



Centralizuoto šilumos tiekimo tinklų tobulinimas

Techniniai ir kiti metodai

Vadovas

- Autoriai:** Dominik Rutz¹, Carlo Winterscheid², Thomas Pauschinger², Sebastian Grimm⁶, Tobias Roth⁶, Borna Doračić⁷, Gillian Dyer⁸, Thomas A. Østergaard⁸, Reto Hummelshøj⁸
(numeriai nurodo projekto partnerius 4 puslapyje)
- Apžvalgininkai:** Rainer Janssen¹, Rita Mergner¹, Cosette Khawaja¹, Anes Kazagic⁵, Ajla Merzic⁵, Dino Tresnjo⁵, Matteo Pozzi⁹, Stefano Morgione⁹, Aksana Krasatsenka¹¹
(numeriai nurodo projekto partnerius 4 puslapyje)
- Vertėjas:** Evaldas Čepulis
- ISBN:** 978-3-936338-53-9
- Vertimai:** Originali vadovo kalba yra anglų.
Šis vadovas taip pat yra prieinamas šiomis kalbomis:
bosnių, danų, kroatų, italų, lietuvių ir lenkų
- Išleistas:** © 2019 by WIP Renewable Energies, Miunchenas, Vokietija
- Leidimas:** Pirmas leidimas
- Kontaktai:** WIP Renewable Energies, Sylvensteinstr. 2, 81369 Miunchenas, Vokietija
Dominik.Rutz@wip-munich.de, Tel.: +49 89 720 12 739
www.wip-munich.de
- Nacionaliniai kontaktai:** Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija, V.Gerulaičio g. 1, LT-08200 Vilnius, Lietuva
evaldas@lsta.lt, Tel.: +370 5 266 70 25
www.lsta.lt
- Internetinis puslapis:** www.upgrade-dh.eu
- Autorių teisės:** Visos teisės saugomos. Jokia šios knygos dalis negali būti kopijuota jokia forma ar jokiais priemonėmis, kad būtų galima naudoti komerciniais tikslais, be leidėjo raštiško leidimo. Autoriai negarantuoja šiame vadove pateiktos ar aprašytos informacijos ir duomenų teisingumo ir (arba) išsamumo.
- Atsakomybė:** Šis projektas gavo finansavimą iš Europos Sąjungos programos „Horizontas 2020“ mokslinių tyrimų ir inovacijų programos pagal dotacijos sutartį Nr. 785014. Vienintelė atsakomybė už šio pranešimo turinį tenka autoriams. Ji nebūtinai atspindi Europos Sąjungos ir EASME nuomonę. Nei EASME, nei Europos Komisija neatsako už bet kokį jame pateiktos informacijos naudojimą.

Padėka

Šis vadovas buvo parengtas „Upgrade DH“ projekto metu. Autoriai dėkoja Europos Komisijai už paramą projektui ir nurodytoms organizacijoms, leidžiančioms naudoti informaciją, nuotraukas ir grafikus.

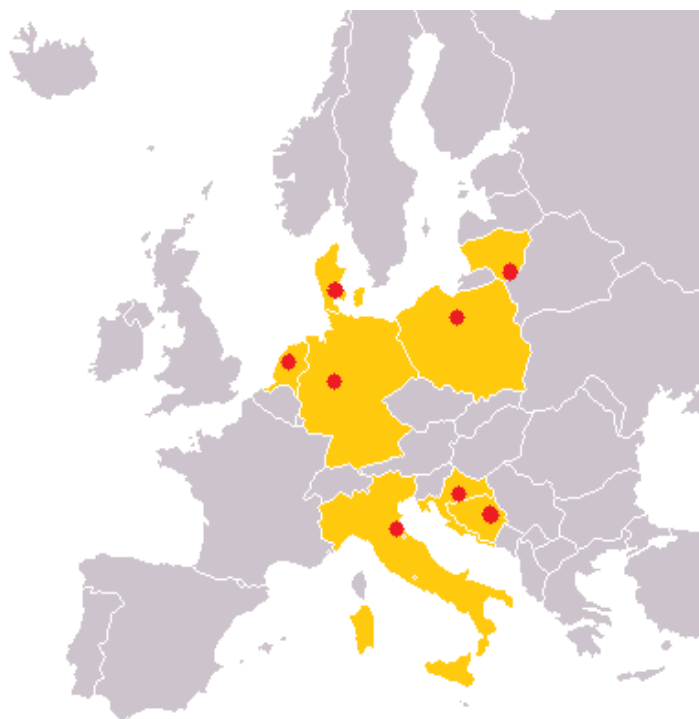
Upgrade DH projektas

Bendras „Upgrade DH“ projekto tikslas – gerinti centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklų našumą Europoje, remiant atrinktų demonstracinių atvejų modernizavimo galimybių analizes, kurias galima atkartoti Europoje.

Projektas remia CŠT sistemų modernizavimą įvairiuose Europos klimato regionuose, apimančiuose įvairias šalis: Bosniją ir Hercegoviną, Kroatiją, Daniją, Vokietiją, Italiją, Lietuvą, Lenkiją ir Nyderlandus. Kiekvienoje iš tikslinių šalių (pav. 1), tobulinimo procesas bus pradėtas konkrečių CŠT sistemų demonstraciniuose atvejuose. Gautos žinios ir patirtis taip pat bus panaudotos kituose Europos šalių CŠT sistemose, siekiant padidinti projekto įtaką.

Pagrindinė „Upgrade DH“ projekto veikla apima racionaliausių modernizavimo priemonių ir įrankių parinkimą, pasirinktų CŠT tinklų tobulinimo proceso rėmimą, finansavimo ir verslo modelių rengimą bei nacionalinių ir regioninių veiksmų planų ruošimą.

Taip pat projekto metu bus vykdoma modernių CŠT sistemų įvaizdžio gerinimo kampanija, kuria bus siekiama inicijuoti CŠT tobulinimą pirmiau minėtose tikslinėse šalyse ir už jų ribų.



