

Daljinsko grejanje (I)

M. Bogner
Lj. Vujović*

Problemi toplifikacije gradova u našoj zemlji, odnosno daljinskog snabdevanja toplotnom energijom, uspešno se rešavaju. Prilikom sticanja prvih iskustava u realizaciji projekata iz ove oblasti, ponekad se nisu nalazila najadekvatnija rešenja. Međutim, sva znanja i iskustva stečena u svetu i kod nas korišćena su i primenjivana u kasnijim projektima.

U ovom tekstu, koji će izlaziti u četiri nastavka, biće izneseni glavni problemi u projektovanju i neka iskustva stečena pri izradi glavnih projekata daljinskog grejanja.

1. DALJINSKO SNABDEVANJE TOPLOTNOM ENERGIJOM URBANIH SREDINA I INDUSTRIJSKIH ZONA

1.1. Uvodno razmatranje

Rešavanje problema grejanja gradovima i ekonomičnijeg iskorišćenja energije, koji su naročito naglašeni u današnje vreme, navodi nas na smišljeniju i racionalniju primenu sistema snabdevanja toplotnom energijom u urbanim sredinama. Intenzivna urbanizacija gradova, praćena opštim porastom standarda i komfora, dovela je do porasta potrošnje svih oblika energije, pa je veoma značajno u vreme nestašice klasičnih izvora energije, pronaći najcelishodnije rešenje sistema snabdevanja energijom urbanizovanih sredina.

Daljinski sistem snabdevanja toplotnom energijom, predstavlja veoma prihvatljivo rešenje snabdevanja toplotnom energijom i sa gledišta ekologije i ekonomičnijeg korišćenja energije. Ovakav način grejanja ima niz prednosti, od kojih su najglavnije sledeće:

— ugrađuju se kotlovske jedinice znatno većeg kapaciteta, a poznato je da cena kotla svedena na jedinicu proizvedene toplote opada sa porastom kapaciteta;

— kotlovska ložišta su projektovana za određenu vrstu goriva, odnosno prilagođena su u potpunosti gorivu koje će se koristiti, pa je i njihov stepen korisnosti veći;

— ukupni stepen korisnosti kotlova je veći no što je slučaj kod jedinica manjeg kapaciteta;

— mogućnost većeg stepena automatizacije kompletnog kotlovskeg postrojenja, jer relativna cena automatike znatno opada sa povećanjem kapaciteta;

— efikasnost rada kotlovskeg postrojenja je funkcija pogonske konstrukcije, jer se pogon može voditi ispravno samo kada je u svakom momentu moguće merenje određenih parametara koji definišu dobrotu vođenja procesa (cena mernih instrumenata veoma malo zavisi od kapaciteta kotla, pa je logično da će u velikim toplanama biti moguće korišćenje potrebnih mernih instrumenata i regulacionih kola u većem obimu, a da pri tome ne dolazi bitno do povećanja cene postrojenja);

— broj potrebnih pomoćnih uređaja opada, a raste kapacitet, što takođe snižava cenu proizvedene toplote energije;

— za velika postrojenja se može obezbediti visokokvalifikovano osoblje određenog iskustva, koje znatno ekonomičnije i pouzdanije vodi pogon;

— toplana može da se locira u onoj zoni grada u kojoj će najmanje uticati na gradski saobraćaj i na zagađenje okoline;

— centralizacijom se smanjuje broj izvora emisije uzročnika aerogagađenja;

— gradnja velikih postrojenja olakšava primenu poznatih mera za sanaciju aerogagađenja, kao i primenu odgovarajućih goriva,

— smanjuje se broj priključaka na izvor goriva;

