. 4. Kineska bakrena zdjela za drveni ugljen

cijele prostorije. Taj način zagrijavanja prostorija usavršava se prelaženjem na grijanje pomoću *drvenog ugljena smještenog u posebne metalne zdjele*. Drveni ugnjeni, koji se izvan prostorije užario, naslaže se u tankom sloju na zdjele (pladnjeve), gdje izgara polako pri neznatnom dovodu zraka s niskom temperaturom izgaranja. Već su stari Grci upotrebljavali grijanje drvenim ugnjenom, koje se proširilo u šumovitim krajevima u većini južnih naroda sve do Azije. Te zdjele za grijanje imaju različite nazive, tako npr. u Španjolskoj brazero, u Italiji scaldino, u srednjoj Aziji mangal (sl. 1-5).

Nedostatak grijanja s otvorenim ložištem ublažio se najprije smještajem ložišta pored zida, te njegovim obzidavanjem u obliku *kamina* i zidanjem dimnjaka za odvod dima. Tokom vremena taj se način grijanja sve više usavršava gradnjom posebnih *zidanih peći s kamenim*, odnosno *keramičnim* pločicama, koje su još i danas u upotrebi. Već u XVII st. upotrebljavaju se za grijanje prostorija *željezne peći* ložene *ugljenom*. Peći se stalno dalje razvijaju i usavršavaju svršishodnjim oblikovanjem, boljim odavanjem topline i regulacijom temperature.



Sl. 5. Japanska zdjela za drveni ugnjeni od lijevanog željeza



Sl. 6. Hipokaust

Znatne prednosti pružaju usavršene peći za loženje uljem i plinom, te se njihova upotreba u novije vrijeme veoma proširila.

Kao prvo centralno grijanje može se smatrati *hipokaust*, antički uredaj za grijanje (sl. 6). Ispod prostorija, koje su se trebale grijati, bio je posebni podrum, tzv. hipokaust sa stupovima (pilei) visokim 74cm od opeke ili glinenih cijevi. Na stupovima su bile postavljene ploče od opeke koje su nosile 15-20cm debeli strop. Ložište je bilo smješteno pored zgrade. Gorivo je bilo drvo ili drveni ugalj. Vrući dimni plinovi strujali su između stupova hipokausta i odvodili se kroz otvore u zidovima. Kad su stupovi, a djelomično i strop bili dovoljno zagrijani, obustavilo se loženje, zatvarali su se otvori za odvod dima, a otvarali otvori u podu ili u zidovima prostorije. Tada se dovodio u prostoriju svjeći vanjski zrak, koji se zagrijao pri prolazu pored usijanih stupova hipokausta.

Grijanje parom potjeće iz Engleske (1745). Prvo se upotrebljava odušna para s pritiskom oko 2 bara. Grijala su bila u obliku cijevnih registara ili rebrastih cijevi. Kasnije se posebno proizvodila niskotlačna para 1,1-1,3 bara u posebnim kotlovima od lijevanog željeza (1870), a grijala su bila sastavljena od članaka iz lijevanog željeza, tzv. radijatora.

Grijanje toplom vodom izumio je Francuz Bonnemain već 1777. godine, ali dalji razvoj i proširenje upotrebe ovog sustava slijedi tek poslije 1850. godine. Grijanje vremenom vodom iznad 100°C izumio je Englez Perkins. To je bio zatvoren cijevni sustav posebne izvedbe za visoki tlak do 200 bara. Upotrebljavao se uglavnom u industriji. U novije vrijeme upotrebljava se tlačna vrela voda za daljnjsko grijanje gradskih četvrti s temperaturama vode najviše oko 150-180°C i s tlakovima oko 10 bara. Električne naprave za grijanje, v. *Električni kućanski aparati*, TE4, str. 100.

Uređaji za grijanje razlikuju se: a) prema načinu proizvodnje topline na lokalno, centralno i daljinsko (rajonsko) grijanje; b) prema nosiocu energije za grijanje (drvo, ugnjeni, ložno ulje, plin i električna energija); c) prema načinu izmjene topline: grijanje konvekcijom i zračenjem topline.

Brojni sustavi i izvedbe uređaja za grijanje često otežavaju ispravni izbor, jer svaki sustav ima svoje prednosti i nedostatke. Općenito, dobro grijanje prostorija mora ispunjavati slijedeće uvjete: zahtijevana temperatura u prostorijama mora se postići u što kraćem roku, temperatura zraka mora se održavati jednako merno u svim smjerovima, redovno 20-25°C s odstupanjem ± 1°C. Pregrijavanje, odnosno ohlađivanje prostorija zbog promjenljivih vanjskih uvjeta treba sprječiti regulacijom proizvodnje i odavanja topline.

Grijanje ne smije kvariti zrak za disanje, osobito ne smije razvijati prašinu niti štetne plinove. U pogonu ne smiju se pojaviti šumovi koji smetaju, a niti propuh. Površinske temperature grijala ne treba da prelaze 80°C. Grijala moraju imati glatke površine da se mogu lako čistiti. Osim o navedenim uvjetima, ispravan izbor sustava grijanja za pojedine slučajeve ovisit će još o mnogim faktorima, kao što su vrsta i način izvedbe zgrade i za koju se svrhu ona upotrebljava, broj ljudi i njihov način odjevanja, trajanje pogona, klimatski uvjeti, način proizvodnje topline, vrsta goriva, investicijski i pogonski troškovi, itd.

POTREBNA TOPLINA ZA GRIJANJE

Toplina koju treba dovesti za grijanje neke zgrade radi održavanja željene temperature ovisi, osim o klimatskim uvjetima, samo o svojstvima zgrade. Ta se toplina određuje prema određenom postupku i propisu na temelju nacrta zgrade i upotrijebljenog građevnog materijala, a pri tome valja paziti na unutrašnje i vanjske temperature, te na vrijednost toplinske vodljivosti i propusnost građevnih elemenata. Potreba topline za grijanje neke zgrade osnova je za određivanje kapaciteta uređaja za grijanje i dimenzija ogrjevnih površina. Proračunata potreba topline nije jednakna stvarnom potrošku topline za grijanje zgrade, jer će stvarne vrijednosti fizičkih veličina građevnih elemenata za vrijeme pogona biti različite od vrijednosti u proračunu. Zbog toga proračunske vrijednosti treba da budu odabrane s nekom određenom sigurnosti.

Ukupna potreba topline u jednom satu Q_h sastoji se iz transmisijske topline Q_T i iz topline ventilacije Q_V .

$$Q_h = Q_T + Q_V. \quad (1)$$

Transmisijska toplina neke prostorije određuje se iz gubitaka topline Q_0 kroz sve građevne elemente prostorije pomnoženih s faktorom dodataka Z . Taj faktor sadrži dodatke za izjednačenje hladnih vanjskih površina Z_d i za utjecaj strana svijeta Z_s .

$$Q_T = Z Q_0; \quad Z = 1 + Z_d + Z_s. \quad (2)$$

GRIJANJE

Gubitak topline Q_0 W sastoji se od gubitaka kroz prozore, vrata, zidove te kroz pod i strop prostorije prema izrazu

$$Q_0 = \sum k(t_u - t_v)A, \quad (3)$$

gdje je k $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ koeficijent prolaza topoline, t_u $^{\circ}\text{C}$ temperatura zraka u prostoriji, t_v $^{\circ}\text{C}$ proračunska temperatura vanjske atmosfere, A m^2 površine građevnih elemenata.

Pomoću dodatka izračunava se ukupni gubitak topoline prostorije. Dodaci Z_d mogu se izraziti prema nekoj prosječnoj vrijednosti prolaza topoline D ukupne obuhvatne površine A_{uk} prostorije

$$D = \frac{Q_0}{A_{uk}(t_u - t_v)}. \quad (4)$$

U tabl. 1 prikazane su vrijednosti dodatka Z_d ovisne o faktoru D . Dodaci za stranu svijeta Z_s određuju se prema prosječnom zračenju Sunca pri različnim smjerovima i iznose $-0,05 \dots +0,05$ (tabl. 2).

Tablica 1
DODATAK Z_d PREMA FAKTORU D

D $\text{W/m}^2 \text{K}$	<0,26	0,27 do 0,43	0,44 do 0,60	0,61 do 0,76	0,77 do 0,91	0,92 do 1,05	1,06 do 1,19	1,20 do 1,32	1,33 do 1,50	>1,50
Z_d	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20

Tablica 2
DODACI Z_s S OBZIROM NA STRANE SVIJETA

Strana svijeta	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE
Z_s	-0,05	-0,05	0	0,05	0,05	0,05	0	-0,05

Toplina ventilacije Q_v ovisi, s jedne strane, o propusnosti prostorije, tj. o prolazu zraka kroz reške (sastave, zazore) prozora i vratiju, i, s druge strane, o razlici tlaka između vanjske i unutrašnje strane prozora, koja nastaje zbog djelovanja vjetra. Određuje se izrazom

$$Q_v = \sum(a_l)HR(t_u - t_v)Z_E, \quad (5)$$

gdje je

$$a = \frac{V_u}{l\Delta P^{2/3}} \quad (6)$$

faktor propusnosti, koji predstavlja propusnost zraka V_u m^3/h za svaki metar duljine l reške prozora pri razlici tlaka od 1 Pa (N/m^2) (tabl. 3). H je značajka zgrade određena relacijom

$$H = 1,2 c_p \varrho \frac{\sum(a_l)_z}{\sum(a_l)_v + \sum(a_l)_z} \Delta P^2 \quad (7)$$

u kojoj je c_p specifična toplina zraka, ϱ njegova gustoća, $\sum(a_l)_v$ ukupno dostrujavanje zraka kroz vanjske prozore djelovanjem vjetra, $\sum(a_l)_z$ odstrujavanje zraka u zavjetrinu, a ΔP razlika između tlaka nastrujavanja vjetra i tlaka u zavjetrinu koja ovisi o smjeru nastrujavanja vjetra. ΔP za okomito na-

Tablica 3
FAKTOR PROPUSNOSTI a $\text{m}^3/\text{m h Pa}^{2/3}$

Vanjski prozori i vrata	Drveni okviri	Jednostruki Spojni (krilo na krilo) Dvostruki	0,66 0,55 0,44
	Metalni okviri	Jednostruki Spojni Svostruki	0,33 0,33 0,26
Unutrašnja vrata	S pragom (zabrtvljena)		3,30
	Bez praga (nezabrtvljena)		8,70

Tablica 4
ZNAČAJKA ZGRADE H $\text{WhPa}^{2/3}$

Klimatska zona	Položaj zgrade	Brzina vjetra m/s	H za tipove zgrada	
			Samostalne	U nizu
Normalno područje	Zaštićeni	2	0,70	0,50
	Normalni	4	1,80	1,30
	Slobodni	6	3,20	2,20
	Nepovoljni	8	4,50	3,20
Vjetrovito područje	Normalni	6	3,20	2,20
	Slobodni	8	4,50	3,20
	Nepovoljni	10	6,00	4,35

Tablica 5
ZNAČAJKA PROSTORIJE R

Izvedba vratiju	Normalna bez praga, s obzirom na broj unutrašnjih vratiju	Zabrtvljeno s pragom, s obzirom na broj unutrašnjih vratiju	Značajka prostorije R
Broj vratiju	1	2	3
$\Sigma(a_l)$ $\text{m}^3/\text{h Pa}^{2/3}$	≤ 17 > 17	≤ 34 > 34	≤ 43 > 43
			≤ 7 > 7
			≤ 14 > 14
			≤ 20 > 20
			0,9 0,7

strujavanje iznosi $0,8 \dots 1,3$, a za koso $1 \dots 1,5$. Vrijednosti značajke H nalaze se u tabl. 4. U izrazu (5) R je značajka prostorije, koja ovisi o otvorima i reškama kroz koje zrak može izlaziti iz prostorije, pa je njezina vrijednost funkcija propustljivosti svih vanjskih prozora i vratiju izloženih strujanju zraka $\Sigma(a_l)_v$, te o propustljivosti unutrašnjih vratiju kroz koja zrak odstrujava iz prostorije, $\Sigma(a_l)_z$. U tabl. 5 nalaze se vrijednosti značajke R za odstrujavanje zraka za $1 \dots 3$ vrata. Za prostorije bez unutrašnjih vratova između dostrujavanja i odstrujavanja vrijedi $R = 1$. Z_E je dodatak za položaj prozora; on obično iznosi 1, jedino je za ugaone prozore $Z_E = 1,2$.

Unutrašnja temperatura prostorije t_u $^{\circ}\text{C}$ odabire se prema namjeni, uvezši u obzir i posebne zahtjeve za određene prostorije. Općenito je za prostorije, gdje ljudi dulje vremena borave u sjedećem položaju ili rade lakši posao, temperatura zraka $20 \dots 22^{\circ}\text{C}$. Za pretprostore, hodnike i nužnike jest 15°C , a za stubišta i prolaze 10°C .

Vanjska temperatura okolice (atmosfere) t_v $^{\circ}\text{C}$, koja služi kao osnova za proračune, određuje se za različita klimatska područja na osnovi srednjih godišnjih minimuma, računajući i trajanje hladnih ekstrema za dulje vremensko razdoblje.

LOKALNO GRIJANJE

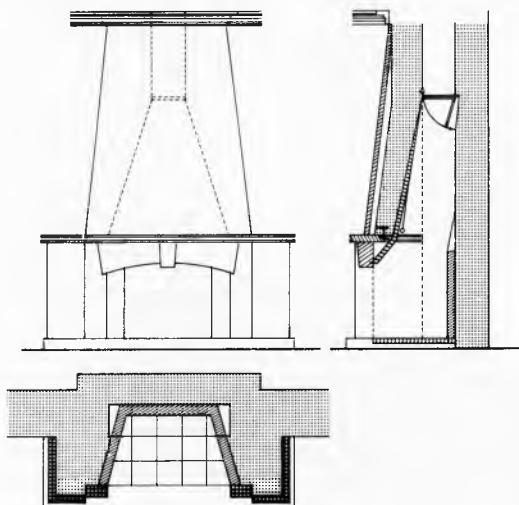
Toplina se proizvodi u posebnim ložištima odvojeno za svaku prostoriju. Razlikuju se: kamini, peći s velikom akumulacijom topline, peći s malom akumulacijom topline i peći za loženje uljem, plinom ili električnom strujom.

Peći za kruta goriva

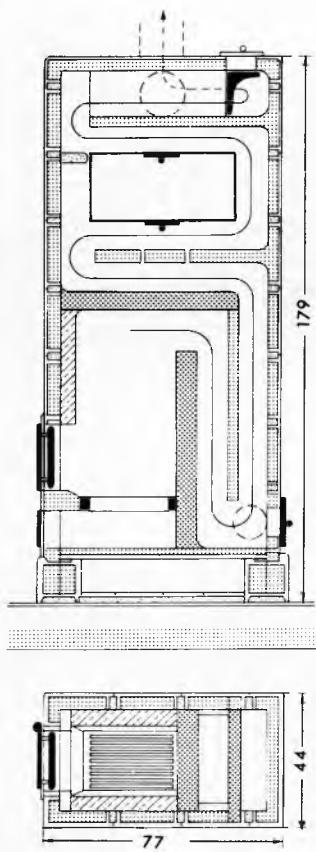
Kamini su najstarije peći za grijanje s otvorenim ložištem (sl. 7). Zagrijavanje prostorije nastaje pretežno zračenjem topline. Stupanj iskoristivosti ovog grijanja jest svega $10 \dots 15\%$, jer se najveći dio topline odvodi s dimnim plinovima kroz dimnjak. Grijanjem kaminom postizava se dobro provjetravanje, ali nedovoljno zagrijavanje prostorije. Kamini se danas rijetko upotrebljavaju, i to samo kao dodatno grijanje, a ponekad radi dekoracije.

Peći s velikom akumulacijom topline (kaljeve peći). Grade se od posebnih keramičkih pločica i šamotnih opeka (odnosno ploča) u oblicima koji su prilagođeni različitim uvjetima i zahtjevima. Značajka je ovih peći da su proizvodnja topline i odavanje topline vremenski pomaknuti. Dnevno se jedanput ili dva puta napuni ložište gorivom, koje će razmjerno u kratkom vremenu izgorjeti. Pri tome će se oslobođena toplina izgaranja akumulirati u zidovima peći. S povišenjem površinske temperature peći počinje postepeno odavanje topline zraku prostorije. Trajanje odavanja topline ovisi o debljinu akumulacijske mase

i veličini vanjske površine peći. Zbog velike mase koja sudjeluje pri izmjeni topline nije moguće s ovim pećima brzo ugrijati prostoriju, a niti su podesne za brzu regulaciju odavanja topline.

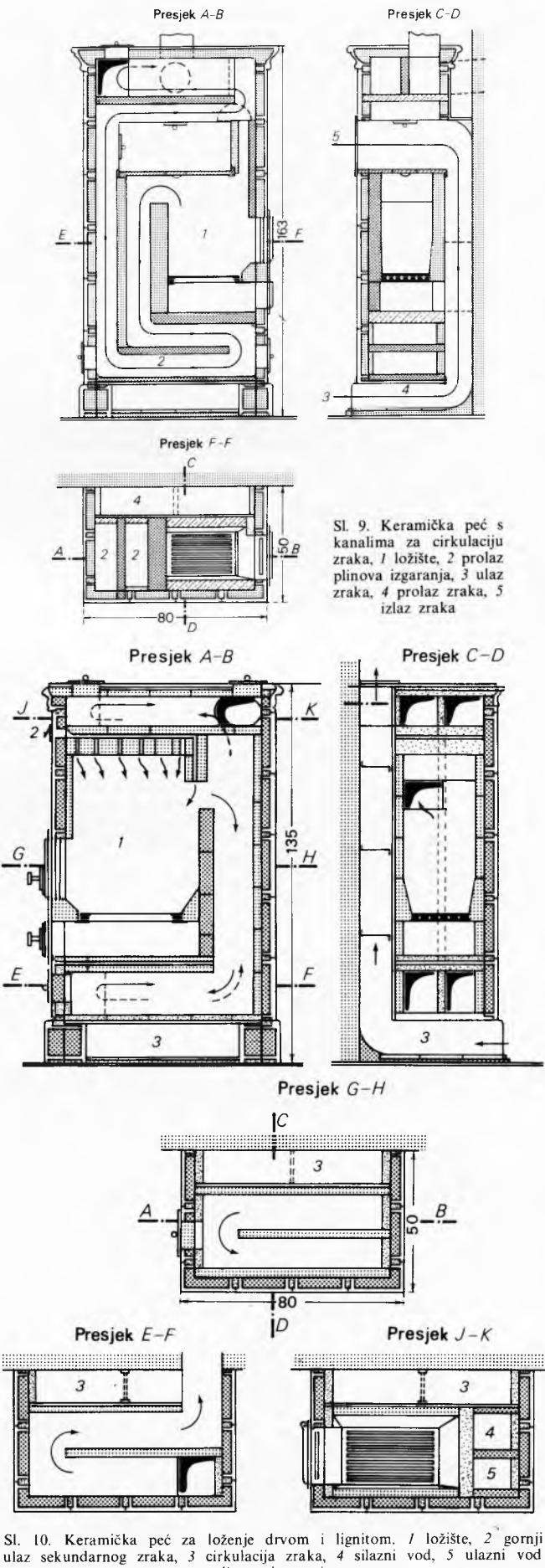


Sl. 7. Kamin



Sl. 8. Keramička peć obične izvedbe

Kao gorivo obično se upotrebljava drvo, no u novije vrijeme sve se više loži smeđim ugljenom i lignitom. Prijelazom na loženje ugljenom mijenja se i unutrašnja konstrukcija peći. Prostor za izgaranje se povisuje, a radi potpunog izgaranja ugrađuju se posebni kanali za dovod sekundarnog zraka. Na sl. 8 do 10 prikazane su neke izvedbe tih peći. Određivanje veličine peći izvodi se na osnovi proračuna potrebne topline za pojedine prostorije. Odavanje topline peći uzima se, već prema debljinama zidova, pri normalnoj izvedbi $0,5\cdots 0,7 \text{ kW/m}^2$ ($1800\cdots 2500 \text{ kJ/m}^2 \text{ h}$), a za specijalne izvedbe s cirkulacijom

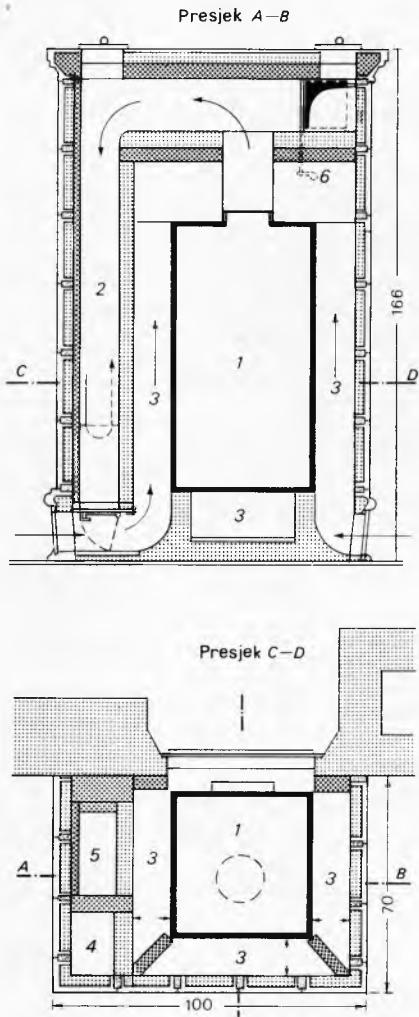


Sl. 9. Keramička peć s kanalima za cirkulaciju zraka, 1 ložiste, 2 prolaz plinova izgaranja, 3 ulaz zraka, 4 prolaz zraka, 5 izlaz zraka

Sl. 10. Keramička peć za loženje drvom i lignitom. 1 ložiste, 2 gornji ulaz sekundarnog zraka, 3 cirkulacija zraka, 4 silazni vod, 5 ulazni vod plinova izgaranja

zraka $0,9\cdots1,8 \text{ kW/m}^2$ ($3200\cdots6500 \text{ kJ/m}^2 \text{ h}$). Stupanj je iskoristivosti pri dobrim izvedbama $60\cdots70\%$.

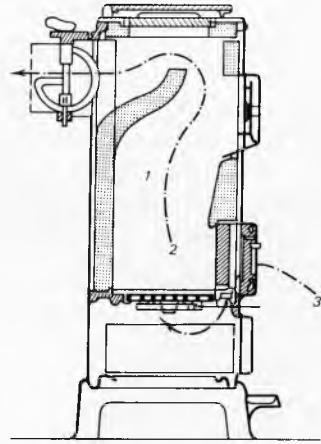
Za veće dvorane i predavaonice uspješno se upotrebljavaju akumulacijske peći s ugrađenom peći od željeza za kontinuirano grijanje (sl. 11). Te željezne peći ugrađuju se unutar šamotne oplate tako da se omogući strujanje zraka iz prostorije u međuprostoru između željezne peći i oplate. Zrak se pri prolazu pored vrućih željeznih površina ugrije i topao vrat u prostoriju. Zbog stalne cirkulacije zraka ubrzava se zagrijavanje prostorije, a razdioba temperature je jednakomjernija. Plinovi izgaranja provode se kroz posebne uzlazne i silazne kanale smještene pored vanjskih površina kako bi ugrijali akumulacijske zidove i keramičke pločice. U većim pećima obično se loži i poslužuje iz hodnika.



Sl. 11. Keramička peć s ugrađenim željeznim uloškom. 1 ložiste, 2 prolaz plinova izgaranja, 3 prolaz zraka, 4 ulazni vod plinova izgaranja, 5 silazni vod plinova izgaranja, 6 regulacijska zaklopka

Peći s malom akumulacijom topline. To su željezne peći s plastirom od lijevanog željeza ili čeličnog lima, koji je s unutrašnje strane obložen šamotom kako bi se zaštitio od prekomjernog usijavanja. Regulacija odavanja topline u željeznim pećima postizava se podešavanjem dovoda zraka u ložiste, čime se pospješuje ili usporava izgaranje goriva. Željezne peći su podesne kako za kratkotrajni tako i za trajni pogon. Željezne peći posjeduju, suprotno keramičkim pećima s velikom akumulacijskom sposobnošću, razmjerno tanke zidove, te su stoga pri istim učincima lakše i manje, a često i prenosive. Najčešće se grade za toplinski učin $10000\cdots25000 \text{ kJ/h}$. S obzirom na izvedbu i način izgaranja razlikuju se željezne peći s gornjim i donjim izgaranjem.

