

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

**ОБУКА ИЗ ОБЛАСТИ ЕНЕРГЕТСКЕ
ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА – Новембар 2019**

**Тематско поглавље 9.2: ДАЉИНСКО
СНАБДЕВАЊЕ ТОПЛОТОМ И ПРИПРЕМА СТВ**

проф. др Србислав Генић, дипл. инж маш.

Машински факултет Београд

САДРЖАЈ ПРЕЗЕНТАЦИЈЕ

- 1 Дефиниција система даљинског грејања**
- 2 Основни елементи СДГ**
- 3 Подела СДГ**
- 4 Производња топлотне енергије**
- 5 Радни флуиди у СДГ**
- 6 Преносна и дистрибутивна мрежа – топоводи**
- 7 Топлопредајна станица (ТПС)**
- 8 Одржавање притиска у систему**
- 9 СДГ у Србији**
- 10 Температурски режими топлана у Србији**
- 11 Регулација рада система даљинског грејања**
- 12 Клизни дијаграм за квалитативну регулацију СДГ**
- 13 Историјат система ДГ**
- 14 СДГ кроз генерације**
- 15 Развој СДГ у будућности**

1 ДЕФИНИЦИЈА СИСТЕМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА

Систем даљинског грејања – СДГ - је техничко-технолошки систем међусобно повезаних енергетских јединица чија је сврха да се топлотна енергија произведена на централној локацији пренесе до корисника.

Даљинско грејање = district heating (енгл.)

Појављује се и под називима: топлотна мрежа, heat network, teleheating, систем за обезбеђење топлоте у зградама и објектима, централизовани топлински сустав (хрв.), итд.

Једноставније речено СДГ омогућава да се из једног централног места топлотом снабдева више потрошача. Основни потрошач СДГ је систем за загревање зграда и производњу санитарне топле воде. Постоје и други потрошачи као што су болнице, хотели, фабрике итд., код којих се топлота осим за загревање простора користи и за различите технолошке

процесе (вода за кухиње, кланице, текстилне фабрије, перионице рубља итд.), као и за системе вентилације и климатизације.

Зато је корисније, другим речима инвестиционо и енергетски ефикасније, да се носилац топлоте (вода или водена пара) производи у заједничком извору (најчешће топлани) и доводи до потрошачких места, где се помоћу размењивача топлоте или других уређаја испоручује на жељеном нивоу.

2 ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ СДГ

Основни елементи СДГ су:

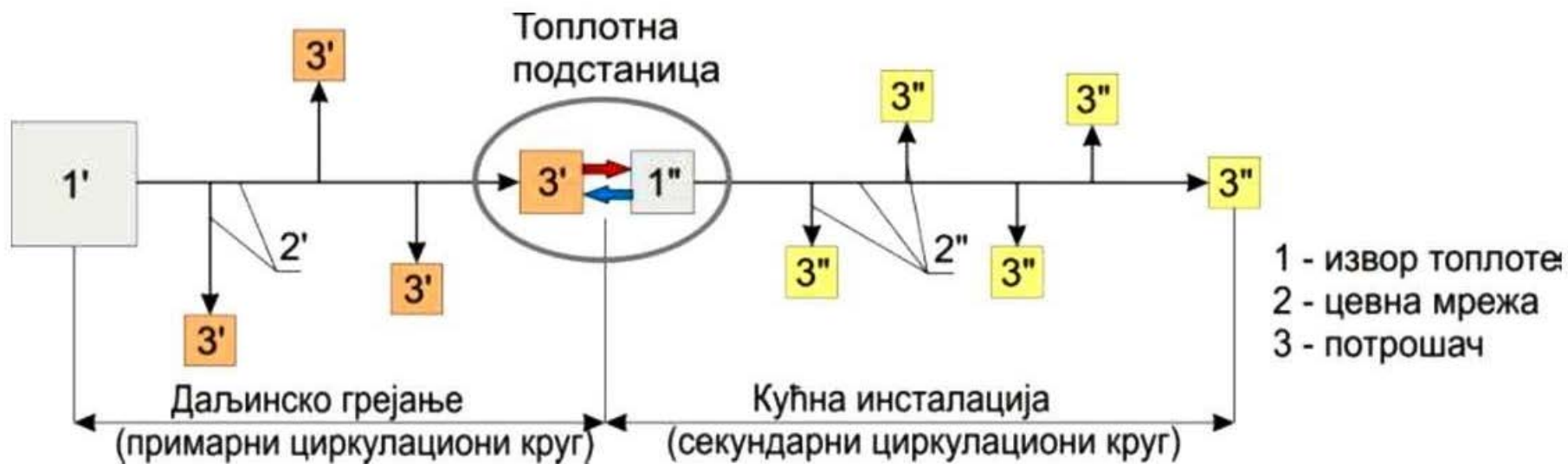
- производна јединица;**
- преносна и дистрибутивна мрежа;**
- корисничка јединица.**

Производна јединица се назива и топлотни извор – систем постројења који претвара примарну енергију у топлотну енергију и предаје је носиоцу топлоте. Основни елементи су котлови, размењивачи топлоте, пумпе, регулациона опрема.

Преносна и дистрибутивна мрежа – топоводи (топлдалеководи)

То је систем хијарархијски организоване цевне мреже са пумпним станицама, мерно-регулационим уређајима, који повезује топлотни извор и крајњег корисника. Кроз цевну мрежу се преко носиоца топлоте транспортује енергија.

Корисничка јединица – топлотно предајна станица (ТПС) испоручује топлотну енергију кућној инсталацији. Састоји се из прикључне и кућне инсталације (примарни и секундарни део ТПС), размењивача топлоте, пумпи и регулационих уређаја.



Слика 2.1 Шематски приказ СДГ

3 ПОДЕЛА СДГ

Према носиоцу топлоте:

