

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжињерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Грејање, климатизација и соларна енергија

Број индекса: 24/2009

Јелена Д. Ђусић

**Потрошња енергије при даљинском грејању
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. _____
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада, кандидат треба да објасни систем даљинског грејања. Како тече развој даљинског грејања, од најранијих дана па до данас, функционисање система даљинског грејања, поделу, а посебну пажњу посветити систему даљинског грејања у Крагујевцу.

Препоручена литература :

1. М.Бојић, Термодинамика, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011.
2. С. Зрнић, Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Научна књига, Београд, 1988.
3. Б.Тодоровић. Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет у Београду, Београд, 2005.
4. Милорад Бојић, Драган Адамовић, Јасна Радуловић, Марко Милетић, Иван Милетић, Весна Маријановић, 2011 Public Opinion Survey: Awareness on Energy Saving Needs in Serbia, International conference Cobee, Colorado, USA, 2012

Крагујевац, 10.05.2012.

Ментор:

Милорад Бојић

Резиме рада :

У овом раду је описан и представљен систем даљинског грејања. На самом почетку дат је кратак историјат развоја даљинског грејања, као и приказ ситуације код нас и у Европи. Објашњен је принцип и начин рада топлотних станица, а дискутовало се и о управљању овим станицама. Дат је приказ топловодних мрежа, и свих подсистема који се налазе у њеном саставу.

Кључне речи : даљинско грејање; подстанција; дистрибуција топлотне енергије

Summary of work:

This work describes and presents district heating system. At the beginning includes a brief history of the development of district heating and presentation of the situation in our country and in Europe. It is explained and mode of operation of thermal stations, and discussed about management of these stations. A display is of thermal networks and all subsystems that are located within it.

Key words: district heating; sub-station; heat energy distribution

Садржај

1. Увод	1
1.1 Кратак историјат	1
1.2 Даљинско грејање,топлофикација	2
1.3 Подела даљинских система грејања	2
1.4 Даљинско грејање у Европи	3
1.5 Даљинско грејање у Србији	4
2. Систем даљинског грејања	5
2.1 Описи система	5
2.2 Топлотни извори- производња топлоте	6
3. Избор температурног режима рада	9
4. Управљање радом топлана	10
5. Топловодна мрежа	10
5.1 Конфигурација цевне мреже	10
5.2 Извођење топловода	12
5.3 Избор топлотног флуида за примарну мрежу	16
5.4 Топлотни губици	19
5.5 Подстанице	21
6. Систем даљинског грејања у Крагујевцу	23
6.1 Структура извора топлоте у граду	25
7. Закључак	29
8. Литература	30

1. Увод

1.1. Кратак историјат

Степен угодности данас свакако условљава развој цивилизације. Један од главних елемената угодностије грејање које је од великог значаја за човеково здравље. Много векова је прошло док је човек стекао искуство да на погодан начин дође до топлоте. Много бржи напредак технике грејања уследио је прошлог века са општим условима развоја машинства и научне хигијене. Најстарији начин загревања био је обично огњиште у почетку без димњака а затим са димњаком. Као примитиван начин загревања треба напоменути и мангал са дрвеним угљем, који је доживео велику распрострањеност али има велики недостатак услед могућности развијања угљен-моноксида.

Даље, поменућемо и једну врсту централног ваздушног грејања код Римљана. То је *hipokaust*, тј. врста ниског засвођеног подрума испод просторија које су загреване. После довољног загревања подрумских просторија, ватра је била обустављена и кроз хипокауст спровођен свеж ваздух, одакле се загрејан одводио у просторије другим каналима. Постојала је могућност мешања заостатка дима и ваздуха у просторијама. Код Римљана су постојали касније и други бољи начини каналског грејања, који су служили све до прошлог века.

После ових начина, нарочито код северних народа, појављују се камини. Они се развијају од X века, највише у Енглеској и Француској. У XIV веку појављује се каљава пећ, која стално еволуира тако да и данас заузима у извесним земљама врло важно место у техници загревања просторија.

Енглеz Кук (*Соок*) први предлаже парно грејање 1745. године које почиње од тада да се постепено примењује. У XIX веку даље се шири на Француску и Немачку да би се даље развило по читавом свету.

Нешто после парног грејања развија се и водено грејање. Најпре је за загревање просторија коришћена вода врелих извора на доста примитиван начин. Али прва стварна инсталација воденог грејања са свим основним елементима применио је Француз Бонмен 1777. године за грејање инкубатора за извођење пилића. Ово грејање добија примену у расадницима а касније узима маха за загревање зграда у целом свету.

Варијанта грејања са прегрејаном водом, (по неким ауторима са врелом водом) према патенту Енглеза Перкинса од 1931. године заузима посебно место у техници грејања.

1.2. Даљинско грејање, топлофикација

Огромне количине енергије које се данас троше за производњу топлоте у свим гранама привреде као и у друштвеним зградама и домаћинствима с једне стране, а резерве у свету свих врста горива којима се располаже с друге стране, захтевају да се код свих потрошача спроводе што рационалнија потрошња. Неекономичност локалних и раштрканих уређаја за производњу топлоте у разним својим облицима наводила је на размишљање о тражењу других рационалних начина искоришћавања произведене топлоте од произвођача до потрошача. Поред других усавршавања система грејања ради повећања укупног степена корисног дејства, концентрисањем произвођења топлоте за већи број потрошача због низа својих предности, постиже се много бољи ефекат. Ово је довело до примене централизованог произвођења топлоте за више зграда и објеката, уличних блокова и читавих градских подручја. Овакав начин производње и преношења топлоте у циљу грејања назива се даљинско грејање.

Међутим преношење топлоте на даљину данас се не врши само у циљу загревања објеката већ и у друге индустријске привредне и домаћинске сврхе. Тако се може производити и преносити топла вода за потрошњу у домаћинствима, купатилима, затим пара и врућа вода за перионице, кујне, технолошке процесе итд. С тога је назив даљинско грејање превазиђен и боље је за производњу и пренос топлоте на даљину употребити израз топлофикација, јер боље одговара овако комбинованим системима.

Системи даљинских грејања најпре почињу да се изводе у Америци осамдесетих година прошлог века у циљу загревања великих трговина, цркава и најзад стамбених зграда. Развој овог начина грејања затим узима све већег маха и до прошлог рата у Америци већ је било око 200 оваквих постројења.

У Европи, најпре у Немачкој, извођење даљинског грејања почиње почетком овог века, проширује се на западне земље затим и на СССР, тако да је почетком рата у целом свету било већ око 750 мањих и већих постројења, док је данас овај број многоструко већи.

1.3. Подела даљинских система грејања

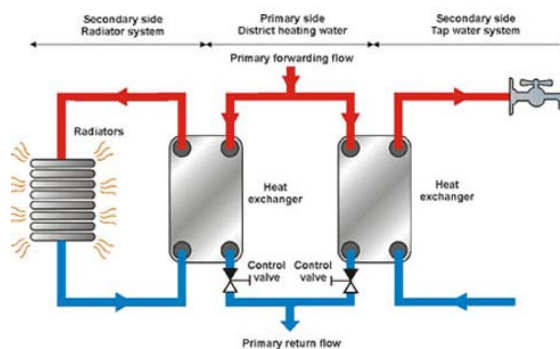
Подела даљинских грејања се може извршити на више начина, увек према основним карактеристикама одређеног система.

Према носиоцу топлоте могу бити са топлотом или врелом водом, или парна даљинска грејања. Према врсти потрошача и њиховој локацији деле се на грејање насеља или тзв, блоковске системе са извором топлоте у једном издвојеном објекту – топлани, на индустријске и градске системе. Индустријски даљински системи подмирују потребе за одвијање технолошких процеса у производњи а уз то и за грејања фабричких стамбених насеља који се увек граде у најближој околини индустријских објеката. Када се снабдевају топлотном енергијом градови у целини или бар њихови

већи делови, углавном због грејања и припреме топле потрошне воде, онда се користи назив „градско” даљинско грејање.

У свим поменутих случајевима повезивање са системом даљинског транспорта топлотне енергије се изводи директним (непосредним) и индиректним (посредним) спајањем са даљинском мрежом.

Цевна мрежа топловода којом се преноси флуид до објекта који је прикључен на даљински систем представља примарну мрежу а цевовод од подстанице до крајњих потрошача, радијатора или бојлера за топлу воду, представља секундарну цевну мрежу. Гранично место примарне и секундарне цевне мреже су подстанице, у којим се примарни носилац топлоте трансформише према потреби појединих потрошача да би се одатле разводио кроз секундарни цевовод. На слици 1 је приказан пример једне подстанице.



Слика 1. Пример једне подстанице[1]

1.4. Даљинско грејање у Европи

Термичку угодност у свом животном простору путем даљинског грејања данас користи у Европи преко 100 милиона људи. Од тог броја једна четвртина броја живи у земаљама Европске Уније (EU) а три четвртине у централно/источним земљама (CIE). Услед различитих климатских фактора, даљинско грејање је више у примени у централним и северним деловима континента него у јужним.