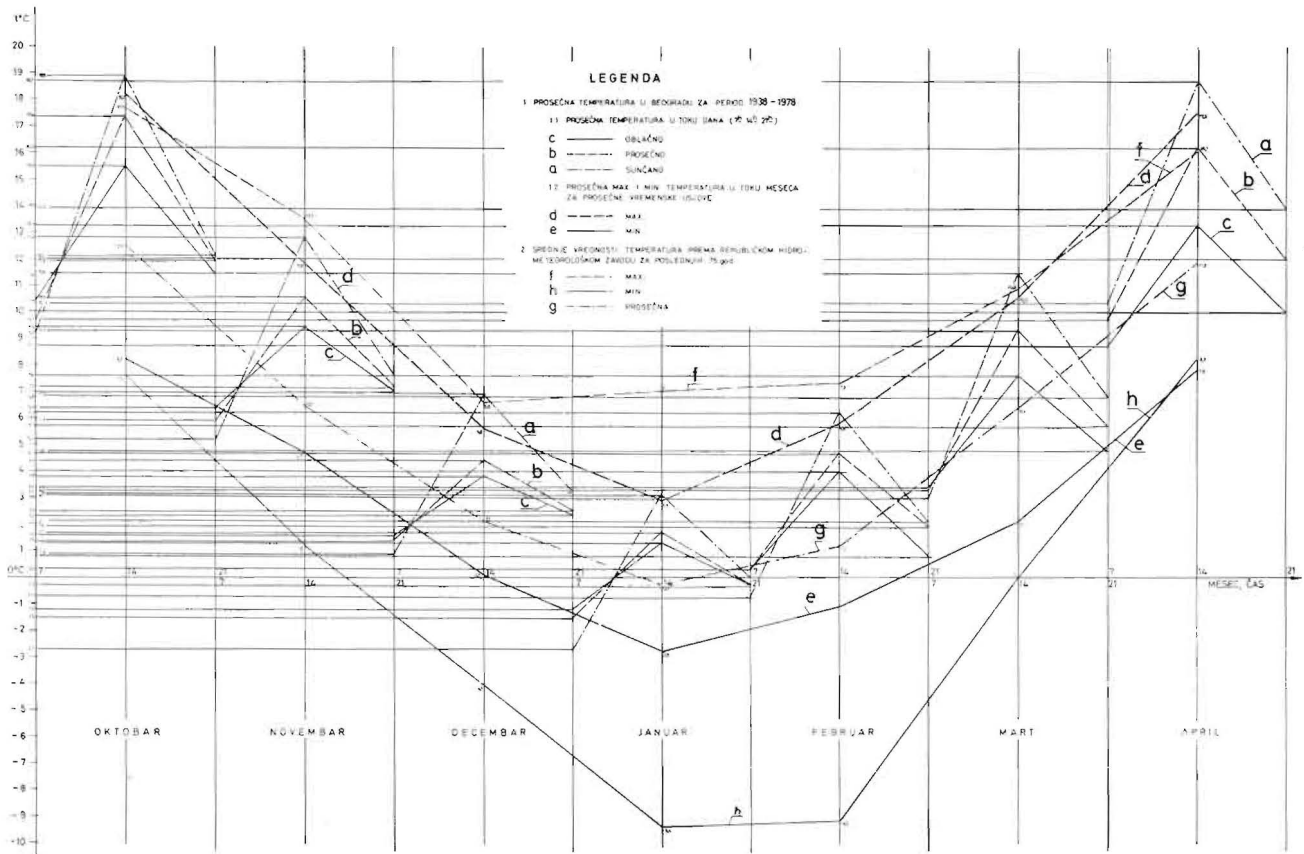
— velika kotlovska postrojenja imaju povoljniju mogućnost za isporuku goriva;

— razvoj toplifikacije gradova uslovio je i razvoj kotlovskeg postrojenja za ovu namenu.

Navedene prednosti centralnog snabdevanja toplotnom energijom nas navode na traženje rešenja izborom odgovarajućih postrojenja, koji zadovoljavaju kriterijume klimatskih, energetskih i urbanističkih uslova, a s obzirom na gustinu toplotnog opterećenja, specifičnog opterećenja mreže i potrošnje toplote.

* Dr Martin Bogner, dipl. ing., Projektni biro »Đuro Đaković« Beograd, Nemanjina 4/IX, Ljubomir Vujović, dipl. ing., Zavod za projektovanje i inženjering »Janko Lisjak«, Zage Malivuk 1, Beograd (Krnjača)

Slika 1. Prosečne temperature u toku dana za područje Beograda u periodu od 1938. do 1978. godine u 7, 14 i 21 h.



1.2. Ekonomska efikasnost daljinskog snabdevanja toplotnom energijom

Za uporedno izučavanje ekonomskih aspekata različitih načina i sistema grejanja i pripreme potrošne sanitarne tople vode^{*)} potrebno je voditi istovremeno računa o različitim uticajnim faktorima, čije je delovanje najčešće suprotno kada se posmatraju odvojeno. Naročito je nepouzdan upoređivanje sa drugim zemljama i korišćenje nesigurnih konverzionih faktora za različita sredstva plaćanja. Zbog toga se ekonomska opravdanost ovog ili onog sistema utvrđuje na osnovu izvesnih opštih tehnno-ekonomskih pokazatelja i kriterijuma. Tako, na primer, za izgradnju toplifikacionih sistema moraju biti, pored klimatskih, energetskih i opštih urbanističkih uslova, zadovoljeni i sledeći kriterijumi: povoljna gustina toplotnog opterećenja (odnos maksimalnog toplotnog opterećenja konzumne oblasti i površine zemljišta na kojoj se nalazi), povoljno specifično opterećenje mreže (odnos instalisanog opterećenja prema dužini trase mreže, odnosno godišnja isporuka toplote po jedinici dužine trase), povoljan koeficijent toplifikacije (odnos toplotnog opterećenja koje se oduzima od turbina i ukupnog toplotnog opterećenja konzumne oblasti ili reona), povoljna specifična proizvodnja električne energije na osnovu toplifikacionog ciklusa (izraženo u kWh električne energije/kWh toplotne energije) i povoljno godišnje iskorišćenje kapaciteta (izraženo u časovima za godinu dana).

Tek kada su ispunjeni ovi uslovi, moguće je pristupiti razradi čisto energetskih i termodinamičkih osnova za podizanje i izgradnju toplane u nekom gradu ili njegovom jednom delu, odnosno u industrijskoj zoni. Ove analize moraju voditi računa o tome da se iz jedne toplane centralizovano vrši snabdevanje toplotnom energijom, te da se mogu dobiti

kombinovane električna i toplotna energija. Osnovni elementi koje treba imati u vidu za ocenu bilo kog sistema su:

- specifična potrošnja toplote i utrošak goriva,
- radna snaga potrebna za pogon i održavanje,
- potrošnja metala i drugih materijala,
- vek trajanja instalacije.