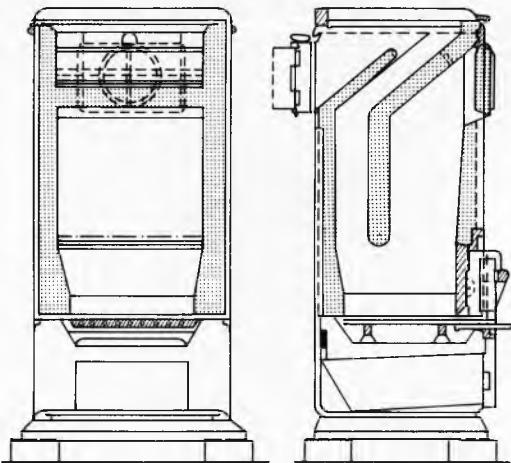
Peći s gornjim izgaranjem iskorištavaju unutrašnji, šamotom obloženi prostor istodobno kao bunker za gorivo i kao prostor za izgaranje. Gorivo izgara na roštilju, a nastali dimni plinovi prolaze kroz cijeli sloj goriva (sl. 12). Za regulaciju



Sl. 12. Željezna peć s gornjim izgaranjem. 1 ložiste, 2 plinovi izgaranja, 3 zrak

toplinskog učina služi podesivi zasun s otvorima za dovod zraka za izgaranje. Često se željezne peći izvode s vanjskim zaštitnim plaštem da se sprječe visoke površinske temperature. Time se smanjuje odavanje topline zračenjem. Koks i antracit najpovoljnija su goriva za ove peći, no mogu se ložiti i briketima smeddeg ugljena. Prostor za gorivo i izgaranje mora biti dovoljno velik da može primiti ugljen za $10\cdots14$ sati grijanja. Prosječno je opterećenje ogrjevne površine 15000 kJ/hm^2 , a stupanj iskoristivosti oko 65% .

Peći s donjim izgaranjem imaju odvojeni prostor za gorivo, koji seže nešto iznad roštilja. Izgaranje je na roštilju, a plinovi izgaranja vode se kroz posebni kanal omeđen s jedne strane stijenkama bunkera za gorivo, a s druge strane obloženim vanjskim plaštem (sl. 13). Kao gorivo mogu se upotrijebiti sve vrste ugljena. Prosječno opterećenje ogrjevne površine jest 12000 kJ/hm^2 , a stupanj iskoristivosti do 70% .



Sl. 13. Željezna peć s donjim izgaranjem

Željezne se peći stalno usavršavaju. Nova nastojanja teže za što višim iskorištenjem topline dimnih plinova, i to različitim načinom njihovog vodenja.

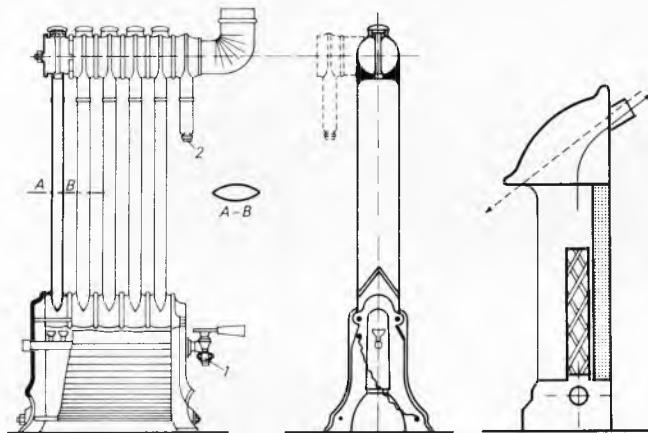
Peći za loženje plinom

Prednosti grijanja prostorija plinom, prema grijanju s čvrstim gorivima, jesu slijedeće: posluživanje je jednostavno, brzo ugrijavanje i čisti pogon, otpada doprema goriva i odstranjanje pepela, regulacija temperature može biti automatska prema van-

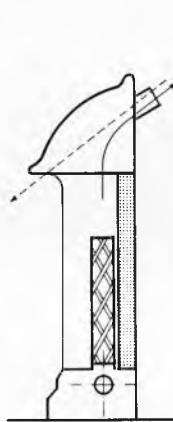
skoj temperaturi, te mogućnost točnog određivanja potroška plina pomoću plinomjera. Nedostaci su takvog grijanja: visoki pogonski troškovi, opasnost trovanja kad su naprave neispravne i ponekad poteškoće pri gradnji odvodnih kanala za plinove izgaranja.

Prema načinu odavanja topline razlikuju se peći sa zračenjem topline i peći s konvekcijom topline.

Plinske peći sa zračenjem topline. Plinski radijatori izvode se od lijevanog željeza ili zavarenog čeličnog lima, a sastavljeni su od pojedinih članaka (sl. 14). U donjem otvorenom prostoru za izgaranje smješten je gorionik. Plinovi izgaranja prolaze kroz šupljine članaka, sakupljuju se u gornjem dijelu i odvode u dimnjak.



Sl. 14. Plinski radiator. 1 priključak za plin, 2 ispušni vijak



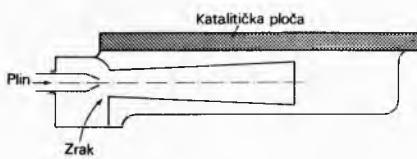
Sl. 15. Plinska žarna peć

Plinske žarne peći (sl. 15). U donjem dijelu peći smješten je Bunsenov plamenik. Plamen upaljenog plina užari ugradenu ploču od magnezita ili gline koja predaje prostoriji pretežni dio topline zračenjem. Iznad užarenog tijela obično su smještene ogrjevne plohe koje predaju preostali dio topline konvekcijom okolini. Kroz gornji plašt peći odvode se dimni plinovi u dimnjak.

Zbog visokih površinskih temperatura te se peći mogu upotrebjavati samo za povremeno grijanje nekih prostorija (npr. kupaonica).

Za sve plinske peći treba predvidjeti odvodni vod za plinove izgaranja, koji se priključi na posebno izvedeni dimnjak. Da se spriječi zastoj uzgona u dimnjaku, odnosno povratno strujanje zbog vjetra, pri čemu bi se mogao plamen plamenika utrnuti, potrebno je predvidjeti prekidač propuha s osiguranjem od protustrujanja.

Plinske peći s infracrvenim zračenjem. Za grijanje visokih dvorana, tvorničkih hala i sl. upotrebljavaju se stropne plinske grijalice posebne izvedbe. U tim grijalicama dovodi se preko Bunsenova plamenika smjesa plina i zraka u neku poroznu masu, gdje pod utjecajem katalizatora smjesa izgara bez ostataka. Pri tom proizvodi površinsku temperaturu $800\text{--}900^{\circ}\text{C}$ (svijetlocrveni žar). Zbog visoke temperature usijanih ploča od šamota ili drugog materijala, ploče emitiraju infracrvene zrake (duljina valova zračenja $0,8\text{--}4\mu\text{m}$), koje se na ozračenim površinama pretvore u toplinsku energiju i zagriju ih (sl. 16 i 17).



Sl. 16. Infracrvena grijalica (sHEMA)

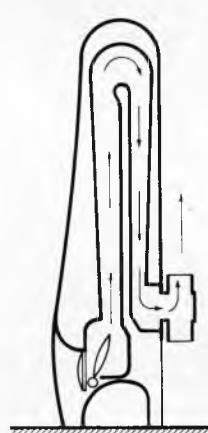
Priklučuju se na gradsku plinsku mrežu. Svaka jedinica plamenika ima žaru plohu od $120\times180\text{mm}$. Potrošak plina iznosi $0,8\text{--}1\text{m}^3/\text{h}$ po plameniku. Od proizvedene topline u grijalicu



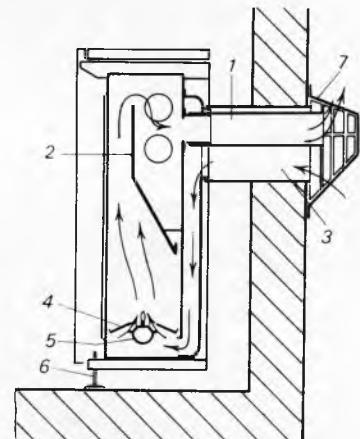
Sl. 17. Infracrvena grijalica (izvedba)

predaje se zračenjem na $8\text{--}10\text{m}^2$ površine prostorije toplinski učin $1,75\text{--}2,1\text{kW}$.

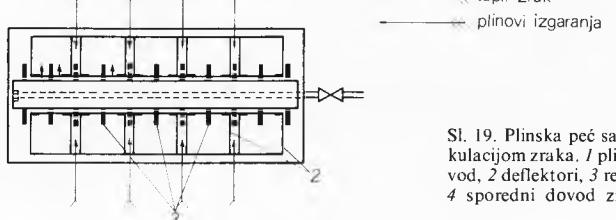
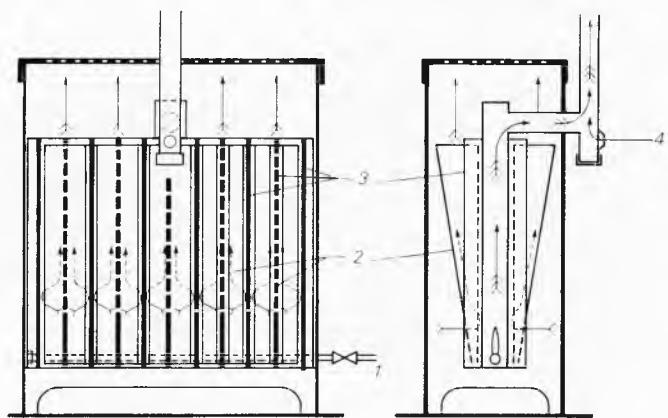
Veće grijalice dobivaju se sastavljanjem više osnovnih jedinica. Gostoca dozračene energije iznosi, već prema opterećenju, $50\text{--}100\text{W/m}^2$.



Sl. 18. »Gasiator« po Junkersu



Sl. 20. Plinska peć bez dimnjaka. 1 priključak kroz zid, 2 deflektor, 3 dovod svježeg zraka, 4 vodilica, 5 gorionik, 6 vijak za podešavanje, 7 zaštitna mreža



Sl. 19. Plinska peć sa cirkulacijom zraka. 1 plinski vod, 2 deflektori, 3 rebra, 4 sporedni dovod zraka

Zbog visokih površinskih temperatura moraju se grijalice smjestiti dovoljno visoko, najmanje 4m iznad glave ljudi. Budući da se plinovi izgaranja odvode neposredno u prostoriju, potrebno je predvidjeti posebne otvore u stropu za odvod tih plinova.

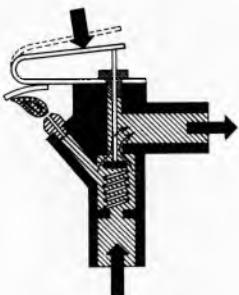
Plinske peći s konvekcijom topline. Za grijanje prostorija gdje ljudi borave veći dio dana nisu podesne plinske grijalice sa zračenjem topline zbog nehigijenskih visokih površinskih temperatura. Za trajno grijanje prostorija izvode se plinske peći sa zaštitnim plastičnim ili aluminijskim limom i cirkulacijom zraka kroz kanale oko vrućih površina. Tu se toplina predaje pretežno konvekcijom zraka u prostoriji (sl. 18 i 19).

U novije vrijeme najviše se grade plinske peći obložene šamotnim opekama i keramičkim pločicama (tzv. kaminske peći). Toplinski im je učin do 12kW.

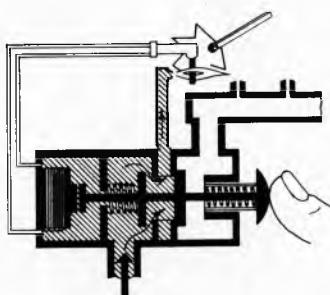
Noviju izvedbu plinske peći za smještaj ispod prozora, odnosno uz vanjski zid zgrade prikazuje sl. 20. Tada nije moguće graditi posebne dimnjake za pojedine peći, pa se neposredno kroz otvor u vanjskom zidu dovodi svježi zrak i odvode plinovi.

Sigurnosni uređaji. Za sve plinske naprave treba predvidjeti posebno osiguranje da ne bi neizgorjeli plin strujao u prostoru i štetno djelovao na okolicu. Postoje dvije izvedbe:

Bimetalični osigurač. Ručno upaljen ili trajno goreći plamen grije bimetaličnu polugu koja otvara ventil za dovod plina. Ako se plamen utrne, ventil se zatvara (sl. 21).



Sl. 21. Shematski prikaz bimetaličnog osigurača



Sl. 22. Shematski prikaz termoelektričnog osigurača

Termoelektrični osigurač. Ručno se otvara ventil za dovod plina za paljenje. Plamen plina ugrije termoelement koji provodi istosmjernu struju s naponom 30...50mV pri $\sim 600^{\circ}\text{C}$, te pomoću elektromagneta drži ventil plina otvorenim. Ako se plamen utrne, prestaje proizvodnja struje i ventil se za dovod plina zatvara (sl. 22).

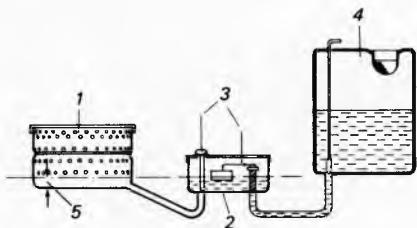
Uredaj za paljenje. Starije peći su se palile ručno različitim upaljačima. U novije se vrijeme upotrebljavaju piezoelektrični upaljači, koji se koriste svojstvom nekih kristala (kremen i dr.), pa se zbog mehaničkog udara deformiraju i električki nabijaju. Pomoću induktora električni se napon povećava do 20kV. Električnim upaljačima s užarenom spiralom moguće je upaliti plin iz veće udaljenosti.

Regulacija plinskih peći može biti *ručna*, prema potrebi rukom se više ili manje otvara ventil za plin, ili *automatska*, s automatskim uređajima za uklapanje i podešavanje pomoću termostata i magnetskih ventila.

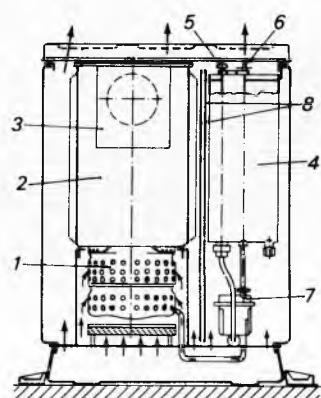
Peći za loženje uljem

To su peći koje se lože lakošćivim uljem. Iz spremnika teče ulje slobodnim padom do *nivo-posude* s plovkom gdje se održava konstantna razina ulja. Odatle ulje struji kroz *regulacijski ventil u komoru za izgaranje* (gorionik-isparivač, sl. 23). Nakon paljenja, zbog djelovanja topline plamena, ulje se ispari, miješa sa zrakom koji se dovodi kroz otvore u posudi gorionika, te izgara. Nastali plinovi izgaranja prolaze kroz komoru gorionika prema gore oko izmjenjivača topline, ili neposredno uz vanjski plastični poklopac peći u odvodni vod plina i u dimnjak. Ugrijane površine odaju toplinu zraku prostorije pretežno konvekcijom, a samo djelomično zračenjem (sl. 24).

Spremnik ulja sadrži obično 10...15 litara, a smješten je iza peći ili unutar opplate. Za više peći može se predvidjeti zajednički spremnik za cijelu zgradu. Ulje se tlači pomoću pumpe do nivo-posude pojedinih peći.

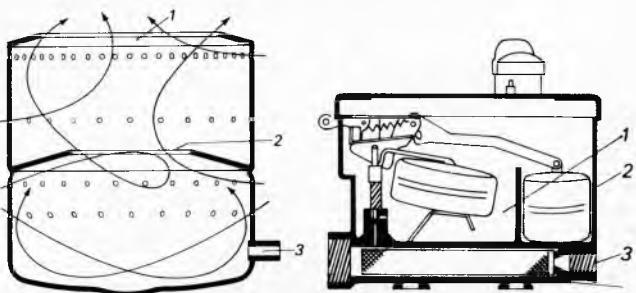


Sl. 23. Princip uljne peći. 1 gorionik, 2 nivo-posuda, 3 regulator, 4 rezervoar, 5 visina nivoa ulja

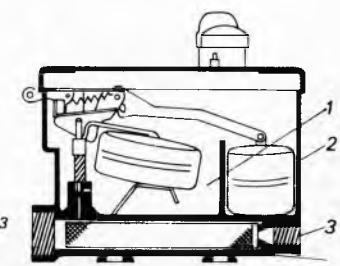


Sl. 24. Ulijna peć. 1 gorionik, 2 komora za izgaranje, 3 prigušni odvod plina izgaranja, 4 spremnik ulja, 5 zaštitni ventil za ulje, 6 podešivač, 7 regulator ulja, 8 zaštitne ploče

Komora za izgaranje (gorionik uljne peći) obično je izведен u obliku lonca (ponekad u obliku korita) od čeličnog lima poštojanog na visokoj temperaturi, s mnogo rupica za dovod zraka po obodu. Promjer komore je 100...300mm. Unutar komore za izgaranje postavljeni su posebni prstenovi gorionika za stabilizaciju plamena. Gornji prsten usmjerava dovedenu struju zraka do sredine plamena, čime se postiže potpunije izgaranje. Donji prsten osigurava da dno komore ostaje dovoljno toplio. Dodatavanjem trećeg, srednjeg prstena s prikladnim rasporedom otvora za zrak u stijeni komore gorionika moguće je postići ugodan plavi plamen umjesto crvenožutog plamena (sl. 25).



Sl. 25. Komora za izgaranje (gorionik uljne peći). 1 gornji prsten gorionika, 2 donji prsten gorionika, 3 dovod ulja



Sl. 26. Regulator ulja s dvostrukim plovkom. 1 komora regulatora, 2 gurnosna komora, 3 dovod ulja

Regulator ulja održava konstantnu razinu ulja, regulira učin grijanja i sprečava prelijevanje ulja (sl. 26).

Potrebni uzgon u dimnjaku jest 10...30 Pa, već prema učinu peći. Gorionici su veoma osjetljivi kako na premali tako i na preveliki uzgon. Za peći s većim toplinskim učinom nije do-

voljan prirodan propuh, pa je potrebno ugraditi ventilator za dovod zraka. Regulacijom dovoda goriva i zraka može se učiniti regulirati u omjeru 1 : 3 do 1 : 5.

Uljne se peći izvode s toplinskim učinom 15...80 MJ/h, a rade sa stupnjem iskoristivosti od oko 70%. Kao gorivo upotrebljavaju se samo lakohlapljiva ulja s viskozitetom 1,5°E i s vrelim 180...360°C. Pale se električki užarenom spiralom, odnosno visokonaponskom električnom iskrom.

CENTRALNO GRIJANJE

Karakteristika je centralnog grijanja da se toplina proizvodi centralno u zajedničkoj kotlovnici te pomoću nekog prijenosnika topline (voda, para ili zrak) dovodi u pojedine prostorije.

Prednosti centralnog grijanja jesu: ekonomičnije izgaranje goriva u većim kotlovima; mogućnost podešavanja izgaranja automatskim upravljačem prema vanjskoj temperaturi; otpada prijenos goriva i pepela, te dnevno potpaljivanje vatre u pojedinim prostorijama; posluživanje je jednostavno: grijala zauzimaju malo mesta, a mogu se smjestiti ispod prozora, tj. ispred površine hlađenja; mogućnost grijanja nusprostorija, stubišta i sl.; održavanje konstantne temperature u prostorijama pomoću automatske regulacije odavanja topline grijala prema vanjskoj temperaturi.

Prema vrsti prijenosnika topline razlikuje se centralno grijanje topalom vodom, vodenom parom i toplim zrakom (v. *Ventilacija i klimatizacija*).

Grijanje topalom vodom

U kotlu ugrijana voda provodi se kroz cjevovod razvodne mreže do grijala (radijatora), gdje se ohladi predajom topline konvekcijom zraku, a zračenjem okolišnim zidovima i drugim površinama u prostoriji. Ohlađena se voda odvodi kroz sabirni cjevovod natrag u kotao, te ponovno započinje isti kružni tok.

Prema sili koja djeluje na optok vode razlikuje se toplovodno grijanje gravitacijom i prisilnom cirkulacijom s pumpama. S obzirom na atmosferu postoji *otvoreno* i *zatvoreno* toplovodno grijanje, a prema izvedbi *jedocijevni* i *dvocijevni* sustavi s gornjom, odnosno donjom razvodnom mrežom.

Najviša temperatura vode u kotlu, pri maksimalnom toplinskem opterećenju uređaja, ne treba da prelazi 95°C. Pri manjim opterećenjima može se temperatura vode u kotlu smanjiti ovisno o vanjskoj temperaturi podešavanjem (ručno ili automatsko) intenzivnosti izgaranja u kotlu (centralna regulacija). Uredaji za grijanje topalom vodom, zbog niske površinske temperature grijala, najpodesniji su za grijanje stambenih, javnih i sličnih zgrada.

Prednosti grijanja topalom vodom jesu: jednostavno posluživanje i velika sigurnost u pogonu; mogućnost centralne regulacije mijenjanjem temperature vode i prilagođivanjem odavanja topline grijala prema stvarnoj potrebi; zagrijavanje je prostorija, zbog niske površinske temperature grijala, jednakomjerno i ugodno; djelovanje korozije je neznatno, pa je vijek trajanja uređaja dug.

Kao nedostaci mogu se smatrati: velika tromost zbog znatne mase vode u uređaju i stoga dugo vrijeme zagrijavanja; visoki investicijski troškovi; opasnost smrzavanja ako je uređaj zimi izvan pogona, ili ako su za vrijeme jake zime zatvoreni ventili grijala.

Toplovodno grijanje gravitacijom. Kotao za proizvodnju topline nalazi se na najnižem mjestu uređaja za grijanje (obično u podrumu), te je cjevovodom spojen s grijalicama. Optok vode u uređaju održava se zbog razlike gustoće ugrijane i ohlađene vode. Povećanje volumena vode u sustavu pri zagrijavanju kompenzira *ekspanzijska posuda*.

U otvorenim je uređajima ekspanzijska posuda u neposrednoj vezi s atmosferom, a smještena je na najvišem mjestu uređaja. Veza vodene mase uređaja preko ekspanzijske posude s atmosferom spriječava povišenje tlaka u cjevovodnoj mreži. Najviša temperatura ugrijane vode u dovodnom vodu redovno je 90°C, a u povratnom vodu 70°C.

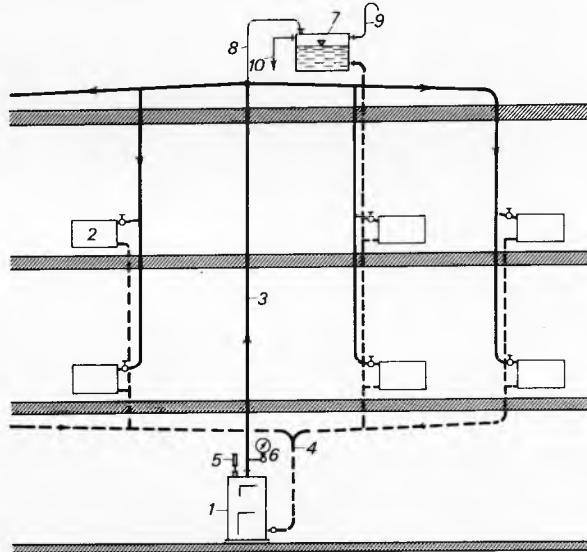
U zatvorenim uređajima za grijanje topalom vodom ne postoji nikakva veza s atmosferom. Ekspanzijska posuda je zatvorena,

a može se smjestiti na najvišem mjestu uređaja ili na najnižem u kotlovnici. Temperatura vode u dovodnom vodu može se posustiti do 110°C s tlakom do 1,5 bara. Uređaji sa zatvorenim ekspanzijskim posudama moraju biti opremljeni posebnim si-gurnosnim napravama.

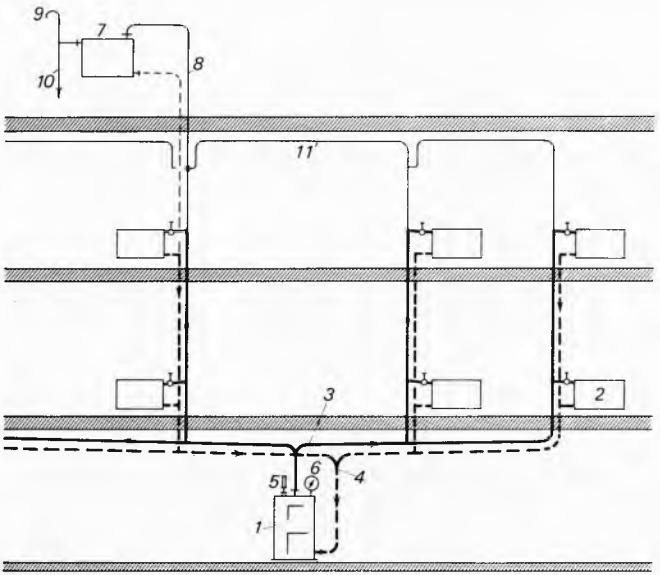
Toplovodno grijanje gravitacijom izvodi se kao dvocijevni ili jedocijevni sustav, te kao etažno grijanje.

Dvocijevni sustavi izvode se s gornjom i donjom razdiobom topline.

U *gornjoj razdiobi* (sl. 27) vodi se ugrijana voda od kotla najprije kroz glavni uzlazni dovodni vod 3 do gornje dovodne razdjelne mreže na tavanu. Od ove mreže odvajaju se silazni vodovi koji dovode toplu vodu pojedini radijatorima. Ohlađena voda iz radijatora vodi se kroz vertikalne ogranke u sabirni vod povratne vode 4, koji je obično smješten ispod stropa podruma. Na najvišem mjestu razdjelne mreže priključena je otvorena ekspanzijska posuda 7 koja preuzima povećani volumen ugrijane vode i preko koje se odzračuje sustav. Prednost je gornje razdiobe bolja cirkulacija vode, a nedostatak ohlađivanje vode u dovodnoj mreži na tavanu.