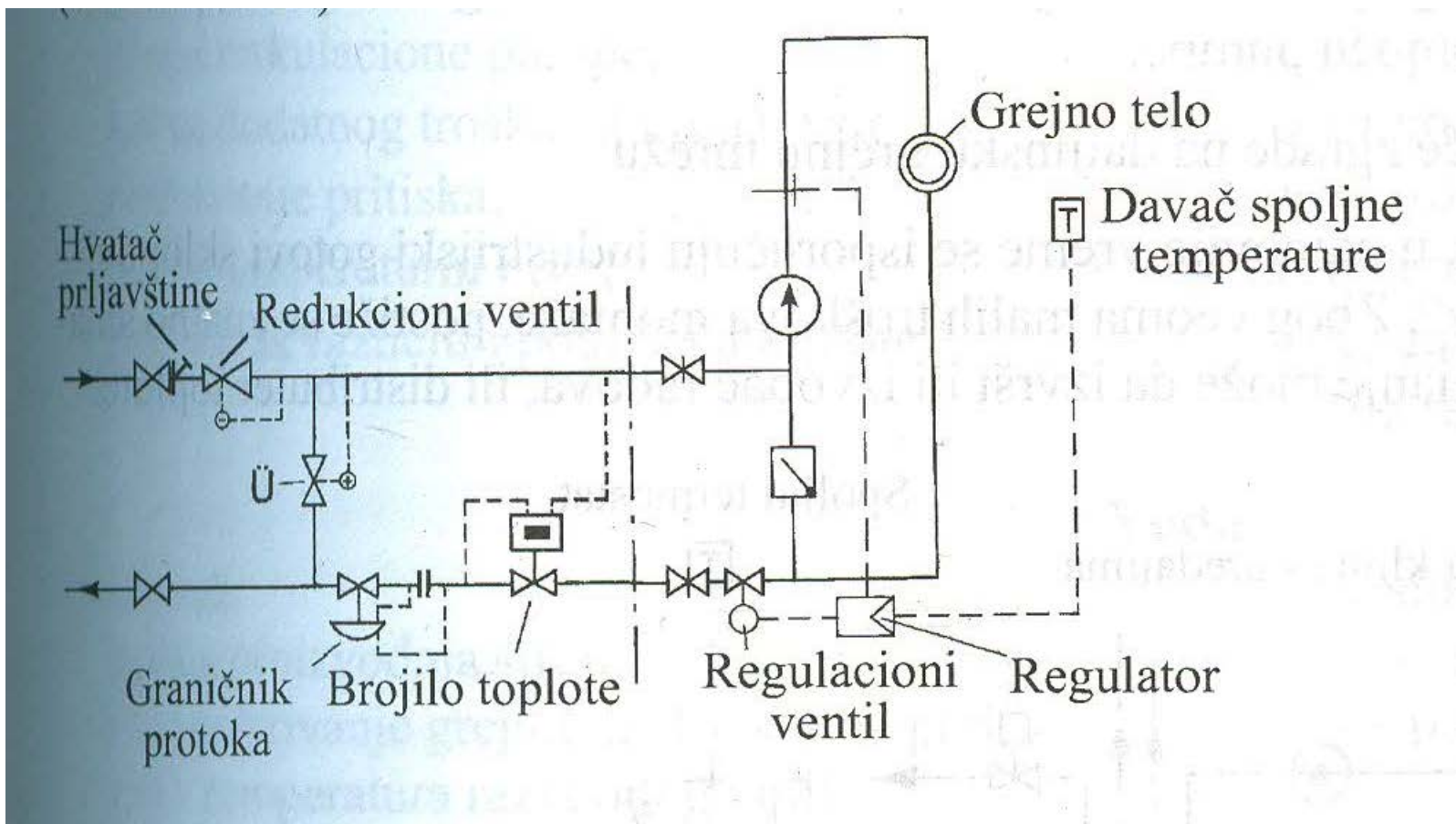
- **вреловодни системи са температуром изнад или испод 110°C;**
- **парни системи.**

Граница температуре воде од 110°C (притисак засићења 1,43 bar) се напомиње као веома важна због сигурносно-техничке опреме ТПС.

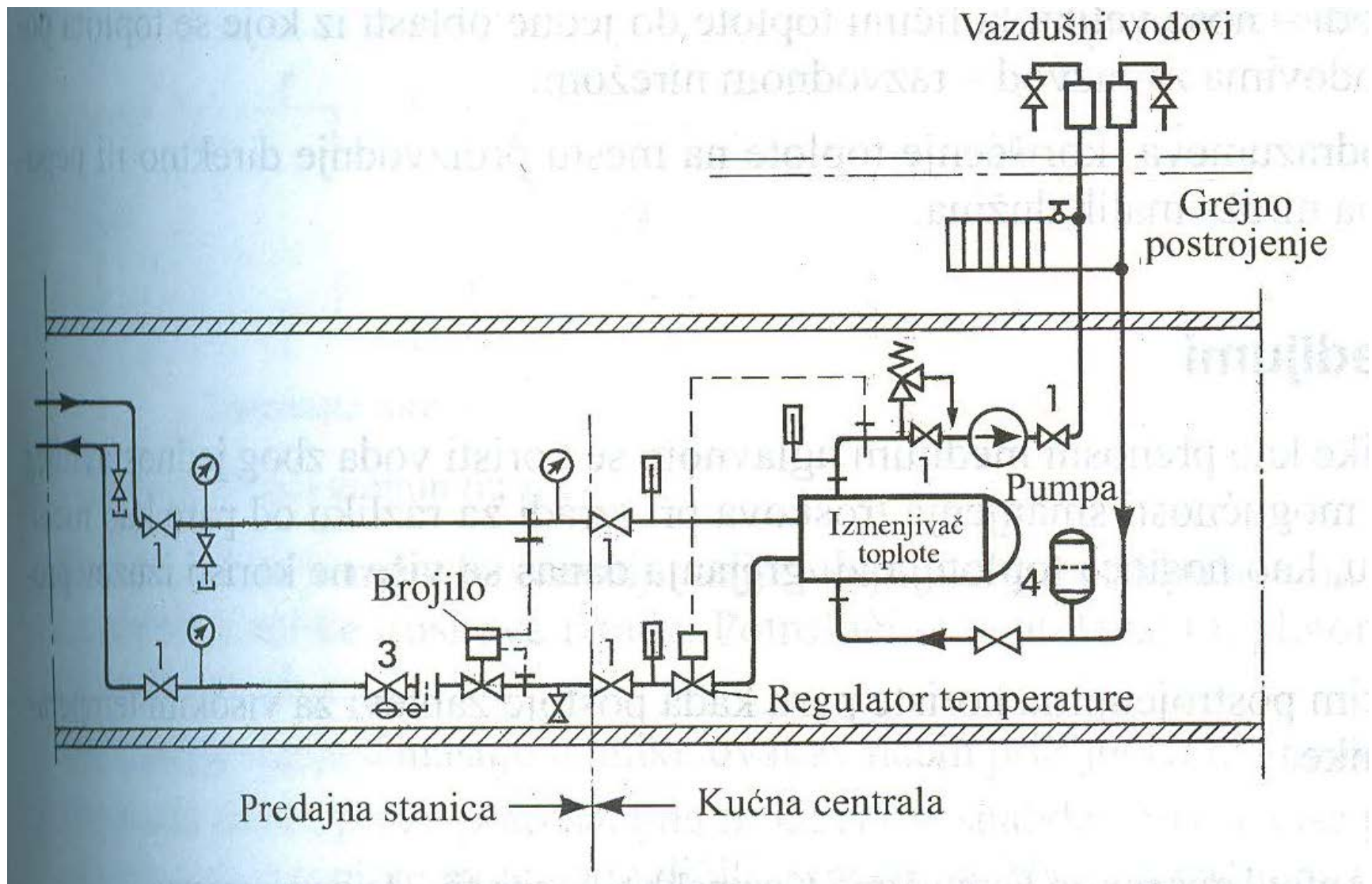
Према начину прикључивања:

- **директни системи – грејни медијум непосредно долази у цевне мреже потрошача;**
- **индиректни (посредни) системи – преко размењивача топлоте.**

Директно прикључење има мање инвестиционе трошкове, али постоје ограничења по питању радног притиска у систему и запрљања носиоца топлоте.



Слика 3.1 ТПС са директним прикључком



Слика 3.2 ТПС са индиректним прикључком

4 ПРОИЗВОДЊА ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Топлота која се кроз СДГ производи, дистрибуира и троши може потицати из више извора.

СДГ прве и друге генерације су користили искључиво топлоту добијену сагоревањем фосилних горива: угља, нафтних деривата, природног гаса и биомасе. У котловима се топлотни садржај продукта сагоревања (димни гас) преноси на радни флуид коси струји кроз цевоводни систем котла. Овај радни флуид може бити вода или термално уље које се користи код котлова мањег капацитета. Код вреловодних котлова производи се вода високе температуре (и притиска), а код парних котлова производи се водена пара.

Код когенерацијског постројења се део водене паре користи за производњу електричне струје преко спреге турбина-генератор, а део

паре у размењивачима топлоте загрева воду за топовод. ЦХП је најјефтинији метод за смањење емисије угљендиоксида.