Pav. 1: Projekto „Upgrade DH“ tikslinės šalys ir demonstraciniai atvejai

Projekto konsorciumas ir nacionaliniai kontaktai:



WIP Renewable Energies, projekto koordinatorius, Vokietija¹

Dominik Rutz [Dominik.Rutz@wip-munich.de]

www.wip-munich.de



Steinbeis Research Institute for Solar and Sustainable Thermal Energy Systems, Vokietija²

Carlo Winterscheid [Winterscheid@solites.de]

www.solites.de



Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija

(Lithuanian District Heating Association), Lietuva³

Audronė Nakrošienė [audronenakrosiene@gmail.com]

www.lsta.lt



Šalčininkų šilumos tinklai, Lietuva⁴

Elena Pumputienė [elena.pumputiene@sstinklai.lt]

www.sstinklai.lt



JP Elektroprivreda BiH d.d.-Sarajevo, Bosnija ir Hercegovina⁵

Anes Kazagic [a.kazagic@epbih.ba]

www.epbih.ba



AGFW Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH, Vokietija⁶

Sebastian Grimm [s.grimm@agfw.de]

www.agfw.de



University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Kroatija⁷

Tomislav Pukšec [tomislav.puksec@fsb.hr]

www.fsb.unizg.hr



COWI A/S, Danija⁸

Reto Michael Hummelshøj [rmh@cowi.com]

www.cowi.com



OPTIT Srl, Italija⁹

Matteo Pozzi [matteo.pozzi@optit.net]

www.optit.net



Gruppo Hera, Italija¹⁰

Simone Rossi [simone.rossi@gruppohera.it]

www.gruppohera.it



Euroheat & Power – EHP, Belgija¹¹

Alessandro Provaggi [ap@euroheat.org]

www.euroheat.org

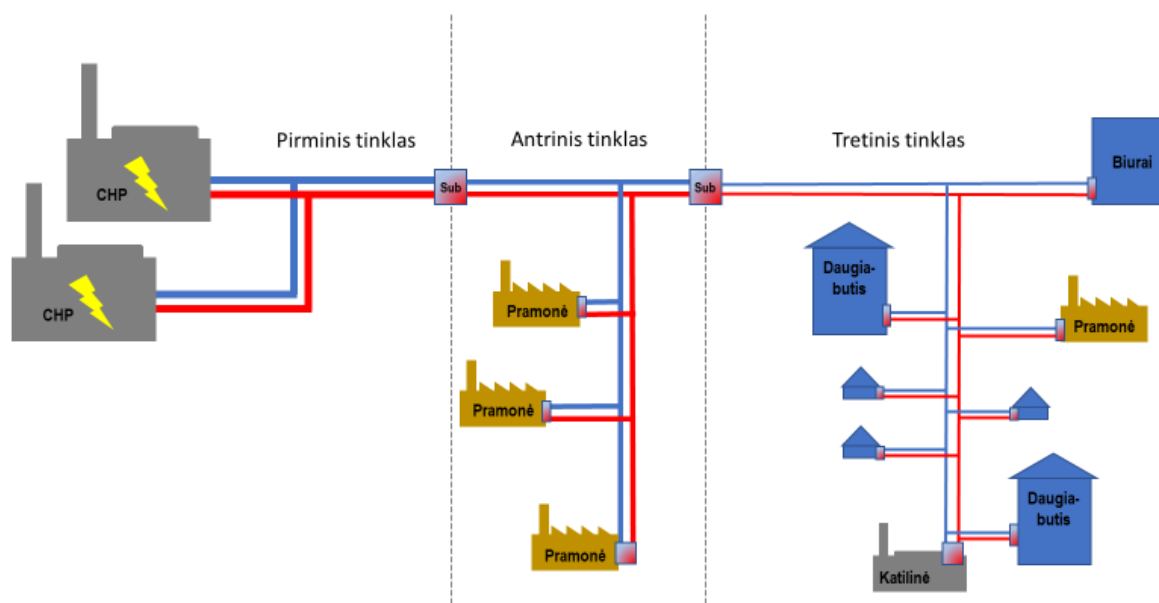
Turinys

Padėka	2
Upgrade DH projektas	3
1 Įžanga	7
2 Centralizuotas šilumos tiekimas Europoje	9
2.1 Centralizuoto šilumos tiekimo klasifikavimas	10
2.1.1 <i>Klasifikavimas pagal sistemos dydį</i>	10
2.1.2 <i>Klasifikavimas pagal istorinius pokyčius geografiniuose regionuose</i>	11
2.1.3 <i>Klasifikavimas pagal kartas</i>	13
2.1.4 <i>Klasifikacija pagal technines problemas</i>	15
2.2 Dabartinio Europos CŠT apžvalga	19
2.3 Bendrosios struktūrinės sąlygos: CŠT konkurentai.....	21
3 Modernizavimo procesas	24
3.1 Įmonių motyvacija tobulinant procesus	25
3.1.1 <i>Įmonės tikslai</i>	25
3.1.2 <i>Ekonominė nauda</i>	26
3.1.3 <i>Poveikis aplinkai</i>	28
3.2 Pradinė analizė	29
3.3 Duomenų analizavimas	31
3.4 Modernizavimo galimybių nustatymas: atsiperkamumo tyrimai.....	33
3.5 Vertinimo kriterijų nustatymas lyginant įvairias galimybes.....	33
3.6 Vykdyto plano kūrimas	34
3.7 Atnaujinimo priemonių įgyvendinimas	35
3.8 Nuolatinė modernizavimo priemonių stebėseną	35
4 Ne techniniai aspektai	36
4.1 Strategijos ir veiklos kryptys	36
4.2 Suinteresuotos šalys	38
4.3 Finansinė analizė ir galimybės	38
4.4 Leidimų išdavimo procedūros.....	39
4.5 Kontraktinės problemos.....	40
4.6 Verslo modeliai CŠT modernizavimo projektuose	41
5 Techninio atnaujinimo galimybės	42
5.1 Šiluminiai punktai ir šilumos panaudojimas	42
5.1.1 <i>Šilumos naudojimo infrastruktūros vertinimas</i>	42

5.1.2	Šilumos punktų modernizavimo galimybės	46
5.2	Šilumos paskirstymas ir vamzdynų technologijos	47
5.2.1	Šilumos paskirstymo infrastruktūros vertinimas	47
5.2.2	Vamzdyno tarnavimo laikas.....	48
5.2.3	Modernių vamzdynų technologijų apžvalga	52
5.2.4	Šilumos paskirstymo sistemos modernizavimo galimybės.....	54
5.3	Šilumos gamybos technologijos	55
5.3.1	Esamos šilumos gamybos infrastruktūros vertinimas	56
5.3.2	Saulės energija pagamintos šilumos integracija	57
5.3.3	Biomosės įrenginių integravimas	62
5.3.4	Geoterminės šilumos integravimas.....	66
5.3.5	Perteklinės šilumos integravimas	69
5.3.6	Šilumos gamyba naudojant elektrą.....	73
5.3.7	Šilumos akumuliacijos technologijų integravimas	76
5.3.8	Atsinaujinančios energijos dalies didinimas – tinkamo derinio nustatymas	80
5.4	Techninių duomenų stebėjimas, kontrolė ir skaitmenizavimas.....	83
5.5	Poreikio ir pasiūlos sinchronizacijos galimybės	86
	Žodynas ir santrumpos	87
	Literatūros sąrašas	90

1 Įžanga

Centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) istorija prasidėjo kažkur senovės Romos imperijos metu, kai pirtys, namai bei šiltnamiai buvo aprūpinami karštu vandeniu. Paprastos CŠT sistemos buvo pradėtos rengti dar viduramžiais ir tobulinamos iki šių dienų. Žinoma, šiandienos sistemos yra visiškai technologiškai kitokios nei pradinės, tačiau šilumos perdavimo principas, įprastai vandeniu (cirkuliuojančiu vandeniu), nuo šilumos šaltinio iki kriauklės yra tas pats. Ypač paskutiniame amžiuje CŠT plėtojimas vyko siekiant išvengti šilumos švaistymo iš centrinių elektrinių, galimybės energiją gaminti iš atliekų ar surinkti iš pramonės įmonių ir panaudoti vartotojų poreikiams (2 pav.).