Sl. 27. Grijanje topalom vodom gravitacijom. Dvocijevna izvedba — gornja razdioba. 1 kotao, 2 radijator, 3 dovodni vod tople vode, 4 povratni vod, 5 termometar, 6 hidrometar, 7 ekspanzionja posuda, 8 ekspanzioni vod, 9 odzračni vod, 10 prelev

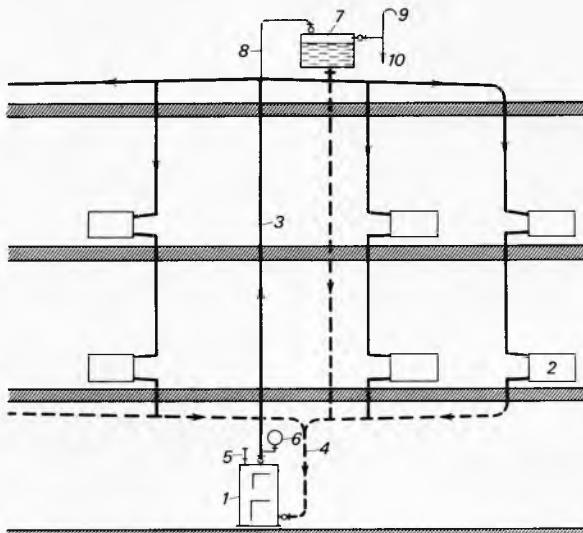


Sl. 28. Grijanje topalom vodom gravitacijom. Dvocijevna izvedba — donja razdioba. 1 kotao, 2 radijator, 3 dovodni vod tople vode, 4 povratni vod, 5 termometar, 6 hidrometar, 7 ekspanzionja posuda, 8 ekspanzioni vod, 9 odzračni vod, 10 prelev, 11 odzračni vodovi uzlaznih ogrankaka

U donjoj razdiobi (sl. 28) smješteni su dovodni razdjelni vodovi i povratni sabirni vodovi ispod stropa podruma s usponom od kotla do zadnjeg vertikalnog ogranka. U uzlaznim ogranicima dovodi se topla voda radijatorima, a kroz silazne ograne vraća se ohlađena voda kroz povratni sabirni vod do kotla. Za odzračivanje uzlaznih ograna potrebno je predvidjeti posebne vodove 11, koji spajaju završetke dovodnih ograna sa zračnim prostorom ekspanzijske posude. Radi sprečavanja cirkulacije vode u odzračnim vodovima izvode se cijevne petlje pri priključku na ekspanzijski vod. Ako nije moguće izvesti centralno odzračivanje, mogu se najviši radijatori odzračivati ručno ili automatski pomoću posebnih odzračnih ventila.

Za uređaje s donjom razdiobom troškovi su za cjevovodnu mrežu manji nego za uređaje gornje razdiobe, a također su i gubici topilne manji. Nedostatak je tromija cirkulacija vode.

Jednocijevni sustav je posebna izvedba gornje razdiobe (sl. 29). U toj se izvedbi gornja dovodna razdjelna mreža neposredno spaja s vertikalnim ogranicima na sabirni vod povratne vode u podrumu. Na isti silazni ogrank spojeni su dovodni i povratni priključci svih radijatora koji leže jedan ispod drugog. Topla



Sl. 29. Grijanje topom vodom gravitacijom. Jednocijevna izvedba. 1 kotao, 2 radijator, 3 dovodni vod tople vode, 4 povratni vod, 5 termometar, 6 hidrometar, 7 ekspanzionna posuda, 8 ekspanzioni vod, 9 odzračni vod, 10 prelev

voda protjeće po redu kroz sve radijatore odozgo prema dolje, tako da najviši radijatori dobivaju najtopliju vodu, a najniži već ohlađenu vodu. Stoga moraju, za isti toplinski učin, donji radijatori imati veću ogrjevnu površinu nego gornji. Jednocijevni se gravitacijski sustavi i pored jednostavnije i jeftinije izvedbe rjeđe upotrebljavaju zbog već navedenih nedostataka.

Etažno grijanje topom vodom posebna je izvedba dvocijevnog sustava s gornjom razdiobom za grijanje prostorija u jednom katu. Kotao, grijala (radijatori) i cjevovodna mreža nalaze se u istom katu (etaži) (sl. 30). Budući da se kotao nalazi na skoro istoj razini s radijatorima, to će sila za održavanje optoka vode ovisiti samo o ohladijanju vode u dovodnom vodu. Zbog toga se dovodni vodovi polažu slobodno i neizolirano ispod stropa prostorija. Povratni vodovi su položeni slobodno iznad poda, odnosno u podnoj konstrukciji. Nedostatak je toga sustava pri gravitacijskom optoku vode veoma troma cirkulacija vode i razmjerno velike dimenzije cjevovoda. Na sl. 31 prikazana je varijanta s gornjim povratnim vodom.

Toplovodno grijanje prisilnom cirkulacijom. Za grijanje većih (razgranatih) objekata upotrebljavaju se pumpe za poboljšanje cirkulacije vode. Pa i za grijanje manjih objekata, radi ekonomičnijeg i elastičnijeg pogona, uspješno se uvode sustavi s prisilnom cirkulacijom vode pomoću posebnih vijčanih pumpi, koje su neposredno ugrađene u cjevovod.

Prednosti toga sustava jesu: brzo zagrijavanje uređaja i dobra cirkulacija vode; povoljnija opća regulacija, mogućnost mijen-

šanja povratne s dovodnom vodom; manji promjeri cjevovoda, zbog toga smanjenje gubitaka topline; troškovi cjevovoda su manji; veća sloboda pri vođenju cjevovoda.

Nedostatak je ovisnost o dovodu električne struje i stalni potrošak struje za pogon pumpe.

Sustavi i način vođenja cjevovoda za toplovodno grijanje s prisilnom cirkulacijom u načelu su isti kao i za grijanje s gravitacijom. Zbog veće brzine strujanja vode treba posebno paziti na dobro odzračivanje uređaja.

Pumpa se može ugraditi u dovodni ili povratni vod. Treba paziti na razdiobu tlaka u cijevnoj mreži. Priključak ekspanzijske posude, preko sigurnosnog povratnog voda na cijevnu mrežu, neutralna je točka gdje vlada samo statički tlak, koji odgovara visinskoj razlici između ekspanzijske posude i priključka pumpe. Pumpa proizvodi dodatni tlak radi svladavanja otpora strujanja u cijevima, radijatorima i u kotlu. Taj se tlak u cijevnoj mreži, s obzirom na statički tlak, djelomično pojavljuje kao pretlak, a djelomično kao podtlak. U dijelu cjevovoda voda od tlačne strane pumpe do priključka ekspanzijske posude vlada pretlak, a od priključka do upojne strane pumpe podtlak.

Ekspanzijska posuda treba da bude smještena barem za visinu pogonskog tlaka pumpe iznad priključka najvišeg radijatora, da se sprječi snižavanje razine vode ispod najvišeg priključka pri podtlaku u sustavu.

Što je veći tlak pumpe, to su manje dimenzije cjevovoda, ali se povećavaju otpori strujanja, a time i troškovi za električnu energiju za pogon.

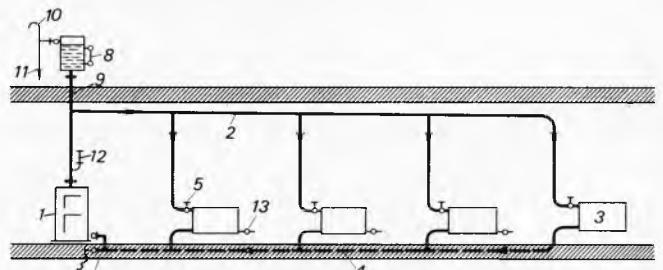
Tlok pumpe mora biti tako odabran da zbroj investicijskih i pogonskih troškova bude najmanji.

Za održavanje cirkulacije vode upotrebljavaju se isključivo centrifugalne pumpe s elektromotornim pogonom. U većim uređajima obično se ugrađuju tri pumpne jedinice, svaka s učinom od 50% ukupnog učina. Treća pumpa služi kao rezerva.

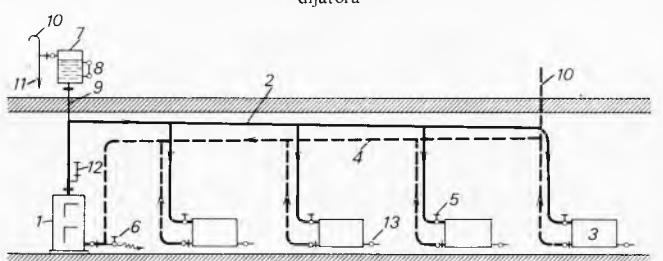
Za posebne objekte (kao npr. bolnice, kazališta, TV-studije i druge ustanove) pored elektromotornog pogona za pumpe predviđa se još i pogon dizelskim motorom, odnosno parnom turbinom, ako ima pare.

U malim uređajima za poboljšanje cirkulacije upotrebljavaju se vijčane pumpe s elektromotornim pogonom, koje su neposredno ugrađene u cjevovod.

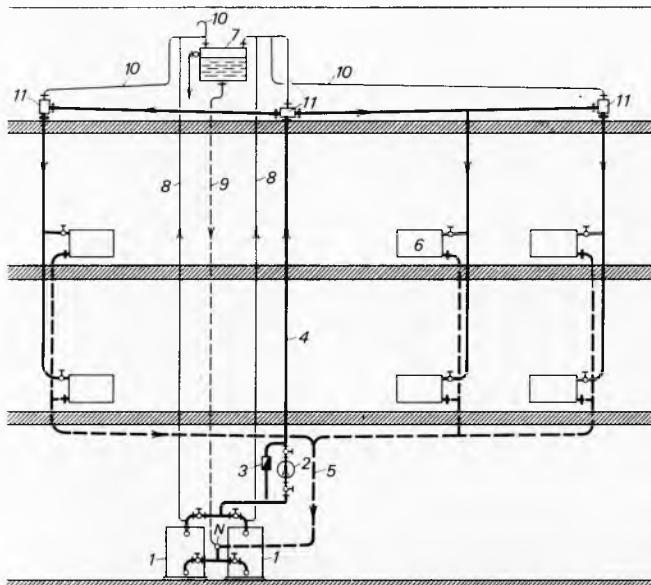
Toplovodno grijanje prisilnom cirkulacijom izvodi se kao dvocijevni ili jednocijevni sustav.



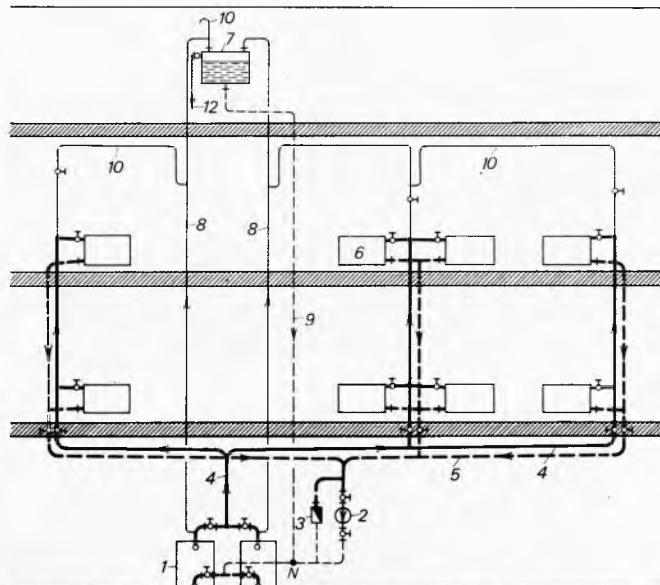
Sl. 30. Etažno toplovodno grijanje gravitacijom. 1 kotao, 2 dovodni vod, 3 radijator, 4 povratni vod, 5 regulacioni pipac, 6 pipac za punjenje i praznjenje, 7 ekspanzionna posuda, 8 vodokazno staklo, 9 ekspanzioni vod, 10 odzračni vod, 11 prelev, 12 termometar, 13 pipac za praznjenje radijatora



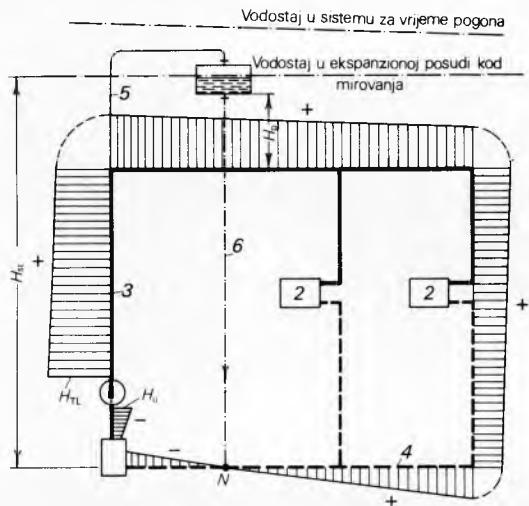
Sl. 31. Etažno toplovodno grijanje s gornjim povratnim vodom. 1 kotao, 2 dovodni vod, 3 radijator, 4 povratni vod, 5 regulacioni pipac, 6 pipac za punjenje i praznjenje, 7 ekspanzionna posuda, 8 vodokazno staklo, 9 ekspanzioni vod, 10 odzračni vod, 11 prelev, 12 termometar, 13 pipac za praznjenje radijatora



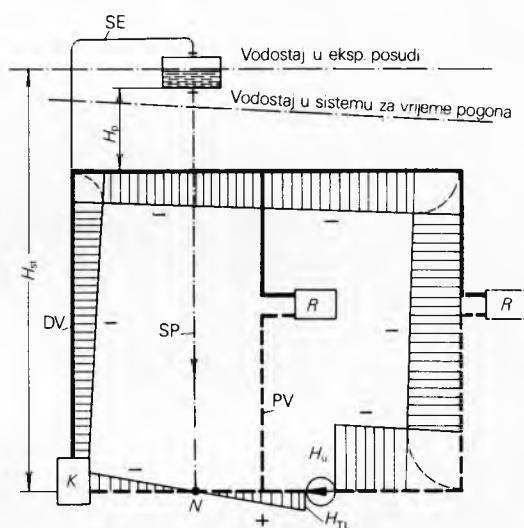
Sl. 32. Grijanje topom vodom s prisilnom cirkulacijom. Dvocijevna izvedba s gornjom razdiobom i pumpom u dovodnom vodu. 1 kotlovi, 2 cirkulaciona pumpa, 3 povratna zaklopka, 4 dovodni vod, 5 povratni vod, 6 radijator, 7 ekspanzionna posuda, 8 sigurnosni ekspanzionni vodovi, 9 sigurnosni povratni vod, 10 odzračni vodovi, 11 odzračne posude, 12 prelev; N neutralna zona (nul-točka razdiobe tlaka)



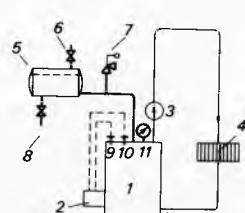
Sl. 34. Grijanje topom vodom s prisilnom cirkulacijom. Dvocijevna izvedba s donjom cirkulacijom i pumpom u povratnom vodu. 1 kotlovi, 2 cirkulaciona pumpa, 3 povratna zaklopka, 4 dovodni vod, 5 povratni vod, 6 radijator, 7 ekspanzionna posuda, 8 sigurnosni ekspanzionni vodovi, 9 sigurnosni povratni vod, 10 odzračni vodovi, 11 odzračne posude, 12 prelev; N neutralna zona



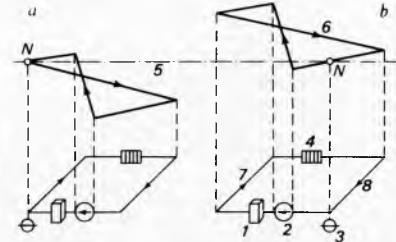
Sl. 33. Razdioba tlaka u cjevodovnoj mreži za izvedbu uređaja prema sl. 32. 1 kotao, 2 radijatori, 3 dovodni vod, 4 povratni vod, 5 sigurnosni ekspanzionni vod, 6 sigurnosni povratni vod; H_{st} statički tlak, $H_p = H_{TL} + H_u$ tlak pumpe, N neutralna zona



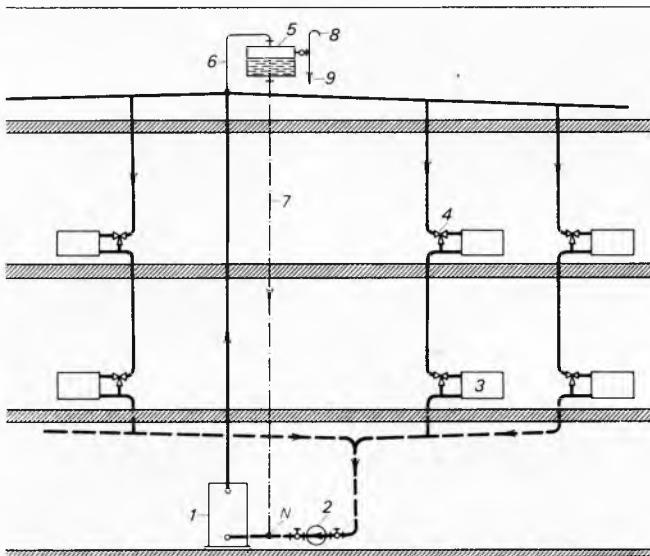
Sl. 35. Razdioba tlaka u cjevodovnoj mreži za izvedbu uređaja prema sl. 34



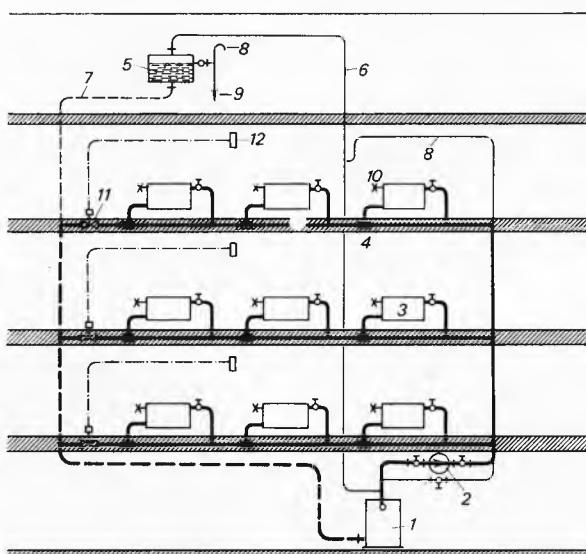
Sl. 36. Sigurnosni uređaji kod toplovodnog grijanja sa zatvorenom ekspanzionom posudom. 1 kotao, 2 gorionik, 3 pumpa, 4 radijator, 5 zatvorena ekspanzionna posuda, 6 odvodišni ventil, 7 sigurnosni ventil, 8 ispust, 9 granični regulator, 10 regulator temperature, 11 termometar i manometar



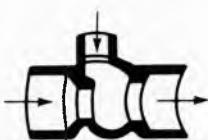
Sl. 37. Razdioba tlaka u cjevodovnoj mreži kod zatvorene ekspanzionne posude pod tlakom. a ekspanzionna posuda na tlačnoj strani pumpe, b ekspanzionna posuda na usisnoj strani pumpe. 1 kotao, 2 pumpa, 3 zatvorena ekspanzionna posuda, 4 radijator, 5 tlačna linija kod mirovanja, 6 pogonska tlačna linija, 7 dovod, 8 povratni vod, N neutralna točka



Sl. 38. Jednocijевно toplovodno grijanje s prisilnom cirkulacijom i trovodnim regulacijskim ventilima. 1 kotao, 2 pumpa, 3 radijator, 4 trovodni regulacijski ventil, 5 ekspanzionna posuda, 6 ekspanzionni vod, 7 sigurnosni povratni vod, 8 odzračivanje, 9 prelev



Sl. 39. Jednocijevno grijanje s prisilnom cirkulacijom sa porednim spajanjem radijatora i sa zonskim ventilima. 1 kotao, 2 pumpa, 3 radijator, 4 usisni fazonski komad za priključak povratne vode radijatora (v. sl. 40), 5 ekspanzionna posuda, 6 ekspanzionni vod, 7 sigurnosni povratni vod, 8 odzračivanje, 9 prelev, 10 odzračni pipac, 11 zonski regulacijski ventil, 12 termostat



Sl. 40. Usisni fazonski komad za ugradnju u cjevovod

nema taloženja prašine na radijatorima; temperatura u prostoriji je jednakomjerna i niža; površinske su temperature okolnih zidova i poda više nego kad se grie radijatorima.

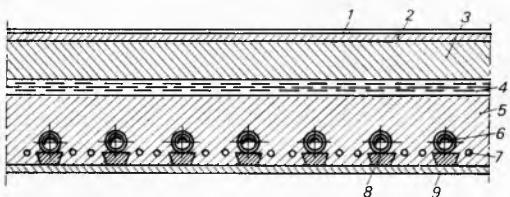
Nedostaci su: veća tromost grijanja, a prema tome smanjena mogućnost uspješne regulacije; veliki troškovi ugrađivanja; nema mogućnosti da se naknadno mijenjaju ogrjevne površine.

Vođenje cjevovoda, sigurnosni uređaji i regulacija u načelu su isti kao i u toplovodnom grijanju s prisilnom cirkulacijom. Razlika je samo u tome što su ogrjevne površine izvedene kao cjevni registri koji su ugrađeni u stropnu konstrukciju ili smješteni ispod nje.

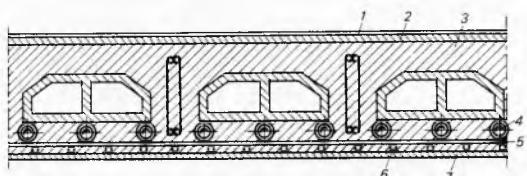
Površinska temperatura stropa ograničena je iz fizioloških razloga. Dopuštena temperatura stropa ovisi o visini prostorije, te o veličini i o načinu ugrađivanja ogrjevne površine. U prostorijama visokim 3 m i s ugrađenom ogrjevnim površinom većom od 15 m^2 temperatura stropa ne smije biti viša od 35°C . U nižim prostorijama mora temperatura stropa biti niža. Temperatura je tople vode u dovodnom cjevovodu obično $50\text{--}70^\circ\text{C}$, što je znatno niže od temperature za radijatorsko grijanje. Pad temperature vode u cjevnim registrima iznosi oko 10°C .

Postoje četiri izvedbe stropnog grijanja koje se razlikuju prema načinu ugrađivanja cjevi.

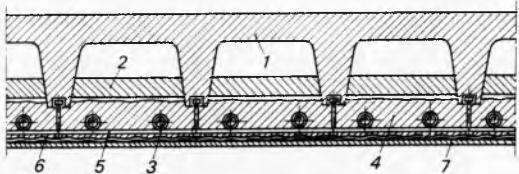
Stropno grijanje s cjevnim registrima. Cjevi su neposredno ugrađene u betonsku stropnu konstrukciju (sl. 41 i 42), odnosno položene u posebnu betonsku ploču (6 do 8 cm debljine), koja je obješena ispod nosive stropne konstrukcije (sl. 43). Nedostatak je tih izvedbi što se ogrjevne cjevi moraju položiti istodobno s gradnjom stropne konstrukcije.



Sl. 41. Stropno grijanje sa grijaćim cjevima u betonskoj konstrukciji stropa. 1 linoleum, 2 podloga, 3 beton pod plavućca, 4 izolacija, 5 armirani beton, 6 cjevni registri, 7 željezna armatura, 8 podupirač, 9 žbuka



Sl. 42. Stropno grijanje sa grijaćim cjevima u nosivoj stropnoj konstrukciji sa šupljim elementima. 1 opločenje, 2 podloga, 3 beton sa šupljim elementima, 4 cjevni registri, 5 plosnato željezo, 6 željezna armatura, 7 žbuka

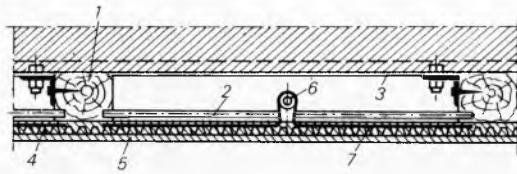


Sl. 43. Stropno grijanje sa grijaćim cjevima ispod rebraste stropne konstrukcije. 1 armirani beton, 2 izolacija, 3 cjevni registri, 4 betonski sloj, 5 nosiva konstrukcija za cjevne registre, 6 čelična mreža, 7 žbuka

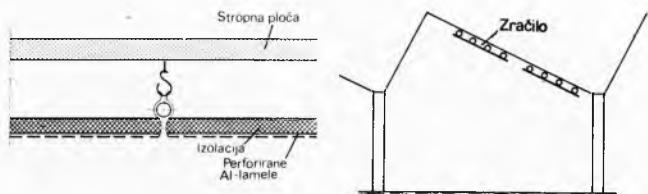
Stropno grijanje s lamelama. Ta se izvedba razvila iz izvedbe s ugrađenim cjevnim registrima, s težnjom da se smanji tromost zagrijavanja i da se ubrza prilagođivanje potrebama. Njegina je karakteristika da su na ogrjevnim cjevima, koje su obješene na nosivu stropnu konstrukciju, pričvršćene lamele od aluminijskih traka. Na taj se način pospješuje odavanje topline od cjevi. Izvedba je u veličini lamela te njihovo zavješenje na strop, odnosno spajanje sa stropnom žbukom, različita je u pojedinim konstrukcijama. Neke poznate izvedbe i konstrukcije jesu:

Stramax standardni strop upotrebljava lamele od širokih aluminijskih traka koje obuhvaćaju cjevi (sl. 44). Ispod lamela je žičana mreža koja nosi stropnu sadrenu žbuku.