Поред фосилних горива за системе даљинског грејања могу да се користе и обновљиви извори енергије: геотермална енергија, сунчева енергија итд.

СДГ је рангиран као један од критичних система по питању глобалног загревања.

5 РАДНИ ФЛУИДИ У СДГ

Када се говори о СДГ најчешће се прво помисли на носиоце топлоте у систему што су вода и водена пара, али комплетан СДГ користе и низ других флуида:

- једнофазни флуиди су нискотемпературска плазма (пламен), гасови и гасне мешавине, прегрејане паре које се у процесу не кондензују, течности и течни раствори, гранулисани чврсти материјал, итд.;**
- у вишефазне радне материје (најчешће двофазне) спадају мешавине течности и паре, мешавине течности и гасова, чврсти материјали које се топе или сублимишу, емулзије, суспензије и остали реолошки сложени системи.**

Хемијски припремљена вода у принципу нема изражено кородивно дејство на материјал зидова котлова, цевовода и размењивача, па се могу користити угљенични челици са гарантованим својствима.

Употреба воде и водене паре је ограничена пре свега због високих притисака који се могу јавити у систему (равнотежни притисак паре расте веома брзо са порастом температуре).

Сувозасићена водена пара је одличан грејни флуид пре свега због тога што има велику топлоту промене фазе (топлота кондензације), па мала количина паре може имати значајан енергетски садржај. Коефицијенти прелаза топлоте при кондензацији водене паре достижу високе вредности, што повољно утиче на смањење димензија а тиме и инвестиционе трошкове размењивача топлоте. Као носилац топлоте у различитим технолошким постројењима и системима грејања сувозасићена водена пара се користи за транспорт топлоте на даљине до 5 km.

Прегрејана водена пара се по питању интензитета прелаза топлоте понаша слично гасовима, тј. коефицијент прелаза топлоте је знатно мањи него у случају кондензације сувозасићене паре (чак и до 100 пута)

што неповољно утиче на димензије размењивача топлоте. Углавном се користи за транспорт топлотне енергије на веће даљине, да би се спречило кондензовање водене паре у цевоводима, јер кондензат има неповољно дејство на материјал зидова цеви (еродивно, кородивно) и може да омета њено нормално протицање кроз цеви.

Врела вода, температуре изнад 110°C , се веома често користи као грејни флуид, али је њена употреба ограничена пре свега због захтева за релативно високим притисцима на повишеним температурама. Обично се користи до температуре од 180°C , што одговара притиску засићења од ~ 10 bar. Вода има велики топлотни капацитет по јединици запремине, па је њен транспорт на веће даљине економичан (до неколико десетина километара). Коефицијенти прелаза топлоте са стране воде могу бити веома велики, што представља једну од њених битних предности у односу на друге носиоце топлоте.

Топла вода се такође примењује као носилац топлоте, посебно у системима грејања и климатизације где се не захтевају температуре изнад 110°C, што значи да су и притисци у таквим системима релативно ниски.

Регулација СДГ је значајно лакша у случају коришћења воде као носиоца топлоте, а и топлотни губици система су мањи. Предност коришћења водене паре је у инвестиционим трошковима, јер нема циркулационих пумпи и пумпи за одржавање притиска.

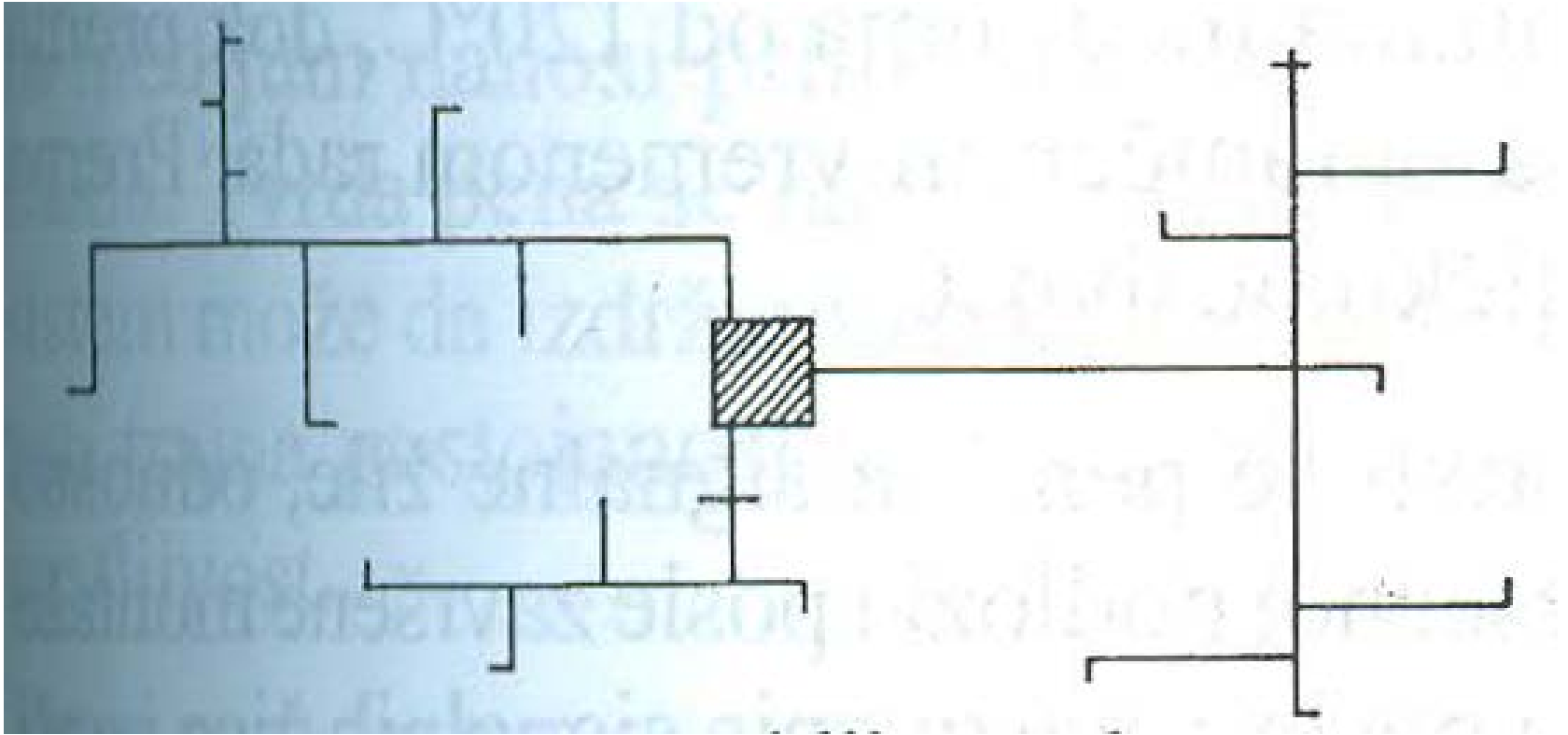
6 ПРЕНОСНА И ДИСТРИБУТИВНА МРЕЖА – ТОПЛОВОДИ

Преносна мрежа (водови за транспорт) – део СДГ који повезује производни извор и топлопредајне станице – обухвата топовод до прикључења на ТПС.