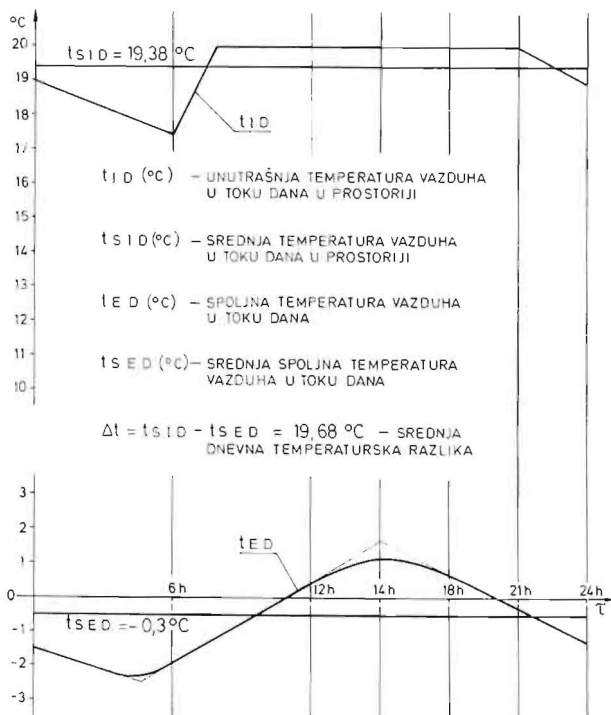
Pored ovih izrazito ekonomskih elemenata, nika-ko se ne sme gubiti iz vida da usvojeno rešenje mora ispunjavati neophodne uslove ugodnosti i higijene, jer će ovaj faktor u budućnosti imati sve veći uticaj, pa ga je nužno tretirati u studijama i perspektivnim sagledavanjima, iako se teško može neposredno i egzaktno odrediti njegova ekonomska težina.

Svi ovi elementi su u izvesnom stepenu povezani sa klimatskim uslovima, a zatim i sa primenjenim tehničkim normama.

Specifična potrošnja toplote zavisi u najvećoj meri od stepena korisnosti i stepena povratnosti primenjenih mašina i uređaja u jedinstvenom toplifikacionom sistemu. U kombinovanoj toplani sa parnim turbinama jedan od osnovnih delova postrojenja je generator pare, u čijem se ložištu, kao što je naglašeno, odigrava proces sagorevanja sa velikim stepenom nepovratnosti. Zbog toga proizvedena para, prema bilansu radnih sposobnosti (eksergetaska analiza) ima stepen korisnosti svega 36 do 40%. Međutim, prema energetskom bilansu stepen korisnosti je od 80 do 88% od energije unete u kotlovsko ložište. To znači da generator pare prema eksergetskom bilansu nije tako savršen uređaj kao što sledi iz energetskog bilansa. Na žalost, kod njega još uvek nije moguće ništa ozbiljnije menjati. Eksergetski bilans daje mogućnost da se učini kritički osvrt na stvarne gubitke koji se javljaju pre svega u kotlovskom ložištu, ali se od toga nema praktično mnogo, jer do danas nije poznato tehnički ostvarljivo reše-

^{*)} Malić, D.: *Studijske osnove i idejna rešenja snabdevanja toplotnom energijom grada Beograda*, 1967.

Slika 2. Dijagram spoljnih i unutrašnjih temperatura vazdaha za mesec januar u periodu 1938—1978. godine



nje povratnog sagorevanja. Korist je, međutim, u tome što je na bazi eksergetskog bilansa moguće dati ispravniju ocenu energetske efikasnosti svakog termičkog uređaja, mašine i postrojenja, pa u konkretnom slučaju i generatora pare, kao jednog od osnovnih delova savremene termoelektrane ili toplane.

U toplani sa gasnim turbinama pored turbine i kompresora u osnovne delove njenog postrojenja ulazi i komora za sagorevanje, koja po svom zadatku odgovara ložištu generatora pare, te se dobija teorijski i stvarni eksergetski bilans u oba slučaja.

Detaljni energetske i eksergetski bilansi pokazuju, na primer, da stepen korisnosti savremene toplane sa parnim turbinama iznosi oko 75%, dok njen stepen povratnosti može da dostigne vrednosti do 30%, u najpovoljnijem slučaju.

Pošto su toplane najčešće locirane u gradskim i industrijskim centrima, one su uvek po pravilu udaljene od izvora ili nalazišta goriva, te je gorivo potrebno transportovati do mesta upotrebe. Ovo bi se gorivo moralo dovoziti u te centre za potrebe grejanja i za pripremu potrošne tople vode, tj. za procese sa niskim i srednjim temperaturama, samo što bi u tom slučaju stepen korisnosti i stepen povratnosti (sagorevanjem goriva u ložištima centralnih ili blokovskih kotlarnica, kotlova centralnog grejanja, a naročito u individualnim sobnim pećima), pri transformaciji energije sadržane u gorivu, bili uvek niži od njihovih vrednosti pri kombinovanoj proizvodnji toplotne i električne energije u toplanama. Razumljivo je da bi u tom slučaju i specifične potrošnje toplote, odnosno goriva, bile veće, što znači da bi se znatno veće količine goriva morale dovoziti za isti toplotni konzum.