Прво постројење даљинског грејања у Европи изграђено је 1874. године у Немачкој у виду блоковског система и коришћено је за снабдевање топлотном енергијом градске болнице у Бону. На тај начин елиминисана су локална ложишта из болничких просторија па је знатно подигнут ниво хигијене.

Први систем градског даљинског грејања почео је са радом 1900. године у Дрездену. Дванаест вишеспратница се снабдевало топлотном енергијом из комбинованог постројења за производњу топлотне и електричне енергије, а још 15 објеката се снабдевало само електричном енергијом из истог постројења. Овај систем

је настао првенствено због јавне безбедности и смањења локалног загађења, а свакако и да би се постигао већи степен искоришћења оваквог постројења. До првог светског рата још пет великих градова следило је овај пример.

На преласку векова, настаје и даљинско грејање у Данској при чему је као гориво коришћен градски отпад, а снабдевана је ново изграђена болница. И Будимпешта прати тренд и добија први систем даљинског грејања 1904. године.

Застој у развоју система је био током I светског рата и непосредно после њега да би потом до 1930. године преко 200 постројења даљинског грејања радило широм Европе.

Током обнављања градова који су порушени током II светског рата, грађени су нови или проширивани постојећи системи даљинског грејања, наравно са напреднијом технологијом.

У западној Европи учешће даљинског грејања варира између 1 % у Енглеској до 50% у Финској, са изузетком Исланда са 86%. У скоро свим земљама се повећава развој система и повећава број потрошача. Највеће проширење је од 7,4 % годишње забележено је у Аустрији. [2]

У земљама СЕ учешће даљинског грејања се креће од 12 % у Хрватској до 70% у Украјини и Летонији. У појединим урбаним зонама овог региона, удео достиже и 90%. Узимајући у обзир укупно становништво, преко 40% су корисници даљинског грејања.

Државе ЕУ највише користе као гориво угаљ 34% и природни гас 31% али су заступљени и обновљиви извори са 11%, док у земљама СЕ угаљ чини 48% удела у целокупној потрошњи, природни гас 33%, а обновљиви извори свега 1%.

1.5. Даљинско грејање у Србији

Примена даљинског грејања у Србији датира тек од почетка шездесетих година прошлог века. Први системи су пуштени у рад 1961. године у Београду и Новом Саду а 1962. године у Суботици и Крагујевцу. Данас се 56 градова у Србији греје даљинским системом грејања. Инсталирани топлотни капацитет ових постројења износи око 6.600 MW. На мрежу даљинског грејања прикључено је укупно 400.000 станова, што чини око 17% станова у Србији, а у Београду овај проценат износи око 45%. [3]

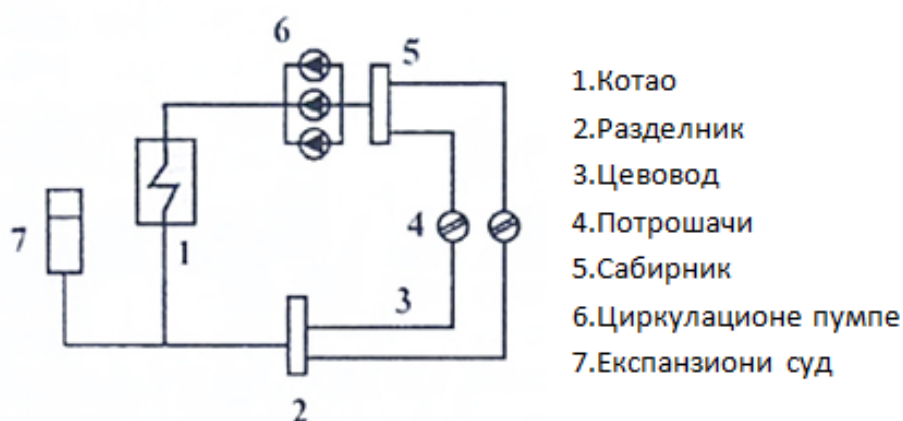
Највише потрошача прикључено је на систем даљинског грејања у Новом Саду, чак 60% стамбеног фонда, у Београду 45%, Нишу 35% и Крагујевцу 20%. Од мањих места даљинско грејање је најзаступљеније у Бору са 50% и Обреновцу са 80% прикључених стамбених објеката тих градова. Као гориво у топланама у Србији највише се користи гас (56%), течна горива (23%) и угаљ (21%). [4]

2. Систем даљинског грејања

2.1. Описи система

Основни делови система даљинског грејања су :

- топлотни извори са котловима, резервоарима горива, циркулационим пумпама, постројењем за припремуводе и одржавање притиска, димњаком и мерно регулационом опремом;
- топоводи – цевна мрежа којом се енергија у облику вреле или топле воде разводи до потрошача - зграда.
- топлотна предајна станица, која топлотну енергију из топовода (примарни део развода) предаје кућном грејном постројењу.
- кућно грејно постројење, разводи топлоту ка грејним телима (секундарни део даљинског развода).



Слика 2. Упростићена шема даљинског грејања

Пре доношења одлуке о прикључењу на систем даљинског грејања анализира се економичност система а она највише зависи од густине топлотног оптерећења које се изазива преко снаге потрошача по стамбеној површини (MW/km^2) или снагом потрошача по дужини топовода (MW/km).

Избор параметра у систему грејања зависи од температуре разводног и повратног вода, њихове температурске разлике и притиска. Анализира се и максимално топлотно оптерећење у току једне грејне сезоне као и годишње искоришћење производних капацитета изражено у часовима рада. Цевоводне мреже се постављају без канала са надземним вођењем или се полажу директно у земљу, односно у бетонске канале под земљом.

Предности даљинских система грејања :

- нема потребе за транспортом и допремањем горива до појединачних зграда, што је од посебног значаја у градовима,
- могућност коришћења јефтинијих енергената (мазута и угља),
- већа погонска сигурност употребом више котлова на једном месту,
- уштеда простора у зградама јер нема котларнице, димњака и резервоара за гориво,
- олакшано одржавање и противпожарна сигурност јер се стручно особље налази на једном месту,
- могућност централног регулисања целог система у самој топлани,
- мање загађење животне средине (постоји само један димњак, довољне је висине, изабран је и лоциран према ружи ветрова а изграђен је као и топлана ван стамбеног дела града),
- у комбинованом процесу производње топлане и електричне енергије постиже се најбоље искоришћеност горива,
- постоји могућност спаљивања градског смећа као извора топлоте и као и коришћење обновљивих извора топлоте.

Недостаци овог начина грејања су релативно мали као нпр. тренутно велике инвестиције, могућност паралисања снабдевања топлотом насеља и индустрије у случају ратних прилика.

Носиоци топлоте у систему даљинског грејања могу бити топла вода температуре до 110°C у разводном воду, врела вода температуре преко 110°C као и пара ниског односно високог притиска.

2.2. Топлотни извори- производња топлоте

Постројење за производњу топлотне енергије – топлана, састоји се од котлова који потенцијалну енергију горива претварају у топлотну, система пумпи за циркулацију воде и део са мерном опремом и регулационим уређајима одакле се управља радом топлане. Осим тога топлане имају електроенергетско постројење из којег се напајају електрични уређаји у њој, радионице за одржавање опреме, просторија за особље, складиште чврстог или течног горива као и постројења за хемиску и термичку припрему воде.

Из економских разлога, локација топлане треба да буде близу потрошача, јер су тада трошкови израде цевне мреже најнижи. Максимална раздаљина потрошача је од

10 km, у појединим крајевима и до 15 km. Међутим, многе околности намећу потребу за удаљавањем топлана у односу на градска језера, нарочито због депонија горива, снабдевања свежем водом, депоновања пепела, изградње високих димњака и сл. Осим тога на периферији се обично граде индустријски погони па постоји могућност за њихово снабдевање паром за технолошке потребе и топлотом за грејање.

За економичан рад топлана и комбинованих процеса производње топлотне и електричне енергије потребно је да густина топлотног оптерећења буде :

- код новоизграђених насеља $20\text{--}30 \text{ MW/km}^2$
- за насеља са породичним кућама $15\text{--}20 \text{ MW/km}^2$

Највећу густину оптерећења имају градски центри и она се креће од $50 - 100 \text{ MW/km}^2$ а у неким градовима чак и 200 MW/km^2 .

Добар показатељ економичности рада топлотног извора је „ број сати трајања оптерећења“ (количник укупно произведене годишње топлотне енергије и збирног капацитета топлотних извора) који се изражава у часовима.