Pav. 2: Pirminio, antrinio ir tretinio CŠT tinklų (atskirtų pastotėmis) šilumos tiekimas skirtingiems vartotojams (Šaltinis: D.Rutz)

Bendra šių dienų CŠT koncepcija, siekiant šildyti vartotojus, yra šilumos tiekimas iš vieno ar kelių centrinių šilumos šaltinių per vamzdžių tinklus, kuriais juda karštas vanduo, o kai kuriais atvejais – garai. Pagal ES šildymo ir šaldymo strategiją (EB, 2016), CŠT tiekama šiluma ES sudaro 9%, kuri daugiausiai yra gaunama iš iškastinio kuro, kaip dujos (40%) ir anglis (29%).

CŠT tinklai turi didelį potencialą šilumos sektoriuje tiek techniniu, tiek organizaciniu požiūriu. Šilumos tinklai sudaro sąlygas integruoti atsinaujinančią energiją, siekiant pagerinti bendrą energijos vartojimo efektyvumą, taip pat palengvinti sektorių jungimąsi (šilumos ir elektros). Tikslas - modernizuoti CŠT sistemas taip, kad jos būtų veiksmingos ir jose būtų nulinės (ar beveik nulinės) emisijos, tai prisidėtų prie klimato kaitos mažinimo. Nei globaliniu mastu, nei Europoje daugelis CŠT sistemų operatorių dar neišnaudojo realių galimybių sumažinti CO₂ dujų emisijas, kurias pasiekė pirmtakės Islandija, Švedija ir Norvegija (Werner, 2017). 2016 metais atsinaujinančių energijos šaltinių integracija į CŠT sektorių visame pasaulyje buvo nedidelė, šiuolaikinės atsinaujinančios energijos tiekimas sudaro tik 9% visos pasaulinės paklausos. Didžiausia atsinaujinančios šilumos dalis yra gaunama iš biomasės, mažesnę dalį sudaro saulės bei geoterminės energijos (REN21, 2018).

Siekiant panaudoti šį potencialą, gana daug senų ir blogai prižiūrimų CŠT sistemų Europoje turi būti techniškai modernizuotos ar atnaujintos. Tai apima **šilumos vartojimo** mažinimą (efektyvių pastočių integravimas, namų renovacijų prognozės ir kt.), **šilumos paskirstymo**

nuostolių mažinimą (vamzdyno optimizavimas, nuotėkio sumažinimas, temperatūros žeminimas ir kt.) ir **šilumos gamybos** optimizavimą (šilumos šaltinių diversifikacija, akumuliacija ir kt.). Be to, daugelyje jau esamų CŠT sistemų taip pat reikia patobulinti netechninius aspektus.

Bendras CŠT sistemų efektyvumo didinimo procesas yra kompleksiškas ir sudėtingas. Tai yra daug laiko reikalaujanti, ilgalaikė ir didelė investicija. Ypač reikia atsižvelgti į priemones, susijusias su prijungtais pastatais, pvz., darbinės temperatūros mažinimo galimybės. Tai reiškia tiesioginį bendradarbiavimą su pastatų savininkais ir galutiniais vartotojais. Toks ilgas ir globalus procesas turi įtakos miesto ar rajono gyvenimui, tai turėtų būti įvertinama. Dėl šių priežasčių procesas turėtų būti labai kruopščiai planuojamas ilgalaikėje perspektyvoje.

Siekiant padėti šiam procesui, parengtas šis vadovas, skirtas informuoti visus suinteresuotuosius subjektus, pavyzdžiui, sprendimus priimančius asmenis, politikus, operatorius, galutinius vartotojus arba galimus CŠT sistemų kūrėjus, apie atnaujinimo galimybes. Vadovo tikslas nėra pateikti išsamias technines rekomendacijas technikams, o pateikti modifikavimo galimybių apžvalgą. Be to, vadovas yra išverstas į 7 kalbas (bosnių, kroatų, danų, vokiečių, italų, lietuvių ir lenkų), kadangi daugelyje šalių trūksta tokios informacijos nacionaline kalba.

2 Centralizuotas šilumos tiekimas Europoje

Europos Komisijos nuomone, namų ūkių ir pramonės šildymas bei šaldymas sudaro apie pusę ES suvartojamos energijos (EB, 2018a). 84 proc. šildymo ir aušinimo vis dar gaunama iš iškastinio kuro, o tik 16 proc. iš atsinaujinančių šaltinių. Siekiant įgyvendinti ES klimato kaitos ir energetikos tikslus, šildymo ir vėsinimo sektorius turi smarkiai sumažinti energijos suvartojimą ir iškastinio kuro naudojimą (EB, 2018a).

Be to, vien tik šildymas ir karštas vanduo sudaro 79 proc. visų ES namų ūkių galutinio energijos suvartojimo (192.5 Mtn) (EB, 2018a). 2016m. gyvenamųjų namų sektorius sudarė 25.4% galutinio energijos suvartojimo arba 17.4% bendro ES vidaus energijos suvartojimo (EB, 2018b). Namų ūkiai naudoja energiją įvairiems tikslams: patalpų ir vandens šildymui, vietos aušinimui, maisto ruošimui, apšvietimui ir elektros prietaisams bei kitiems tikslams. Energijos suvartojimo pasidalijimo apžvalga ES namų ūkiuose pateikta 3 paveiksle. **Pramonėje** 70.6% (193.6 Mtoe) suvartojamos energijos buvo panaudota patalpų ir pramoninių procesų šildymui (EB, 2018a).

Europoje centralizuotas šildymas šiuo metu aptarnauja apie 60 milijonų ES piliečių, o 140 milijonai gyventojų gyvena miestuose, kuriuose yra bent viena CŠT sistema (Euroheat & Power, 2018a). Pagal „Heat Roadmap Europe“ duomenis, jei urbanizacijos tendencija tęsis ir bus įgyvendintos tinkamos investicijos, iki 2050 m. CŠT galėtų patenkinti beveik pusę Europos šilumos poreikio (Euroheat & Power, 2018a). „Heat Road Europe“ projekto rezultatai rodo, kad ateityje CŠT gali keturis kartus padidinti savo dalį visoje Europoje – nuo 13% iki beveik 50%. 1 lentelėje pateikiamos 5 didžiausios šalys, pagal CŠT paraiškas, pagrįstos visuotine apklausa.