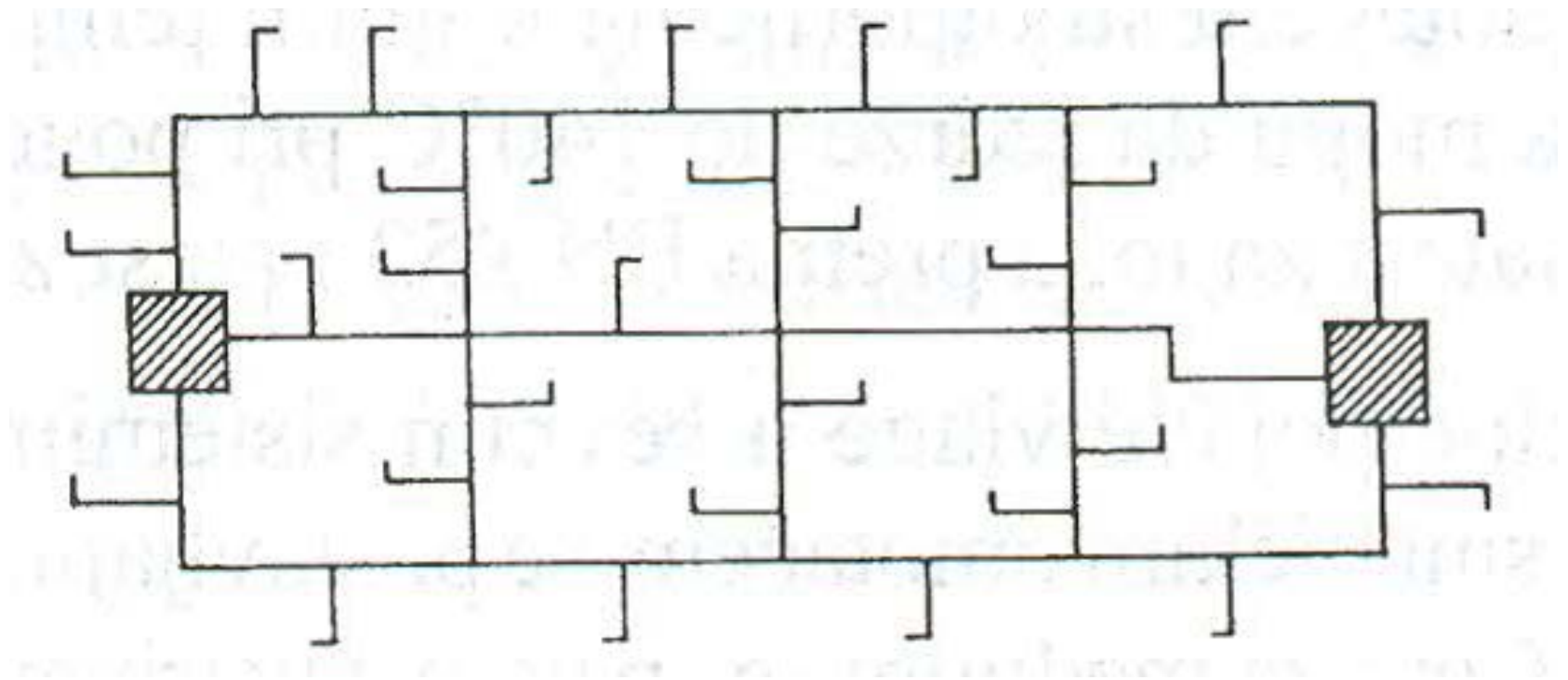
Дистрибутивна мрежа (разводна мрежа) – део СДГ који чине крак прикључења на ТПС и секундарне топоводне мреже за дистрибуцију топлотне енергије до корисника грејања.

Топловодна мрежа може бити зракаста (линијска) и прстенаста.

Зракаста мрежа је једноставнија и јефтинија. Прстенаста мрежа обезбеђује већу сигурност у раду СДГ.



Слика 6.1 Зракаста цевоводна мрежа



Слика 6.2 Прстенаста ценоводна мрежа

Према броју цеви цевне мреже могу бити:

- **једноцевне које се користе за транспорт паре без поврата кондензата што је неекономично;**
- **двоцевне које се најчешће примењују;**
- **троцевне (две разводне са различитим температурама и притисцима и једна повратна).**

Према начину полагања цеви:

- **надземне мреже – јефтиније решење, примењује се у индустријским комплексима;**
- **подземне када се цеви у постављају у бетонским каналима или се примењује бесканално полагање цевовода у земљу.**



Слика 6.3 Начин полагања цевовода



Слика 6.4 Предизоловане цеви

7 ТОПЛОПРЕДАЈНА СТАНИЦА (ТПС)

Топлопредајна станица (ТПС) обезбеђује испоруку топлотне енергије у унутрашње топлотне инсталације и уређаје корисника. Састоји се од примарне цевоводне мреже, прикључне и кућне подстанице.

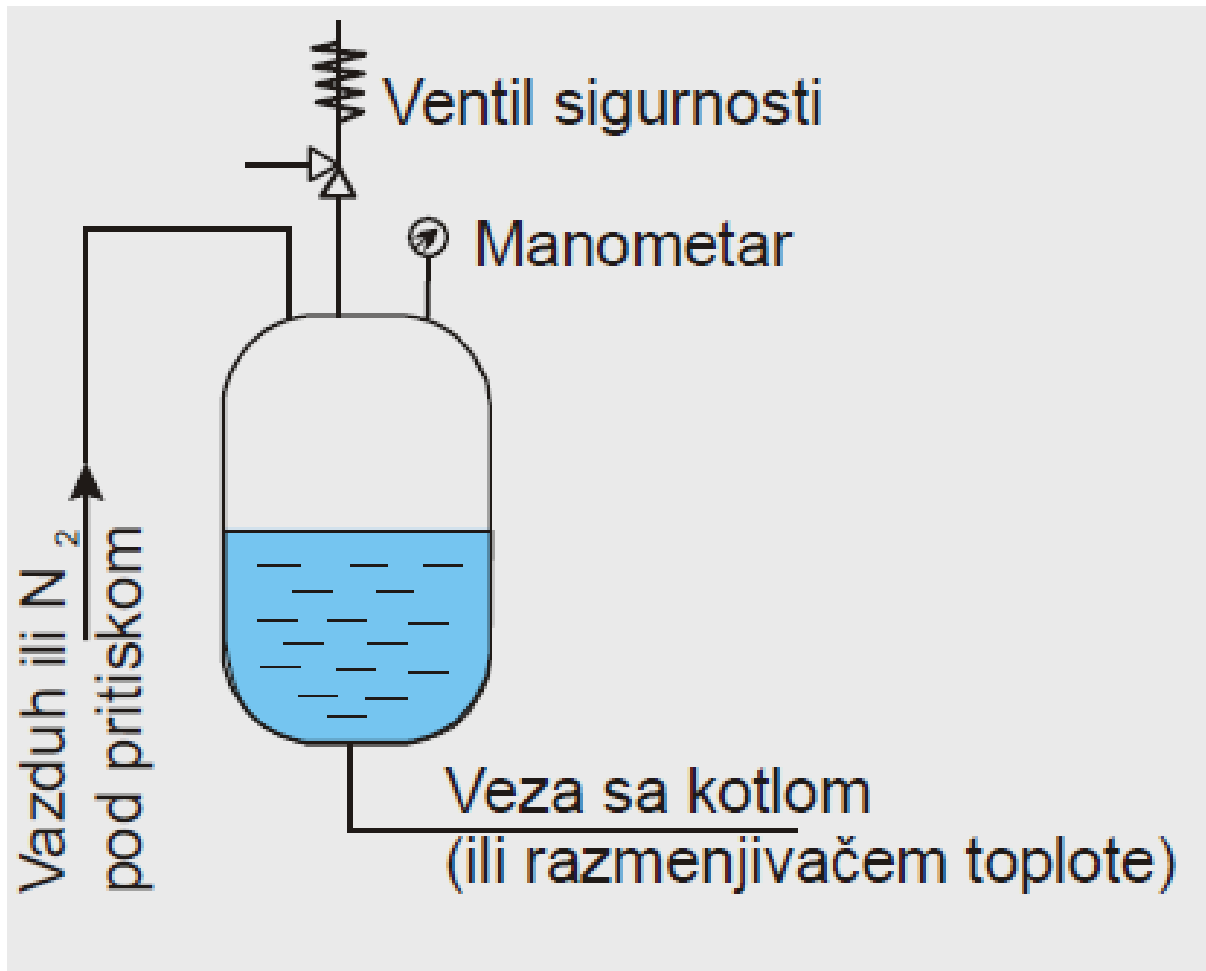
Систем даљинског грејања подразумева комуникациону повезаност елемената система, мерење одређених параметара на одређеним тачакама (температура, проток, притисак), даљинско управљање системом, и читавање параметара на свакој контролној тачки система. За ове потребе користе се различите врсте мерних уређаја, сензора, електромотора и др., електронских уређаја који се комуникацијским каблом или бежично повезују са рачунаром на коме се врши праћење и управљање системом.