У савременим системима даљинског грејања са малим уделом припреме потрошене топле воде, што је данас случај у Србији, достиже број сати годишњег трајања је $1250\text{--}1500 \text{ h}$. У Београду и у другим градовима Србије број сати трајања оптерећења, чак и у годинама када је производња топлоте била највећа, не прелази 1000 сати. Што је ова цифра већа, инвестиције у производњу су боље искоришћене. Све то говори да је садашњи систем грејања у Србији са инсталисаном снагом у изворима од 6600 MW и просечном производњом топлотне енергије од $6.200.000 \text{ MW}$ годишње, предимензионисан и недовољно искоришћен.

Енергенти који се користе у топланама су : гас, мазут, уље за ложење и угаљ. При њиховом избору треба обратити пажњу на цене, сигурност у снабдевању, услове транспорта, могућности складиштења, трошкове и слично.

У Србији се у топланама највише користе, појединачно или комбиновано, гас и мазут. До краја осамдесетих година прошлог века претежно се користио мазут. Данас све веће топлане употребљавају гас као основно гориво. Тако на пример у Новом Саду се гас користи 100% у даљинским системима, у Београду 80% а од грејне сезоне $2003/4$ велика топлана у Нишу, Криви Вир, почела је да користи искључиво гас. Највећи потрошач угља је топлана у Крагујевцу – 150.000 тона годишње. Сагоревање овако велике количине угља и поред уграђених електрофилтера за пречишћавање продуката сагоревања, представља еколошко-здравствени проблем за околину.

Основни елемент у производњи топлотне енергије је котло који може бити парни, топоводни или вреловодни.

Када се топлота производи у парним котловима (котлови са пламеним цевима или стрмоцевни котлови) произведена пара се у против-струјним апаратима користи за загревање воде, па су кружни ток паре и кружни ток грејне воде потпуно одвојени.

Када се топлота производи у вреловодним котловима постоје два могућа система:

- директан, у коме врела вода из котла циркулише кроз секундарну дистрибутивну мрежу уз претходну редукцију температуре и притиска,
- индиректан, када се врела вода из котла води до против -струјног апарата-размењвача топлоте, у коме се врши загревање воде секундарног циркулационог круга.

3.Избор температурног режима рада

У системима даљинског грејања користи се врела вода разводне температуре до 150 °C. Врела вода на излазу из котла (излазне котловске температуре воде су до 190°C) меша се са водом из повратног цевовода да би се постигла жељена температура разводне воде од 110-150°C за пројектне услове. Температура повратне воде треба да је што је могуће нижа односно потребно је обезбедити што већу разлику температуре разводне и повратне воде.

У том случају израда грејне мреже је јефтинија а у току експлоатације нижи су трошкови енергије потребне за рад циркулационих пумпи јер је проток мањи а по јединици масе воде преноси се већа количина топлоте.

Уобичајни температурски режими у нашим топланама су 150/75, 140/70, 130/70, 110/70 °C и слично. Овако високе температуре у разводном воду се у земљама западне европе данас мање користе, а и већина топлана у централно источним земљама је у последњих десет година знатно спустила температурски ниво разводне и повратне воде.

Домаћи системи даљинског грејања углавном су пројектовани са константним протоком и променљивом температуром разводне и повратне воде у функцији спољне температуре и са ноћним прекидом грејања. Међутим, већина система даљинског грејања у земљама ЕУ пројектована је за променљив проток и константну температуру у разводном току. Проток се одређује и подешава у подстаници радом локалне аутоматике, према потребној количини топлоте која се мења према спољној температури али и према захтевима потрошача за смањење потрошње енергије, применом термостатских вентила на радијаторима. Осим тога системи грејања раде без ноћног прекида. Овај начин рада је оријентисан ка потрошачу и уз наплату грејања према измереној потрошњи топлотне енергије резултира смањењем потрошње за 20-30%.

Са друге стране спољне пројектне температуре у готово свим Европским градовима су редуковане и за градове сличног климатског подручја Београду, износе око -12°C . Слична је ситуација у Србији и на основу извршених и објављених стручних испитивања и мерења може се очекивати повећање спољне пројектне температуре за већину градова. За град Београд су најновија истраживања показала да се она повећала са -18°C на -12°C . Та мера ће уз прелазак на целодневно грејање без ноћног прекида омогућити смањење стварног капацитета грејања код потрошача за око 25%. Разводна температура за спољну пројектну температуру од -12°C била би 110°C са повратном температуром од око 60°C .

4. Управљање радом топлана

Процесом производње и предаје топлотне енергије дистрибутивном систему управља се из командног центра топлане. Одатле се управља радом котловских јединица, котловских пумпи, горионика, мрежних циркулационих пумпи и другим.

У центру се постављају потребни параметри рада мреже : температура разводне воде, проток и притисци по магистралама, а у зависности од метеоролошких услова (спољна температура и брзина ветра).

У последњих неколико година у свим топланама се врше модернизације управљања радом постројења и то применом најсавременије технологије помоћу микропроцесора и специјалних софтверских пакета (*Scada*).

„*Scada*“ систем омогућава сигурно, ефикасно и лако управљање системом даљинског грејања, праћење радних параметара. У њему је имплементиран „know-how“ технолога и погонских инжињера у настојању да се управљање топланом што више аутоматизује и тако смањи могућност грешке изазване људским фактором. Сва мерења и радни параметри система се меморишу у бази података, одакле се могу приказивати табелама и дијаграмима. Ово олакшава анализу рада топлане, оптимизацију, прдвиђање потрошње и производње топлотне енергије.

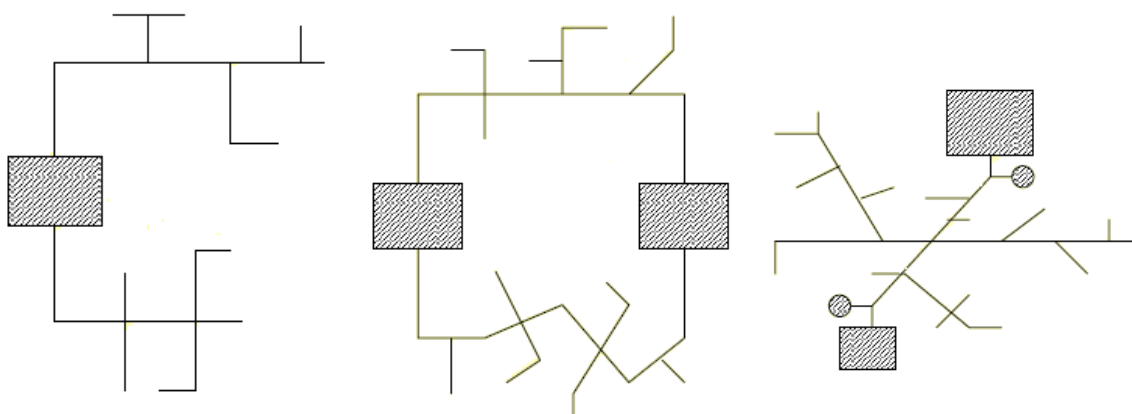
5.Топловодна мрежа

5.1.Конфигурација цевне мреже

Како је већ поменуто носиоци топлоте у систему даљинског грејања су вода или пара. Пара је некада више била у примени а данас се углавном користи за технолошке потребе индустријских објеката. У данашњим системима даљинског грејања носилац топлоте је углавном вода.

Зависно од врсте и положаја потрошача примењују се разни облици разводних и повратних цевних мрежа :

1. **Зракаста мрежа** – у којој су сви потрошачи укључени на вод који полази од топлане. Интервенције и поправке приликом пуцања цеви су отежане јер се прекида транспорт топлотне енергије за скоро све време потрошаче у исто време. Погодне су за мање системе.
2. **Прстенаста мрежа** погодна је за веће системе а посебно када постоје две или више топлана у раду. Поузданији је рад. У случају хаварије или квара једне топлане снабдевање потрошача топлотном енергијом обезбеђује се из друге топлане.
3. **Разганата мрежа** – поставља се у великим системима. Примењује се тамо где се очекује проширење система и броја потрошача. У случају хаварије топловода врши се преграђивање оштећеног дела топловода и само мали број потрошача, који се греје са тог дела топловода, остаје привремено без грејања.



Слика 3.Зракаста мрежа Слика 4.Прстенаста мрежа Слика 5.Разграната мрежа

Према сврси искоришћења цевна мрежа којом се топлотна енергија преноси флуидом од топлане до потрошача може бити индустријска, комунална и комбинована.

У индустријске цевне мреже спадају оне које преносе флуид искључиво за процесе у разним гранама индустрије, комуналне мреже су оне које врше пренос топлоте искључиво за стамбене, болничке и остале зграде градова или насеља. Комбиноване мреже су када снабдевају топлотом оба сектора.

У већим индустријским центрима и градовима, ради рационалног искоришћења, израђују се системи од више топлана које се повезују у јединствену мрежу што омогућава њихов паралелан рад у производњи топлоте за разне потрошаче.

Према шеми преношења топлоте мреже могу бити једноцевне, двоцевне и вишецевне.