Kada je u pitanju broj radnika potrebnih za pogon i održavanje, i taj se odnos pogoršava decentralizacijom u snabdevanju toplotnom energijom. Ako se broj radnika izrazi po jedinici isporučene toplote (na primer po MW), tada se taj odnos prema uslovima u različitim zemljama kreće u sledećim granicama:

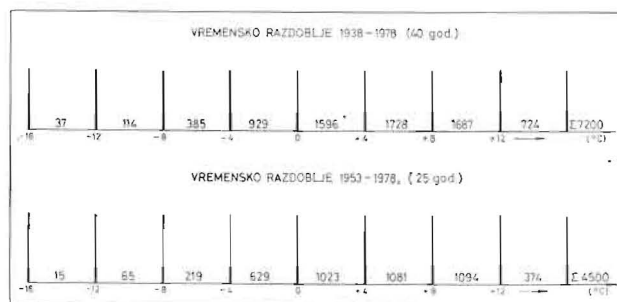
- u toplanama sa kombinovanim dobijanjem toplotne i električne energije i sa sistemom daljinskog grejanja od 0,4 do 1,40 rad/MWh,
- u reonskim kotlarnicama od 0,8 do 1,5 rad/MWh,
- u individualnim kotlarnicama centralnog grejanja od 3,5 do 4,3 rad/MWh.

U Varšavi, na primer, zbog razvijenog sistema daljinskog grejanja (41% potrebne toplote za grejanje se proizvodi u tri toplane) oko 4000 radnika manje je zaposleno na poslovima vezanim za grejanje u odnosu na period pre izgradnje toplifikacionog sistema u tom velikom gradu i industrijskom centru. Međutim, utrošak metala i drugog materijala pri centralizovanom snabdevanju toplotnom energijom je veći nego pri individualnom grejanju objekata.

Ako se za individualna postrojenja za grejanje uzme indeks 100, u slučaju centralnog grejanja je on 150 do 250, kod blokovskih i teritorijalnih odnosno reonskih toplana 200 do 300, a kod toplana sa kombinovanim proizvodnjom toplotne i električne energije 180 do 300. Vek trajanja ugrađenog materijala je, nasuprot, za oko 20% kraći u individualnim slučajevima snabdevanja toplotom no kod centralizovanih snabdevanja toplotnom energijom iz toplana.

Kao što se iz ovog kratkog pregleda i analize pokazatelja i kriterijuma za izbor sistema snabdevanja toplotnom energijom velikih gradova i industrijskih centara može videti, oni se nalaze u veoma širokim granicama i ukazuju na to da je u svakom konkretnom slučaju potrebno razraditi detaljne stu-

Slika 3. Broj pojava srednjih dnevnih temperatura u određenom temperaturnom intervalu ($\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$) u toku godišnjeg grejnog perioda posmatranih u određenom vremenskom razdoblju



Slika 4.

VEROVATNA RELATIVNA DUŽINA TRAJANJA TEMPERATURNIH INTERVALA U TOKU GREJNE SEZONE POSMATRAN NA OSNOVU SREDNJIH DNEVNIH TEMPERATURA ZA PERIOD 40 I 25 PROTEKLIH GODINA

| P.S. | TEMPERATURNI INTERVAL | broj pojava | | rel. dužina trajanja (a ⁰ u h) | | primedba |
|------|-----------------------|-------------|--------|---|--------|---|
| | | za 40G | za 25G | za 40G | za 25G | |
| 1 | (-16°C) - (-12°C) | 37 | 15 | 14,8 | 9,6 | za dužinu trajanja grejne sezone uzeta je ista osnovna—180 dana |
| 2 | (-12°C) - (-8°C) | 114 | 65 | 45,6 | 41,6 | |
| 3 | (-8°C) - (-4°C) | 385 | 219 | 154 | 140,2 | |
| 4 | (-4°C) - (0°C) | 929 | 629 | 371,6 | 402,5 | |
| 5 | (0°C) - (+4°C) | 1596 | 1023 | 638,4 | 654,7 | |
| 6 | (+4°C) - (+8°C) | 1728 | 1081 | 691,2 | 692 | |
| 7 | (+8°C) - (+12°C) | 1687 | 1094 | 674,8 | 700 | |
| 8 | preko (+12°C) | 724 | 374 | 289,6 | 240 | |
| 9 | UKUPNO | 7200 | 4500 | 2880 | 2880 | |

„a⁰—Verovatna dužina trajanja tem. intervala

„a⁰— broj pojava tem. intervala / ukupan broj pojava tem. intervala x A = (h)

A = 180 x 16 = 2880h — dužina (vreme) trajanja opterećenja toplotnog izvora za grejni period u toku jedne godine, merena u časovima.

dije, na osnovu kojih se utvrđuje osnovna koncepcija i nalazi optimalno rešenje.

Izbor sistema daljinskog grejanja i izvora toplote, za svaku urbanu sredinu zavisi uglavnom od sledećih faktora:

- a) veličine potrebnog toplotnog konzuma posmatrane celine,
- b) vrste klasičnog goriva koje stoji na raspolaganju za posmartani sistem daljinskog snabdevanja toplotnom energijom,
- c) osnovnog i vršnog opterećenja toplotnog izvora za posmatrano područje gde se daljinsko snabdevanje toplotnom energijom izvodi (klimatski uslovi),
- d) dinamike gradnje sistema u zavisnosti od urbanističkog plana razvoja sredine,
- e) ulaganja u daljinski sistem snabdevanja toplotnom energijom.