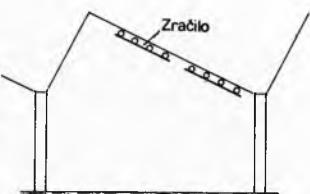
Strop od Stramax elemenata sastoji se od posebno izrađenih sadrenih ploča sa čvrsto pričvršćenim aluminijskim trakama koje se vješaju na nosivu stropnu konstrukciju. Ogrjevne cjevi spajaju se s aluminijskim trakama pomoću željeznih vodilica (sl. 45). Ti se elementi izvode i kao prigušivači šumova; tada su oni perforirani i obloženi prigušnim materijalom.



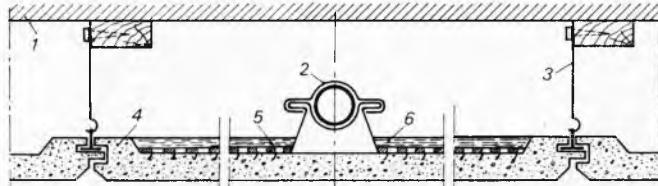
Sl. 44. Lamelno stropno grijanje Stramax-Standard. 1 letve pričvršćene na nosivi strop, 2 željezne potpore za cijevi, 3 nosač žbuke od čelične mreže, 4 žbuka, 5 cijevni registri, 6 lamele od aluminijskog lima



Sl. 49. Lamelno stropno grijanje Frenger



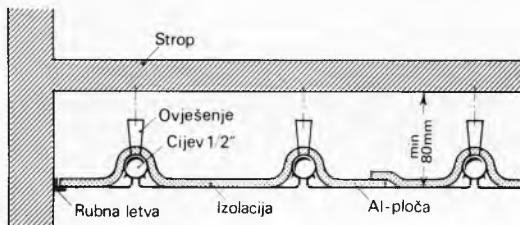
Sl. 51. Toplinska zračila u obliku ploče na stropu tvorničke hale



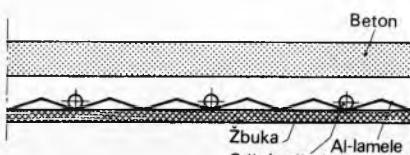
Sl. 45. Lamelno stropno grijanje Stramax sa sadrenim elementima. 1 nosivi strop, 2 cijevna prevlaka, 3 vješalice za stropne elemente, 4 sadrene ploče, 5 aluminijске lamele, 6 izolacija

Frenger-strop (norveški patent) sastoji se od gotovih elemenata od perforiranih aluminijskih ploča, veličine 625×625 mm i 0,75 mm debljine, obloženih s gornje strane izolacijskim slojem. Ispod nosivog stropa obješene su ogrjevne cijevi na koje su pričvršćene aluminijske ploče pomoću čeličnih spona. Te su ploče s donje strane ličene lakom postojanim na povišenoj temperaturi (sl. 46).

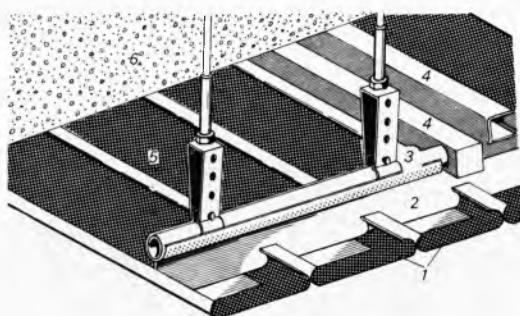
Posebna je izvedba *Frenger-stropa* – izvedba s dugim aluminijskim trakama širine 85 mm (sl. 47 i 48).



Sl. 46. Presjek kroz grijajući strop Frenger

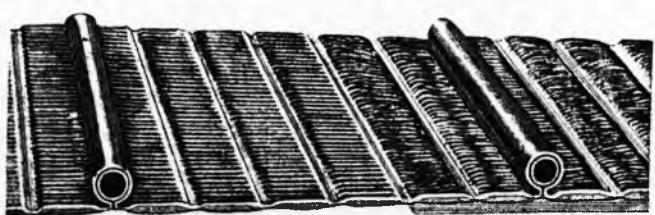


Sl. 47. Presjek kroz grijajući strop Thermax

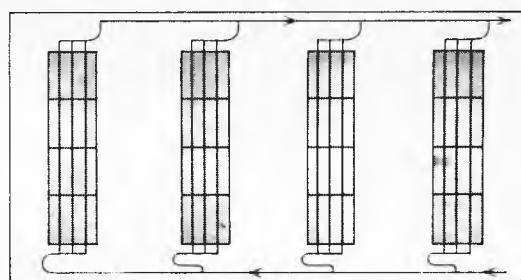


Sl. 48. Stropno grijanje s limenim trakama. Posebna izvedba stropa Frenger. 1 Al-trake, 2 nosivi profil, 3 grijajuća cijev, 4 razdjeljivač, 5 ovješenje, 6 strop

Thermax-strop sastoji se također od aluminijskih lamela, koje istodobno služe i kao nosioci (mreža) stropne žbuke (sl. 49 i 50).



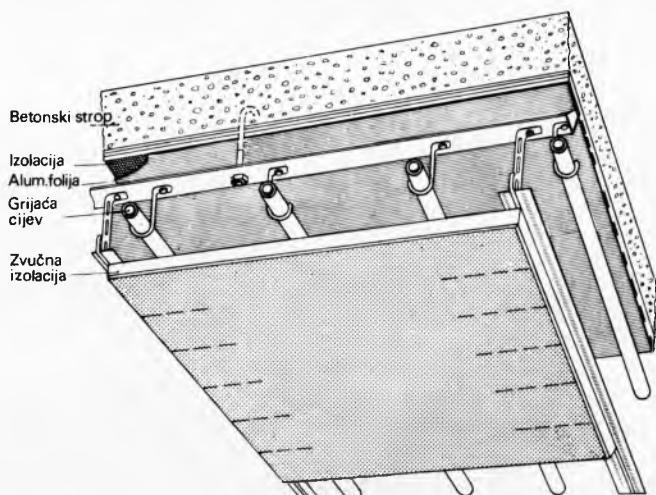
Sl. 50. Lamelno stropno grijanje Thermax s mrežom za razdoblju topline



Sl. 52. Smještaj toplinskih zračila u obliku trake u tvorničkoj hali

Stropno grijanje s usijanim pločama. Ploče od čeličnog lima obješene su slobodno ispod stropa prostorije, na njima su pričvršćene ogrjevne cijevi zavarivanjem ili posebnim okovima (spojojnicama). Ploče su po stropu raspoređene ili kao duge trake uzduž cijele prostorije (*sunstrip-grijanje*), ili u pojedinim komadima određene duljine i širine. Gornja se površina cijevi izolira. Ta se vrsta grijanja obično upotrebljava u visokim tvorničkim halama. Budući da je u halama dozvoljena viša temperatura, kao sredstvo za grijanje upotrebljava se vodena para ili visokotlačna vrela voda. Smještaj grijajućih površina prikazan je na sl. 51 i 52.

Stropno grijanje s cijevima u medustropnoj šupljini. Ogrjevne cijevi smještene su u međuprostoru između nosive stropne konstrukcije i visećeg stropa. Donja je strana nosive konstrukcije

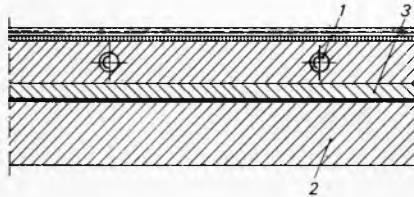


Sl. 53. Smještaj grijajućih cijevi u stropnoj šupljini s prigušnim pločama

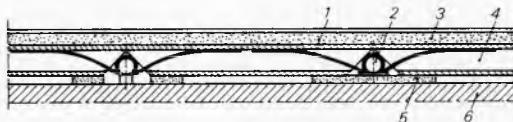
izolirana. Viseći se strop izvodi ili kao nosilac stropne žbuke, ili kao strop od metalnih ploča. Ponekad se viseći strop perforira, čime se postizava prigušivanje prijenosa šumova. Ogrjevne cijevi odavaju toplinu zračenjem i konvekcijom. Grijе se topom vodom 90/70°C ili vrelom vodom 130/70°C, odnosno vodenom parom. Takva izvedba omogućuje naknadno ugrađivanje ogrjevnih instalacija i različite promjene (sl. 53).

Podno grijanje. Tu su cijevni registri za grijanje ugrađeni u podnoj konstrukciji. Već prema izvedbi poda, ogrjevne su cijevi neposredno ugrađene u beton (sl. 54) ili slobodno položene

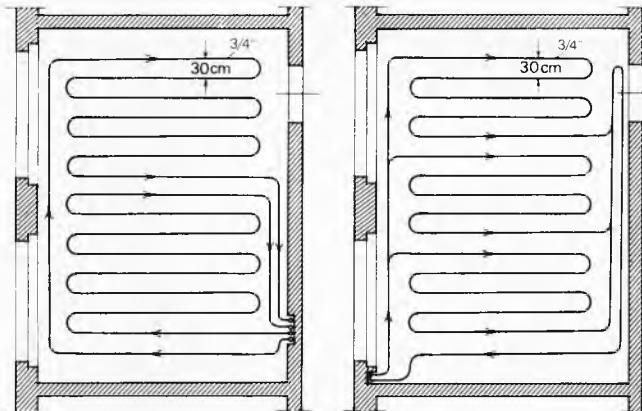
ničen je i toplinski učin podnog grijanja, a time i upotrebljivost takvog grijanja. Podno grijanje obično se upotrebljava za grijanje prostorija s malim gubicima topline, kao što su ulazni halovi, garaže, crkve, ili kao dodatno grijanje za plivališta i dvorane bez podruma, odnosno sa slobodnim prolazom ispod poda. Pod odaje toplinu pretežno konvekcijom zraku prostorije, a samo neznatno zračenjem topline. U posljednje se vrijeme za podno grijanje uspješno upotrebljavaju cijevi od sintetičkih materijala (termoplastične cijevi od polietilena posebne izvedbe). Načini polaganja cijevi u podu prikazani su na sl. 56, 57 i 58.



Sl. 54. Podno grijanje s ubetoniranim cijevima. 1 grijaća cijev, 2 beton, 3 izolacija s bitumenskom ljepenkom

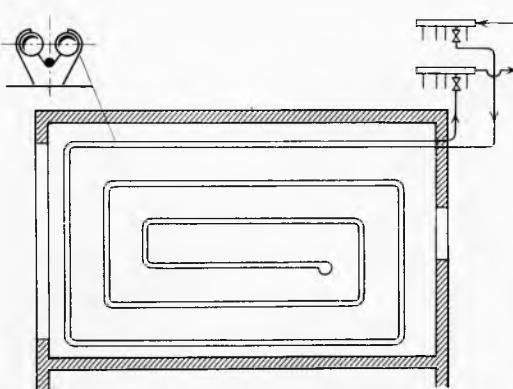


Sl. 55. Podno grijanje Deriaz: 1 lamele, 2 grijaća cijev, 3 podna podloga, 4 šuplja opeka, 5 izolacija, 6 beton



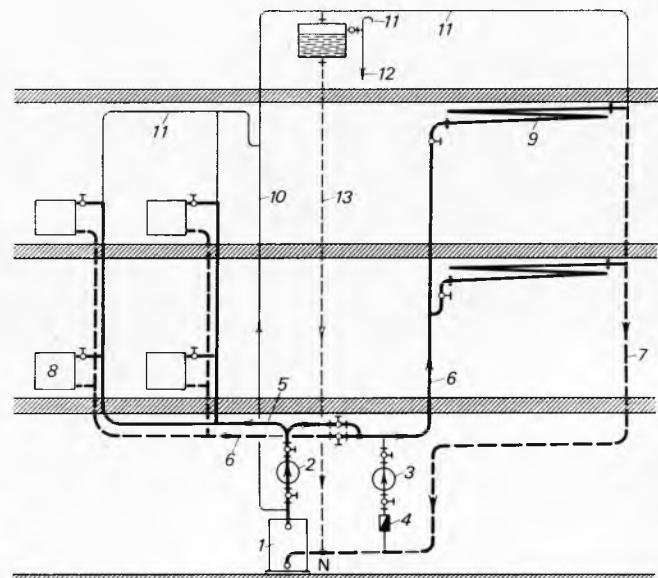
Sl. 56. Način polaganja cijevi kod podnog grijanja s mimosmjernim dovodnim i povratnim vodovima

Sl. 57. Podno grijanje s polaganjem cijevnih registara u odvojenim zonama

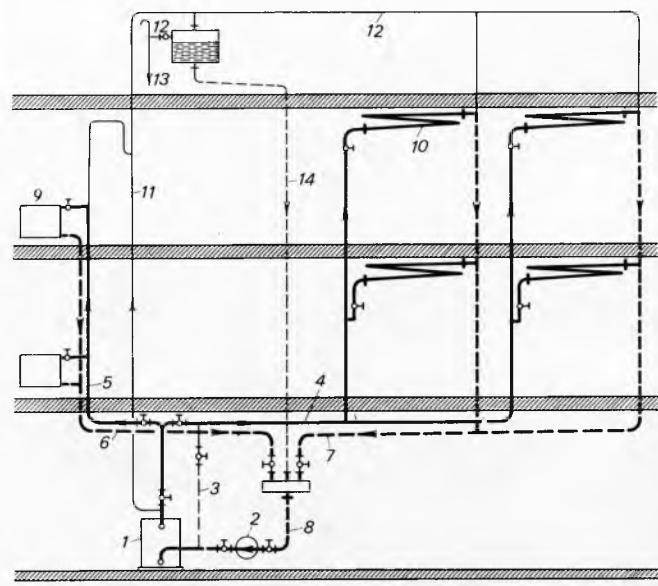


Sl. 58. Podno grijanje s dvojnim cijevima od umjetne tvari

iznad nosive betonske konstrukcije (sl. 55). Budući da je površinska temperatura poda iz fizioloških razloga ograničena na 24–29°C (više temperature u zoni gdje ne borave ljudi), ogr



Sl. 59. Priključak radijatorskog i stropnog grijanja na zajedničku toplinsku stanicu. 1 kotač, 2 cirkulaciona pumpa, 3 pumpa za miješanje povratne vode, 4 povratna zaklopka, 5 dovodni vod za radijatorsko grijanje, 6 povratni vod radijatorskog grijanja (ujedno dovodni vod za stropno grijanje), 7 zajednički povratni vod, 8 radijator, 9 stropni grijaci, 10 sigurnosni ekspanzionalni vod, 11 odzračni vodovi, 12 preljev, 13 sigurnosni povratni vod, N neutralna zona



Sl. 60. Priključak radijatorskog i stropnog grijanja na zajedničku toplinsku stanicu kod uređaja s pretežno stropnim grijanjem. 1 kotač, 2 cirkulaciona pumpa, 3 vod za miješanje povratne vode, 4 dovodni vod stropnog grijanja, 5 dovodni vod za radijatorsko grijanje, 6 povratni vod radijatorskog grijanja, 7 povratni vod stropnog grijanja, 8 zajednički povratni vod, 9 radijator, 10 stropni grijaci, 11 sigurnosni ekspanzionalni vod, 12 odzračni vodovi, 13 preljev, 14 sigurnosni povratni vod

Za razvod i cirkulaciju tople vode služe pumpe. Obično se stropno i podno grijanje upotrebljava samo za neke prostorije, dok se za ostale prostorije u objektu predviđa radijatorsko grijanje. Priklučak na zajedničku toplinsku stanicu prikazan je na sl. 59 i 60.

Grijanje parom

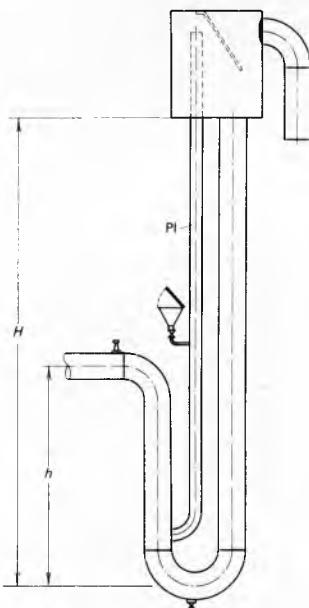
U kotlu proizvedena para dovodi se grijalicama gdje se hlađi i kondenzira, pri tom se oslobađa toplina isparivanja, a kondenzat se ponovno vraća kotlu.

Upotreboom pare kao prijenosnika topline mogu se relativno velike količine topline s malom masom nosioca (u usporedbi s vodom) prenositi cjevovodom na veće udaljenosti, parom se brže zagrijavaju prostorije i takovo grijanje zahtijeva manje investicijske troškove. Nedostaci su takvog grijanja: otežana centralna regulacija, a zbog toga česta pregrijavanja prostorija i veći potrošak topline; nema akumulacije topline u grijalicama; veća opasnost od korozije u vodovima kondenzata; visoka površinska temperatura grijalica koja ovisi o tlaku pare.

Zbog navedenih nedostataka para se ne upotrebljava za grijanje stambenih i uredskih prostorija, ali se može uspješno upotrijebiti za grijanje velikih dvorana, koje su samo povremeno u pogonu i gdje se traži brzo zagrijavanje.

Prema tlaku pare u postrojenju razlikuju se: grijanje parom niskog tlaka, grijanje parom nižeg tlaka od atmosferskog (vakuumsko parno grijanje) i grijanje parom visokog tlaka.

Grijanje parom niskog tlaka (otvoreni sustav parnog grijanja). Para se proizvodi u posebnim niskotlačnim parnim kotlovima. Prema propisima pogonski tlak pare ne smije biti viši od 0,5 bara pretlaka (0,05 MPa). Prekoračenje dozvoljenog tlaka u niskotlačnim kotlovima sprečava se pomoću sigurnosne hidrostatske cijevi. Hidrostatska cijev je uspravna U-cijev s vodom kao zapornom tekućinom. Kraći krak je u vezi s parnim prostorom kotla, a dulji krak, duljine koja odgovara pogonskom tlaku uređaja, spojen je s posebnom otvorenom posudom (sl. 61).



Sl. 61. Sigurnosna hidrostatska cijev za parno grijanje niskog tlaka. H - visina koja odgovara pogonskom tlaku povećanom za 20%, $h \geq H/2$, PI predstjecanje

Ako se pri višim tlakovima ne mogu hidrostatske cijevi smjestiti u strojarnicu, mogu se umjesto njih na kotlovima predviđati sigurnosni ventili opterećeni utezima.

Za dobru funkciju parnog grijanja važno je ispravno odabrat pogonski tlak pare u kotlu i tlak ispred radijatorskih ventila. Već prema razgranjenosti uređaja, obično se upotrebljavaju tlakovi prema tabl. 6. Para za velike pramice rublja, kuhinje i različite industrijske svrhe obično ima tlak $0,3\cdots 0,5$ bara pretlaka.

Para koja se dovodi radnjatoru specifično je lakša od zraka koji se nalazi u njemu, pa ga istisne kroz cjevovod za kon-

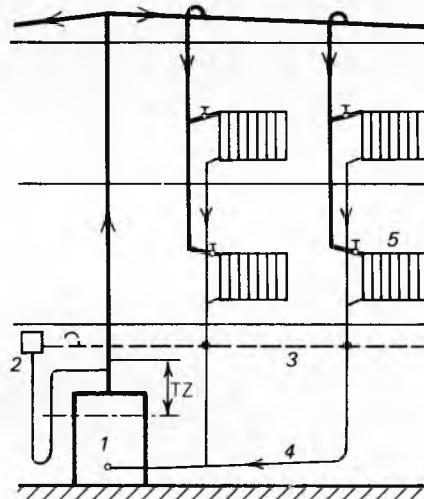
denzat. Da se omogući odzračivanje, mora se kondenzatni cjevovod spojiti s atmosferom. Podešavanjem dovoda pare radnjatoru pomoću regulacijskog ventila, povećava se ili se smanjuje površina kondenzacije, a time i odavanje topline radnjatoru.

Tablica 6
UBOBIČAJENI TLAKOVI PARNOG GRIJANJA

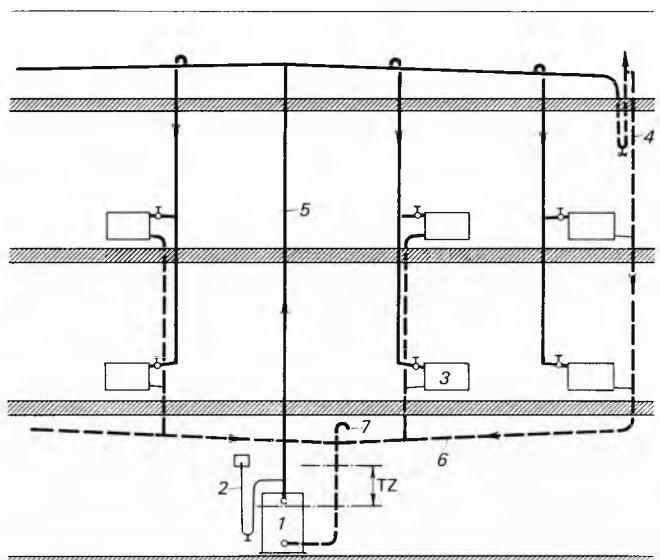
Duljina parnog voda od kotla do najudaljenijeg ogranka m	Tlok pare u kotlu pretlak bar	Tlok pare ispred radnjatora pretlak bar
do 30	0,05	0,015
" 50	0,07	0,02
" 200	0,10	0,02
" 300	0,15	0,02
" 500	0,20	0,02

Niskotlačno parno grijanje izvodi se, s obzirom na vođenje cjevovoda, s gornjom i donjom razdiobom pare.

Gornja razdioba. U uređajima s gornjom razdiobom (sl. 62 i 63) para struji od kotla kroz glavni uzlazni ogrank do razdjelne



Sl. 62. Grijanje parom niskog tlaka. Dvocijevni sustav s gornjom razdiobom i vlažnim kondenzatnim vodom. 1 kotao, 2 sigurnosna hidrostatska cijev, 3 odzračni vod, 4 kondenzatni vod, 5 radnjator, TZ tlačna zona



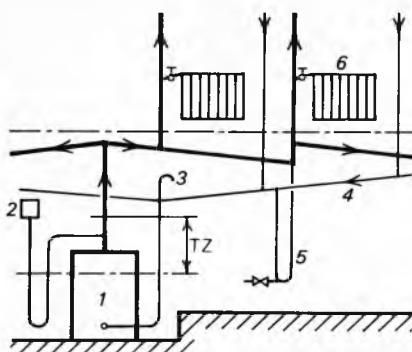
Sl. 63. Grijanje parom niskog tlaka s gornjim razvodom i suhim kondenzatnim vodom. 1 kotao, 2 sigurnosna hidrostatska cijev, 3 radnjator, 4 cijevna petlja za odvod kondenzatne vode, 5 parni dovod, 6 povratni vod kondenzata, 7 odzračni vod, TZ tlačna zona

mreže u najvišem katu, a odatle preko silaznih parnih ogranka do pojedinih radijatora. Kondenzat i zrak iz radijatora odvode se kroz silazne kondenzatne vodove u sabirnu mrežu kondenzata u podrumu i natrag u kotao. U kondenzatnom cjevovodu razina se vode nalazi iznad srednjeg vodostaja kotla, i to u iznosu koji odgovara pogonskom tlaku pare. To je tzv. tlačna zona.

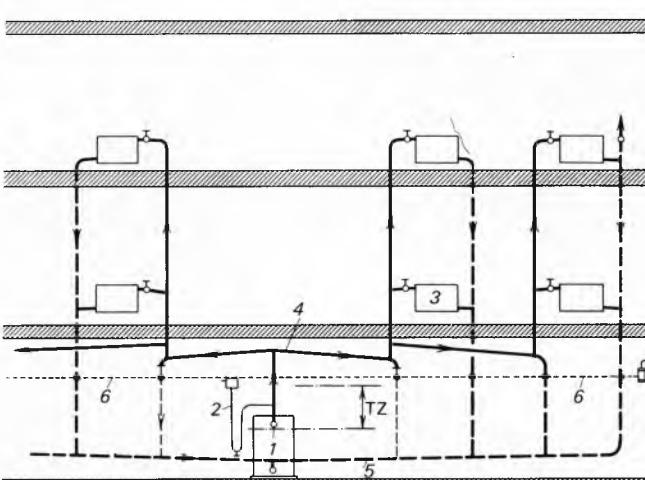
Kad se sabirni kondenzatni vod nalazi ispod tlačne zone, naziva se vlažnim kondenzatnim vodom, jer je cijeli presjek cjevi ispunjen kondenzatom. Smještaj voda iznad tlačne zone naziva se suhim kondenzatnim vodom, jer je samo djelomično cjev ispunjena kondenzatom, a djelomično zrakom.