8 ОДРЖАВАЊЕ ПРИТИСКА У СИСТЕМУ

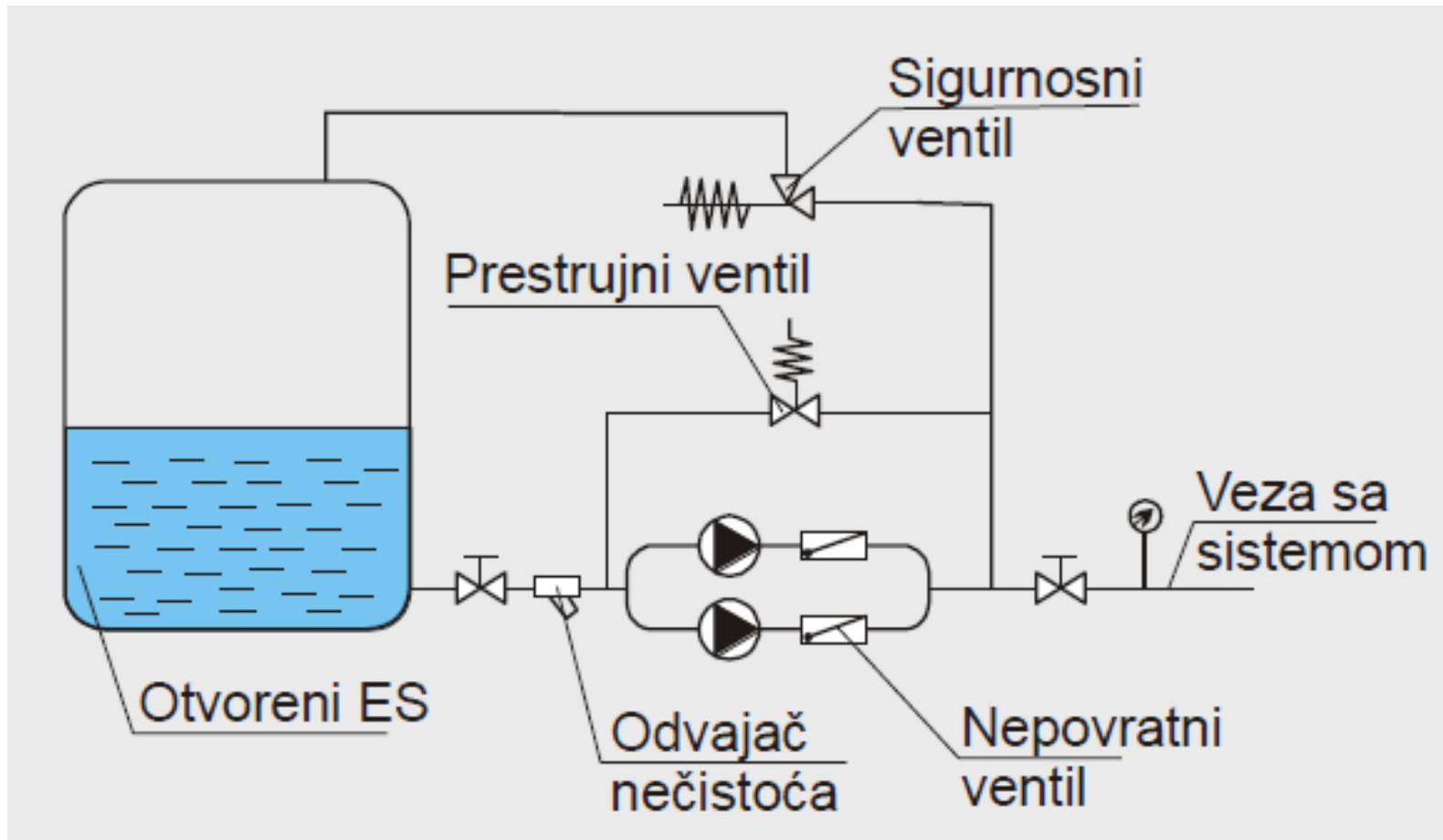
Одржавање притиска у систему је битно због правилног функционисања система. У топоводним системима у Србији максимални притисак је (осим са пар изузетака) 25 bar, док је у кућним инсталацијама ограничен на 16 bar.

Током рада СДГ долази до загревања и хлађења воде. Имајући у виду да то проузрокује промену густине воде долази и до флукуација у притиску у инсталацијама. За регулацију притиска у кућним инсталацијама се користе:

- за мање инсталације затворена експанзиона посуда са парним простором или гасним јастуком;**
- диктир системи са пумпама и резервоаром.**



Слика 8.1 Затворена експанзиона посуда



Слика 8.2 Диктир систем

9 СДГ У СРБИЈИ

ТО Нови Београд је почео са радом 1961.

СДГ су широко заступљени у Србији: 57 градова и општина

Инсталисани топлотни капацитет СДГ је ~7.000 MW

СДГ у Београду има инсталисани капацитет ~3.000 MW

Број производних локација је око 260

Годишња производња топлотне енергије ~8.000 GWh

Укупан број прикључених домаћинства ~800.000

Процент прикључености стамбеног фонда ~25%

Укупна дужина дистрибутивних система ~2400 km

Просечна старост дистрибутивних система ~24 године

Специфична потрошња енергије за грејање: 50 – 180 kWh/m²

Годишњи трошкови за енергенте ~400.000.000 EUR

Топлотни губици 7 - 30%, просечно 13%

10 ТЕМПЕРАТУРСКИ РЕЖИМИ ТОПЛАНА У СРБИЈИ

Топлане раде у следећим температурским режимима при спољној пројектној температури:

- температура вреле воде у потисном цевоводу је у опсегу 120°C до 150°C ;
- температура воде у повратном цевоводу је у опсегу 65°C до 75°C .

Спољна пројектна температура СДГ варира у зависности од локације од -18°C до -12°C .