CŠT tinklai turi didelį potencialą šilumos sektoriuje tiek techniniu, tiek organizaciniu požiūriu. Jie leidžia integruoti atsinaujinančią energiją, pagerinti bendrą energijos vartojimo efektyvumą, taip pat palengvinti sektorių susijungimą (šilumos ir elektros). Tačiau daugelis CŠT sistemų vis dar gali pagerinti efektyvumą ir sumažinti iškastinio kuro naudojimą. Kai kurios sistemos dažnai yra prastai techniškai prižiūrimos, didelės klientų šilumos sąnaudos ir reguliavimo galimybių stoka kenkia CŠT įvaizdžiui.



Pav. 3: Energijos suvartojimas ES namų ūkiuose (Šaltinis: EC, 2019c)

Lentelė 1: Penkios didžiausios CŠT plėtojančios šalys pagal 2013 m. duomenis paskelbtus Euroheat & Power (Šaltinis: Euroheat & Power, 2018b)

Penkios didžiausios CŠT šalys	1	2	3	4	5	Nėra duomenų
Daugiausiai piliečių aptarnaujamų CŠT	Islandija (92%)	Latvija (65%)	Danija (63%)	Estija (62%)	Lietuva (57%)	Kinija ir Japonija
Didžiausias CŠT sistemų galios padidėjimas 2013 m. (GW)	Kinija (463)	Lenkija (56.5)	Vokietija (49.7)	Pietų Korėja (30)	Suomija / Čekija (23)	Danija ir Švedija
Didžiausias CŠT tinklų ilgio padidėjimas nuo 2009 iki 2013 m.	Italija (58%)	Norvegija (53%)	Šveicarija (52%)	Kinija (43%)	Švedija / Austrija (21%)	Islandija, Rumunija, Pietų Korėja, Slovakija
Didžiausia šilumos realizacija 2013 m. (mln. TJ)	Kinija (3.2)	Vokietija (0.26)	Lenkija (0.25)	Švedija (0.18)	Pietų Korėja (0.17)	Rumunija
Didžiausia atsinaujinančios energijos dalis (išskyrus kogeneracines jėgaines)	Islandija (76%)	Norvegija (61%)	Danija (46%)	Prancūzija (39%)	Šveicarija (31%)	Bulgarija, Kinija, Kroatija, Italija, Japonija ir Pietų Korėja

2.1 Centralizuoto šilumos tiekimo klasifikavimas

„**Centralizuotas šilumos tiekimas**“ gali būti apibrėžtas ir klasifikuojamas įvairiais būdais. Eurostato (EB, 2018c) duomenimis, CŠT ar miesto šildymas yra „šilumos paskirstymas per tinklą į vieną ar kelis pastatus, naudojant karštą vandenį ar garus, gaminamus centralizuotai, dažnai kogeneraciniuose jėgainėse iš atliekų gaunamos šilumos ar specialių šildymo sistemų. Tačiau platesniame apibrėžime ne tik vanduo ir garai, bet ir kitos transportavimo terpės gali perduoti šilumą. „Centralizuota energetinė sistema“ gali apimti ne tik šilumos bet ir vėsumos tiekimą. „**Centralizuotas šilumos ir vėsumos tiekimas**“ (CŠVT).

Europos energetikos statistikoje Eurostatas įtraukė terminą „**Išvestinė šiluma**“, kuri neturėtų būti maišoma su CŠT (Eurostatas, 2019). Išvestinė šiluma apima visą šilumos gamybą šildymo įmonėse ir kombinuotose šilumos ir elektros jėgainėse. Į ją įeina šilumos, kurią naudoja įrangos pagalbiniai įtaisai, kuriuose naudojamas karštas skystis (patalpų šildymui, skystojo kuro šildymui ir kt.) ir įrangos/tinklo šilumos mainų nuostoliai.

CŠVT sistemos visada yra labai specifinės ir skirtingos, atsižvelgiant į jų dydį, lokaciją, šilumos šaltinius, technologijas, istoriją ir kt. Norint apibūdinti CŠVT sistemas, jos gali būti klasifikuojamos pagal bendrų aspektų kategorijas.

2.1.1 Klasifikavimas pagal sistemos dydį

CŠT sistema gali varijuoti pagal dydį. Ji gali aprūpinti didelius plotus, kaip Didžiosios Kopenhagos CŠT sistema, arba tik nedidelius plotus ar kaimus, kuriuos sudaro tik keli namai (Rutz ir kt., 2017). Sistemos dydį gali apibūdinti šie parametrai:

- Vamzdynų ilgis (tranšėjos ilgis) [m, km]
- Pastočių skaičius
- Vartotojų skaičius
- Investicijų kiekis

- Sudėtingumas (pvz., šilumos generatorių, sujungimo taškų skaičius)
- Energijos realizacija (parduota šiluma) [MWh, GWh, TWh]
- Įrengtų šilumos generavimo įrenginių galia [MW, GW]
- Veikimo zonos plotas [km²]

Šie parametrai dažnai koreliuoja vienas su kitu, pvz. jei prijungtų vartotojų skaičius yra didelis, taip pat ir paskirstyta energija yra didelė, todėl bendras investicijų kiekis yra didelis. Tačiau kartais parametrai nekoreliuoja, pvz. jei yra tik labai nedaug vartotojų, tačiau jie turi labai didelę energijos paklausą (pvz., pramonė). Bet koku atveju, ši klasifikacija neturi griežtų apibrėžimų ir ribų apibūdinant CŠT sistemas.

Dažnai yra naudojami terminai mikrotinklai, mažos CŠT sistemos, didelės CŠT sistemos, nors skirtumas yra aiškus. **Didelės CŠT sistemos** paprastai turi istoriškai ilgesnes tradicijas, nes jos dažnai buvo susijusios su centrinėmis šilumos ir elektros energijos jėgainėmis. Šiandien didelės CŠT sistemos vis dažniau integruoja ir didelio masto atsinaujinančią energiją, pvz., geoterminę energiją ar bioenergiją.

Mažos CŠT sistemos yra vietinės koncepcijos, skirtos tiek namų ūkiams, tiek mažoms ir vidutinėms pramonės šakoms tiekti šilumą. Kai kuriais atvejais jie gali būti derinami su didelio masto CŠT tinklais, tačiau bendra koncepcija yra turėti atskirą vamzdynų tinklą, kuris sujungtų palyginti nedidelį vartotojų skaičių. Dažnai ši koncepcija gali būti įgyvendinama kaimuose ar miesteliuose. Jie gali būti maitinami įvairiais šilumos šaltiniais, įskaitant saulės kolektorius, biomasės sistemas, šilumos siurblius ir perteklinės šilumos šaltinius (pvz., pramoninių procesų šiluma). Maži tinklai paprastai turi komercinius operatorius ir yra didesni nei mikrotinklai.