Donja razdioba. U uređajima s donjom razdiobom para se razvodi ispod stropa podruma s padom u smjeru strujanja pare. Parni vod odvodnjava se pomoću parnih cjeviju, s duljinom kraka nešto većom od stupea vode između tlačne zone i srednjeg vodostaja kotla. Od razdjelne mreže para će kroz uzlazne ogranke dovodi radijatorima. Od radijatora oduzimaju se kondenzat i zrak kroz silazne ogranke u suhi ili mokri sabirni kondenzatni vod i natrag u kotao. U kondenzatnom vodu ispod vodostaja kotla odvodnjava se parni vod neposrednim spojem na sabirni kondenzatni vod. Tada se odzraćuje posebnim odzračnim cjevovodom koji je smješten iznad tlačne zone (sl. 64 i 65).

Ako su radijatori postavljeni dovoljno visoko iznad kotlova, kondenzat će moći slobodnim padom dotjecati kotlu. Kad je pogonski tlak pare manji od 0,2 bara prettlaka, obično je dovoljna visinska razlika između sabirnog voda kondenzata i vodostaja kotla koja osigurava slobodnu cirkulaciju kondenzata. Pri višim tlakovima i nisko položenim kondenzatnim vodovima



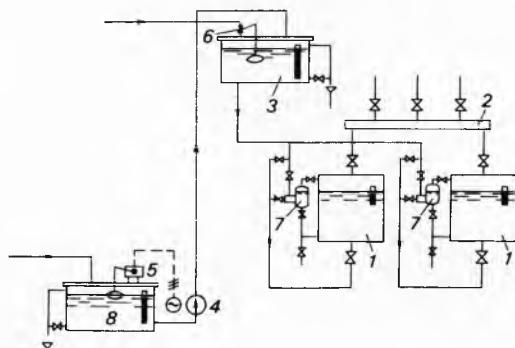
Sl. 64. Grijanje parom niskog tlaka. Dvocijevni sustav s donjom razdiobom i suhim kondenzatnim vodom. 1 kotao, 2 sigurnosna hidrostatska cjev, 3 odzračni vod, 4 kondenzatni vod, 5 cjevna petlja za odvod kondenzatne vode, 6 radijator, TZ tlačna zona



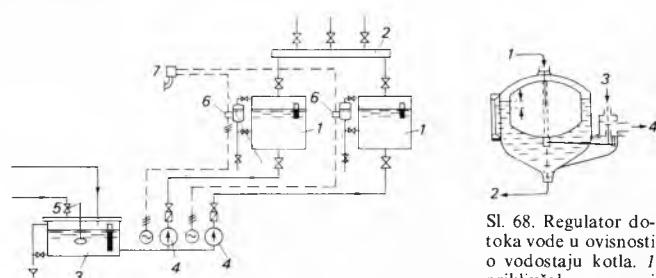
Sl. 65. Grijanje parom niskog tlaka s donjim razvodom i vlažnim (potopljenim) kondenzatnim vodom. 1 kotao, 2 sigurnosna hidrostatska cjev, 3 radijator, 4 parni dovod, 5 povratni vod kondenzata, 6 odzračni vod

treba predvidjeti posebne uređaje za automatski povrat kondenzata u kotlove.

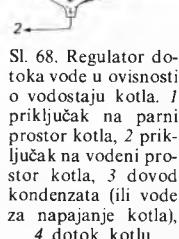
U tim uređajima sakuplja se kondenzat u sabirni spremnik, a odatle se pomoću pumpe tlaci kondenzat u visoko položenu posudu za napajanje kotla. Visinska razlika razine vode u toj posudi i vodostaja kotla mora odgovarati pogonskom tlaku pare H_p povećanom za iznos otpora strujanja u cjevima H_w od posude do kotla i nekim sigurnosnim dodatkom a (sl. 66 i 67).



Sl. 66. Uredaj za povratak kondenzata s regulacijom pomoću plovka u sabirnoj posudi. 1 kotao, 2 razdjelnik pare, 3 ulazna posuda kondenzata, 4 pumpa za kondenzat, 5 plovak sa sklopkom, 6 plovak za dodavanje vode, 7 regulacija doleta, 8 sabirna posuda kondenzata



Sl. 67. Električni uređaj za povratak kondenzata s upravljanjem dotoka vode pomoću regulatora vodostaja u kotlu. 1 kotao, 2 razdjelnik pare, 3 ulazna posuda kondenzata, 4 pumpa za kondenzat, 5 plovak, 6 regulacija dotoka, 7 signalizacija



Sl. 68. Regulator doleta vode u ovisnosti o vodostaju kotla. 1 priključak na parni prostor kotla, 2 priključak na vodeni prostor kotla, 3 dovod kondenzata (ili vode za napajanje kotla), 4 dotok kotulu

Pri višim tlakovima posuda je zatvorena i priključena na parni vod. Površina je vode u posudi stalno pod pogonskim tlakom pare, pa je dovoljno da je visina iznad vodostaja kotla jednaka otporima strujanja u priključnom cjevovodu. Dotok vode u kotao podešava se prema vodostaju kotla pomoću automatskog regulatora vodostaja (sl. 68).

Vakuumsko parno grijanje. Tada u kondenzatnim vodovima vlada podtlak, koji se održava vakuumskom pumpom (kondenzatna zračna pumpa) upijanjem zraka i eventualne pare. Temperatura radijatora, a time i odavanje topline, podešava se izborom tlaka pare u uređaju i podtlaka u kondenzatnom vodu. Radijatori su uvijek napunjeni parom. Pomoću posebnog automatskog uređaja za odvod kondenzata osigurava se odvod nastalog kondenzata i zraka, a sprečava odvod pare. Prednosti takvog grijanja prema niskotlačnom parnom grijanju jesu: niža temperatura radijatora, bolja mogućnost centralne regulacije i brzi povrat kondenzata u kotao.

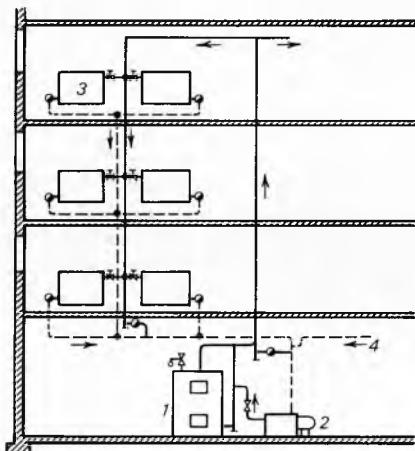
Nedostaci su: viši investicijski i pogonski troškovi zbog veoma pecizne montaže.

Prema izvedbi mogu se razlikovati dva glavna tipa vakuumskog grijanja: jednostavno i diferencijalno grijanje.

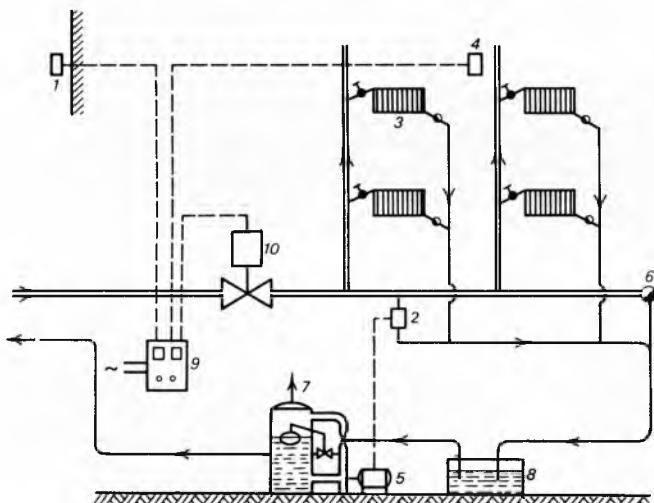
Jednostavno vakuumsko parno grijanje. U kondenzatnom vodu obično se održava apsolutni tlak od 0,2–0,3 bara, a u parnom vodu vlada, već prema opterećenju uređaja, veći ili manji prettlak, odnosno podtlak (sl. 69). Vakuumska pumpa dovodi kondenzat u kotao ili u spremnik, a zrak tlači u atmosferu.

Diferencijalno vakuumsko parno grijanje razlikuje se od jednostavnog grijanja time što se stalno između parnog i konden-

zatnog dijela uređaja automatski održava konstantnu razliku tlaka, i to oko 0,1 bara, dok se visina apsolutnog tlaka pare mijenja prema promjeni vanjske temperature. Pri veoma niskoj vanjskoj temperaturi tlak je pare u radijatoru približno jednak atmosferskom tlaku ili nešto viši od njega, a pri višim vanjskim temperaturama može se tlak pare smanjiti do najnižeg apsolutnog tlaka od oko 0,2 bara. Pri tom se mijenja temperatura pare od 100°C do 60°C. Ako je potrebnii učin grijanja još manji nego što odgovara najnižoj temperaturi, toliki se učin može postići samo smanjenjem količine pare ili periodičnim grijanjem (sl. 70).



Sl. 69. Jednostavno vakuumsko grijanje. 1 kotao, 2 vakuum-pumpa, 3 radijator, 4 povratni vod kondenzata



Sl. 70. Diferencijalno vakuumsko grijanje s priključkom na daljinsko grijanje. 1 vanjski termometar, 2 diferencijalni tlacići ventil, 3 radijator, 4 termometar u prostoriji, 5 vakuum-pumpa, 6 termostatski regulator pare, 7 odzračivanje, 8 posuda kondenzata, 9 uklopna ploča, 10 regulacioni ventil

Grijanje parom visokog tlaka. Visokotlačno parno grijanje radi s pretlakom većim od 0,5 bara. Primjenjuje se za prijenos topline na veće udaljenosti za daljinsko, odnosno rajonsko grijanje, i za grijanje toplinskih naprava. Za neposredno grijanje prostorija ne upotrebljava se para visokog tlaka zbog visoke površinske temperature i slabe mogućnosti regulacije. Izuzetno se upotrebljava za grijanje tvorničkih hala kad se raspolaze odušnom parom iz parnih strojeva, i to pri tlakovima pare od 1...2 bara pretlaka. Da se spriječi prodiranje visokotlačne pare u cjevovod za kondenzat, treba iza svakog trošila pare ugraditi automatski uređaj za odvod kondenzata posebne izvedbe za visoki tlak. Kondenzat od svih trošila pare sakuplja se u spremniku kondenzata, a odatle se pomoću automatskog uređaja za povrat kondenzata tlači u posudu za napajanje kotlova. Za kotlove i sve parne naprave s tlakovima iznad 0,5 bara pretlaka vrijede propisi za visokotlačne kotlove.

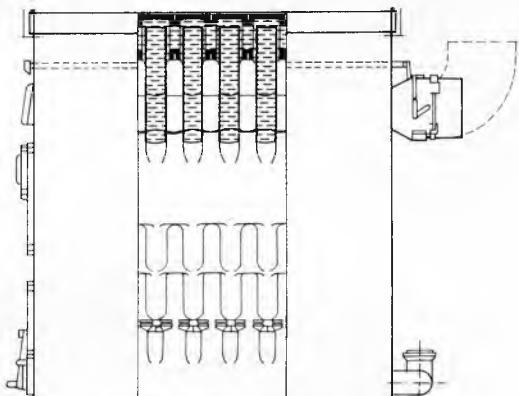
Dijelovi uređaja centralnog grijanja

Sastavni su dijelovi uređaja za centralno grijanje topom vodom i parom: kotlovi, grijala i cjevovodi.

Kotlovi. Za centralna grijanja izvode se posebni kotlovi koji su prilagođeni pogonskim uvjetima i različitim vrstama goriva. Tako postoje kotlovi za koks, antracit, mrki ugljen, lignit, loživo ulje i plin.

Prema materijalu izradbe razlikuju se kotlovi od lijevanog željeza i čeličnog lima.

Kotlovi od lijevanoga željeznečlanaka. Za male i srednje uređaje za centralno grijanje razvijala se izradba kotlova od lijevanih članaka s učinom do oko 600 kW. Pojedini članci su šupljii odljevci u čijem se šupljem prostoru nalazi prijenosnik topline, voda ili voden par, dok s vanjske strane struje dimni plinovi. Svaki članak ima dio potrebnih elemenata za izgaranje. Nizanjem članaka nastaju: roštilj s ložištem (koji se prostire uzduž cijelog kotla), bunker za punjenje goriva, dimovodni kanali između rebara pojedinih članaka, sabirni kanal za odvod dimnih plinova i prostor za pepeo. Prednji čeoni članak sadrži vrata za punjenje goriva i vrata za odstranjanje pepela i dovod zraka, dok se na zadnjem, završnom članku nalaze priključci za dimovodni kanal. Pojedini se članci spajaju pomoću obostrano koničnih nazuvica i zateznih vijaka (sl. 71).



Sl. 71. Člankasti kotao od lijevanog željeza

Izvedba je obično simetrična. U većim kotlovima članci su razdijeljeni na dva jednaka polučlanka s gornjim otvorom za punjenje goriva. Prednosti su takvih kotlova: niska cijena zbog serijske proizvodnje, mogućnost proizvodnje različitih veličina kotlova s malo tipova članaka, jednostavni prijevoz i montaža, jednostavno posluživanje i održavanje, velika pogonska sigurnost i neznačna opasnost od korozije.

S obzirom na način izgaranja razlikuju se: kotlovi s gornjim izgaranjem i kotlovi s donjim izgaranjem.

U kotlovima s gornjim izgaranjem (sl. 72) plinovi izgaranja prolaze kroz cijeli sloj goriva. Sloj užarenog goriva je promjenljiv, a time i učin grijanja. Zagrijavanje je brzo. Postoji mogućnost jačeg opterećenja. Gorivo se puni s prednje strane. Upotrebljava se u malim kotlovima, a gorivo je obično koks i antracit.

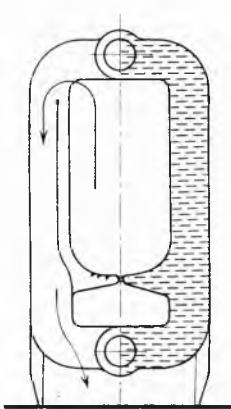
Kotlovi s donjim izgaranjem (sl. 73) upotrebljavaju se za loženje mrkim ugljenom i lignitom, a izvode se kao kotlovi srednjeg i većeg učina. Plinovi izgaranja odvode se kroz kanale s obadviše strane ložišta u donjem dijelu spremišta za gorivo. U spremištu za gorivo nema izgaranja. Prednost je takvog izgaranja jednakomjerna visina užarenog sloja ugljena, a prema tome i učin kotla je jednakomjeren. Stupanj djelovanja kotla je visok. Za potpuno izgaranje goriva potrebno je dovesti sekundarni zrak iznad ložišta. Izvedba roštilja je različita, a ovisi o vrsti i krupnoći goriva.

Većina kotlova od lijevanog željeza za kruta goriva mogu se jednostavno pregraditi i za loženje uljem ili plinom. U tu svrhu treba roštilj i donji dio prostora ložišta obložiti šamotnim pločama. Na prednjem članku mora se predvidjeti priključna ploča za gorionik i ostale armature. Za nesmetano razvijanje

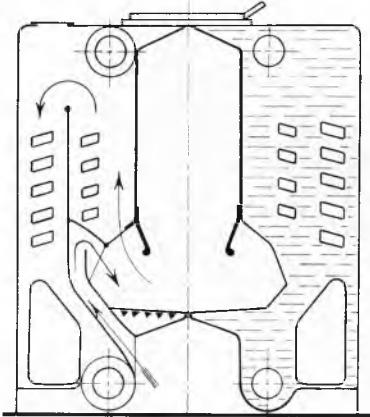
plamena pri loženju uljem zahtijeva se izvedba kotla s povećanim prostorom za izgaranje (sl. 74).

Kotlovi od lijevanog željeza za paru niskog tlaka grade se jednako kao i za toplu vodu, s razlikom što su samo djelomično napunjeni vodom, jer se u gornjem dijelu nalazi parni prostor. Razlike postoje i u sigurnosnim napravama i nekim armaturama. U toplovodnim kotlovima postoji ekspanzija posuda sa sigurnosnim cijevima, termometar i hidrometar, dok u kotlovima za paru hidrostatska sigurnosna cijev (ili sigurnosni ventil pri višim tlakovima), manometar i mjerilo vodostaja u kotlu.

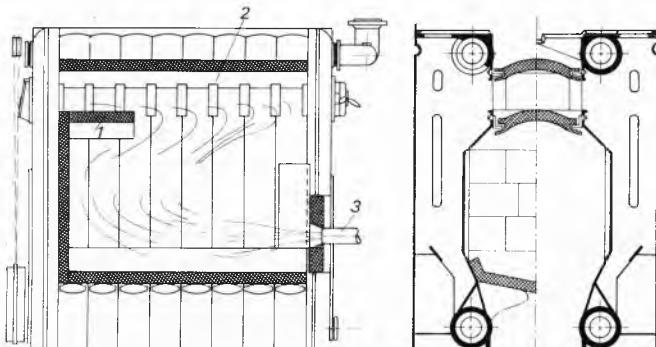
Toplinsko opterećenje kotlova od lijevanog željeza iznosi $6\cdots12 \text{ kW/m}^2$, već prema vrsti kotla i goriva.



Sl. 72. Kotao od lijevanog željeza s gornjim izgaranjem



Sl. 73. Kotao od lijevanog željeza s donjim izgaranjem i sekundarnim dovodom zraka

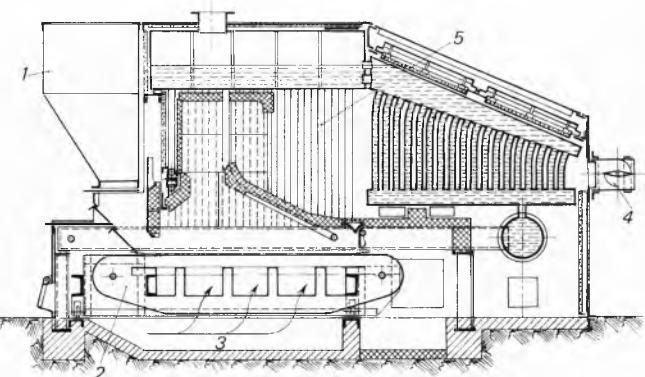


Sl. 74. Pregradnja kotla od lijevanog željeza za kruta goriva na loženje uljem ili plinom

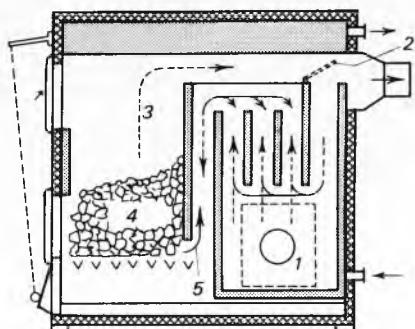
Kotlovi od čeličnog lima. Prvobitni kotlovi od čeličnog lima građeni su prema uzoru na visokotlačne industrijske kotlove, a upotrebljavali su se samo za velike učine i visoke tlakove. U posljednjim godinama nastupile su temeljite promjene u konstrukciji čeličnih kotlova. Taj je razvoj uslijedio, s jedne strane, zbog sve veće upotrebe ulja i plina za loženje kotlova zbog njihove pogonske prednosti i, s druge strane, proširenom upotrebom vrelovodnog grijanja u visokim zgradama, kojima su potrebeni kotlovi za visoke temperature i visoke tlakove.

Prednosti su čeličnih kotlova: neosjetljivost pri pomanjkanju vode i pri nadopunjavanju hladnom vodom, povećano specifično toplinski opterećenje kotla od $10\cdots50 \text{ kW/m}^2$, manja težina, veći toplinski učini po jedinicama (oko 15 MW i više) i upotrebljivost za visoke tlakove i temperature. Nedostaci su veća opasnost od korozije, nemogućnost povećavanja učina kotla dodavanjem članaka i poteškoće pri transportu velikih jedinica.

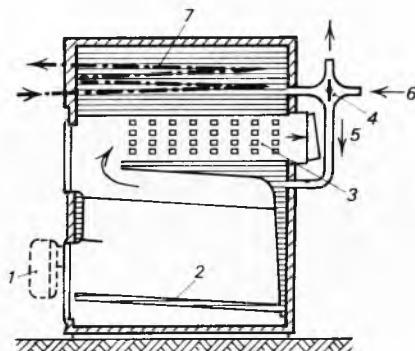
Goriva za kotlove centralnog grijanja. Pri loženju krutim gorivima (obično sitnozrnatim ugljenom) karakterističan je mehanički pogon kotlova. Gorivo se dovodi iz bunkera slobodnim padom na pomični roštilj na kojem izgara u sloju određene debljine. Potrebeni zrak za izgaranje dovodi se ventilatorom



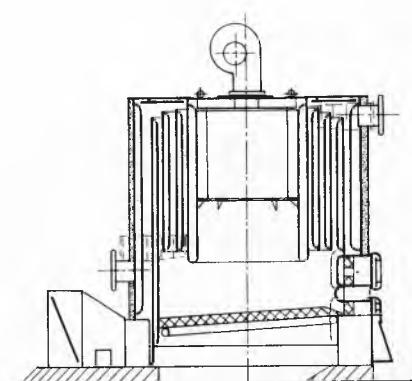
Sl. 75. Kotao s mehaničkim pogonom za paru ili toplu vodu (kotao Strebel). 1 bunker za gorivo, 2 okretni roštilj, 3 dovod zraka, 4 odvod plinova izgaranja, 5 grijajuće cijevi



Sl. 76. Čelični kotao s dva ložišta. 1 ložište za ulje, 2 preklopka, 3 odvod plinova kod izgaranja ulja, 4 ložište za ugljen, 5 odvod plinova kod izgaranja ugljena

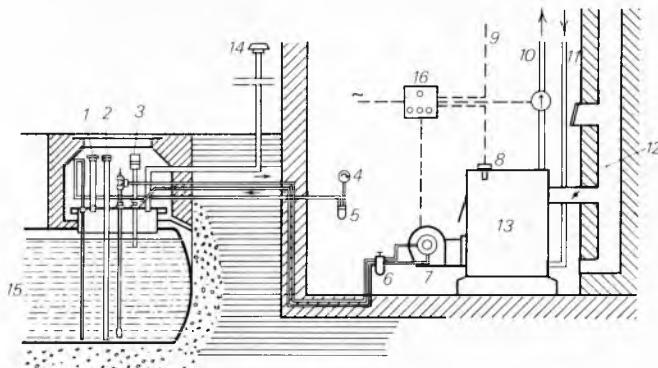


Sl. 77. Čelični kotao sa zajedničkim ložištem za ulje ili ugljen i s roštiljem hlađenim vodom. 1 gorionik za ulje, 2 roštilj za ugljen, 3 turbolator, 4 miješalica, 5 povratni vod, 6 dovodni vod, 7 protočna grijalica

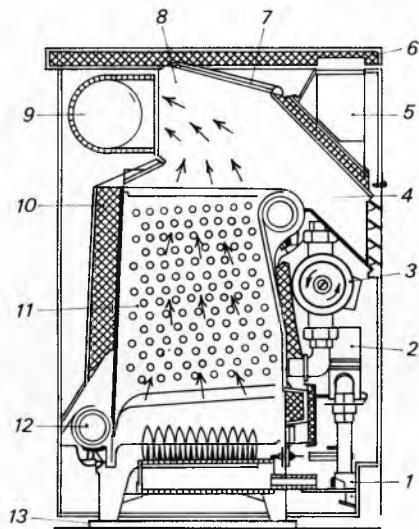


Sl. 78. Okrugli kotao za loženje ugljenom ili drvom

jednakojerno uzduž roštilja. Obično su takvi kotlovi opremljeni automatskim uređajem za odvod pepela i troske, automatskom regulacijom učina, te dodatnom ogrevnom površinom za iskoriscivanje topline dimnih plinova (sl. 75).