Једноцевне мреже, код којих се флуид по искоришћењу баца, доста су ретке због своје неекономичности у експлоатацији.

Двоцевне мреже, које су најчешће, раде обично по затвореној шеми, тј. у целом систему практично циркулише једна врста флуида.

Троцевне мреже, које су искључиво комбиноване, изводе се само када је то економски оправдано. Овај захтев је још оштрије постављен када се ради о примени вишецевног система мреже.

Троцевна мрежа може нпр. наћи место при снабдевању топлотом истовремено разгранатих комуналних и индустријских објеката, што захтева одређене и диференциране параметре флуида. У оваквом случају разводна мрежа има одвојену цев за комуналне а одвојену цев за индустријске потрошаче. Повратна цев је заједничка.

Мрежа топловодом којом се флуид преноси до подстанице потрошача је примарна мрежа а која служи за развод топлоноше код самог потрошача назива се секундарна мрежа. Гранично место између ових двеју мрежа је подстанца.

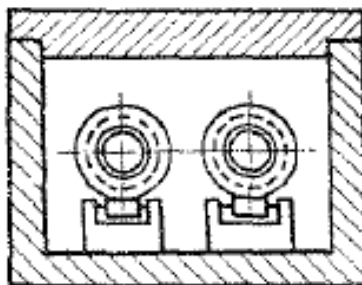
У разгранатим топлотним мрежама радијуса изнад 5 km, могу постојати и подстанице у појединим потрошачким блоковима или подручјима. У том случају примарна мрежа би била подељена на основну или магистралну и на рејонску мрежу, између двеју подстаница.

5.2. Извођење топловода

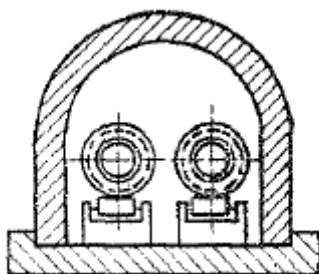
Цевне мреже кроз које струји топлотни флуид од извора до потрошача састављене су од челичних цеви. Цеви се међусобом спајају искључиво заваривањем, које мора бити извршено од стране испробаних стручњака. Прирубнице се остављају на крајевима само где треба убацити поједине вентиле и друге затворене уређаје.

Цеви се полажу најчешће у подземне канале од бетона. На тај начин су боље изолаоване и одржаване. Канали могу бити проходни или непроходни у зависности места и потребног опслуживања. Ређе су цеви директно укопане у земљу али се онда више изложене влази и корозији, мање су приступачне и теже се проналазе места

евентуалних кварова. На слици 6 и 7 показана су два начина извођења канала са положеним цевима.



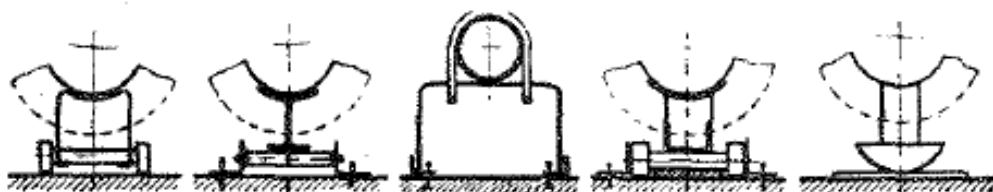
Слика 6.Топловодна цев у четвртастом каналу



Слика 7.Топловодна цев у овалном каналу [6]

Цеви за поједине случајеве постављају се изнад земље на носачима или стубовима. Овако постављене цеви изложене су већим топлотним губицима па захтевају бољу изолацију. Уопште ради смањења топлотних губитака који могу бити знатни када се ради о дужим цевоводима, цеви се изолују разним изолационим материјалима (стаклена вуна, мешавине од азбеста, шљаке и др.).

Да би се омогућила дилатација цеви услед температурских промена између тачака учвршћења стављају се дилатациони компензатори. Тако исто да би цеви лакше клизиле приликом дилатације оне се између чврстих тачака ослањају на носаче са ваљцима. Неки од ослонаца виде се на слици 8.



Слика 8.Подупирачи цеви [6]

На местима где се налазе рачве за развођење у разним правцима сви органи се концентришу у подземне коморе –шахтове. Ту долазе вентили за пуштање или искључивање појединих огранака, кондензни лонци, уређаји за контролу и др. У шахтовима су такође постављени и компензатори ради приступачности код евентуалних поправки и замене делова.

Аналогно мрежама разликују се и две врсте топлотног флуида : примарни и секундари. Први долази из топлане до подстанице, а други је од подстанице ка потрошачу.

Примарни носилац топлоте – топлотни флуид, због своје улоге назива се још и даљински топлотни флуид. Овај топлотни флуид је најчешће вода, разних температура и притисака, које обично циркулише у затвореном кругу, затим пара, углавном засићена поменутих различитих притисака. У последње време почињу се примењивати и друге течности у виду специјалних уља, којима се може подесити потребна тачка кључања и мржњења, што је од нарочитог значаја. Код нас нису још у примени па ће се овде третирати само вода и пара као топлотни флуид.

Од подстанице до крајних потрошача циркулише секундарни топлотни флуид. То је на првом месту вода, која циркулише у одвојеном затвореном кругу за грејање просторија или потрошна вода, затим пара за грејање, за потребе технолошких процеса, за кујне, болнице, перионице итд. Најзад као секундарни флуид често је у употреби и ваздух које се разводи за грејање, вентилацију и климатизацију просторија.

Према различитим циљевима бирају се најпогоднији притисак и температура секундарног флуида, који су основни његови параметри.

Тако исто први основни параметар секундарног топлотног флуида је његова прорачунска температура t_r . Ако је у питању водено грејање онда примарни топлотни флуид мора извршити загревање секундарног флуида од његове повратне температуре t_p до разводне t_r јер се ту не ради о промени агрегатног стања, у конкретном случају о промени воде у пару, већ само о подизању температуре флуида на пример, од 70° до 90° , ако флуид служи за грејање или, нпр. од 10° на 60° ако је реч о потрошној топлој води.

У случају да се вода, као секундарни флуид, претвара у пару, онда се топлота примарног флуида троши на испаравање секундарног флуида при константној температури.

Секундарни топлотни флуид се може користити директно код потрошача и у том случају његова доводна температура t_d треба да се изједначи са разводном температуром примарног флуида t_r , а одводна његова температура t_o са повратном температуром секундарног флуида t_p , тј. треба да је:

$$t_d' = t_r'' \quad (5.1)$$

$$t_o' = t_p' \quad (5.2)$$

Међутим када је веза између примарне и секундарне мреже преко измењивача топлоте онда да би се створио услов измене топлоте мора између горњих температура постојати извесна разлика (Δt), тако да је :

$$t_d' = t_r'' + \Delta t ; \quad (5.3)$$

$$t_o' = t_p'' + \Delta t \quad (5.4)$$

Температурска разлика Δt је збир температурске разлике (Δt)_m која обезбеђује измену топлоте између примарног и секундарног топлотног флуида, разлике температуре флуида (Δt)_e на улазу и излазу размењивача и пада температуре (Δt)_g услед топлотних губитака у мрежи, тако да је :

$$\Delta t = (\Delta t)_m + (\Delta t)_e + (\Delta t)_g \quad (5.5)$$

односно прорачунска температура примарног топлотног флуида износи :

$$t_d' = t_r'' + (\Delta t)_m + (\Delta t)_e + (\Delta t)_g \quad (5.6)$$

и :

$$t_o' = t_p'' + (\Delta t)_m + (\Delta t)_e + (\Delta t)_g \quad (5.7)$$

Температуре t_r'' и t_p'' у овим изразима углавном су условљене захтевима потрошача и са те стране на први поглед не би требало имати никаквих проблема. Али ипак би било од користи испитати могућност и њихове промене ако се ради о грејању или припреми топле воде. Тако, снижавањем ових температура би се добиле додуше веће површине радијатора чиме би и инвестиције за њих биле повећане али би се супротно томе били мањи издаци за примарну мрежу а може се десити и за неке деонице секундарне мреже.

Даље у зависности потреба потрошача треба испитати целисходност примене две одвојене примарне мреже или чак и две или више топлана тј. одвојених котларница. Овде нарочито интервенишу различите температуре или топлана оптерећења секундарних флуида односно мрежа.

Одређивање температурске разлике (Δt)_m, која треба да обезбеди измену топлоте у подстаницама зависи од броја подстаница у односу на топлотно оптерећење и разгранатост примарне мреже. Смањењем (Δt)_m расту димензије размењивача али такође и разлика (Δt)_e. Ово доводи до самњења димензија примарне мреже за исту прорачунску температуру и притисак и обрнуто самњују се прорачунске температуре и притисци у примарној мрежи ако се пречници ове мреже не мењају. При овоме се такође смањује и снага потребна за вршење циркулације топлотног флуида. При малом броју подстаница већег топлотног оптерећења, када је примарна мрежа доста разуђена, боље је изабрати мању разлику (Δt)_m и обрнуто, узети је већу за већи број подстаница с малим топлотним оптерећењем и слабо разуђеном примарном мрежом.