Mikrotinklai paprastai yra įrengiami mažam klientų skaičiui (2-10). Mikrotinklų privalumas yra tas, kad šios sistemos gali būti kuriamos lengviau ir greičiau, nes yra nedidelis klientų skaičius, be ilgų viešųjų procedūrų. Klientai sutaria dėl tinkamos naudojamos šilumos apskaitos ir pasirenka sistemos operatorių.

Nepriklausomai nuo tinklo dydžio, planavimo metu svarbu tinklą plėsti racionaliai. Dideli matmenys lemia didesnius šilumos nuostolius ir didesnes investicijas.

2.1.2 Klasifikavimas pagal istorinius pokyčius geografiniuose regionuose

Nuo tada, kai CŠT buvo įdiegtas skirtinguose Europos regionuose skirtingomis struktūrinėmis sąlygomis ir skirtingais tikslais, CŠT sistemas galima suskirstyti pagal jų buvimo vietą.

Šiaurės ir Vidurio Europa

CŠT sistemos Šiaurės ir Vidurio Europoje turi techninių panašumų. Paprastai jose naudojamos 120-80 / 50-40°C temperatūros. Garų sistemos vis dar naudojamos kai kuriuose miestuose. Nuolat stengiamasi sumažinti temperatūrą, o naujesni plotai yra planuojami esant žemos temperatūros režimui, pvz., 70/40 arba 60/30°C. Sistemos veikia esant kintamoms temperatūroms ir kintamiems srautams. Vamzdžiai yra iš anksto izoliuojami, o mažesniems matmenims naudojami polietileno vamzdžiai. Vis dažniau integruojama atsinaujinanti energija iš biomasės, šilumos siurblių bei šiluminių saulės kolektorių.

CŠT sektoriaus plėtrai Europoje, ypač Danijoje, tenka svarbus vaidmuo, nes ji yra viena iš labiausiai pažengusių šalių CŠT sektoriuje. CŠT yra vienas iš labiausiai paplitusių būdų Danijoje šildyti pastatus ir tiekti karštą buitinį vandenį. Kopenhagoje daugiau kaip 98% namų ūkių yra šildomi CŠT. CŠT buvo pasirinkta, siekiant mažinti priklausomybę nuo importuojamos naftos ir užtikrinti patikimą tiekimą. Siekiant užtikrinti, kad didžiulės investicijos į bendrus gamybos įrenginius, perdavimo sistemas ir skirstomųjų vamzdynų tinklus taptų efektyvios nacionalinei ekonomikai, buvo atliktas ekstensyvus šildymo planavimo darbas. Danija buvo susiskirstyta į mažas zonas, kad būtų galima nustatyti tinkamiausią šildymo sprendimą: CŠT, gamtines dujas arba atskirus (naftos) katilus. Šis nacionalinis šilumos planavimas užkirto kelią konkurencijai ir dviguboms investicijoms į gamtinių dujų ir CŠT vamzdynus toje pačioje

geografinėje vietovėje. Dauguma namų ūkių prisijungė prie viešųjų CŠT sistemų, nes buvo sukurtos ekonomiškai palankios sąlygos. Ekonominė paskata sukuriama mokesčių teisės aktais.

Po 2000m. CŠT sektoriaus vystymosi kryptis keitėsi. Daug dėmesio buvo skiriama energijos vartojimo efektyvumui, kaip sumažinti vamzdynų tinklų nuostolius ir kaip pagerinti galutinių vartotojų energijos naudojimo efektyvumą. Šilumos gamybos iš biomasės įrenginiai, saulės jėgainės, šilumos akumuliacijos talpyklos, šilumos siurblių ar geoterminės energijos technologijos yra naudojamos įvairiose CŠT sistemose šalyje. Didžiulis energetikos sektoriaus restruktūrizavimas, atkreipiant dėmesį į poveikį aplinkai, energijos taupymą ir ekonominį poveikį paskatino pramonę judėti pirmyn.

Rytų Europa

Rytų Europoje CŠT taip pat yra labai paplitusi ir įprasta technologija. Palyginti su Vakarų Europos CŠT sistemomis, Rytų Europos / buvusios TSRS sistemos buvo sukurtos skirtingomis aplinkybėmis. Daugelis sistemų buvo sukurtos centralizuotai suplanuotos ekonomikos sistemoje, o atsiskaitymas už šilumą (galutinio vartotojo lygmeniu) yra vienas iš didžiausių iššūkių iki šių dienų. Daugelyje Rytų šalių sunkioji pramonė, naudojanti vandens garus ir aukštos temperatūros karštą vandenį buvo uždaryta arba restruktūrizuota į kitų rūšių pramonę, todėl CŠT sistemos prarado didelę dalį pajamų.

CŠT Rytų Europoje dažnai buvo naudojami garai ir perkaitintas vanduo. Vamzdžiai dažnai prastai izoliuoti, kurie palaipsniui pakeisti į iš anksto izoliuotus. Sistemos parametrų kontrolė dažnai buvo nelanksti, pavyzdžiui, srautas buvo fiksuotas. Apkrovos kontrolė (prijungtų vartotojų suvartojama šiluma) buvo reguliuojama keičiant tiekimo temperatūrą. Šis apkrovos kontrolės tipas yra paprastas, tačiau turi keletą trūkumų, pvz., sunku reguliuoti šilumos tiekimą individualiam vartotojui. Dėl šios priežasties sistema veikia su hidrauliniu disbalansu, dėl kurio kai kurie butai yra tinkamai šildomi, o kiti pastatai nukenčia dėl per mažos kambario temperatūros. Originaliai sistemos galėjo būti projektuojamos naudojimui prie 150/70°C temperatūrų, bet šiandien sistemos veikia daug žemesnėje temperatūroje. Sistemos turėjo bėdų su terminiu disbalansu, šilumokaičių užsiteršimu ir vandens nutekėjimu. Šiuolaikinių technologijų ir koncepcijų diegimas šiandien yra didelis iššūkis dėl finansinių išteklių trūkumo ir sudėtingo išlaidų susigrąžinimo.

Šalys naujokės ?

Keliose Europos šalyse CŠT sistemos yra įrengtos santykinai neseniai. Šių šalių iššūkis yra tai, kad namuose kartais nėra įrengtos vandens pagrindu veikiančios CŠT sistemos. CŠT diegimas yra ne tik šilumos šaltinio konversija, tai reikalauja didelių investicijų iš namų savininkų.

Kitas iššūkis gali būti neigiamas visuomenės požiūris į CŠT kai kuriose šalyse, kur tai dažnai laikoma centralizuota ir socialistine technologija. Noras pasikliauti komunalinėmis paslaugomis šildymui gali skirtis nuo to, kaip šildymo sistemos suvokiamos šiaurės ir pietinėse Europos dalyse.