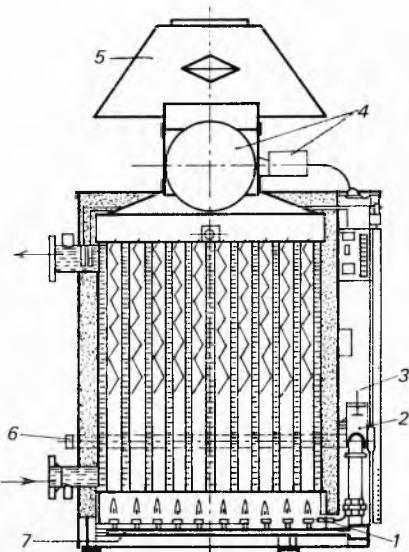
Sl. 79. Postrojenje za loženje uljem. 1 vod za punjenje, 2 pokazivač nivoa, 3 davač graničnog nivoa, 4 pokazivač nivoa ulja, 5 posuda kondenzata, 6 filter za ulje, 7 gorionik, 8 regulator kotla, 9 vod do termostata, 10 užazni vod, 11 povratni vod, 12 odvod plinova izgaranja, 13 kotao, 14 odzračivanje, 15 rezervoar za ulje, 16 uklopna ploča



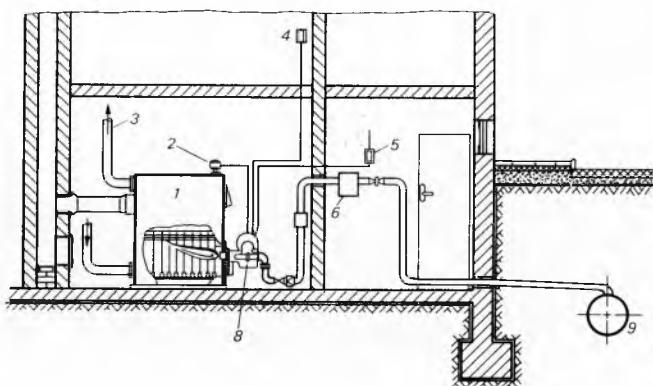
Sl. 80. Specijalni kotao za loženje plinom (Buderus-Loganas). 1 gorionik, 2 plinska armatura, 3 optočna pumpa, 4 usmjerivač strujanja, 5 uklopna kutija, 6 gornji poklopac, 7 poklopac za čišćenje, 8 sakupljač plinova izgaranja, 9 odvod plinova izgaranja, 10 izolacija stražnje stijenke, 11 središnji dio, 12 donji vod, 13 podni lim

Ložno ulje i plinovi sve se više upotrebljavaju kao gorivo za loženje kotlova centralnog grijanja zbog znatnih prednosti u pogonu. Naročito treba istaći: ekonomičnost pogona s obzirom na izvanrednu mogućnost automatske regulacije i programiranog upravljanja; jednostavno posluživanje: automatsko doziranje goriva prema potrebi topline; ušteda na prostoru jer su skladišta goriva (ako se loži plinom) i uređaj za otpremu pepela nepotrebni; čišći pogon.

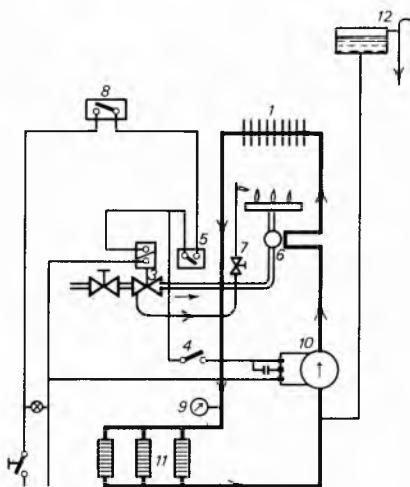
Konstrukcija čeličnih kotlova za loženje uljem bitno se izmjenila. Kotlovi se grade od pravokutnih čeličnih ploča ili su okruglog oblika s ugrađenim koncentričnim valjcima. Obično su predviđeni za loženje dvovrsnim gorivom. U tu se svrhu izvode ili dvije odvojene komore za izgaranje (ložišta), jedna za kruto gorivo, a druga za ulje (sl. 76) ili zajedničko ložište. Ako se loži uljem, treba roštilj pokriti posebnim vatrostalnim opekama (sl. 77 i 78). U manjim se jedinicama obično u prostoru za vodu u kotlu ugrađuju protočni predgrijači vode (sl. 73). Ogrjevne površine, koje su smještene iznad ili oko ložišta, sastoje se iz glatkih ili rebrastih cijevi. Za povećanje toplinskog učina kotla ugrađuju se u odvodni kanal dimnih plinova do-



Sl. 81. Specijalni čelični kotao za loženje plinom, s automatskom regulacijom i kapcima na električni pogon. 1 gorionik za paljenje, 2 regulator tlaka plina, 3 magnetski ventil, 4 štedni automat, 5 usmjerivač strujanja, 6 dovod plina, 7 gorionik



Sl. 82. Postrojenje za loženje plinom. 1 kotao, 2 termostat kotla, 3 polazni vod, 4 termostat prostorije, 5 sklopka, 6 plinomjer, 7 gorionik s ventilatorom, 8 regulator tlaka, 9 glavni plinovod



Sl. 83. Instalaciona shema vodenog optočnog grijanja plinom. 1 plinski grijac vode, 2 zaštitna sklopka motora, 3 magnetski ventil, 4 sklopka, 5 polazni termostat, 6 ventil za slučaj nestanka vode, 7 vod za paljenje, 8 termostat u prostoriji, 9 termometar, 10 pumpa, 11 radijatori, 12 odzračivanje

datne cijevne površine i posebna rebra za povećanje turbulencije, a time i prijenosa topline (turbolator).

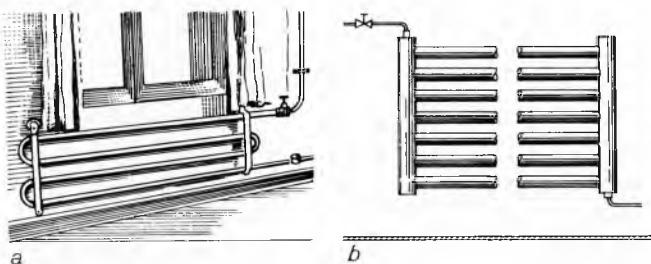
Toplinski opterećenje tih kotlova iznosi $12\text{--}25 \text{ kW/m}^2$, sa stupnjem iskoristivosti $70\text{--}80\%$.

Za uređaje s potroškom ulja do 100 kg/h upotrebljavaju se laka ložna ulja (s ogrjevnim vrijednošću oko 40000 kJ/kg) koja izgarava bez predgrijavanja. U uređaju s većim učinom upotrebljavaju se teška ulja (ogrjevna vrijednost oko 36000 kJ/kg) koja treba predgrijati za izgaranje i za transport. Na sl. 79 prikazan je kompletni uređaj za opskrbu kotlova uljem.

Za loženje plinom mogu se upotrijebiti kotlovi za ulje, ali s posebnim gorionikom za plin. Postoje i specijalni kotlovi samo za loženje plinom (sl. 80 i 81). Priklučak plina na kotlovske uređaje prikazan je na sl. 82, dok se na sl. 83 vidi shema uređaja s automatskom regulacijom.

Grijala za centralno grijanje trebaju predati toplinu, koja se dovodi vodom ili parom, konvekcijom i zračenjem, zraku i površinama koje obuhvaćaju prostoriju. Prema izvedbi razlikuju se cijevna, pločasta i člankasta grijala (radijatori) te konvektori. S obzirom na materijal grijala mogu biti od čelika, aluminija ili lijevanog željeza.

Cijevna grijala su glatke cijevi smještene vodoravno ili okomitno. Izvode se jednostruko u obliku cijevnih zavoja (sl. 84a), ili kao cijevni registri (sl. 84b). Odavanje topline cijevnih grijala pri temperaturi prostorije od 20°C iznosi u prosjeku 800 W/m^2 za toplu vodu srednje temperature 80°C , odnosno oko 1200 W/m^2 za niskotlačnu paru od 1,10 bara. Nedostatak je ovih grijala što je za smještaj cijevi potrebna velika zidna ploha. Upotrebljavaju se rjeđe, i to samo za grijanje nusprostorija.



Sl. 84. Cijevna grijala. a u obliku cijevnih zavoja (serpentina), b cijevni registar

Pločasta grijala. Karakteristika je takvih grijala veoma mala dubina s glatkom ili profiliranom ogrjevnom površinom. Izrađuju se od šupljih lijevanih elemenata, ili od spljoštenih čeličnih cijevi s pričvršćenim pločama na prednjoj strani. Na sl. 85, 86 i 87 prikazane su različite izvedbe pločastih grijala. Toplina se odaje zračenjem a djelomično i konvekcijom. U novije vrijeme ova se grijala izrađuju i od aluminija, ali im je cijena prilično visoka.

Specifično odavanje topline po 1 m^2 površine pločastih grijala ovisi o njihovoj visini i načinu izvedbe (tabl. 7).

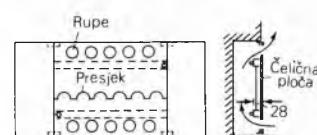
Tablica 7

SPECIFIČNO ODAVANJE TOPLINE PLOČASTIH GRIJALA PRI TEMPERATURI PROSTORIJE OD 20°C

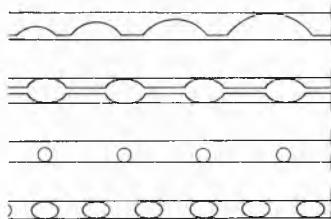
Visina grijala mm	Za toplu vodu $t = 80^\circ\text{C}$ W m^{-2}	Za paru niskog tlaka W m^{-2}
900	510	710
600	350	500
300	240	340

Radijatori (člankasta grijala) sastoje se od članaka iste veličine (sl. 88 i 89) od lijevanog željeza ili čeličnog lima (specijalne izvedbe i od aluminija). Nizanjem više članaka i spajanjem u grupe dobivaju se radijatori tražene površine. Pojedini članci spajaju se pomoću nazuvica s desno-lijevim narezom promjera $1\frac{1}{4}''$ (sl. 90) i brtvom od posebnog materijala. Radijatori od lijevanog željeza mogu se upotrebljavati za grijanje toplom vodom, visokotlačnom vrelom vodom, za grijanje parom niskog tlaka. Čelični i aluminijski radijatori dolaze u obzir samo za toplovodno grijanje s temperaturom nižom od 100°C . Specifično odavanje topline radijatora smanjuje se, za razliku od pločastog grijala, povećavanjem visine i dubine radijatora.

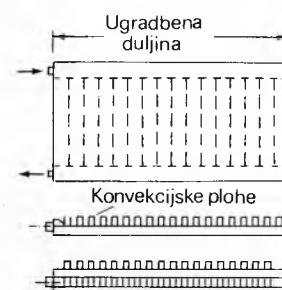
S termotehničkog gledišta najpovoljniji je smještaj grijala ispod prozora kako bi se smanjio nelagodan utjecaj prodora hladnog zraka kroz reške prozora.



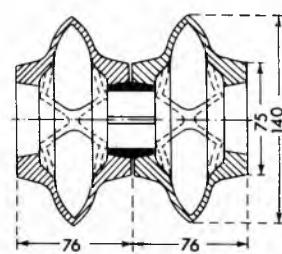
Sl. 85. Pločasto grijalo s ravnom prednjom pločom



Sl. 86. Pločasta grijala od profiliranog čeličnog lima



Sl. 87. Pločasto grijalo s lamelama na unutrašnjoj strani



Sl. 90. Spajanje radijatorskih članaka pomoću nazuvica



Sl. 88. Radijator od lijevanog željeza



Sl. 89. Radijator od čeličnog lima

Konvektori su grijala od rebrastih čeličnih cijevi ili od bakenih cijevi s aluminijskim lamelama. Ugrađeni su u posebno limeno kućište ili u zidnu udubinu s oplatom na prednjoj i bočnim stranama (sl. 91 i 92). Toplina se odaje praktički samo konvekcijom. Zrak, koji struji kroz kućište, pored ugrijanih površina lamelnih grijaca, dobiva zbog povišenja temperature znatan uzgon, tako da u prostoriji nastane umjerena cirkulacija zraka. Strujanje zraka kroz konvektor bit će to intenzivnije što je veća visina kućišta, a pri tom se povećava i toplinski učin konvektora. Oplate kućišta konvektora izgrađuju se od drva, lima, eternita, ploča od umjetnih tvari itd. Izbor materijala ovisi samo o arhitektonskim zahtjevima. Prednosti su konvektora prema radijatorima: znatno manje dimenzije i težina, manja cijena, kraće vrijeme zagrijavanja te različite mogućnosti ugradnje (sl. 93). Nedostatak im je što su neprikladni za čišćenje pa se često nagomilava prašina unutar kućišta.

Tablica 8

SPECIFIČNO ODAVANJE TOPLINE RADIJATORA OD LIJEVANOG ŽELJEZA PRI TEMPERATURI PROSTORIJE OD 20°C

Visinski razmak nazuvica mm	Topla voda $t = 80^\circ\text{C}$ Dubina radijatora		Para NT 1,10 bar Dubina radijatora	
	160 mm W m^{-2}	220 mm W m^{-2}	160 mm W m^{-2}	220 mm W m^{-2}
900	460	440	670	650
500	490	465	710	680
350	500	475	720	700

Tablica 9

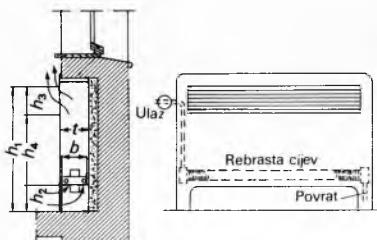
SPECIFIČNO ODAVANJE TOPLINE PLOČASTIH GRIJALA PRI TEMPERATURI PROSTORIJE OD 20°C

Visinski razmak nazuvica mm	Topla voda $t = 80^\circ\text{C}$ Dubina radijatora	
	160 mm W m^{-2}	220 mm W m^{-2}
900	450	425
500	475	450
350	480	470

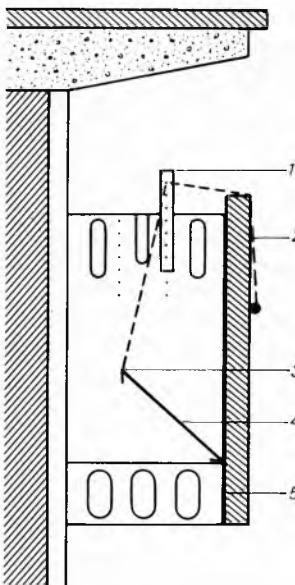
Tablica 10

PROSJEĆNA VRJEDNOST SPECIFIČNOG ODAVANJA TOPLINE KONVEKTORA PRI TEMPERATURI PROSTORIJE 20°C ZA TOPLU VODU $t = 80^\circ\text{C}$

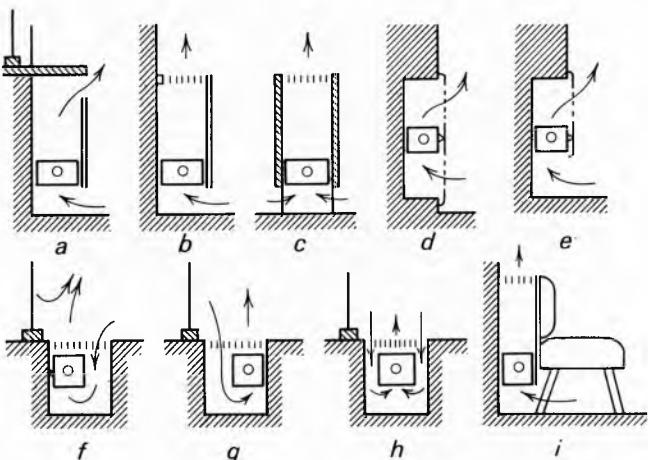
Dubina ugradnje mm	Visina ugradnje			
	400 mm W m^{-2}	600 mm W m^{-2}	800 mm W m^{-2}	1 000 mm W m^{-2}
100	275	370	420	445
200	250	340	390	410



Sl. 91. Konvektor



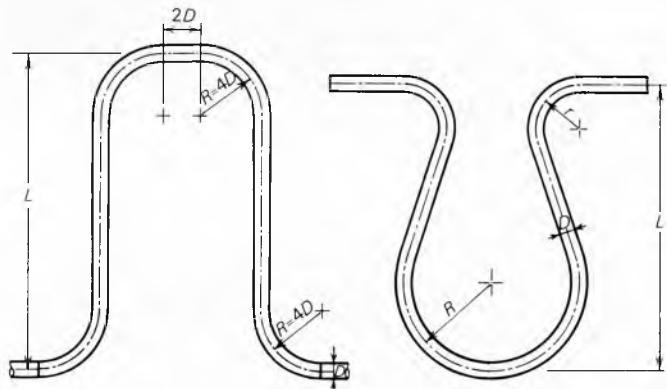
Sl. 92. Konvektor s demontažnom prednjom pločom



Sl. 93. Različite mogućnosti ugradnje konvektora. a ispred prozora, b ispred zida, c slobodno stojeci, d i e u zidu, f ispod poda s usisavanjem zraka iz prostorije, g ispod poda s usisavanjem vanjskog zraka, h ispod poda s dvostranim usisavanjem, i iza namještaja

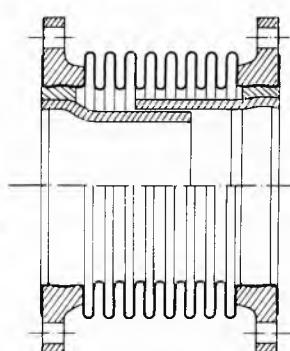
Cjevovodi. Za uređaje grijanja upotrebljavaju se samo čelične cijevi, i to cijevi s navojima promjera $\frac{3}{8}'' \dots 1\frac{1}{4}''$, bešavne cijevi s promjerom $40 \dots 300\text{ mm}$ i zavarene šavne cijevi (obično veliki promjeri).

Cijevi se međusobno spajaju, u principu, zavarivanjem. Prilikučak cijevi na naprave (kotlove, grijala i sl.) i spajanje s armaturama, radi mogućnosti rastavljanja, obavlja se za cijevi s navojima pomoću vijčanih spojki ili kolčaka s desnim, odnosno desno-ljevim navojem; a za cijevi većih promjera s prirubnicama koje su zavarene ili uvaljane na cijevi. Kad se mijenja smjer cjevovoda upotrebljavaju se fazonski komadi kao što su lukovi, koljena i odvojci, bilo s navojima ili za zavarivanje. Radi preuzimanja dilatacija pri zagrijavanju cijevi, ugrađuju se



Sl. 94. Kompenzator u obliku U-cijevi.
 $L = 0,205\sqrt{Df}$ m. D vanjski promjer
cijevi u cm, f termičko rastezanje u
cm

Sl. 95. Kompenzator u obliku lire.
 $L = c\sqrt{Df}$ m. (c ovisi o temperaturi
cijevi)



Sl. 96. Aksijalni kompenzator s metalnim mijehom (perni kompenzator)

između čvrstih držača kompenzatori u obliku U-cijevi (sl. 94) ili lira (sl. 95), odnosno aksijalni perni kompenzatori (sl. 96).

Armature u uređajima za grijanje služe za zatvaranje ili prigušivanje protoka vode, odnosno pare, i za regulaciju tlaka i protoka. Izrađuju se iz sivog lijeva, mjedi, bronce ili čelika.

GRIJANJE NA DALJINU

Daljinska ili rajonska postrojenja za grijanje jesu postrojenja koja iz jednog centralnog mjeseta opskrbuju toplinom više zgrada, odnosno pojedine dijelove zgrada. Ispravnije je ovaj sustav označiti kao prijenos topline na daljinu, jer je često grijanje prostorija samo jedan od zadatka takvog postrojenja. Tako je, npr., u bolnicama, hotelima, tvornicama i sl. potrebna toplina, osim za grijanje prostorija, za pripremu tople vode i pare različitog tlaka za kuhinje, praonice rublja i različite tehnološke procese u tvornicama. Zato je svršishodnije da se voda ili para različitih temperatura ne proizvode u zajedničkoj kotlovnici i odvojeno dovode do potrošačkih mjeseta, već da se toplina dovodi pomoću jedinstvenog prijenosnika pojedinim objektima, i da se tek tamo proizvodi para potrebnog tlaka i topla voda potrebne temperature pomoću izmjenjivača topline.

Postrojenje za daljinsko grijanje sastoji se od: *centralne kotlovnice* s kotlovima, skladištem goriva, pumpama, ekspanzijskim posudama pod tlakom i uređajima za mjerjenje, pripremu vode i ostalim uređajima; *cjevovodne mreže* za dovodenje topline (u obliku tople vode, vrelle vode ili pare) do pojedinih objekata; *predajnih stanica*, u kojima se dovedena toplina iz cjevovodne mreže predaje kućnom uređaju za grijanje.

Potrebna para za daljinsko grijanje može se proizvoditi i u toplani. To su postrojenja u kojima se istodobno proizvodi para potrebna za daljinsko grijanje i električna energija. Za grijanje se upotrebljava para koja je djelomično eksplandirala u parnoj turbini (parna turbina s oduzimanjem ili protutlačna turbina, v. *Turbine*), pa se tako postiže znatno povoljniji stupanj iskoristivosti. Mana je toplane što proizvodnja električne energije ovisi o potreboj pari za grijanje i tehnološke procese, pa su takva postrojenja to ekonomičnija što je potrošnja pare ravnomjernija tokom dana i godine. Može se, naime, računati da svu tako proizvedenu električnu energiju može preuzeti elektroenergetski sustav. Danas se nastoji potrebna para proizvesti u toplanama radi smanjenja potroška goriva, ali to je opravdano kad je potrošnja pare koncentrirana na manjem području (veći gradovi, veće industrije).

Razlikuju se niskotlačno i visokotlačno daljinsko grijanje.

Daljinsko grijanje niskog tlaka može opskrbiti toplinom područje do 1 km^2 . Tu se kao prijenosnik topline obično upotrebljava vodena para do 2 bara tlaka, ili topla voda ispod 110°C .

Veličina je područja *visokotlačnog daljinskog grijanja* do 74 km^2 . Kao prijenosnik topline uzima se para do 12 bara, odnosno tlačna vrela voda $110\cdots180^\circ\text{C}$.

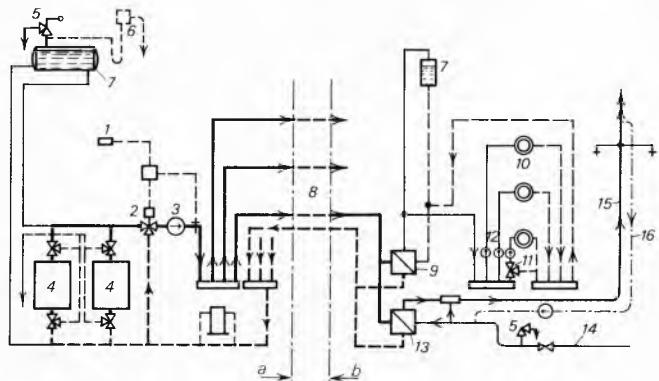
Prednosti su daljinskog grijanja: otpada transport goriva i pepela u pojedinim zgradama, ekonomičnije iskorišćivanje goriva u centralnoj kotlovnici, mogu se upotrijebiti jestinija goriva, velika pogonska sigurnost i smanjenje zagađivanja okoline plinovima izgaranja.

Vodenje topline na daljinu pomoću tople vode. Tlok vode za grijanje može biti praktički jednak ili veći od atmosferskog tlaka. O tlaku ovisi maksimalna temperatura vode, pa se obično razlikuje grijanje vodom do temperature od 110°C i grijanje vodom više temperature.

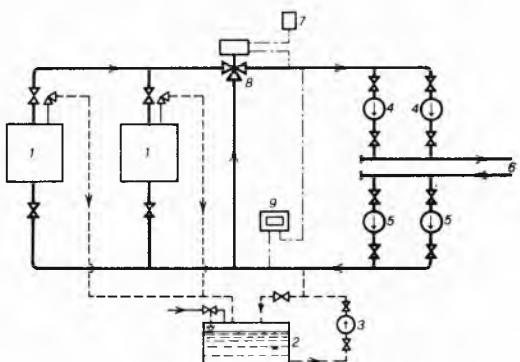
Uredaji za grijanje toprom vodom do 110°C . Izvedba takvog uređaja, u načelu, odgovara običnom toplovodnom grijanju s pumpama. Temperatura u dovodnom vodu povisuje se do 110°C , dok u povratnom vodu iznosi 70°C . U predajnoj stanicu pojedinih objekata snizuje se temperatura na 90°C miješanjem povratne vode, odnosno na nižu temperaturu ovisno o vanjskoj temperaturi. Zbog povećane razlike temperature ($\Delta t = 40^\circ\text{C}$) smanjuje se protočna količina vode, a time i dimenzija cjevovoda.

Za optok vode u cjevovodu ugađaju se centrifugalne pumpe, i to dvije pumpe: jedna za puni učin, a druga za 50% učina. Pumpe se ugrađuju u dovodnom ili u povratnom vodu, od-

nosno u oba voda. To ovisi o razgranatosti cjevovoda i otporima u cjevovodnoj mreži. Potrebeni tlak pumpe iznosi prosječno 0,1 bara (0,01 MPa) za svakih 100m duljine cjevovoda. Taj se sustav upotrebljava u stambenim i uredskim zgradama, bolnicama i sl., ako pojedine zgrade nisu međusobno previše udaljene. Sustav radi ekonomično kad je toplinski učin od 6 MW do maksimalno 20 MW.



Sl. 97. Shema spoja kućne instalacije s toplinskom centralom. a toplinska centrala, b kućna instalacija; 1 vanjski termostat, 2 regulator temperature, 3 pumpa vrelle vode, 4 kotao, 5 sigurnosni ventil, 6 hidrostatska cijev, 7 ekspanzijska posuda, 8 dalekovodna mreža, 9 izmjenjivač topline za grijanje objekta, 10 grijala (trošila), 11 ventil za miješanje, 12 pumpe za doziranje, 13 izmjenjivač topline za grijanje objekta, 14 dovod hladne vode, 15 cjevovod potrošne tople vode, 16 cirkulacioni vod



Sl. 98. Cjevovodna shema toplovodnog daljinskog grijanja s centralnom regulacijom temperature i s pumpom za održavanje tlaka. 1 kotao, 2 akumulaciona posuda, 3 pumpa za održavanje tlaka, 4 ulazna pumpa, 5 izlazna pumpa, 6 dalekovod, 7 vanjski termostat, 8 regulacioni ventil, 9 brojač

Na sl. 97 i 98 shematski je prikazan spoj kotlovnice i predajne stанице, a na sl. 99 i 100 priključak kućnog uređaja na predajnu stanicu i cjevovod.