Kao izvor toplotne energije za snabdevanje gradova, mogu se koristiti sledeće varijante:

- centralne blokovske, regionalne ili gradske kotlarnice koje proizvode isključivo toplotnu energiju,
- kombinovane toplane za proizvodnju toplotne i električne energije,
- geotermalna energija podzemnih voda kao osnovno opterećenje u kombinaciji sa vršnom kotlarnicom sa klasičnim gorivom,
- izmenjivačke stanice u termoelektranama koje bi koristile paru niskog pritiska sa kolektora sopstvene potrošnje termoelektrane a prema bilansiranom višku ove pare.

2. KLIMATSKI USLOVI, DIJAGRAMI OPTEREĆENJA TOPLNOTNOG IZVORA I TOPLNOTNI KONZUM

2.1. Klimatski uslovi

Specifična potrošnja toplote po 1 m² grejane površine, pored uslova ugodnosti i higijene, u potpunosti zavisi od klimatskih uslova područja za koje se planira daljinsko snabdevanje toplotnom energijom. Zbog toga je veoma važno snimiti klimatske uslove za posmatrano područje i izraditi odgovarajuće dijagrame ponašanja u toku godine. Uobičajeno je da se klimatski uslovi posmatraju za poslednjih 40 godina, mada ima i mišljenja da se zadovoljavajući rezultati mogu dobiti i sa posmatranjem poslednjih 25 godina.

Na dijagramu, predstavljenom na slici 1, prikazane su prosečne temperature u toku dana izmerene u 7, 14 i 21 h za svaki mesec u toku grejne sezone, i to za poslednjih 40 godina za područje grada Beograda. Ove temperature su određene po formuli

$$t_{\text{dru}} = \frac{t_7 + t_{14} + 2 t_{21}}{4} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

a na osnovu podataka dobijenih od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Na istom dijagramu su prikazane i promene prosečnih maksimalnih i minimalnih temperatura za mesec u grejnom periodu, kao i srednje vrednosti mesečnih temperatura prema podacima za poslednjih 75 godina.

Dijagrami temperatura odnosno klimatski uslovi za poslednjih 40 godina poslužiće za izradu dijagrama opterećenja posmatranog područja, trajanja temperatura u toku grejnog perioda, kao i dijagram spoljnih i unutrašnjih temperatura u toku dana, kao što je prikazano na slici 2. za mesec januar.

2.2. Dijagram opterećenja izvora toplote i definisanje odnosa osnovnog i vršnog opterećenja u toku godine za posmatrano grejno područje

2.2.1. Dijagrami opterećenja

Dijagram opterećenja toplotnog izvora za snabdevanje toplotnom energijom nekog područja za gre-

janje i pripremu sanitarne tople vode, funkcija je sledećih faktora:

- spoljnih vremenskih uslova posmatranog područja,
- dužine trajanja grejnog perioda,
- broja toplotnih izvora u toplifikacionom sistemu koji se projektuje za to područje.

Na osnovu posmatranja srednjih dnevnih spoljnih temperatura vazduha, koje su dobijene od odgovarajućih ustanova, formiranih kao funkcija temperature vazduha izmerene u 7, 14 i 21 h a posmatrane za duži vremenski period, dobijaju se relativne verovatne dužine trajanja spoljnih temperatura vazduha (temperaturskih intervala) tokom grejnog perioda. Radi ilustracije konstrukcije dijagrama opterećenja toplotnog izvora, uzima se period od 40 i 25 poslednjih godina za grejne periode u svim tim godinama.

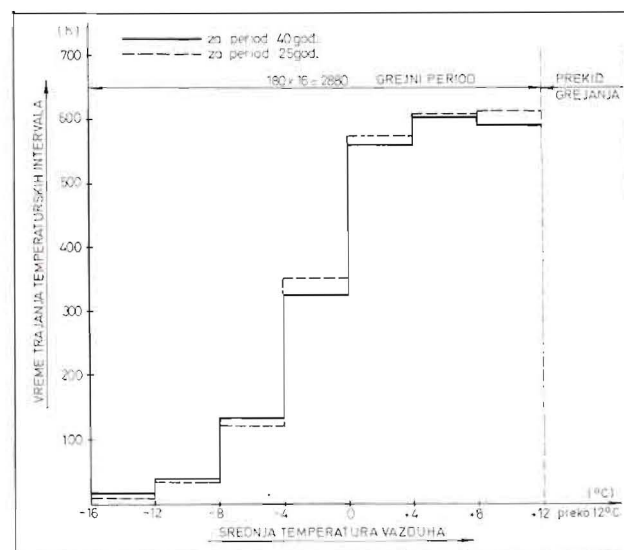
Na slici 3. prikazni su srednji rezultati broja pojava srednjih dnevnih temperatura za temperaturske intervale od po 4^oC za poslednjih 40 odnosno 25 godina. Na slici 4. tabelarno su prikazane izračunate verovatne relativne dužine trajanja temperaturskih intervala. Na osnovu dobijenih rezultata, izrađen je dijagram trajanja temperaturskih intervala u toku grejne sezone, koji je prikazan na slici 5.