Tačiau šis įvaizdis yra palaipsniui gerinamas, nes šiandienos sistemos gali būti labai veiksmingos, ekonomiškos ir pagrįstos didele atsinaujinančios energijos dalimi (pvz., saulės šiluma ar biomase). Naujas požiūris į kai kurias iš šių sistemų yra palengvinti sektorių susiliejimą (šilumos, elektros ir transporto). Daugelis naujesnių atsinaujinančių energijos šaltinių sistemų yra mažos apimties sistemos.

2.1.3 Klasifikavimas pagal kartas

Priklausomai nuo CŠT sistemų ir naudojamų technologijų nustatymo laiko galima išskirti 4 skirtingas CŠT sistemų kartas, kaip aprašyta Lund ir kt. (2014):

Pirmoji karta

Pirmoji karta yra garais grįsta sistema, kurios pagrindinis kuras yra anglis. Ji pirmą kartą buvo pristatyta JAV 1880 m. ir tapo populiarai kai kuriose Europos šalyse. Tai buvo naujausias technikos lygis iki 1930 m., kol nebuvo pradėti naudoti betoniniai kanalai, kurie buvo eksploatuojami esant labai aukštai temperatūrai. Šios sistemos nebuvo labai veiksmingos. Taip pat kilo problemų dėl patikimumo ir saugumo dėl karšto garo slėgio vamzdžiuose. Šiandien ši karta yra technologiškai pasenusi. Tačiau kai kurios iš šių sistemų vis dar naudojamos, pavyzdžiui, Niujorke ar Paryžiuje. Kitos sistemos, pastatytos šiuo veikimo principu, vėliau buvo pakeistos į sekančias kartas (Lund ir kt., 2014).

Antroji karta

Antroji karta buvo sukurta 1930 m. ir buvo statoma iki aštuntojo dešimtmečio. Šiai kartai būdingas anglies ir naftos deginimas. Šiluma perduodama per suslėgtą karštą vandenį kaip šilumos nešėją. Sistemos paprastai turi tiekti kiek aukštesnę nei 100°C temperatūrą per vandens vamzdžius betoniniuose kanaluose, kurie būdavo sumontuojami vietoje naudojant sunkiąją techniką. Pagrindinė šių sistemų diegimo priežastis buvo pirminės energijos taupymas, kuris atsirado naudojant kombinuotas šilumos ir elektros jėgaines. Nors ir kitose šalyse šios kartos tipinės sistemos buvo sovietinio stiliaus CŠT sistemos, kurios po Antrojo pasaulinio karo buvo pastatytos keliose Rytų Europos šalyse. (Lund ir kt., 2014)

Trečioji karta

Aštuntajame dešimtmetyje buvo trečioji alternatyva, kuri buvo naudojama daugelyje toliau paminėtų sistemų visame pasaulyje. Ši karta dar vadinama „Skandinavijos CŠT technologija“, nes daugelis CŠT komponentų gamintojų yra įsikūrę Skandinavijoje. Trečioji karta naudoja iš anksto pagamintus ir izoliuotus vamzdžius, kurie yra tiesiogiai palaidoti po žeme ir gali veikti žemesnėje temperatūroje, paprastai žemiau 100°C. Pagrindinė šių sistemų kūrimo stimulus buvo tiekimo saugumas gerinant energijos vartojimo efektyvumą po dviejų naftos krizių, dėl kurių buvo sutrikdytas naftos tiekimas. Todėl šios sistemos dažniausiai naudoja anglį, biomasę ir atliekas kaip energijos šaltinius. Kai kuriose sistemose energijų derinyje naudojama ir geoterminė bei saulės energija (Lund ir kt., 2014), pvz., Paryžius nuo 1970 m. namų šildymui naudoja geoterminį šildymą iš 55-70°C temperatūros šaltinio, esančio 1-2 km gilyje nuo paviršiaus.

Ketvirtoji karta

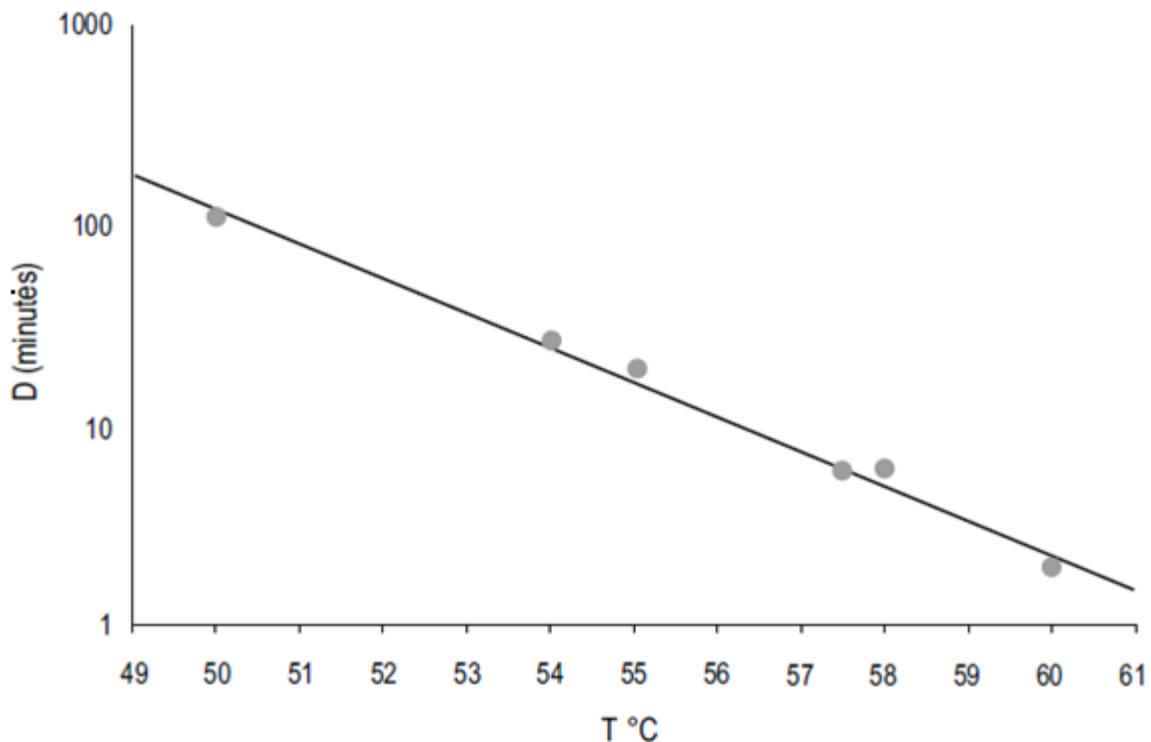
Šiuo metu kuriama 4-oji karta (Lund ir kt., 2014), pavyzdžiui, Danijoje (Yang ir kt., 2016). Ketvirtoji karta yra skirta kovoti su klimato kaita ir integruoti didelę kintamos atsinaujinančios energijos dalį į CŠT sistemą, užtikrinant didelį lankstumą elektros energijos sistemai.