Akumulacijom topline mogu se svladati kratkotrajna vršna opterećenja. Najjednostavnija izvedba prikazana je na sl. 101. Akumulator topline puni se posebnom pumpom kojoj dotječe vrela voda iz donjeg dijela akumulatora i koja je tlači kroz kotao u gornji dio akumulatora. Kad se akumulator prazni, isključena je pumpa za punjenje, a pumpa uređaja za grijanje tlači akumuliranu toplu vodu u mrežu. Akumulacijska sposobnost bit će to veća što je veća temperaturna razlika (obično $110\cdots80^\circ\text{C}$).

Uredaji za grijanje vrelom vodom s više od 110°C . Uredaj za grijanje tlačnom vodom zatvoren je sustav pod tlakom koji odgovara temperaturi vode. Takvi uređaji imaju sve prednosti i toplovodnih sustava i razdiobe s parom. Dovodna je temperatura obično između 110°C i 150°C , a kad se postavljaju posebni zahtjevi i do 180°C . Temperatura je vode u povratnom vodu $70\cdots90^\circ\text{C}$.

Prednosti su vrelovodnog grijanja prema daljinskom grijanju parom: otpada uređaj za povrat kondenzata sa sabirnicama i pumpnim stanicama i s time povezani gubici; jednostavnije je

vođenje cjevovoda; povećava se sposobnost transporta topline kroz cijevnu mrežu zbog velike temperaturne razlike sustava; može se postići dobra centralna i lokalna regulacija; jednostavno se održavaju uređaji; jednostavna je akumulacija topline; dug je vijek trajanja postrojenja.

Nedostaci su povećani troškovi za izmjenjivače topline u podstanicama objekata i stalni potrošak struje za pogon pumpi.

Taj se sustav primjenjuje za daljinska grijanja na većem području, za grijanje gradskih rajona, odnosno cijelog gradskog područja. U uređaju treba održavati viši statički tlak kako bi se pogon mogao odvijati pri višim temperaturama vode. U tablici 11 navedene su temperature isparivanja vode za različite

tlakove. Dovodne temperature vode treba odabratи za $8\text{--}10^{\circ}\text{C}$ niže od graničnih vrijednosti u tabl. 11.

Tlačna vrela voda može se proizvesti u parnim kotlovima ili u posebnim kotlovima za vrelu vodu.

Tablica 11

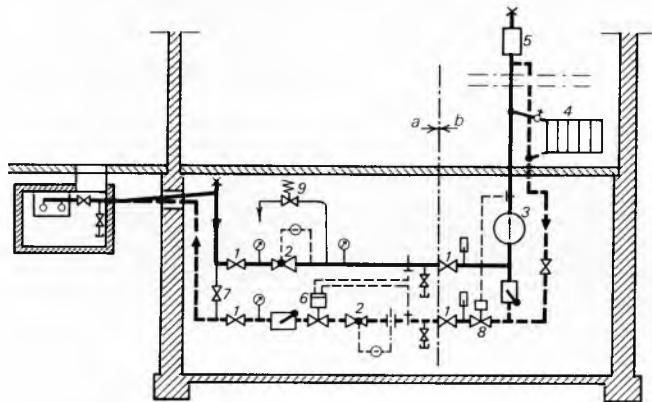
TEMPERATURE ISPARIVANJA PRI RAZLIČITIM TLAKOVIMA

Aps. tlak bar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperatura isparivanja $^{\circ}\text{C}$	99,64	120,2	133,5	143,6	151,8	158,8	164,9	170,4	175,4

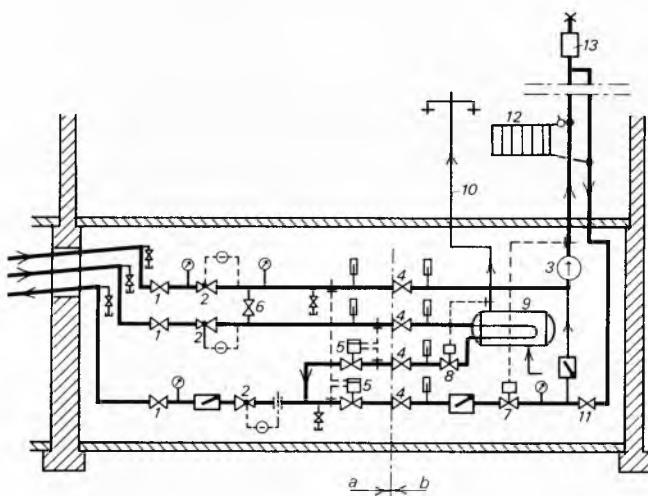
Proizvodnja vrelе vode u parnim kotlovima. Za proizvodnju vrelе vode postoje tri mogućnosti.

Vrelа voda iz običnog parnog kotla može se upotrijebiti za grijanje. Optočna pumpa za daljinsko grijanje siše vrelу vodu ispod najnižeg vodostaja kotla te tlači kroz sustav potrošača topline i vraća u vodeni prostor kotla. Ako treba svladati veliki pad tlaka u cjevovodnoj mreži, ugrađuje se pumpa u dovodnom i povratnom vodu. Rastezanje vode zbog zagrijavanja kompenzira se u parnom prostoru kotla (sl. 102).

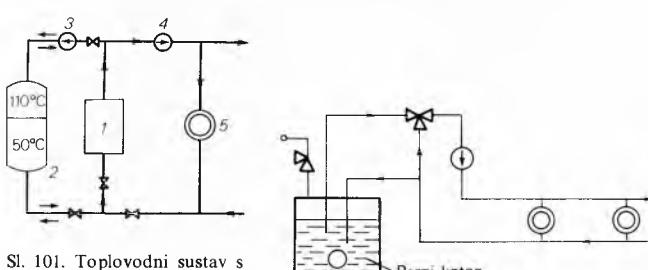
U parnom kotlu proizvedena para ili para koja je djelomično ekspandirala u turbinu mijеša se u kaskadnom izmjenjivaču topline neposredno s optočnom vodom sustava grijanja. Pri tom para kondenzira, a voda se grijе. Općenito, kaskadni su izmjenjivači topline veliki spremnici u obliku valjka, koji su do polovice napunjeni vodom. Para i povratna voda ulaze u gornji dio spremnika. Voda se raspršava i mijеša s parom prolazom kroz nekoliko perforiranih pregrada, koje su smještene jedna iznad druge. Tako se postiže dobar prijenos topline s pare na vodu. Iz donjeg dijela pumpa siše vrelу vodu i tlači je u mrežu (sl. 103). Konstantni vodostaj u izmjenjivaču topline održava se pomoću posebnog plovka. Višak vode otjeće u sabirnu posudu kondenzata, a odatle se pomoću pojne pumpe vraća u kotao. Kaskadni izmjenjivač služi ujedno i kao ekspanzijska posuda. Nedostatak je takvog načina grijanja vode gubitak kondenzata i mijеšanje vode u kotlu s vodom iz mreže.



Sl. 99. Priključak kućne instalacije toplovodnog grijanja s prisilnom cirkulacijom na dalekovod. Dvocijevni sustav. a toplinska centrala, b kućna instalacija; 1 zaporni ventil, 2 redukcijski ventil, 3 optočna pumpa, 4 grijala, 5 ekspanzionna posuda, 6 mjerilo potroška topline (brojilo), 7 ventil za miješanje, 8 regulator topline

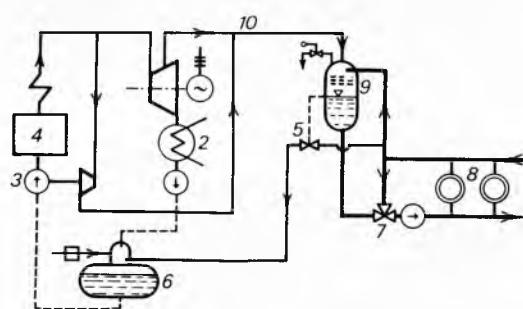


Sl. 100. Priključak kućne instalacije toplovodnog grijanja i pripreme tople vode na trocjevni sustav dalekovoda. a toplinska centrala, b kućna instalacija; 1 zaporni ventil, 2 redukcijski ventil, 3 optočna pumpa, 4 ventil za regulaciju protoka, 5 mjerilo potroška topline, 6 ventil za miješanje, 7 regulator temperature za grijanje, 8 regulator temperature za potrošnu vodu, 9 izmjenjivač topline za potrošnu vodu, 10 cjevovod potrošne tople vode, 11 prigušni ventil, 12 grijalo, 13 ekspanzionna posuda

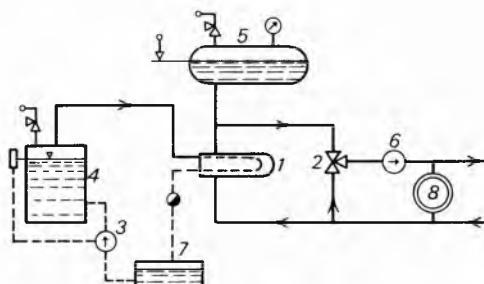


Sl. 101. Toplovodni sustav s akumulatorom topline. 1 kotao, 2 akumulator topline, 3 ulazna pumpa, 4 izlazna pumpa, 5 razvodna mreža

Sl. 102. Princip proizvodnje vrelе vode u parnom kotlu



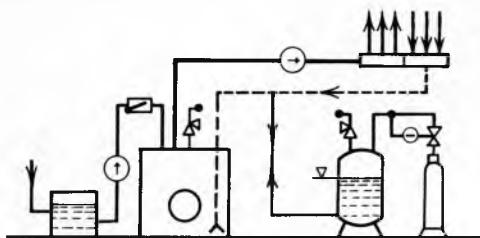
Sl. 103. Proizvodnja vrelе vode u kaskadnom izmjenjivaču topline. 1 priprema pojne vode, 2 kondenzator, 3 pumpa pojne vode, 4 kotao, 5 regulator nivoa vode, 6 posuda kondenzata, 7 ventil za miješanje, 8 potrošač, 9 generator vrelе vode, 10 međustepena (oduzeta) para $\sim 0,3 \text{ MPa}$



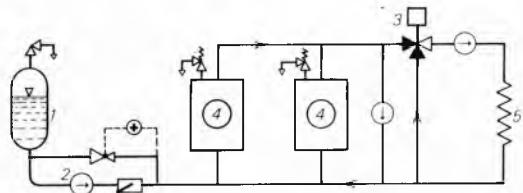
Sl. 104. Proizvodnja vrelе vode u protustrujnom izmjenjivaču topline (rekuperatoru). 1 protustrujni izmjenjivač, 2 ventil za miješanje, 3 pumpa pojne vode, 4 kotao, 5 ekspanzionna posuda, 6 pumpa, 7 posuda kondenzata, 8 potrošač

U kotlu proizvedena para dovodi se u površinski izmjenjivač topline (rekuperator) gdje se predaje toplina optičnoj vodi sustava grijanja. Tu je para potpuno odvojena od vode. U kružnom toku vode potrebno je predvidjeti posebnu zatvorenu ekspanzijsku posudu sa sigurnosnim ventilom. Održavanje tlaka u posudu postizava se pomoću pare iz kotla ili pomoću nekog neutralnog plina. Zbog potrebne razlike temperature pare i vode u izmjenjivaču topline treba predvidjeti kotao za viši tlak (sl. 104).

Proizvodnja vrele vode u kotlovima za vodu. U posebnim kotlovima neposredno se proizvodi tlačna vrela voda određene temperature i tlaka. Za rastezanje vode treba predvidjeti posebnu ekspanzijsku posudu. Održavanje tlaka postiže se pomoću neutralnog plina. Obično se upotrebljava dušik iz tlačnih boca ili se tlači kompresorom. Konstantni tlak održava se automatskom regulacijom (sl. 105). Tlak u sustavu može se održavati i posebnom pumpom. Tu se pomoću pumpe stalno tlači u cijevnu mrežu neka manja količina vode, dok se približno ista količina vode preko prestrujnog ventila odvodi iz mreže u ekspanzijsku posudu (sl. 106).



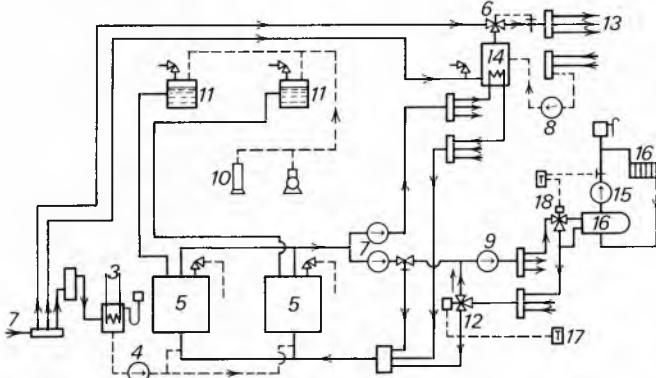
Sl. 105. Proizvodnja vrele vode u toplovodnom kotlu sa zatvorenom ekspanzionom posudom. Održavanje tlaka dušikom. 1 kotao, 2 ekspanziona posuda, 3 dušik, 4 potrošač



Sl. 106. Proizvodnja vrele vode u toplovodnom kotlu s održavanjem tlaka pumpom. 1 ekspanziona posuda, 2 pumpa za upravljanje (diktiranje) tlakom, 3 pretočni ventil, 4 kotao, 5 potrošač

Razdioba vrele vode može se provesti dvocijevnim i trocijevnim sustavom.

Najviše se primjenjuje dvocijevni sustav sa jednim dovodnim i jednim povratnim vodom. Na sl. 107 prikazan je sustav spajanja vrelovodnog grijanja s priključkom na kućnu instalaciju.

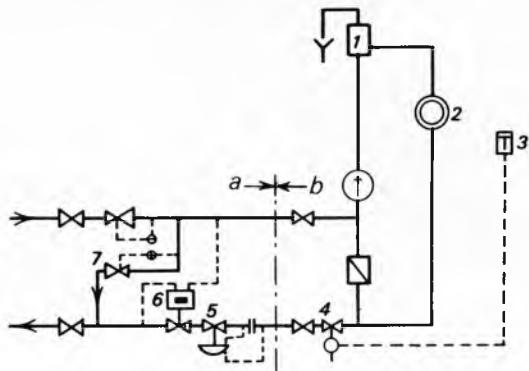


Sl. 107. Cjevodna shema daljinskog grijanja vrelovom vodom s priključkom kućne instalacije pomoću izmjenjivača topline i s centralnom pripremom potrošne tople vode. 1 hladna voda, 2 priprema vode, 3 posuda pojne vode, 4 pumpa pojne vode, 5 kotao, 6 mješalica, 7 tlačna pumpa iz kotla, 8 pumpa potrošne vode, 9 pumpa za grijanje, 10 dušik, 11 ekspanzione posude, 12 ventil za miješanje, 13 potrošna voda, 14 priprema potrošne vode, 15 cirkulaciona pumpa, 16 izmjenjivač topline, 17 vanjski termostat, 18 regulator temperature

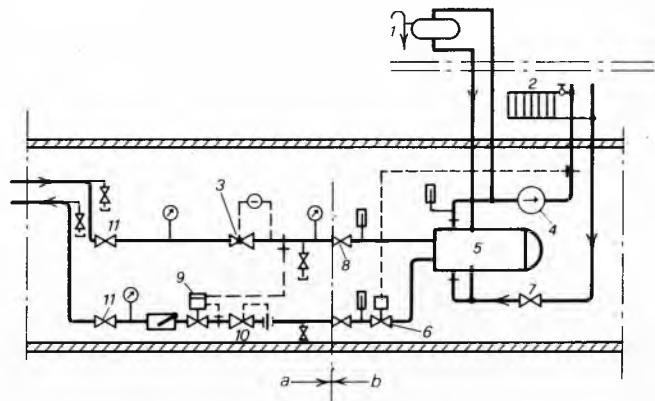
U trocijevnom sustavu jedan dovodni vod s konstantnom temperaturom služi za dovod topline potrebne za procese u industriji, drugi dovodni vod s promjenljivom temperaturom služi za grijanje, a treći je vod zajednički povratni vod.

Kućne podstanice mogu se priključiti na daljinsku mrežu neposredno ili posredno.

Neposredni je priključak moguć ako grijala u objektima mogu podnijeti prekoračenje tlaka. Tako je pri grijanju tvorničkih hala gdje se upotrebljavaju cijevna grijala, konvektori i sl. koji mogu izdržati visoke tlakove. Na sl. 108 prikazan je način spajanja, potrebne armature i osiguranja.



Sl. 108. Kućna podstanica za neposredni priključak na daljinsko grijanje vrelovom vodom. a topkinsa centrala, b kućna instalacija; 1 ekspanziona posuda, 2 grijajuće tijelo, 3 termostat, 4 regulacijski ventil, 5 ograničavač količine, 6 brojilo, 7 pretočni ventil



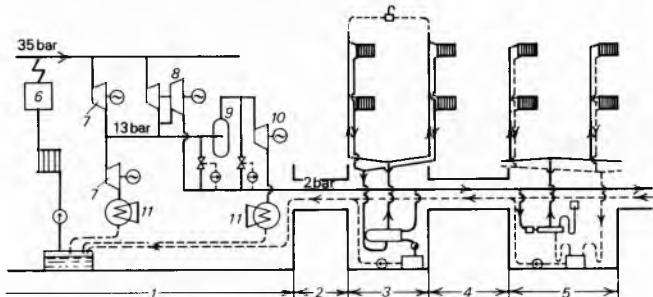
Sl. 109. Posredni priključak toplovodnog grijanja kućne instalacije na daljinsko grijanje vrelovom vodom. a topkinsa centrala, b kućna instalacija; 1 ekspanziona posuda, 2 grijajuće tijela, 3 reduksijski ventil, 4 pumpa, 5 izmjenjivač topline, 6 regulator topline, 7 zaporni ventil, 8 regulator količine vode, 9 brojilo, 10 protutlačni ventil, 11 zaporni ventil

Posredni priključak izvodi se pomoću izmjenjivača topline. Oni se mogu upotrijebiti kad se grie toplovod vodom ili parom. Prednost je odvajanje kućne od daljinske mreže, ali je nedostatak gubitak prouzrokovani sniženjem temperature u izmjenjivaču topline (sl. 109).

Vodenje topline na daljinu pomoću pare. Para se proizvodi u posebnim kotlovima (svježa para) ili se upotrebljava para koja se oduzima između pojedinih stepena parnih turbina. Tlak pare na ulazu u daljinsku mrežu iznosi u malim uređajima 2-3 bara, dok u velikim najviše 12 bara. Kondenzat koji se sakuplja u podstanicama objekata vraća se pomoću pumpi u kotlovinicu. Danas se, zbog prednosti upotrebe tlačne vrele vode, rijetko upotrebljava parno daljinsko grijanje, osim za dovođenje topline u industrijskim pogonima. Prednosti su upotrebe pare prema vrelovodnom grijanju: mogućnost vođenja na velike udaljenosti bez pumpi (ali uz pad tlaka pare); manji troškovi za parni cjevodov; jednostavna pretvorba visokotlačne u niskotlačnu paru, odnosno u toplu vodu; jednostavno mjerjenje količine topline; jednostavna upotreba pare iz toplana. Nedostaci su: poteškoće i problemi pri povratu kondenzata; korozija u

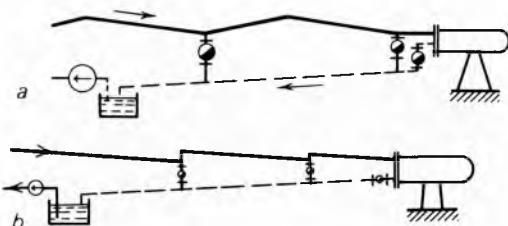
kondenzatnim vodovima; nije moguća centralna regulacija temperature; veliki toplinski gubici. Vođenje topline na daljinu pomoću pare upotrebljava se redovito samo za industrijske pogone kad su potrebne velike količine pare.

Na sl. 110 shematski je prikaz daljinskog parnog grijanja s priključkom kućne instalacije na toplanu.

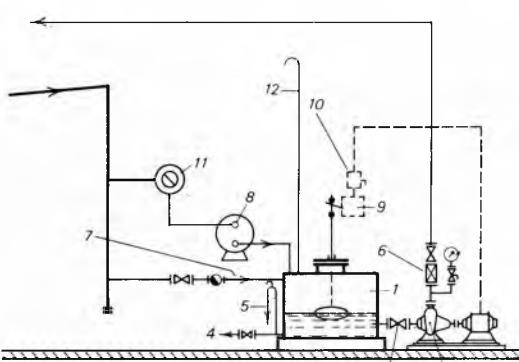


Sl. 110. Cjevovodna shema toplane za daljinsko grijanje visokotlačnom parom s priključkom kućne instalacije s toplovodnim grijanjem, odnosno grijanjem parom niskog tlaka. 1 elektrana, 2 dalekovod, 3 kućni priključak za grijanje vrelom vodom, 4 dalekovod, 5 kućni priključak za grijanje parom niskog tlaka, 6 kotao, 7 niskotlačna turbina, 8 predturbina, 9 Ruthsov spremnik, 10 akumulaciona turbina, 11 kondenzator

Parna cijevna mreža, za razliku od toplovodne mreže, nema sposobnost akumulacije topline, stoga treba za pokriće vršnih opterećenja predvidjeti posebne akumulatore topline. Cjevovodi za paru uvijek se polažu s padom, kako bi se mogao odvesti kondenzat koji se stvara hlađenjem parnog voda. Odvodnjava se na najnižem mjestu voda pomoću posebnih uređaja za odvod kondenzata (sl. 111).



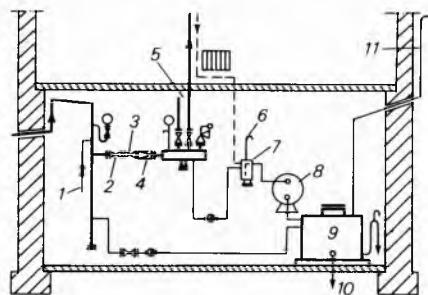
Sl. 111. Način odvodnjavanja parnih dalekovoda. a) polaganje cikcak, b) polaganje u obliku pile



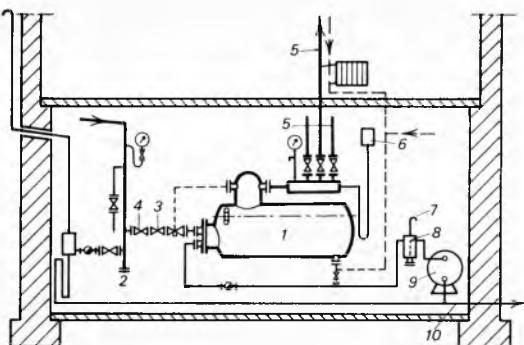
Sl. 112. Pumpna stanica za odvod kondenzata iz objekta. 1 posuda za sakupljanje kondenzata, 2 zaporni zasun, 3 turbopumpa s elektromotorom, 4 pražnjenje, 5 prelev, 6 zaporni ventil, 7 odvodnjavanje visokog tlaka, 8 mjerilo, 9 sklopka s plovkom, 10 zaštitni prekidač motora, 11 uredaj za grijanje, 12 vanjski odvod pražnjenja

Kondenzat koji nastaje u različitim napravama kod potrošača i u parnim vodovima sakuplja se u posebne spremnike te se pomoću pumpi vraća u kotlove u toplani. Ako zbog izvedbenih poteškoća i različitih prepreka nije moguće kondenzat vratiti u toplanu, može se upotrijebiti za predgrijavanje potrošne vode ili zraka u objektima, a zatim odvesti u najbližu kanalizaciju. Minimalni obujam sabirnog spremnika mora biti dovoljan da

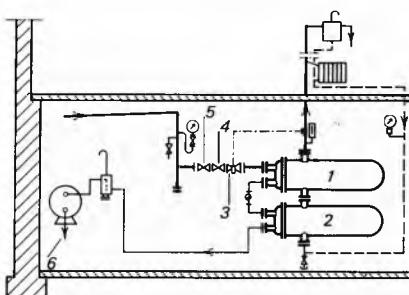
primi kondenzat koji nastaje u jednom satu. Pumpa se uklapa, odnosno isklapa pomoću plovka. Učin pumpe obično je dvostruko veći od satne količine kondenzata (sl. 112). Na sl. 113 do 115 prikazane su podstanice objekata i način priključka različitih sustava grijanja na parni vod.