Na slici 6. prikazana je funkcija opterećenja toplotnog izvora od spoljnih projektnih temperatura vazduha posmatranog područja. Linija ukupnog opterećenja je aproksimativna jer u stvarnosti nije prava linija. Tačna kriva opterećenja u zavisnosti od spoljne temperature vazduha dobija se sabiranjem toplotnih opterećenja od grejanja, ventilacije i pripreme sanitarne vode. Za odgovarajuću urbanističku celinu tačno se zna procentualno učešće opterećenja od grejanja, ventilacije i sanitarne tople vode, te se tada može izraditi i tačan dijagram opterećenja u funkciji spoljne temperature vazduha.

Za ova razmatranja dovoljno je tačna i aproksimativna prava linija opterećenja. Kada su poznate dužine trajanja pojedinih spoljnih temperatura vazduha (slika 4. ili 5), iz dijagrama na slici 6. se uzmu odgovarajuća opterećenja za odgovarajuću spoljnu temperaturu vazduha i konstruiše se dijagram opterećenja toplotnog izvora za odgovarajuće grejno područje.

Dijagram opterećenja je prikazan na slici 7, i izrađen je na osnovu trajanja spoljnih temperatura za period od poslednjih 40 godina. Po istom princi-

Slika 5. Dijagram trajanja temperaturskih intervala u toku grejne sezone za period 1938—1978. i 1953—1978. godine



pu se konstruiše, na osnovu prosečnih srednjih dnevnih temperatura spoljnog vazduha za poslednjih 40 godina, dijagram prosečnog opterećenja tokom grejnog perioda, kao što je prikazano na slici 8.

Dijagram prosečnih dnevnih temperatura konstruisan je na osnovu dijagrama temperatura za ovo područje koji je prikazan na slici 1. Planimetrisanjem površine opterećenja svedenog na 180 dana trajanja grejnog perioda, dobija se linija razdvajanja osnovnog i vršnog opterećenja, koja u ovom slučaju iznosi oko 42,5%.

Dobijena linija razdvajanja osnovnog i vršnog opterećenja (42,5%) predstavlja orijentaciju u izboru instalisane snage za pokrivanje osnovnog i vršnog opterećenja toplotnog izvora. Granica osnovnog i vršnog opterećenja definiše se pri izboru sistema daljinskog snabdevanja toplotnom energijom konkretno posmatrane urbane sredine, u odnosu na veličinu i mesta toplotnih izvora.

Koeficijent ukupnog opterećenja od 100% dobija se planimetrisanjem dijagrama opterećenja na taj način što se ukupna površina svede na apscisu — opterećenje od 100% i očita odgovarajuće vreme trajanja ukupnog opterećenja za koje bi toplotni izvor maksimalno instalisane snage proizveo ukupno potrebnu toplotnu energiju za posmatrano područje.

Na slici 9, predstavljena su sva karakteristična vremena za dijagram opterećenja toplotnog izvora za područje grada Beograda. Koeficijent trajanja ukupnog opterećenja se izračunava iz:

$$K_D = \frac{\tau_{rv}}{\tau_G} = \frac{1820}{7860} = 0,23 \quad (2)$$

gde je:

τ_{rv} — 1820 h — fiktivno vreme trajanja ukupnog opterećenja,
 τ_G — 7860 h — dužina trajanja jedne godine.

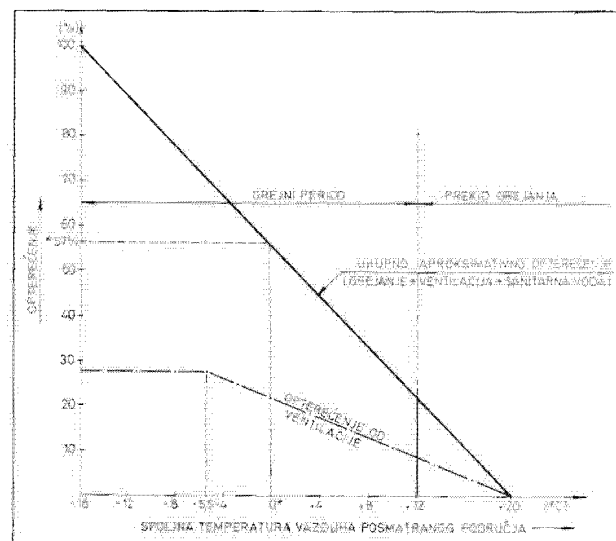
2.2.2. Potrebna ukupna instalisana snaga toplotnog izvora

Potrebna instalisana snaga toplotnog izvora za daljinsko snabdevanje toplotnom energijom urbanih sredina iznosi:

$$Q_{ukl} = K_j Q_{ak} + Q_g \quad (3)$$

gde je:

Slika 6. Dijagram opterećenja toplotnog izvora u odnosu na potrošače grejanja, ventilacije i potrošnju sanitarne tople vode u zavisnosti od spoljne temperature vazduha



Q_{kw} — ukupna instalisana snaga potrošača toplotne energije (grejanje, ventilacija i sanitarna topla voda),

$Q_g = 0,1 Q_{ukl}$ — gubitak pri transportu toplotne energije u sistemu daljinskog grejanja,