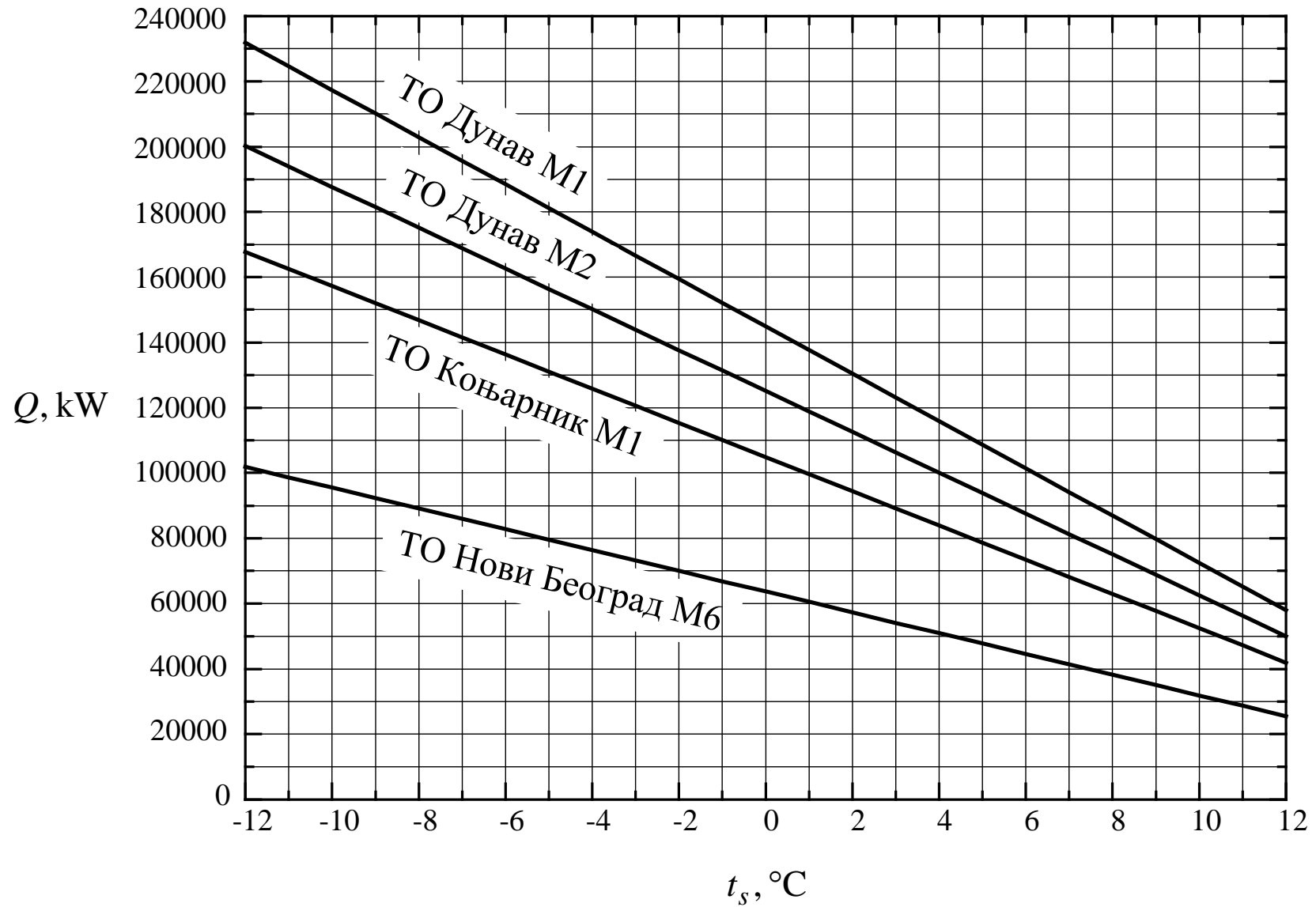
11 РЕГУЛАЦИЈА РАДА СИСТЕМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА

Потребна топлотна снага СДГ варира у зависности од спољашње температуре и других услова (акумулација топлоте у систему, ветар и падавине итд). Због тога је неопходно вршити регулацију рада СДГ, да не би дошло до прегревања или подхлађења.

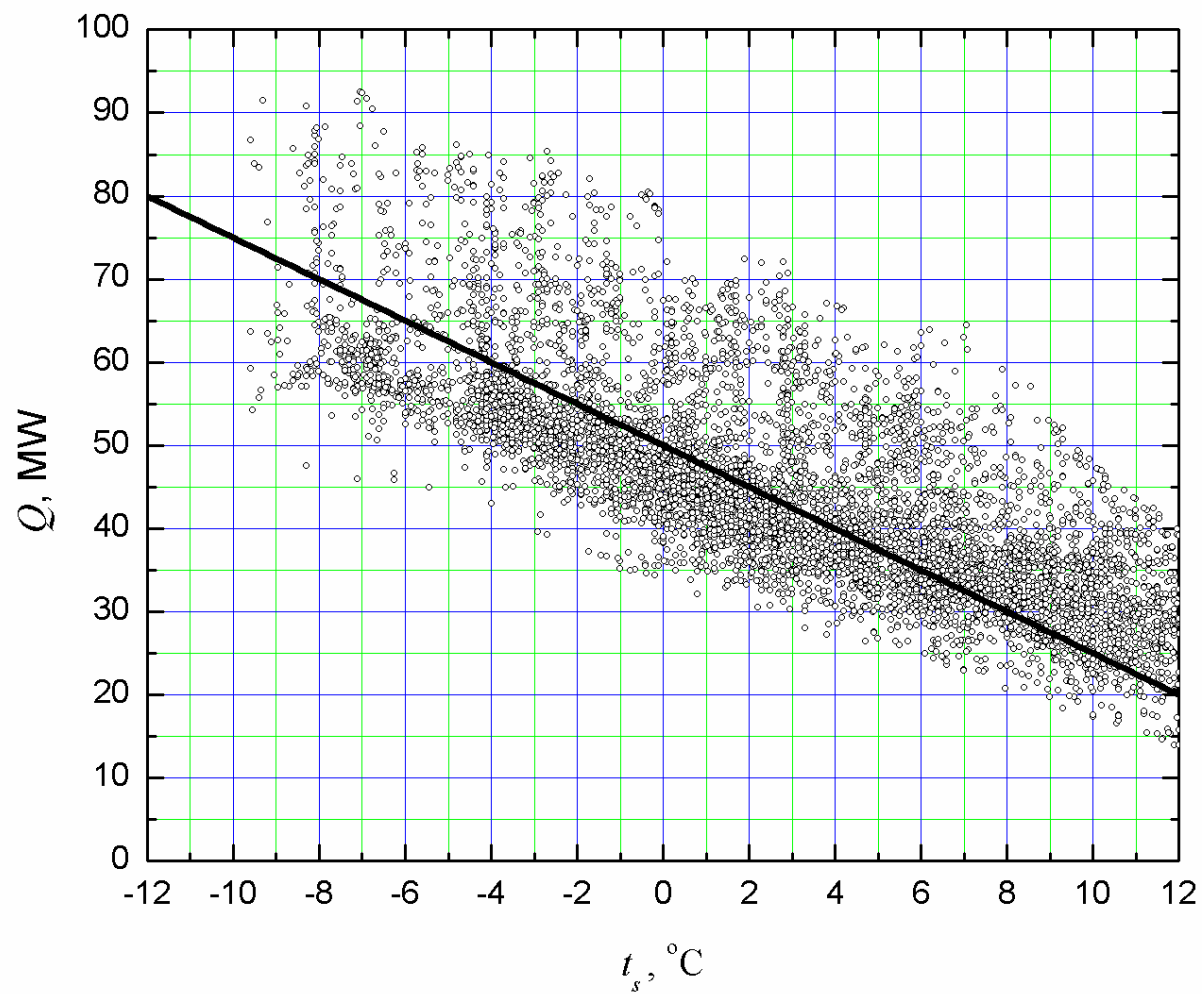
Квалитативна регулација значи да је проток кроз топоводни систем константан, а да се топлотна снага система регулише преко промене температуре у потисном воду.