Remiantis Lund ir kt. (2014) apžvalga, šios kartos sistemos turi turėti šiuos gebėjimus:

- Galimybė tiekti žemos temperatūros termofikacinį vandenį patalpų šildymui ir karštam vandeniui ruošti, esamiems ir naujiems mažai energijos naudojantiems pastatams.
- Gebėjimas paskirstyti šilumą tinkluose su minimaliais nuostoliais.
- Gebėjimas panaudoti šilumą iš žemos temperatūros šaltinių ir integruoti atsinaujinančios šilumos šaltinius, pvz., saulės ir geoterminę šilumą.
- Gebėjimas integruoti dalį pažangiųjų energijos sistemų (t.y. integruoti pažangūs elektros, dujų, vandens ir šilumos tinklai), įskaitant integruotą 4 kartos CŠT sistemų dalį.

- Gebėjimas užtikrinti sisteminių planavimą, sąnaudų optimizavimą ir motyvacines priemones, taip pat strategines investicijas, susijusias su transformacija į tvarias energetikos sistemas.

Palyginti su ankstesnėmis kartomis, 4 kartos CŠT sistemų temperatūros lygis yra sumažintas iki 70°C ir žemiau, siekiant, kad būtų padidintas sistemos energijos suvartojimo efektyvumas. Potencialūs šilumos šaltiniai yra atliekinė šiluma, kogeneracinės jėgainės, biomasės jėgainės, geoterminės ir saulės šiluminės energijos sistemos, didelio masto šilumos siurbliai, perteklinė šiluma iš vėsinimo (pvz., duomenų centrų aklimatizacija) ir kiti energijos šaltiniai. Šių energijos šaltinių ir šiluminių akumuliacinių talpų (ŠAT), įskaitant sezonines ŠAT, tikslas suteikti lankstumo vėjo ir saulės energijos gamybai. Pavyzdžiui, šilumos siurbliai gali būti naudojami šilumos gamybai, kai yra vėjo energijos perteklius. Todėl didelio masto šilumos siurbliai laikomi pagrindine technologija, skirta pažangioms energijos sistemoms, turinčioms didelę atsinaujinančios energijos dalį (iki 100%). Žemos temperatūros CŠT sistemų iššūkis yra užtikrinti minimalią karšto vandentiekio vandens temperatūrą, kad būtų išvengta *Legionella* užteršimo, galinčių keletą valandų išgyventi esant kiek aukštesnei nei 50°C temperatūrai (žr. 4 pav.)



Pav. 4: „*Legionella pneumophila*“ pirmos sero-grupės dešimtainio sumažinimo laikas prie skirtingų temperatūrų (Pasaulio sveikatos organizacija (angl. World Health Organization), 2007)

Atsižvelgiant į karšto vandens talpos dydį ir nacionalinius reikalavimus, gali tekti nuolat arba bent laikinai palaikyti karšto vandens temperatūrą 60°C. Paprastai tai reikalauja šiek tiek didesnės paduodamos temperatūros šilumos šaltinyje. Tačiau yra galimų techninių sprendimų, kad būtų užtikrintas 60°C temperatūros karšto vandens tiekimas, net jei CŠT tinklo paduodamo srauto temperatūra yra žemesnė.

2.1.4 Klasifikacija pagal technines problemas

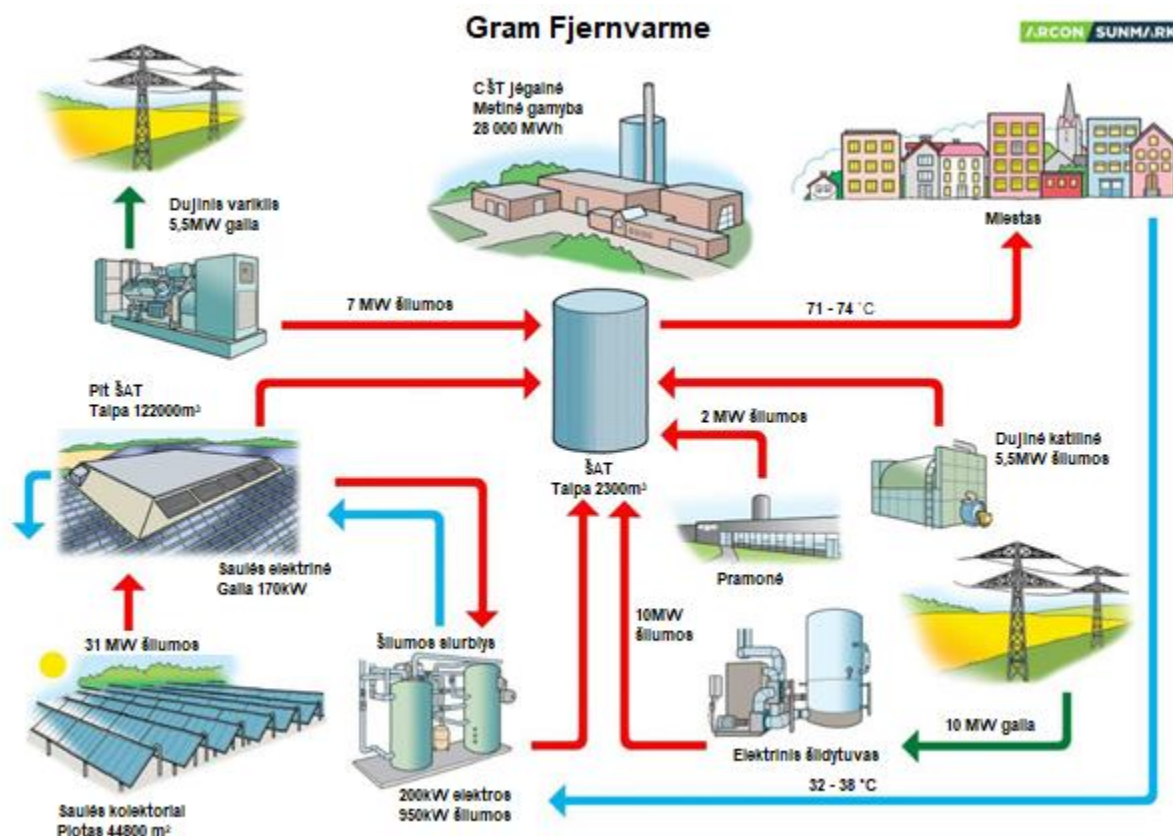
CŠT sistemos gali būti klasifikuojamos atsižvelgiant į įvairius techninius požymius.