$K_j = 0,68 (K_{sv} + K_G) + 0,795 K_v$ — faktor jednovremenosti prema strukturi objekta^{*)},

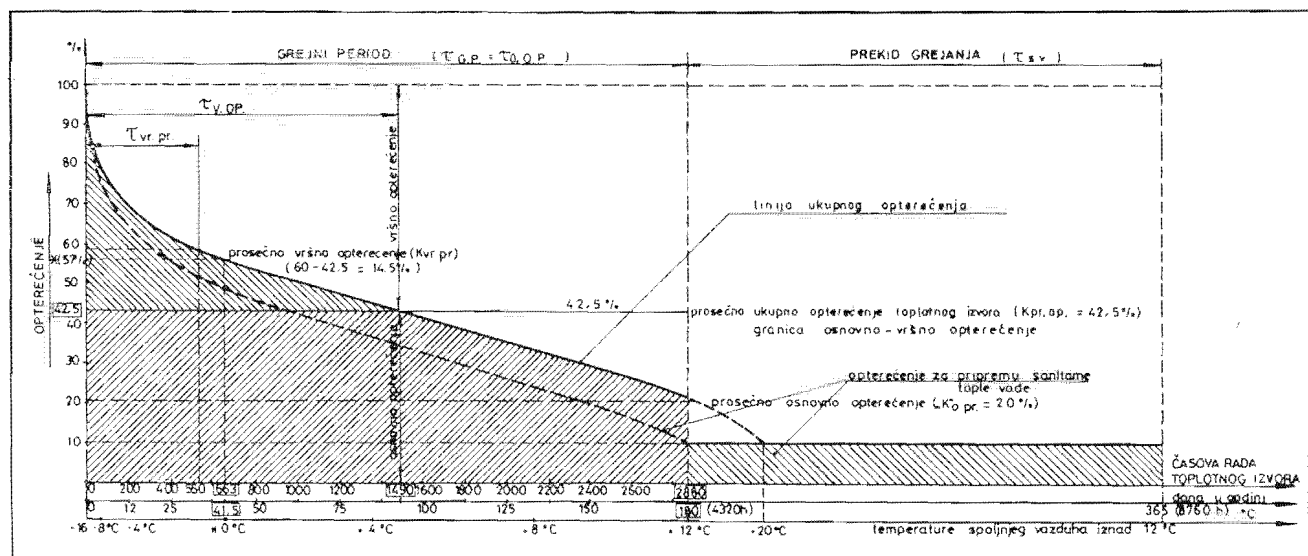
K_{sv} — procenat učešća u ukupnom opterećenju od pripreme sanitarne potrošne vode,

K_G — procenat opterećenja za grejanje stambenih objekata u konzumnom opterećenju odnosno području,

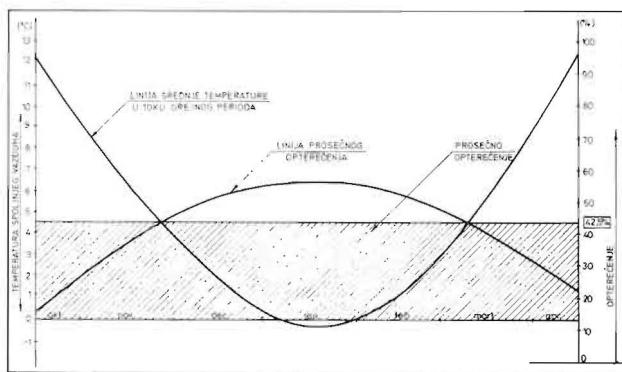
K_v — procenat opterećenja za javne objekte u konzumnom području.

^{*)} Marolis, E. A.: *Public District Heating Journal of the Institution of Heating*, V 19, Nr. 188, Apr. 1951.

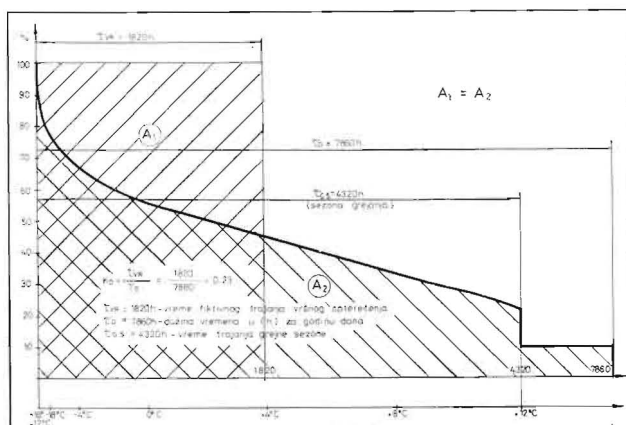
Slika 7. Dijagram opterećenja tokom grejnog perioda u zavisnosti od prosečnih dnevnih temperatura tokom poslednjih 40 godina i verovatne relativne dužine trajanja temperaturskih intervala (1938—1978)



Slika 8. Dijagram prosečnog opterećenja toplotnog izvora u zavisnosti od srednjih vrednosti temperatura u grejnom periodu za poslednjih 40 godina



Slika 9. Koefficient trajanja ukupnog opterećenja K_o



Osnovno opterećenje toplotnog izvora:

$$Q_o = K_o Q_{uk1} \quad (4)$$

gde je:

$K_o = 0,425$ (42,5%) — koeficijent osnovnog opterećenja za dato područje, uzet prema dijagramu na slici 7.