При квантитативној регулацији температура у потисном воду је константна, па се топлотна снага СДГ регулише преко промене протока кроз топоводни систем.

У данашње време се регулација спроводи као комбинација квалитативне и квантитативне регулације.



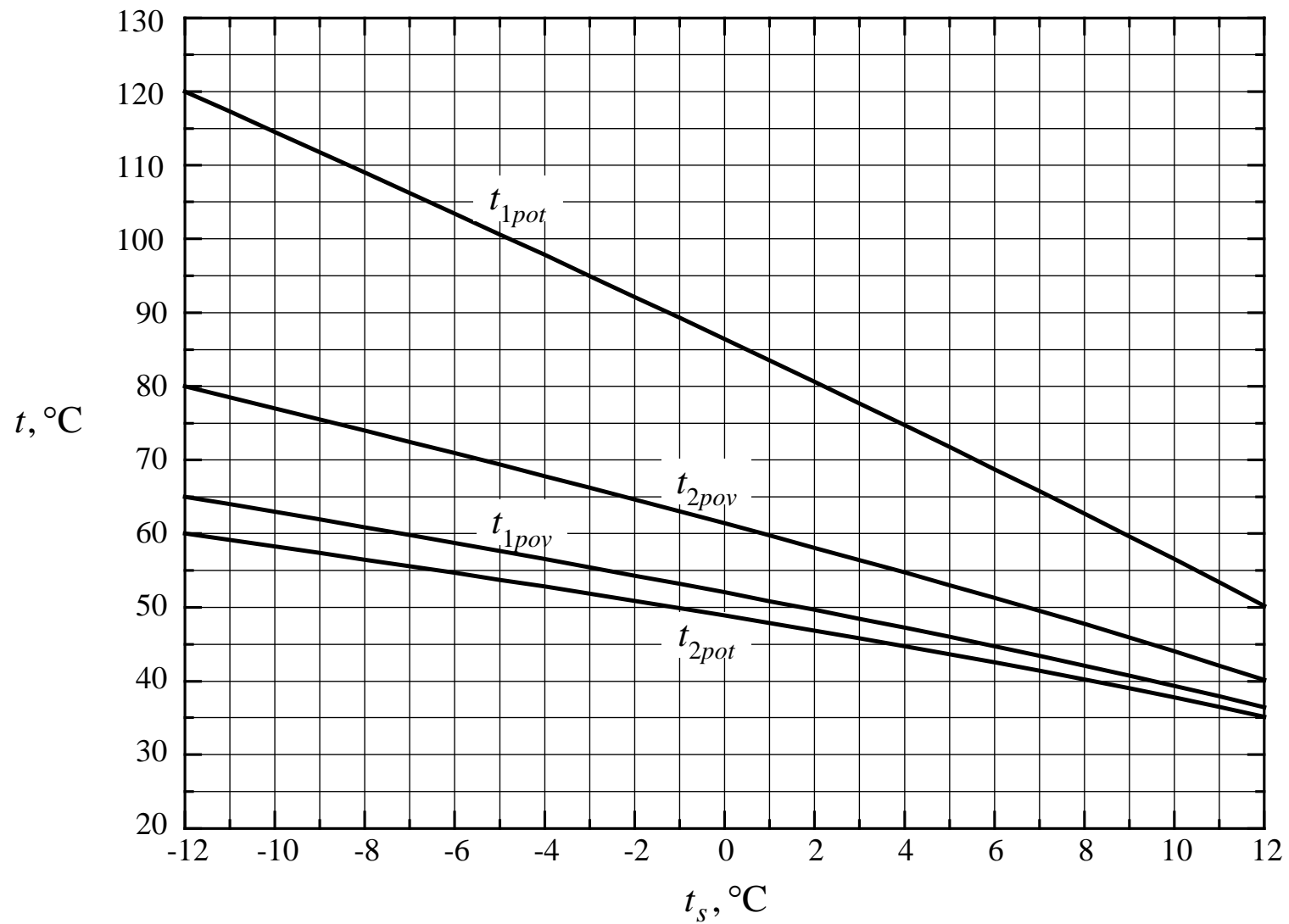
Слика 11.1 Промена пројектоване топлотне снаге СДГ – 2009.



Слика 11.2 радни режими ТО Нови Београд – Магистрала 6 – 2009.

12 КЛИЗНИ ДИЈАГРАМ ЗА КВАЛИТАТИВНУ РЕГУЛАЦИЈУ СДГ

Пракса у Србији је да се системи даљинског грејања димензионишу према квалитативној регулацији.



Слика 12.1 Пример промене температура у СДГ

13 ИСТОРИЈАТ СИСТЕМА ДГ

Даљинско грејање се први пут помоће у доба Римског царства када су се градила топла водена купатила и претече стаклених башти. Систем за дистрибуцију топле воде у бањи Chaudes-Aigues (Шодз-Ог) у Француској се сматра првим системом даљинског грејања у савременом смислу (14. век) – геотермална енергија (топла вода) се користила за снабдевање топлотом око 30 кућа. У доба индустријске револуције Поморска Академија у Анаполису (САД) је користила даљинско грејање од 1853. године.

Први комерцијално успешан систем даљинског грејања започео је са радом 1877. у Локпорту (Њујорк, САД), а главни инжењер пројекта Брдсл Холи (Birdsill Holly) се сматра оснивачем модерног даљинског грејања.

14 СДГ КРОЗ ГЕНЕРАЦИЈЕ

Постоје четири генерације (периода) у развоју СДГ.

14.1 ПРВА ГЕНЕРАЦИЈА СДГ

Прва генерација система даљинског грејања користила је водену пару као носилац топлоте. Основно гориво у котловским постројењима је био угаљ.

Примарна мотивација за увођење ових система била је замена појединачних котлова у зградама са становима како би се смањио ризик од експлозије котла и повећао комфор. Главни део топлотне енергије испоручивали су потрошачи кондензационим радијаторима.

Од 1880-их. када је започела градња ових система у САД до 1930. готово сви системи даљинског грејања у свету су користили ову технологију – то је био случај и у Србији односно Краљевини Југославији, па одатле и термин „парно грејање“.

Цевоводи за пару су полагани у бетонским каналима, а битни елементи система су били радијаторима, одвајачи кондензата и цевоводни компензатори. За данашње појмове се ови системи сматрају недовољно ефикасним и техниолошки недовољно поузданим, па тиме и застарелим. Последњи који је предавач видео да је био у раду је систем грејања техничких и правног факултета у Београду – 2005. је замењен модерним системом. Неки од ових система се и даље користе, на пример у Њујорку (Манхетн) и Паризу.

14.2 ДРУГА ГЕНЕРАЦИЈА СДГ

Друга генерација СДГ развијена је 1930-их и грађена је све до 1970-их година. Котлови су користили угаљ и деривате нафте (најчешће мазут), а топлотна енергија се преносила помоћу воде. Системи су по правилу имали дистрибутивну температуру изнад 100°C , користили су цевоводе постављене у бетонским каналима, углавном монтиране на лицу места, добошасте размењиваче топлоте, итд.

Примарна мотивација за увођење ових система је постизање уштеде горива и стабилнијег снабдевања коришћењем комбиноване производње топлоте и електричне струје – когенеративна постројења (Combined Heat and Power – CHP).