У првом случају интересантно је још испитати могућност елиминисања извесних измењивача (тада је за такве подстаница $(\Delta t)_m = 0$) и да се примарни топлотни флуид уводи директно у секундарну мрежу. Само ту се појављује утицај промене притиска из примарне на секундарну мрежу а некада и обрнуто. Ради избора оптималног техничког решења потребно је извршити предходну солидну анализу разних варијаната решења.

Одређивање температурске разлике $(\Delta t)_e$ када је у питању вода као топлотни флуид, има утицаја на избор прорачунске температуре t' и на укупне трошкове примарне мреже где улазе и трошкови за погон циркулационих пумпи. Очигледно да је $(\Delta t)_e$ ограничено и већ одређеном доводном температуром примарне мреже t_d' и њеним максималним притиском p_{max} . Ове величине зависе од топлотног оптерећења и акционог радијуса мреже, па када би оне прешле одређену границу дошло би до нормалног повећања издатака на саму мрежу.

Ради смањења пада температуре услед топлотних губитака у примарној мрежи треба прибећи избору доброг и јефтиног изолационог материјала за цевоводе.

Други основни параметар примарног топлотног флуида је његов прорачунски притисак p . Одређивање овог притиска најпре зависи од разлике $t_d' - 100^\circ$. Када је ова разлика негативна тј. $t_d' < 100^\circ$, што значи да је примарни топлотни флуид вода а секундарни може бити или вода или ваздух, решење је једноставно јер мрежа тада може бити отворена тј. у вези са атмосфером. При овоме максимални притисак који влада у мрежи одговараће разлици између највише и најниже тачке и манометарском притиску циркулационих пумпи, ако је веза са ваздухом на уписној страни пумпи.

Када је $t_d' > 100^\circ$ а топлотни флуид је водена пара онда ће прорачунски притисак бити раван притиску p_z , тј. притисак под којим се пара температуре t_d' не би кондезовала, тако да је

$$p = p_z \quad (5.8)$$

Међутим, када је примарни топлотни флуид вода (а $t_d' > 100^\circ$) онда прорачунски притисак p у примарној мрежи при истој температури мора бити већи да би се избегло испаривање воде, савладао хидростатички притисак и надокнадио пад динамичког притиска.

5.3. Избор топлотног флуида за примарну мрежу

Топла вода као топлотни флуид за даљински пренос топлоте има ове главне предности :

- могућност централног регулисања
- релативно већа сигурност у раду , и
- мањи топлотни губици.

Али овоме треба додати и недостатке као што су :

- прикључци се могу користити само за водено грејање
- релативно већи издаци за мрежу.

Примена топле воде и поред својих вредности, ограничава се услед ових недостатака на мање разгранате мреже за грејање зграда за становање и за јавне зграде као и за индустријска предузећа, којима није потребно снабдевање још и неком другом варијантом топлотног флуида.

Температура доведене воде не прелази 110° . За мања постројења температура одводне воде обично не прелази 95° при чему се усваја отворени систем. За већа постројења се примењује температура одводне воде и од 110° али систем мора бити са затвореним експанзионим судом без везе са атмосфером.

Због горе поменутих својих особина топлу воду као топлотног преносног флуида потискују прегрејана вода и водена пара, нарочито за већа индустријска постројења где се поред грејања указује потреба за паром за већим температурама у технолошким процесима.

Прегрејана вода и водена пара имају доста особина које их сврставају у равноправне флуиде за преношење топлоте на даљину и поред извесних својих специфичности у погледу предности и недостатака. Због овога потребно је унапред извршити детаљнију анализу пре одлуке о дефинитивном усвајању топлотног флуида примарне мреже.

Од предности које уопште вода има као топлотни флуид за прегрејану воду треба додати још и њене боље особине, као топлоноше, од водене паре и лакше полагање мреже по неравном терену.

Недостаци прегрејане воде били би углавном следећи :

- већа цена за преношење топлотне енергије због обимнијих пумпних постројења
- теже извођење оправки, проширења и преправки,
- тешкоће око мерења утрошене топлоте,

- за примену прегрејане воде у самим топланама потребни за допунски измењивач.

Уз ове недостатке који се појављују код постројења где се примењује прегрејана вода, треба напоменути још и да се код њихових пројектовања и извођења мора обратити нарочита пажња јер повећање температуре и притиска воде повећава и опасности од оштећења и несрећних случајева. Прскањем неког дела мреже са прегрејаном водом високе температуре, вода излазећи на атмосферски притисак нагло испарава што може довести и до експлозије.

Предности паре као топлотног флуида у поређењу са водом јесу :

- веће могућности за вршење прикључака потрошача,
- једноставно и сигурно мерење утрошене топлоте од стране корисника мерењем кондезата,
- мања потрошња енергије за погон пумпи,
- мање тешкоће при извођењу накнадних прикључака и оправки.

Међутим и пара има своје недостатке од којих треба напоменути:

- веће тешкоће при трасирању парне мреже,
- тешкоће код одводњавања парне мреже и повратка кондензата,
- већа опасност од корозије кондензних цеви,
- топлотни губици у мрежи су независни од режима рада.

Уопште транспортовање паре као топлотног флуида и враћање кондензата у топлану заједно са свим потребним уређајима (кондензни лонци, пумпе за кондензат) ствара посебне проблеме и тешкоће.

Досадашња искуства постигнута у примени извођења постројења за централизовано снабдевање топлотом градских насеља и индустријских центара, дају извесну предност прегрејаној води као примарном топлотном флуиду. Неки закључци у том погледу могли би се резимирати у следећем :

1. Када главне магистрале не прелазе дужине од 1 до 2 km (што зависи од почетног притиска у котларници) пара долази у обзир испред прегрејане воде. За веће дужине главних магистрала примена воде је економичнија.
2. За комуналне градске системе боље је усвајати прегрејану воду без обзира на дужине магистрала.
3. За специјалне случајеве, условљене захтевима технолошких процеса извесних грана индустрије, пара би могла доћи у обзир као примарни топлотни флуид. Топлане у овим случајевима боље је лоцирати у близини централних потрошача

4. Температура доводне воде бира се у зависности намене постројења. Ако се топлота користи и за технолошке процесе онда избор температуре диктирају потребе потрошача. Када су топлане предвиђене искључиво за грејање онда треба температуру воде бирати у зависности величине постројења тако да се постигне најбољи економски ефекат. Као оптималне температуре прегрејане воде примарног топлотног флуида сматрају се испод 150° .
5. Температура прегрејане воде између 150° и 180° као прорачунске температуре примарног флуида треба користити само у специјалним случајевима. За максималну прорачунску температуру сматра се 180° .
6. Прорачунска температура повратне воде треба да је што нижа да би се постигла што већа разлика између температуре доводне и одводне воде, чиме се смањује проток а са тим се остварује јефтинија мрежа и мања потрошња енергије за покретање пумпи. Наравно да овде интервенишу још услови потрошача а понекад и произвођача топоте (топлана).

У доношењу ових закључака имало се у виду да димензије топоводне мреже зависе поред разлике температуре доводне и одводне воде још и од притиска и брзине струјања када је вода топлотни флуид.

При високим прорачунским температурама воде (150° до 180°) сви органи и делови топовода су изложени не само високој температури већ и притиску, па је ово један од главних разлога ограничења прорачунске температуре воде као примарног топлотног флуида. Уз ово и цена топлоте расте са порастом температуре воде тако да је иста количина топлоте са водом од 180° скупља него нпр. од 150° , макар се загревање изводило и каскадним начином. Зато се високе температуре воде усвајају онда када погон на тим режимима ради само при врхунским оптерећењима која трају обично кратко време.

Начин прикључења секундарне мреже такође утиче на избор највише прорачунске температуре воде. Директни прикључци секундарне мреже на примарну мрежу даљинског топовода углавном се преицењују када је температура прегрејане воде испод 100° , ређе се иде до 130° . Веће температуре прегрејане воде не дозвољавају директно прикључење и због стандардних радијатора, који не могу издржати одговарајуће притиске. У овим случајевима се користе измењивачи топлоте којима се редукује притисак и температура за секундарну мрежу. Могу се уместо измењивача користити пригушни вентили или ињектор за мешање са секундарном повратном водом. При овоме се један део повратне воде враћа пумпом у повратни цевни вод. Јачи шумови који се при порасту температуре воде јављају код ињектора представљају недостатак овог начина. Употребом савршенијих ињектора овај недостатак се може елиминисати.

На избор највише прорачунске температуре прегрејане воде знатно утичу још и топлотни губици у мрежи, односно пад температуре који је последица тих губитака.

5.4. Топлотни губици

Топлотни губици који настају у мрежи могу бити губици за време рада и губици за време прекида у раду.