Vreme trajanja osnovnog opterećenja $\tau_{oop} = 2880$ h ili 180 dana grejnog perioda i ono je jednako vremenu trajanja prosečnog osnovnog opterećenja.

Procenat prosečnog osnovnog opterećenja $K_{opr} = 20\%$ je dobijen planimetrisanjem osnovnog opterećenja iz dijagrama na sl. 7.

Vršno opterećenje toplotnog izvora je:

$$Q_{vr} = (1 - K_o) Q_{uk1} \quad (5)$$

Vreme trajanja vršnog opterećenja $\tau_{vop} = 1490$ ili 93 dana, i predstavlja ujedno vreme trajanja maksimalnog osnovnog opterećenja:

$$Q_{omax} = 0,425 Q_{uk1}$$

Procenat prosečnog vršnog opterećenja $K_{vrpr} = 17,5\%$ je dobijen planimetrisanjem dela dijagrama vršnog opterećenja.

Vreme trajanja prosečnog vršnog opterećenja $\tau_{vrpr} = 550$ h ili 35 dana grejnog perioda, i ono je ujedno jednako vremenu trajanja temperatura nižih od 0°C , kako se to vidi iz dijagrama na slici 7. Toplotno opterećenje od pripreme sanitarne potrošne toplote vode se može uzeti približno 10% od ukupne potrebne instalisane snage toplotnog izvora:

$$Q_{sv} = 0,1 Q_{uk1} \quad (6)$$

Vreme trajanja isporuke toplotne energije za primenu sanitarne tople potrošne vode u domaćinstvima van grejne sezone je:

$$\tau_{sv} = 185 \times 16 = 2960 \text{ h}$$

Veličina toplotnog opterećenja za pripremu sanitarne tople vode u toku grejnog perioda uzeta je u obzir kroz ukupni konzum toplote za grejanje i ventilaciju kao zbir (na dijagramu, sl. 7, isprekidana linija).

Prema tome, ukupna potrebna instalisana snaga toplotnog izvora je:

$$Q_{uk1} = Q_o + Q_{vr} + Q_g \quad (7)$$

2.2.3. Toplotni konzum posmatranog područja

Pri rešavanju daljinskog snabdevanja toplotnom energijom urbanih sredina, osnovno je da se što tačnije utvrde veličine osnovnog opterećenja Q_{uk} . Pri definisanju toplotnog opterećenja (instalisanje snage potrošača) potrebno je razdvojiti instalisane snage potrošača po strukturi objekata i to:

- procentualno učešće javnih objekata (ovaj faktor za Beograd iznosi $K_v = 35\%$),
- procentualno učešće stambenih objekata (ovaj faktor za Beograd iznosi $K_G = 55\%$),
- procentualno učešće u pripremi sanitarne tople vode (ovaj faktor za Beograd iznosi oko $K_{sv} = 10\%$).

Pomoću ovih podataka za Beograd, može se izračunati faktor jednovremenosti potrošnje toplotne energije:

$$K_j = 0,68 (0,1 + 0,55) + 0,795 \cdot 0,35 = 0,72$$

Utvrđivanje tačnog toplotnog opterećenja moguće je jedino ako se raspolaze projektima toplotnog opterećenja za svaki pojedini objekt u području koje se toplicifira. To znači da je potrebno imati regionalni urbanistički plan sa glavnim građevinskim projektima objekata koji će se grejati, te se na osnovu toga može tačno izračunati toplotno opterećenje takvih zgrada.

Kao što se naselje planira u pogledu veličine, broja stanova, načina izgradnje, vrste, broja i veličine pratećih objekata, tako se moraju planirati i ostale instalacije infrastrukture u koje se ubrajaju i instalacije daljinskog grejanja.

Da bi se toplifikacija planirala potrebno je na osnovu nekih utvrđenih i u praksi proverenih pokazatelja, proceniti toplotno opterećenje urbanistički planiranog područja.

U urbanističkim planovima daju se okvirne veličine pojedinih objekata ili prema njihovoj površini ili prema zapremini, pa se na osnovu toga može proceniti toplotno opterećenje takvih objekata u okviru područja koje se toplicifira. Međutim, ako se radi o rekonstrukciji jednog dela gradskog tkiva u kome treba izvršiti dogradnju objekata ili ga razrediti u pogledu broja objekata, vodeći računa o urbanističkim normativima gustine naseljenosti takvog područja, kao polazni element za izračunavanje odnosno procenu toplotnog opterećenja, može poslužiti broj stanovnika.

Na osnovu ovih podataka i pretpostavki može se izračunati toplotno opterećenje (toplotni konzum) i usvojiti kao osnovni polazni podatak za potrebe proračuna i analiza. Metoda procene po broju stanovnika za tačnu obradu toplotnog konzuma nije najpouzdanija, ali u svakom slučaju može poslužiti kao ocena, a pogotovu ako se radi o prethodnim razmatranjima i idejnim rešenjima, koja se izrađuju za znatno duži vremenski period razvoja pojedinih područja. Na ovaj način određen toplotni konzum nema suštinskog uticaja ako služi za izbor koncepcionog rešenja daljinskog snabdevanja toplotnom energijom.

(Nastavak u sledećem broju)