Типични СДГ друге генерације су након II светског рата грађену у СССР, а одатле су се проширили по источној, а касније и по западној Европи. Иако се за данашње појмове ови системи могу карактерисати као недовољно добри због лоше контроле потрошње топлоте, у каснојем периоду је, поготово изван бившег СССР-а квалитет грејања био бољи. Остаци ове технологије се још увек могу наћи као старији делови садашњих система даљинског грејања помоћу топле воде.

14.3 ТРЕЋА ГЕНЕРАЦИЈА СДГ

У 1970-има развијена је трећа генерација СДГ, која се назива и „скандинавском технологијом даљинског грејања“. Трећа генерација користи и даље воду као носиоца топлоте, али на температурама које су ниже од 100°C. Користе се пре-изоловане цеви, које се директно укопавају у земљу, компактне (префабриковане) топлотне подстанице са плочастим размењивачима топлоте од нерђајућег челика и материјала. витке компоненте. и раде са нижим температурама, по правилу испод 100°C. Примарна мотивација за увођење ових система била је сигурност снабдевања побољшавањем енергетске ефикасности, након што су две кризе довеле до поремећаја у снабдевању нафтом и њеним дериватима. Због тога су ти системи обично користили земни гас, угаљ, биомасу и отпад као изворе енергије, док су нафтни деривати углавном избегавани. У неким системима се геотермална енергија и соларна енергија такође користе у енергетској мешавини. На пример, Париз од 1970-их користи

геотермално грејање из извора чија је температура 55-70°C, који се налази на 1–2 km испод површине.

Ова технологија се у данашње време користи за све замене система друге генерације у средњој и источној Европи и бившем СССР-у. Сва проширења и сви нови СДГ у Кини, Кореји, Европи, САД-у и Канади користе технологију треће генерације.

14.4 ЧЕТВРТА ГЕНЕРАЦИЈА СДГ

Тренутно је у развоју четврта генерација СДГ која је пројектована за борбу против климатских промена (поремећаја) и интегрисање високог удела обновљивих извора енергије у даљинско грејање чиме се постиже велика флексибилност енергетског система. 2018. године на снагу је ступила ревидирана Директива Европске Уније о обновљивим изворима енергије 2018/2001/EU. Нова Директива има за циљ да се фосилна горива константно замењују одрживим изворима енергије. Ово је дало снажан изазов за даљи развој СДГ.

У поређењу са претходним генерацијама, нивои температура су снижени да би се повећала енергетска ефикасност система – очекују се дистрибутивне температуре од 70°C и ниже. Потенцијални извори топлоте су отпадна топлота из индустрије, термоелектране које сагоревају отпад, термоелектране на биомасу, геотермална и соларна термална енергија, топлотне пумпе већих снага, отпадна топлота из поступака хлађења и други одрживи извори енергије. С тим изворима енергије и великим термоенергетским складиштима, укључујући сезонско термоенергетско складиштење, очекује се да ће системи даљинског грејања четврте генерације пружити флексибилност за уравнотежење енергије која се добија од ветра, као и од соларне енергије.

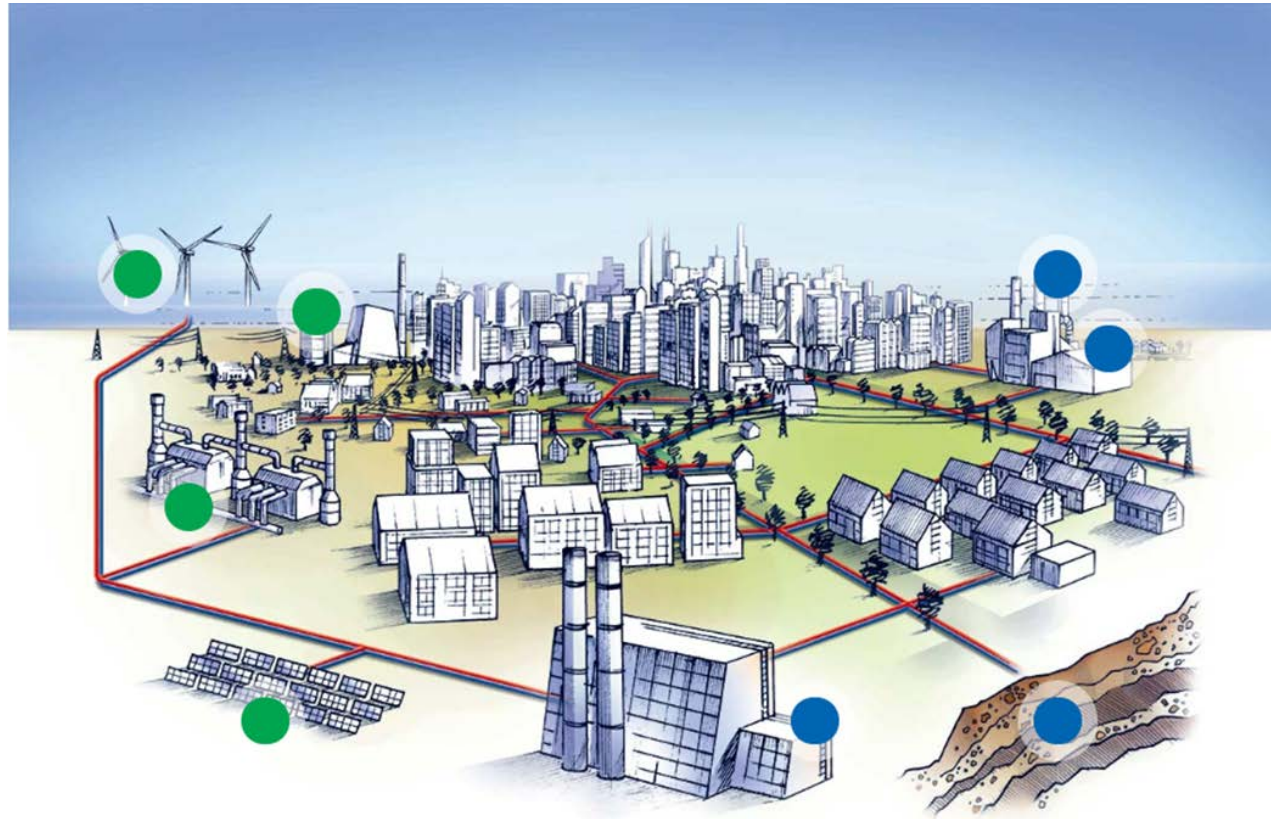
15 РАЗВОЈ СДГ У БУДУЋНОСТИ

Да би могли да испуне своју улогу у будућим одрживим енергетским системима, даљинско грејање ће морати да одговори на следеће изазове:

- 1 **Способност снабдевања потрошача при ниским температурама носиоца топлоте у постојећим зградама, енергетски обновљеним постојећим зградама и новим нискоенергетским зградама.**
- 2 **Способност дистрибуције топлоте са малим губицима на мрежи.**
- 3 **Способност рециклирања топлоте из извора ниске температуре и интегрисања обновљивих извора топлоте, попут сунчеве и геотермалне енергије.**
- 4 **Способност да буде интегрисани део паметних енергетских система (паметни систем електричне енергије, гаса, флуида и топлотних мрежа), укључујући и да буде саставни део система даљинског хлађења четврте генерације.**

5 Способност да се обезбеде одговарајуће структуре планирања, трошкова и мотивације у вези са радом као и стратешка улагања која се односе на трансформацију у будуће одрживе енергетске системе.

ХВАЛА НА ПАЖЊИ



● Obnovljiva energija

● Viškovi energije