Топлотни губици за време рада, као што је раније показано за цевне мреже централних грејања, зависе од температурске разлике између топлотног флуида и околног ваздуха у каналу, од површине цеви и квалитета изолације.

Највиша температура у каналима креће се од 35° до 40°. За коефицијент пролаза топлоте $k = 12 \text{ Wm}^{-2}$, за неизоловану цев и миран ваздух добијају се топлотни губици чије су вредности за поједине температурске разлике воде и ваздуха и разне пречнике цеви дате у табели 1. Губици се односе на 1 m неизоловане цеви. Стварни губици се добијају када се узме у обзир и изолација која је употребљена у сваком конкретном случају.

Топлотни губици за време паузе настају када се цео систем топловода хлади за време прекида рада и његова температура се изједначи са температуром околине.

Табела 1. Губици топлоте за неизоловане цеви у мирном ваздуху при датим температурским разликама [6]

Редни број		Пречник mm	Топлотни губици за температурску разлику између цеви и ваздуха [Wm ⁻²]											
			10°	20°	30°	40°	50°	60°	65°	80°	100°	110°	120°	
1	Челичне цеви са прирубницом	600	229	458	687	918	1148	1377	1492	1835	2295	3254	2572	
2		500	192	384	576	768	959	1151	1247	1534	1918	2110	2302	
3		450	173	345	519	691	864	1037	1123	1383	1728	1902	2074	
4		400	154	307	461	614	768	921	998	1228	1535	1689	1841	
5		350	134	267	401	535	669	802	870	1070	1337	1454	1471	
6		300	115	230	345	461	577	691	749	850	1153	1268	1382	
7		250	97	193	288	386	513	579	626	771	964	1061	1157	
8		200	77	155	231	308	386	463	501	616	771	848	925	
9		175	67	135	202	270	338	406	440	541	676	743	811	
10		150	58	116	174	232	291	349	378	465	582	640	698	
11		125	49	98	147	194	243	293	317	390	498	535	584	
12		100	42	79	119	158	198	236	256	315	354	434	473	
13	Бешавне цеви	80	31	64	97	127	159	191	207	254	317	349	380	
14		70	28	56	83	112	140	166	180	222	278	306	334	
15		50	21	42	63	84	105	124	135	166	201	229	250	
16	Цеви са завојницом	40	17	35	52	70	87	106	114	141	176	193	211	
17		30	15	30	47	60	77	92	100	122	154	169	184	
18		25	12	24	36	48	60	72	78	97	121	132	144	

Ако се са W_e [WhK^{-1}] означи водени еквивалент система, тј. она количина топлоте коју систем одаје околини својим халђењем за 1° (односно количина топлоте коју је потребно довести да се истом систему повиси температура за 1°), онда ће у том случају водени еквивалент бити представљен следећим изразом :

$$W_e = G_v * c_v + G_c * c_c \quad [\text{WhK}^{-1}] \quad (5.9)$$

где је :

G_v - тежина воде у систему [kg]

G_c - тежина цеви у систему [kg]

c_v - масена количина топлоте воде [Whkg⁻¹ K⁻¹]

c_c - масена количина топлоте цеви [Whkg⁻¹ K⁻¹]

У овом прорачуну маса и масена количина топлоте изолације се могу занемарити. Ако температура система на почетку прекида рада износи t_{sp} а на крају прекида t_{sk} , онда целокупан губитак топлоте услед хлађења система за време тог прекида износи :

$$Q_u = W (t_{sp} - t_{sk}) [Whkg^{-1}] \quad (5.10)$$

За практичне прорачуне укупних топлотних губитака за време рада и паузе потребно је водити рачуна о томе да се разлика температуре између доводне и одводне цеви и ваздуха у каналу мења у зависности од температуре спољашњег ваздуха.

5.5 Подстанице

Подстанице или потрошачке прикључне станице су места у којима се доведени топлотни флуид из топлана трансформише према потребама појединих потрошача и одатле разводи у секундарну мрежу. Од ових потреба зависе и параметри флуида потрошача као и шема рада подстаница.

Шема рада једне потрошачке прикључне подстанице зависи углавном од врсте топлотног флуида и од потребе и захтева потрошача тј. од врсте потрошње, да ли се ради само о грејању, припреми топле воде, технолошким процесима у разним гранама индустрије или њиховим комбинацијама.

Ако се топлота доводи топлем водом од 90° до 95° и користи за грејање онда се може директно користити у секундарној, потрошачкој мрежи без икаквог претходног трансформисања. Прикључак кућних постројења је онда обично директан, без размењивача топлоте па према томе у топловоду и потрошачком постројењу влада исти притисак.

За циркулацију воде служе циркулационе пумпе постављене у топлани, чији се напор може користити и за кућно постројење, уколико ово није исувише разгранато. У овом случају је боље да сваки потрошач има своју засебну циркулациону пумпу. На овај начин се још избегава утицај промене рада код разних потрошача на хидраулички режим целог постројења.

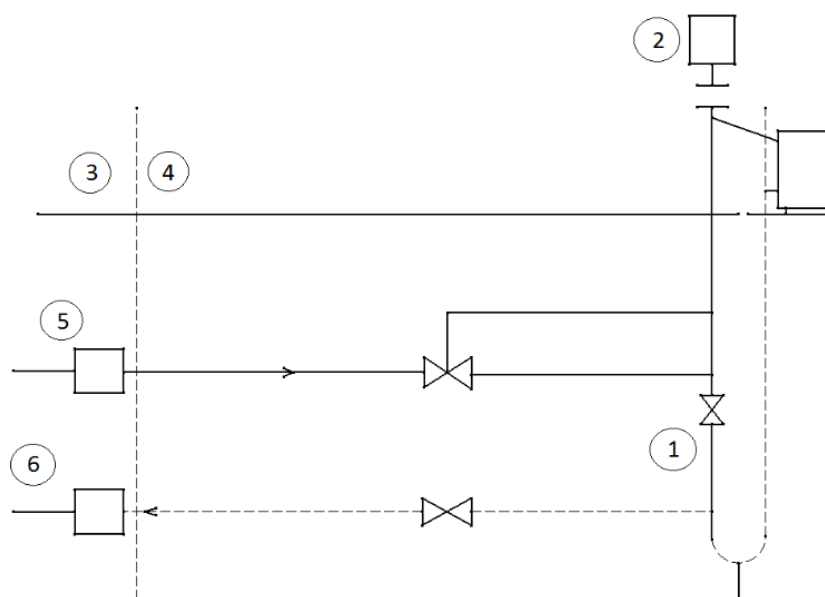
Постројења треба пројектовати и изводити на тај начин да потрошач добија увек исту одређену количину воде из мреже топलोвода без обзира на промену режима рада. Количина воде која струји кроз цео систем зависи од његовог топлотног капацитета. Регулисање се врши, као и код воденог грејања, прилагођавањем температуре доводне воде у топловоду.

Да би се обезбедио овај константан проток мора и разлика притисака у доводном и одводном воду топловода на месту прикључка кућног постројења у подстанци да буде непроменљива. Међутим укључивањем или искључивањем појединих потрошача или променом њиховог режима рада, спајањем нових прикључака или ма каквим осетнијим другим променама, промениће се и расподела притисака у мрежи што ће неминовно изазвати поремећаје односа протока, тј. и довођење топлоте појединим потрошачима, због чега би поједини добили мање а други веће количине топлоте него што им је потребно.

Из ових разлога свакако је боље да примарна и секундарна мрежа буду хидраулички независне једна од друге чиме се елиминише међусобни утицај рада. Зато се прибегава решењима којима се разлика притисака у примарној мрежи на местима прикључака у подстанцима неутралише а циркулација воде у потрошачким постројењима се обезбеђује уграђивањем одвојене циркулационе пумпе, или где је то сигурно изводљиво, гравитацијом.

Поништавање разлике притисака може се постићи постављањем у прикључни вод потрошача одговарајућег додатног отпора или аутоматског граничника протока. Овај додатни отпор је предвиђен за одређени хидраулички режим рада и уколико се овај буде мењао у мрежи, требало би и отпор прилагодити новом стању или ће се појавити такође мање или веће промене протока односно доведене топлоте потрошачу. Граничник протока, напротив, делује аутоматски тако да количина воде из топловода остаје непромењена без обзира на различите спољне утицаје.

Да би се остварила гравитациона циркулација воде у постројењу потрошача (секундарна мрежа) прикључак се мора извести довољно ниско, слика 9.