Sl. 113. Neposredni priključak niskotlačnog parnog grijanja na visokotlačnu parnu mrežu. 1 odzračivanje, 2 zaporni ventil, 3 prigušni ventil, 4 reducički ventil, 5 vodovi prema potrošačima, 6 odvod pražnjenja, 7 posuda za pražnjenje, 8 mjerilo, 9 posuda kondenzata, 10 prema pumpi, 11 vanjski odvod pražnjenja



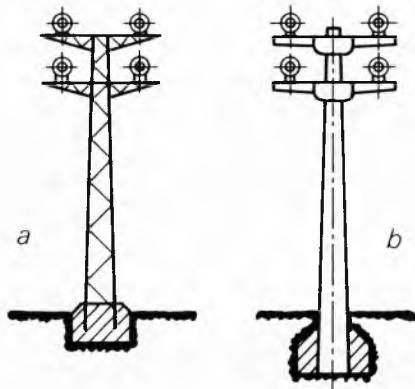
Sl. 114. Posredni priključak niskotlačnog parnog grijanja objekta preko isparivača na visokotlačnu parnu mrežu. 1 isparivač, 2 regulator pritiska, 3 prigušni ventil, 4 zaporni ventil, 5 vodovi prema potrošačima, 6 vodokaz, 7 odvod pražnjenja, 8 posuda za pražnjenje, 9 brojilo, 10 prema sabirnoj stanicu kondenzata



Sl. 115. Posredni priključak toplovodnog grijanja objekta preko izmjenjivača topline na visokotlačnu parnu mrežu. 1 izmjenjivač, 2 hladilo kondenzata, 3 regulator temperature, 4 prigušni ventil, 5 zaporni ventil, 6 prema sabirnoj stanicu kondenzata

Vodenje i polaganje cjevovoda daljinskog grijanja. Način polaganja cjevovoda ovisi o mnogim okolnostima, a naročito o vrstama objekata i terenu, načinu izvedbe cesta, križanjima, zakonskim propisima, te o drugim instalacijama (vodovi za plin, električnu struju, vodu, kanalizaciju i sl.). Uvijek treba posebno odrediti najpovoljniju izvedbu, jer su najvažniji utjecaji, kao što su gubici topline, korozija, propusnost zemljишta, vodostaj podzemne vode i dr., obično veoma različiti. Najvažniji su zahtjevi: sigurnost pogona, besprijekorno funkciranje i ekonomičnost izvedbe. Stoga u svim izvedbama treba osigurati dobru zaštitu od prodiranja vlage i ekonomičnu toplinsku izolaciju cijevi.

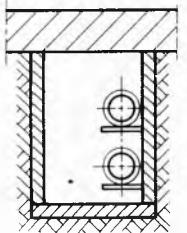
Slobodno vođenje cjevovoda. Cjevovodi su položeni na stupove ili na posebne cjevne nosače. Upotrebljavaju se uglavnom za vođenje cijevi između tvorničkih zgrada, ili na području gdje estetski izgled nije važan (sl. 116).



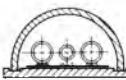
Sl. 116. Stupovi za slobodno vođenje cijevi. a čelična konstrukcija, b betonska konstrukcija

Prohodni podzemni kanali. Troškovi izvedbe kanala veoma su visoki. Primjenjuju se samo izuzetno za vođenje cjevnih instalacija koje se moraju stalno nadzirati (npr. u visokotlačnim parnim sustavima radi nadzora odvodnjavanja i u pumpnim stanicama za povrat kondenzata) (sl. 117).

Neprohodni podzemni kanali (profilni kanali). To je uobičajena zvedba podzemnih kanala za vođenje cjevovoda. Tako se obično zvode cjevovodi za toplu i vrelu vodu. Izrađuju se od betonskih profilnih elemenata. Ti se kanali sastoje od podložne betonske ploče s konzolama i pričvrstnicama za cijevi te od pokrova različitih oblika. Neke izvedbe vide se na sl. 118.

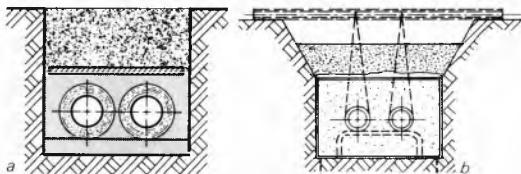


Sl. 117. Prohodni kanal za cijevi dalekovoda



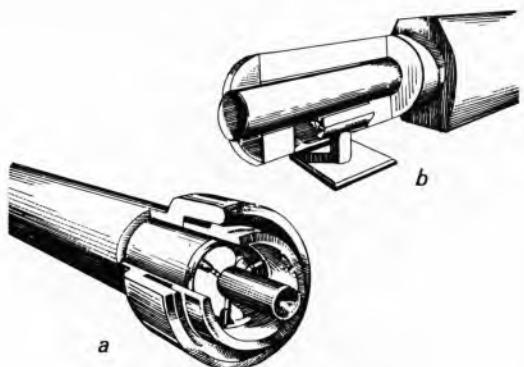
Sl. 118. Razni profili neprohodnih kanala za cijevi dalekovoda

Polaganje cijevi u zemlju bez kanala. U novije se vrijeme istražuje mogućnost polaganja cijevi neposredno u zemlju bez zidanih kanala kako bi se smanjili troškovi vođenja cjevovoda. Za takvo polaganje cijevi traži se veoma precizna izvedba, jer se kasnije ne može lako pronaći mjesto greške u montaži. Za razlike, do sada predložene izvedbe ne postoji još dovoljno praktičkih iskustava, pa se ne mogu ni točno ocijeniti stvarne prednosti. Moguće je npr. prethodno izolirane cijevi omotati zaštitnim plastirom od PVC-folije i zaliti bitumenskim betonom (sl. 119). Mogu se, osim toga, cijevi u rovu položene na konzole ili ovješene na vješalice, zaliti specijalnom masom koja istodobno služi kao toplinska izolacija i kao zaštita od vlage. Poznati su postupci, odnosno zaštitne mase: Thermo-Crete izolacija, Gilsulat, Protexulat i dr.

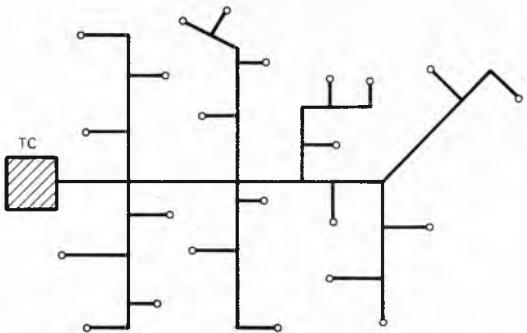


Sl. 119. Neposredno polaganje cijevi dalekovoda u zemlju. a sa zaštitnim plaštom, b sa zasipom

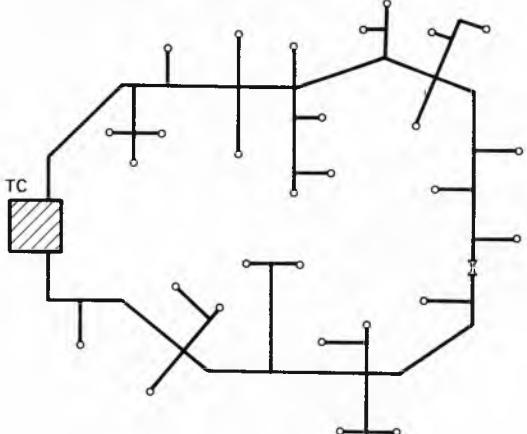
Često se vodovi polažu u zaštitne cijevi od betona, cementa i sl. (sl. 120).



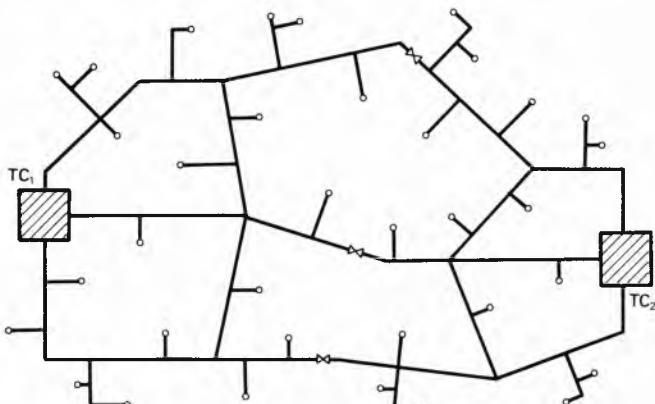
Sl. 120. Zaštita cijevi za neposredno polaganje u zemlju. a zaštitni plašt od azbestnog cementa, b zaštitni plašt od betona



Sl. 121. Cjevodna mreža daljinskog grijanja. Jednostavni radikalni razvod. TC toplinska centrala



Sl. 122. Cjevodna mreža daljinskog grijanja. Kružna mreža



Sl. 123. Cjevodna mreža daljinskog grijanja. Razgranjena kružna mreža za grijanje cijelog gradskog područja

Razdjeljena mreža dalekovoda veoma je različitog oblika, već prema vrsti i položaju trošila i mogućnosti polaganja cijevi.

Jednostavna se mreža (sl. 121) upotrebljava pri manjim udaljenostima. Stvara poteškoće pri popravcima ili lomu cijevi.

Kružna se mreža (sl. 122) obično izvodi kad se traži velika sigurnost pogona.

Razgranjena kružna mreža (sl. 123) primjenjuje se za grijanje cijelog gradskog područja, kad se obično grade dvije kotlovnice ili dvije toplane. Tako se postiže veća pogonska sigurnost. Do svakog trošila može se dovesti medij za grijanje najmanje sa dvije strane.

POSEBNE VRSTE GRIJANJA

Grijanje Sunčevim zračenjem. Ukupna Sunčeva energija dozračena na Zemlju premašuje za mnogo puta ukupnu svjetsku potrebu za energijom, ali je gustoća te energije vrlo malena. Da bi se Sunčeve zračenje moglo ekonomično iskoristiti, treba pronaći posebna tehnička rješenja za sakupljanje i koncentriranje te energije.

Energija zračenja Sunca koja dopire do vanjskog ruba Zemljine atmosfere (na površinu okomitu na smjer zračenja) naziva se *solarna konstanta*, a iznosi u prosjeku $1,39 \text{ kW/m}^2$. Pomoću solarne konstante može se izračunati dnevna dozračena energija, uvezvi u obzir promjenu udaljenosti Zemlje od Sunca, visinu Sunca i dužinu dana, ali bez utjecaja Zemljine atmosfere. U tabl. 12 nalaze se te vrijednosti za različite geografske širine.

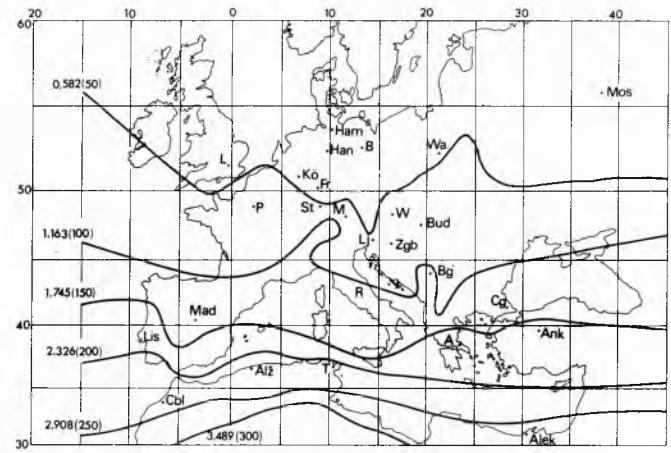
Tablica 12

DNEVNO SUNČEVO ZRAČENJE NA GRANICI ATMOSFERE U $\text{kWh/m}^2\text{d}$

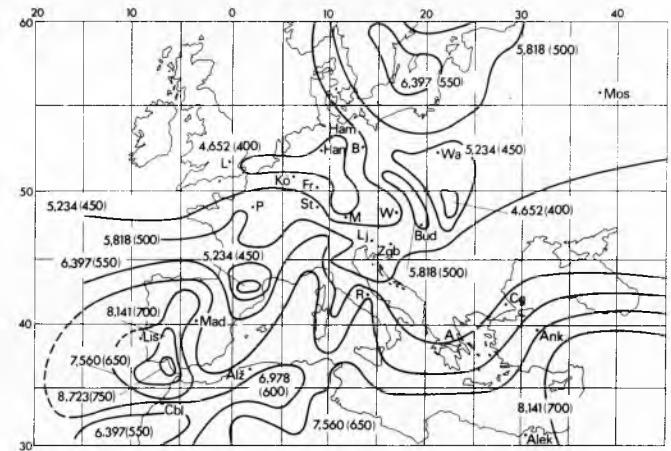
	4. II	21. III	6. V	22. VI	8. VIII	23. IX	8. XI	22. XII
sjeverni pol	—	—	9,3	12,9	9,2	—	—	—
80° S	—	1,86	9,1	12,7	9,0	1,84	—	—
70° S	0,29	3,7	9,0	12,1	8,8	3,6	0,29	—
60° S	1,76	5,4	9,7	12,7	9,6	5,3	1,74	0,59
50° S	3,5	6,9	10,4	11,9	10,3	6,8	3,4	2,1
40° S	5,2	8,2	10,8	11,9	10,8	8,1	5,1	3,8
30° S	6,8	9,3	11,1	11,7	11,0	9,2	6,8	5,6
20° S	8,2	10,1	11,1	11,2	11,0	10,0	8,2	7,3
10° S	9,5	10,6	10,7	10,5	10,6	10,0	9,5	8,8
ekvator	10,5	10,7	10,0	9,5	10,0	10,6	10,4	10,1
10° J	11,2	10,6	9,1	8,2	9,0	10,4	11,1	11,2
20° J	11,6	10,1	7,9	6,8	7,8	10,0	11,5	12,0
30° J	11,7	9,3	6,5	5,2	6,5	9,2	11,6	12,5
40° J	11,4	8,2	5,0	3,6	4,9	8,1	11,3	12,7
50° J	10,9	6,9	3,3	2,0	3,3	6,8	10,8	12,7
60° J	10,2	5,4	1,67	0,56	1,66	5,3	10,1	12,5
70° J	9,4	3,7	0,28	—	0,28	3,6	9,3	13,0
80° J	9,5	1,86	—	—	—	1,84	9,5	13,6
južni pol	9,7	—	—	—	—	—	9,6	13,8

Prolazom kroz atmosferu smanjuje se dozračena energija zbog refleksije, difuznog rasipanja i apsorpcije molekula zraka, krutih čestica i vodene pare u atmosferi. Kad je vedro, to smanjenje iznosi 10...25%, a kad je nebo potpuno zastro gustim tamnim oblacima i više od 90%. Osim toga, intenzitet i trajanje Sunčeva zračenja tokom dana mijenja se prema gođnjem dobu i geografskom položaju mjesta. Ukupno dozračena Sunčeva energija na površinu Zemlje (*globalno zračenje*) sastoji se od direktnog i difuznog zračenja, a ovisi o stanju atmosfere.

Na sl. 124 i 125 prikazane su prosječne dnevne vrijednosti globalnog Sunčeva zračenja u Evropi.



Sl. 124. Prosječne dnevne vrijednosti globalnog zračenja za mjesec decembar u $\text{kWh/m}^2\text{d}$ (odnosno u $\text{cal/cm}^2\text{d}$)



Sl. 125. Dnevni projekti globalnog zračenja za mjesec juni u $\text{kWh/m}^2\text{d}$ (odnosno u $\text{cal/cm}^2\text{d}$)

Uređaji kojima se iskorištava Sunčeve zračenje za pripremu tople vode te za grijanje i klimatizaciju (tzv. solarni uređaji) imaju, u principu, primarni kolektorski i sekundarni krug.

Primarni kolektorski krug (davalac energije) sastoji se od kolektora, izmjjenjivača topline (smještenog u spremniku), ekspansijske posude sa sigurnosnim ventilom, cirkulacijske pumpe i automatske regulacije. U primarnom krugu upotrebljava se voda s dodatkom glikolnog alkohola kao prijenosnik topline u takvom omjeru koji odgovara minimalnoj temperaturi područja u kojem je sustav instaliran kako se voda ne bi smrznula. Pretvorba Sunčevog zračenja u termičku energiju zbiva se u *kolektoru*. Prema obliku kolektora i izvedbi apsorpcijskog sustava razlikuju se pločasti (sl. 126 i 127) i koncentrični kolektori (sl. 128).

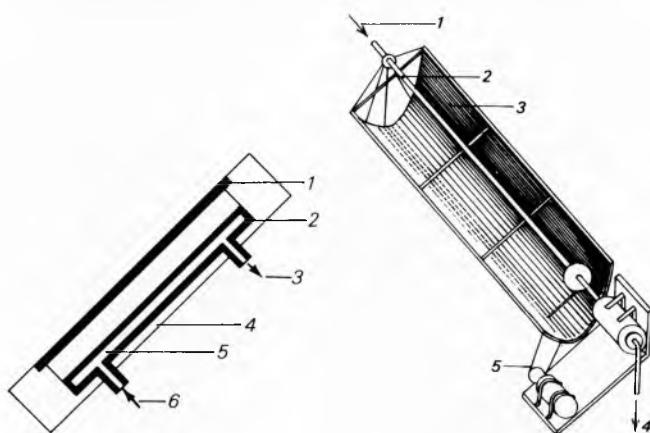
Toplina koju kolektori predaju prijenosnom mediju, akumulira se u toplinskom spremniku, jer se najčešće intenzivnost zračenja vremenski ne poklapa s intezivnošću potrošnje.

Toplinski spremnici za akumuliranje Sunčeve topline moraju zadovoljiti slijedeće zahtjeve: postojanost pri najvišoj radnoj temperaturi i tlaku, otpornost na koroziju, veliki kapacitet akumulacije u malom prostoru, dobru izolaciju, dobro mogućnost regulacije te nisku cijenu materijala za akumulaciju topline.

Kratkotrajni toplinski spremnici služe za akumulaciju topline kroz jedan do dva dana, ili samo kroz nekoliko sati. Upotrebljavaju se za zagrijavanje tople vode u ljetnom, odnosno prijelaznom razdoblju.

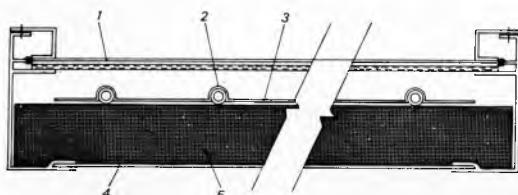
Dugotrajni toplinski spremnici služe za akumuliranje toplinske energije ljeti koja će se upotrebljavati u zimskom razdoblju.

Zbog ogromnih dimenzija i visoke cijene takvih spremnika njihova je izvedba problematična. Upotreba takvih spremnika s danas raspoloživim materijalima veoma je nerentabilna.



Sl. 126. Princip izvedbe pločastoga solarnoga kolektora. 1 staklena ploča, 2 apsorpcijska površina, 3 odvod, 4 izolacija, 5 medij (tekućina), 6 dovod

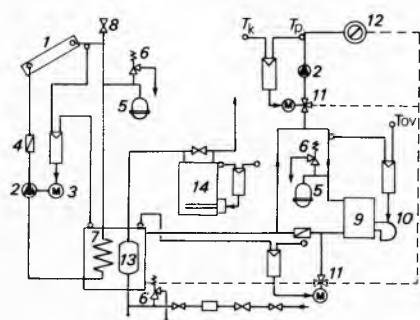
Sl. 128. Koncentrični kolektor s reflektorom. 1 ulaz vode, 2 apsorpcijska cijev, 3 reflektirajuća parabolna površina, 4 izlaz vrele vode ili pare, 5 mehanizam za rotiranje



Sl. 127. Pločasti solarni kolektor s cijevnim apsorberom. 1 termički stabilno staklo, 2 bakrena cijev, 3 Al ili Cu ploča s crnim selektivnim premazom, 4 zaštitni okvir od Al ili sličnog, 5 topilska izolacija

Sekundarni krug (korisnik energije) standardne je izvedbe, a imala ugrađene različite elemente, već prema tome da li se energija iskorištava samo za pripremu tople vode ili samo za grijanje, odnosno za obje svrhe.

Spoj kolektorskog kruga sa sustavom grijanja i pripreme tople vode prikazan je na sl. 129 i 130.

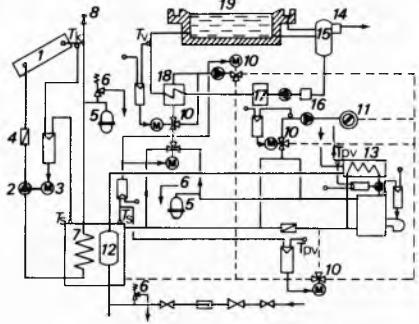


Sl. 129. Shema spajanja uređaja pri korištenju Sunčeve energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode (u protočnom izmjenjivaču). 1 kolektor, 2 cirkulaciona pumpa, 3 motor, 4 nepovratni ventil, 5 zatvorena ekspanzionna posuda, 6 sigurnosni ventil, 7 topilinski akumulator, 8 odzračivanje, 9 kotač, 10 gorionik, 11 trosmjerni ventil za mijenjanje, 12 topilinski potrošač, 13 uredaj za zagrijavanje potrošne vode u topilinskom spremniku, 14 protočni zagrijivač

Pri ispitivanju mogućnosti iskorišćivanja Sunčeva zračenja potrebno je, pored poznavanja raspoložive energije zračenja za određeno područje i u različitim vremenskim razdobljima, ana-

lizirati i ekonomičnost tog iskorišćivanja s obzirom na stanje i cijene ostalih izvora energije.

Grijanje prostorija Sunčevim zračenjem, kao jedinim izvorom energije, nije provedivo bez dugotrajnog spremnika topline. Zbog toga se danas uz takvo grijanje ugrađuje uređaj za konvencionalno grijanje (loživo ulje, plin ili električna energija).



Sl. 130. Shema spajanja uređaja u kombiniranom sistemu u kojem se Sunčeva energija iskorištava za pripremu potrošne vode, za centralno grijanje i za grijanje vode u bazenu za kupanje. 1 kolektor, 2 cirkulaciona pumpa, 3 motor, 4 nepovratni ventil, 5 zatvorena ekspanzionna posuda, 6 sigurnosni ventil, 7 topilinski spremnik, 8 odzračivanje, 9 kotač, 10 trosmjerni ventil, 11 topilski potrošač, 12 uređaj za zagrijavanje potrošne vode u topilinskom spremniku, 13 uređaj za grijanje potrošne vode u kombinaciji s kotлом za grijanje, 14 dopunjavanje vode u sistemu bazena, 15 spremnik za izravnavanje (ili »skimmer«), 16 grubi filter, 17 filter s cirkulacionom pumpom vode za bazen, 18 izmjenjivač topline, 19 bazen

Grijanje nuklearnom energijom. Takvo grijanje zasniva se na proizvodnji vodene pare u nuklearnom reaktoru (v. *Nuklearni reaktori*) koja služi i za proizvodnju električne energije. Radi se, dakle, o nuklearnoj toplani.

Takve toplane još nisu izgrađene, ali s obzirom na povišenje cijena fosilnih goriva treba očekivati njihovu gradnju u neposrednoj budućnosti.

LIT.: O. Krell, Altrömische Heizungen. München 1901. — R. Schulze, Öffentliche Heizkraftwerke und Elektricitätswirtschaft in Städten. Berlin 1933. — M. H. Kuccin, Отопление и вентиляция. Москва 1947. — N. Adlam, Radiant heating. New York 1949. — M. Wirz, Die Warmwasserheizung. München 1952. — H. Bär Der Ölofen Berlin 1957. — A. Kollmar, W. Liese, Die Strahlungsheizung. München 1957. — L. Kopp, Die Warmwasser- und Heisswasserheizungsanlagen. Berlin-Göttingen 1958. — J. Schmitz, Die Heisswasserheizung. Berlin 1959. — L. J. Fischer, Die Pumpenwarmwasserheizung. Berlin 1966. — N. Elsner, G. Kraft, Lehrbuch der Heizungs-Lüftungs- und Klimatechnik. Dresden 1969. — W. Reiss, Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Berlin-Göttingen 1970. — H. Jeroch, Ölfeuerungspraxis. Düsseldorf 1971. — O. Faber, J. Kell, Heating and air conditioning of buildings. London 1971. — K. Daniels, Sonnenenergie. Karlsruhe 1976. — P. R. Sabady, Haus und Sonnenkraft. Zürich 1976. — Recknagel-Sprenger, Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik. München 1977. — J. Pažanin, I. Viličić, Principi i sistemi iskorišćavanja sunčeve energije za grijanje i pripremu tople vode. Strojarstvo 1/1977, Zagreb.

M. Viličić

GROBLJE, komunalni objekt na posebno odabranom i ogradenom prostoru (zemljишtu) na kojem se pokapaju posmrtni ostaci ljudi. Izbor mesta i način pokapanja moraju odgovarati zdravstvenim zahtjevima.

Oduvijek i svadje pridavala se pogrebu pokojnika znatna pažnja. Pretistorijski čovjek pokapao je svoje pokojnike uz ognjište u nastambu da bi im osigurao vječni mir (spiljski grobovi i grobovi u nastambama). Porastom napućenosti i povećanom gradnjom naselja mrtvi se pokapaju izvan naselja na posebnim počivalištima (nekropole) gdje se odvija grobni kult (megalitski grobovi, skitski kurgani, etruščanski tumuli, ilirske gomile ili gromače). Egiptski kult pokojnika i vjera u zagrobnu život stvorili su veličanstvene doline mrtvih od pučkih hipogeja (grobnica u pjesku) do faraonskih mastaba, piramide i pećinskih hramova (Dolina kraljeva kraj Tebe). U Kini i Japanu kult predaka zahtjeva nepovredivost grobova, što izaziva pokrivanje