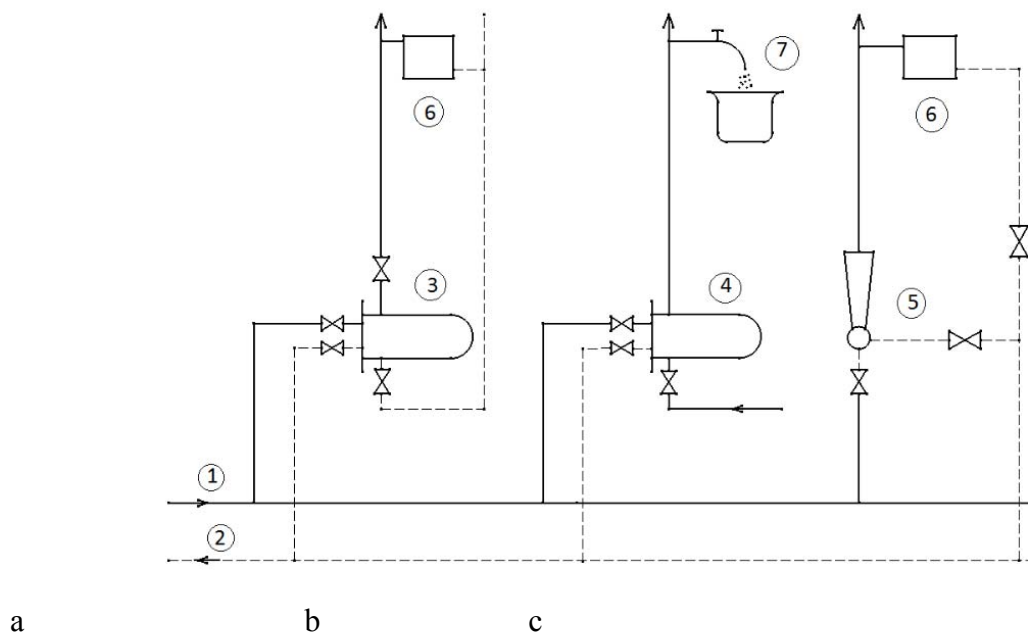
Слика 9. Прикључак за директно водено гравитационо грејање. 1- Цев за мешање, 2 - експанзиони суд, 3 - страна даљинског вода, 4 - подстанци, 5 - мерач топлоте, 6 -регулатор протока

У случају када је температура доведене воде у топоводу виша него што је потребно за прикључно постројење онда се снижење температуре воде из примарне мреже постиже мешањем једног дела воде из повратне – секундарне мреже потрошача са доводном водом примарне мреже топовода. Регулисање ове мешавине врши се помоћу аутоматских регулатора температуре, који према потребној температури секундарне воде подешавају однос количине воде примарне доведене воде и секундарне повратне воде.

Ово регулисање се може вршити и на тај начин што се, задржавајући сталан однос мешавине, регулише температура доводне воде примарне мреже.

Када је примарни топлотни флуид прегрејана вода онда се и овде може користити директан или индиректан прикључак. Код директног начина прикључења постројење потрошача је изложено истом притиску који влада у примарној мрежи топовода па је потребно да сви његови делови буду предвиђени за притисак који одговара температури доводне воде. При директном коришћењу прегрејане воде из примарне мреже топовода у локалним системима може се применити мешање повратне воде из секундарне мреже са примарном из топовода преко ињектора(слика 10).

Директно коришћена прегрејана вода у секундарној мрежи може се такође регулисати централним начином, према спољним условима, ако се топовод користи искључиво за грејање.



Слика 10. Шема разних начина прикључивања потрошача на даљински топовод прегрејаном водом. Прикључак преко размењивача за загревање (a), прикључак преко размењивача за грејање воде (b), прикључак преко ињектора (c). 1,2- Примарна мрежа, 3,4- измењивачи, 5- ињектор за мешање, 6-радијатори, 7- санитарни потрошачи

Међутим ако топловод служи за комбиновано снабдевање топлотом потрошача тј. за грејање и за друге сврхе, индустријско-технолошке, онда се температура мора одржавати у границама потреба ових потрошача и регулисањем помоћу индивидуалних локалних регулатора температуре. Ако се топлота прегрејане воде као примарног флуида индиректно користи онда се помоћу измењивача у подстаницама добија вода потребне температуре (шема а и б на слици 9).

6. Систем даљинског грејања у Крагујевцу

Градска топлана у Крагујевцу почиње да ради 1962. године у оквиру предузећа „Чистоћа”. Тада, независно једно од другог, функционишу индустријски и градски системи централног грејања.

Везивање градског топловода на индустријске парне котлове, технолошки спаја градску и фабричку топлану, 1978. године, док се фузија ова два предузећа у једно догађа 1986. године. „Застава енергетика“ осим топлотне енергије коју дистрибуира корисницима у Крагујевцу, омогућава и функционисање читавог система бивших Завода „Црвена Застава“, а потом и Групе „Застава“, јер фабрикама, осим грејања, испоручује све енергенте и флуиде неопходне за различите производне процесе који се у њима одвијају.

Реструктурирањем Групе „Застава“, „Енергетика“ постаје самостални привредни субјект, који наставља да, без већих проблема и без дана прекида, обавља своју основну делатност.

Систем даљинског грејања функционише на следећи начин :

- загревање радног флуида
- транспорт радног флуида
- размена топлотне енергије

Постоје три врсте система:

- систем даљинског грејања на топлу воду
- систем даљинског грејања на врелу воду
- систем даљинског грејања на пару

Систем даљинског грејања на топлу воду:

Код овог система даљинског грејања вода се загрева до 100°C. То су мањи системи који су уједно и јефтинији и мање опасни од повреда. Потрошачи су директно спојени на топлотни вод, без употребе топлотне подстанице у објекту који се греје. Пример за овакву врсту грејања је насеље Бубањ.

Систем даљинског грејања на врелу воду:

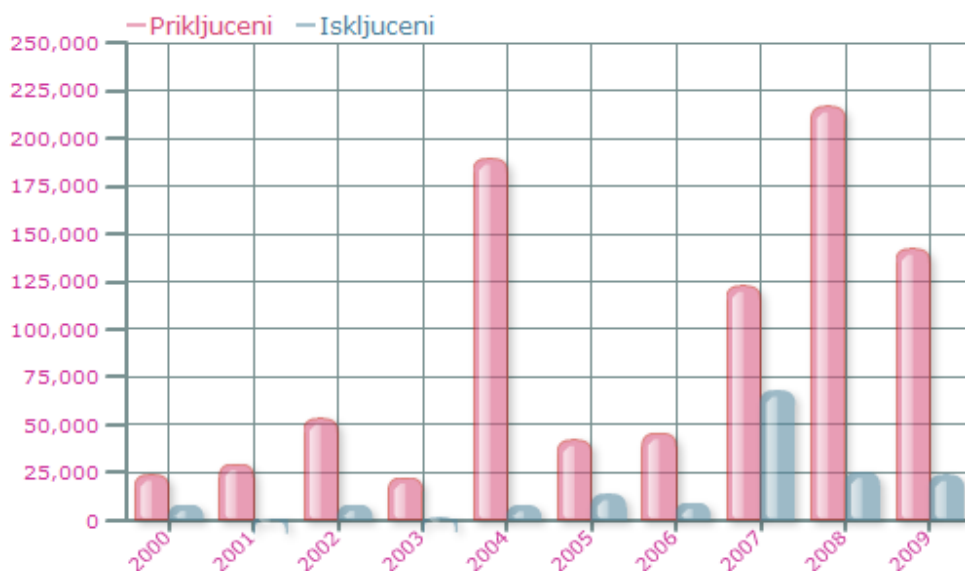
Расхладни флуид код овог система грејања се загрева преко 100°C , обично се температура креће у топлотним вредностима од 110°C до 150°C . Код овог система цеви су мањег попречног пресека до потрошача, у сваком објекту који се загрева постоје подстанице.

Систем даљинског грејања на пару :

Код овог система температура радног флуида се креће око 250°C . Он се користи углавном у индустријске сврхе, за снабдевање фабрика и јавних установа од већег значаја. Једна од мана овог система је да постоји већа могућност случаја квара или пуцања цеви. Проблеми и потешкоће код овог система још су и кондезација паре, повратак кондезата и тешка расподела топлотне енергије.

Предузеће Енергетика д.о.о располаже са 5 котлова који за гориво користе гас, угљену прашину и мазут. Уз помоћ чега се добија 150 000 t прегрејане паре до 450°C на сат. Пара прелази из каливке, један део иде на Звезду где се налази парни измењивач. На територији града Крагујевца та количина енергије прегрејане паре се протеже цевоводима који су дугачки преко 100 km и на чијем одржавању ради око 100 људи.

Дијаграм на слици 11 приказује однос грејне запремине (m^3) прикључених и искључених потрошача у периоду од 2000. до 2009. године. Уочљиво је да се у овом периоду повећава број прикључених потрошача.



Слика 11. Грејна запремина прикључених и искључених потрошача у периоду од 2000. до 2009. године[3]

6.1. Структура извора топлоте у граду

Корисници топлоте данас се снабдевају из следећих изворишта изграђених на локацији града Крагујевца :

- топлана „Застава“ – матична локација
- топлана „Ердоглија“
- топлана „Болница“ - клинички центар
- топлана „Бубањ“
- топлана „Лепеница“
- топлана „Централна радионица“
- топлана „Станово“
- топлана „Аеродром“

▪ котларница „Застава“

Основне карактеристике пет инсталираних котлова у „Застави“ су приказани у табели 2.

Табела 2. Карактеристике котлова на матичној локацији „Застава“

Погонско гориво	Угаљ(мазут)	Угаљ(мазут)	Угаљ(мазут)	Гас	Гас
Капацитет (MW)	63,0	63,0	115,0	31,5	31,5
Ознака котловског постројења	K3	K4	K5	K1	K2
Тип котла	парни	парни	парни	парни	парни

Из топлане „Застава“ снабдевају се потрошачи групе „Застава“ комплетна технологија и грејање административних и производних објеката на матичној локацији, инсталисане снаге око 204MW.

Инсталисана снага корисника у граду износи око 130 MW, а припрема вреле воде за грејање града као носиоца топлоте, се врши у постројењу „ТЕС 2“ одакле се преко три магистрална топлодалеководна дистрибуира потрошачима.¹

Инсталирани капацитет постројења „ТЕС 2“ износи око 93 MW.

¹ ТЕС- Интерни назив за погон у Енергетици где су инсталирани генератори за производњу вреле воде

▪ **котларница „Ердоглија“**

У овом објекту су инсталисана три котла на мазут. Један има 7,7 MW, а друга два по 16,6 MW, што се види у табели 3. Везана је на систем топлодалековода „Ердоглија“ и „Заставе“ па може да ради алтернативно и као вршна, одвојено или на главном систему ТЕС-а 2.

Табела 3. Карактеристике котлова у котларници „Ердоглија“

Погонско гориво	Гас(мазут)	Гас(мазут)	Гас(мазут)
Капацитет (MW)	7.7	16.2	16.25
Ознака котловског постројења	K1	K2	K3
Тип котла	врелопарни	врелопарни	врелопарни

▪ **котларница „Болница“**

У овој котларници је инсталирано укупно шест котлова са основним карактеристикама приказаним у табели 4.

Табела 4. Карактеристике котлова у котларници „Болница“

Погонско гориво	Гас(мазут)	Гас(мазут)	Гас(мазут)	Мазут	Гас(мазут)	Мазут
Капацитет (MW)	7.5	7.5	7.5	7.0	2.57	1.92
Ознака котловског постројења	K1	K2	K3	K5	K4	K6
Тип котла	врелопарни	врелопарни	врелопарни	врелопарни	парни	парни

▪ **котларница „Бубањ“**

У овој котларници су инсталирана два котла на мазут, снаге по 0,7 MW, укупне снаге 1,4 MW, а старост оба котла износи преко 37 година.

▪ **котларница „Лепеница“**

У овој котларници је инсталирано два котла на гас инсталисане снаге по 0,35 MW (укупно 0,7MW), а греје две зграде на десној страни обали реке Лепенице.

▪ **котларница „Централна радионица“**

Нова котларница има инсталисану снагу 2×7.5 MW, са уграђеном најсавременијом опремом са максималним степеном енергетске ефикасности и испуњењем свих европских норми заштите животне средине. Вредност инвестиције у котларницу Централна радионица премашује износ од милион евра, и та инвестиција представља једно од највећих улагања у привреду и комуналну привреду Крагујевца.



Слика 12. Котларница у Централној радионици

▪ **котларница „Станово“**

Вредност котларнице у Станову, чија је инсталисана снага 6MW, је око 700.000,00 еура и располаже најсавременијом опремом.

Котларница „Станово“ служиће за снабдевање топлотном енергијом већ постојећих корисника, који су се до сада топлотном енергијом снабдевали из котларнице „Застава“. У овом насељу „Енергетика“ већ греје 430 корисника стамбеног простора и 30 корисника пословног простора.



Слика 13. Котларница у Станову

▪ котларница „Аеродром“

Ова котларница је једна од најмодернијих топлана у Србији, инсталисане снаге од 3x11,5MW, са најсавременијом опремом, велике енергетске ефикасности, а изграђена је у оквиру програма “Рехабилитација локалног система даљинског грејања у Србији KfW фаза III”, кога заједнички спроводе немачка банка за развој KfW, Министарство рударства и енергетике, град Кагујевац и “Енергетика”.

За изградњу ове котларнице утрошено је око два милиона еура и највећи је од свих пројеката, који су укључени у програм KfW III. Из ове котларнице снабдевање се око 4,5 хиљада корисника из насеља “Аеродром” и “Јабучар”, са могућношћу прикључења нових корисника.

На крају овог дела дата је и табела (табела 5) у којој се види преглед цена за све категорије корисника даљинског грејања „Енергетике“ д.о.о. у Крагујевцу. Најнижа је цена грејања стамбених простора, која износи 26,6 дин/м³. Видимо и преглед за кориснике који имају уграђене мераче и плаћају по потрошњи, та метода наплаћивања почиње да се примењује од ове грејне сезоне.

Табела 5.Цене даљинског грејања које се примењују од 15.октобра 2011. године[3]

Категорија корисника	Према загреваној запремини дин/м ³ (за 15 дана)	За кориснике које имају уграђене мераче	
		Променљиви део дин/MWh	Фиксни део дин/м ³ (за 15 дана)
Стамбени простор	26,66	3 468,50	9,32
Друштвене делатности	41,36	5 375,57	14,47
Пословни простор	136,14	8 845,22	47,79

7.Закључак

Поуздана испорука топлотне енергије путем система даљинског грејања условљена је беспрекорно стабилним радом, а економска успешност квалитетним надзором и контролом система, како при планирању, тако и при управљању разних извора енергије с обзиром на предвиђање потрошње енергије и економски оптимум. За економично управљање енергетским системом морају бити предузете најадекватније мере контроле, које захтевају моделирање и предвиђање стања система у будућности. Економично управљање сложеним системима даљинског грејања мора да обухвати рационализацију рада свих компонената које су укључене у процес производње и дистрибуције топлотне енергије. Управљање се заснива на одређивању оптималне температуре разводне воде, оптималних услова струјања у цевоводу и оптималне производње топлотне енергије у блиској будућности (неколико часова или неколико дана унапред). Циљ управљања је да у потпуности одговори потребама потрошача, уз истовремено одржање најнижих могућих варијабилних трошкова производње и дистрибуције топлотне енергије. Економично управљање захтева тачну процену потрошње топлотне енергије у будућности, као и утврђивање ризика прекорачивања граничних вредности потрошње у будућности.

Предности даљинског грејања су знатне и многобројне. Од главних треба навести: бољи степен искоришћења горива, јер су котлови савршеније конструкције и под стручнијим надзором и мањи је растур горива због довођења и коришћења на једном месту; уштеда простора у зградама јер нема котларнице, димњака и резервоара за гориво; мања опасност од пожара, јер се стручно особље налази на једном месту; мање загађење животне средине, јер постоји само један димњак, довољне је висине, изабаран је и лоциран према ружи ветрова а изграђен је као и топлана ван стамбеног дела града.

Поред предности даљинско грејање има и својих недостатака. Недостаци даљинског грејања су : већи инвестициони трошкови; неекономично је у прелазним периодима када није потребно стално ложење; тешкоће око расподеле трошкова на више станара; опасност смрзавања код нижих температура. Поред других разлога и због овог последњег, данас се већ почињу употребљавати као флуиди даљинског грејања специјална уља („антифриз“) која поред ниске тачке смрзавања имају и високу тачку кључања (и до 300°) и још друге предности као што су елиминација рђања, боље заптивање итд.

„Енергетика“ из Крагујевца је веома моћан и сложен енергетски систем битан и виталан не само за грејање града већ и за производне процесе бивше групе „Застава“. Топлотне зоне су обично смештене у подручјима са великом густином корисника. Густина је индикатор за ниво трошкова дистрибуције и конкурентности са осталим облицима грејања. Главна формула је : што је већа густина, нижа је цена трошкова дистрибуције топлотне енергије.

8. Литература

- [1] <http://www.swep.net/index.php?tpl=page0&lang=en&id=154> (посећено 5.09.2012; District heating applications)
- [2] Б.Тодоровић. Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет у Београду, Београд, 2005.
- [3] <http://98.130.83.197/oNama.php> (посећено 21.06.2012; Крагујевац-град у којем већ 126 година нема зиме; "Energetika" D.O.O. Крагујевац)
- [4]http://www.energoportal.info/stranice/obnovljivi%20izvori/Solarna%20na%20Ceraku_Petrovic_PKS_19_11_2008.pdf (посећено 15.06.2012; Оправданост примене соларне енергије у Србији на примеру топлане черак)
- [5] <http://moodle.mfkg.rs/course/view.php?id=116> (посећено 24.06.2012; Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, предмет Грејање, климатизација и соларна енергија)
- [6] С. Зрнић , Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Научна књига, Београд, 1988.