Klasifikacija pagal šilumos gamybą

CŠT sistemos gali būti klasifikuojamos pagal šilumos gamybos vietą centralizuotoje arba decentralizuotoje sistemose. Istoriskai dauguma CŠT sistemų buvo valdomos vienu ar keliais centralizuotais šilumos generavimo įrenginiais. Paprastai šiluma, gauta iš kogeneracinių įrenginių, kurie paprastai veikia varomi anglies, dujų ar naftos, buvo tiekiami į CŠT sistemą. Šios sistemos dažnai naudoja tik mažas ŠAT, kad subalansuotų sistemos veikimą ir maksimaliai padidintų elektros energijos gamybą.

Vis dėlto, šiuo metu vis daugiau **decentralizuotos gamybos** CŠT sistemų naudoja šilumą iš įvairių decentralizuotų gamybos įrenginių. Daugelis tokių sistemų yra Danijoje. 5 pavyzdyje parodyta Gramo CŠT sistema. Ji naudoja įvairias technologijas, pvz., saulės kolektorius, gamtinių dujų kogeneraciją, perteklinę šilumą iš pramonės, šilumos siurblius, elektrinį katilą, trumpalaikę ir sezoninę ŠAT.

Nors Europoje vis dar dominuoja iškastinis kuras, ateities tendencija yra naudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, t.y., geoterminę energiją, bioenergiją, saulės energiją, vėjo energiją ir perteklinę energiją iš įvairių šaltinių, pavyzdžiui, pramonės ar paslaugų sektoriaus.



Pav. 5: Decentralizuotos gamybos CŠT sistema Gram mieste Danijoje, turinti daug šilumos šaltinių (Šaltinis: <http://www.gram-fjernvarme.dk>)

Klasifikavimas pagal šilumos paskirstymą

CŠT sistemos paskirsto šilumą vamzdynų tinklais, kuriais šiluma perkeliama iš gamybos įrenginių galutiniams vartotojams. Priklausomai nuo vartotojų tipo, sistemos amžiaus ir t.t., garas arba vanduo gali būti naudojami kaip šilumnešiai. Kaip minėta anksčiau, skirtingi temperatūros lygiai dažnai susiję su skirtingomis CŠT sistemų kartomis.

Pavyzdžiui, garai dažniausiai buvo naudojami pirmojoje CŠT kartoje. Tačiau kai kuriose sistemose šiuo metu naudojami garai, ypač kai tarp vartotojų yra pramonės įmonių. Garas yra gana nuostolingas perdavimo agentas, nes jo temperatūros lygis yra labai aukštas. Pirmosios kartos sistemose dažnai nebuvo net grįžtamo kondensato vamzdžio, todėl kondensatas buvo išleidžiamas į kanalizaciją.

Daugumoje šiandieninių sistemų garai palaipsniui pakeičiami karštu vandeniu. Kadangi šilumos tinklams reikia šiek tiek slėgio šilumos perdavimui, CŠT tinklai visada būna slėginės sistemos. Tai reiškia, kad CŠT sistemų temperatūra gali būti virš 100°C su vis dar skysta vandens faze. Šiandien daugelis CŠT sistemų vis dar veikia esant 100°C ar didesnei vandens temperatūrai. Aukštos perdavimo agentų temperatūros padidina šilumos nuostolius, ypač sistemose, kuriose prastai izoliuoti vamzdžiai.

Nemažai CŠT sistemų veikia žymiai žemesnėje nei 100°C temperatūroje. Jei sistemoje izoliuoti vamzdžiai, tai gali teikti daug naudos, įskaitant nuostolių sumažinimą perdavimo tinkle žemiau 10%. Dėl šių privalumų, bendra tendencija šiandien yra **žemos temperatūros CŠT sistemos**, kai tiekimo temperatūra yra žemesnė, nei 50°C, o vartotojų pusėje – papildoma temperatūros pakėlimo įranga. Šių sistemų taikymas priklauso nuo prijungtų pastatų turimos infrastruktūros.



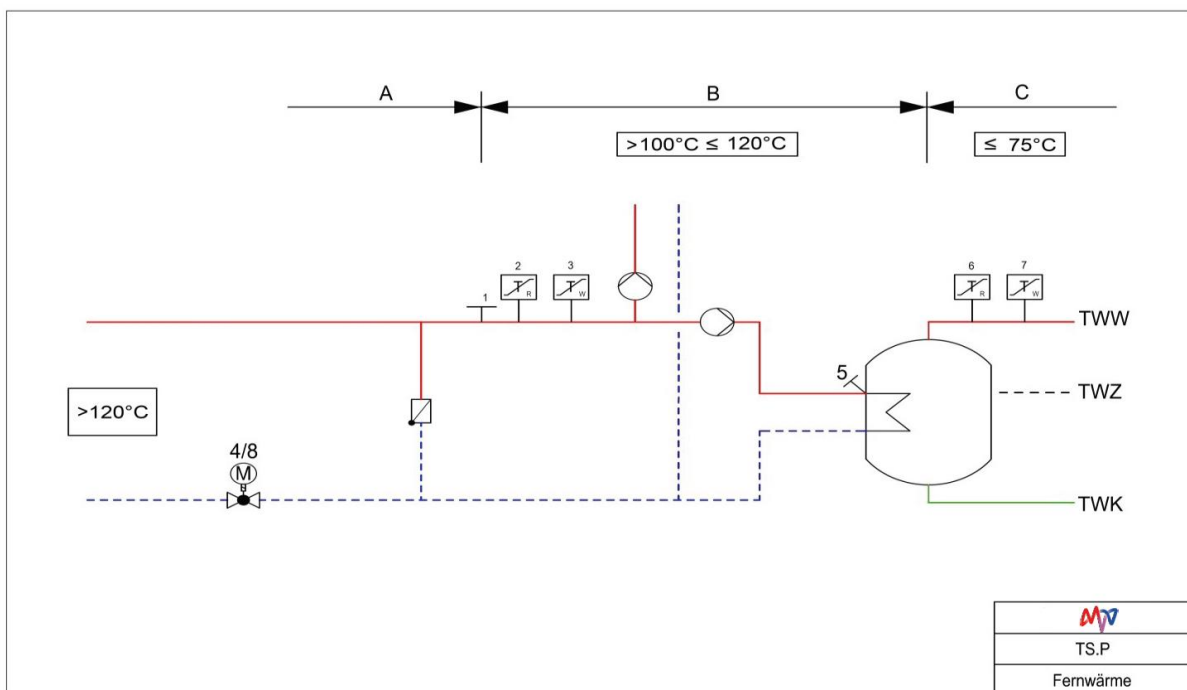
Pav. 6: Žemos temperatūros CŠT leidžia naudoti plastikinius vamzdžius, nuotraukoje pavaizduotas dvigubas plastikinis vamzdis kurio kaina ir įrengimo kaštai yra mažesni

Klasifikavimas pagal energijos suvartojimą

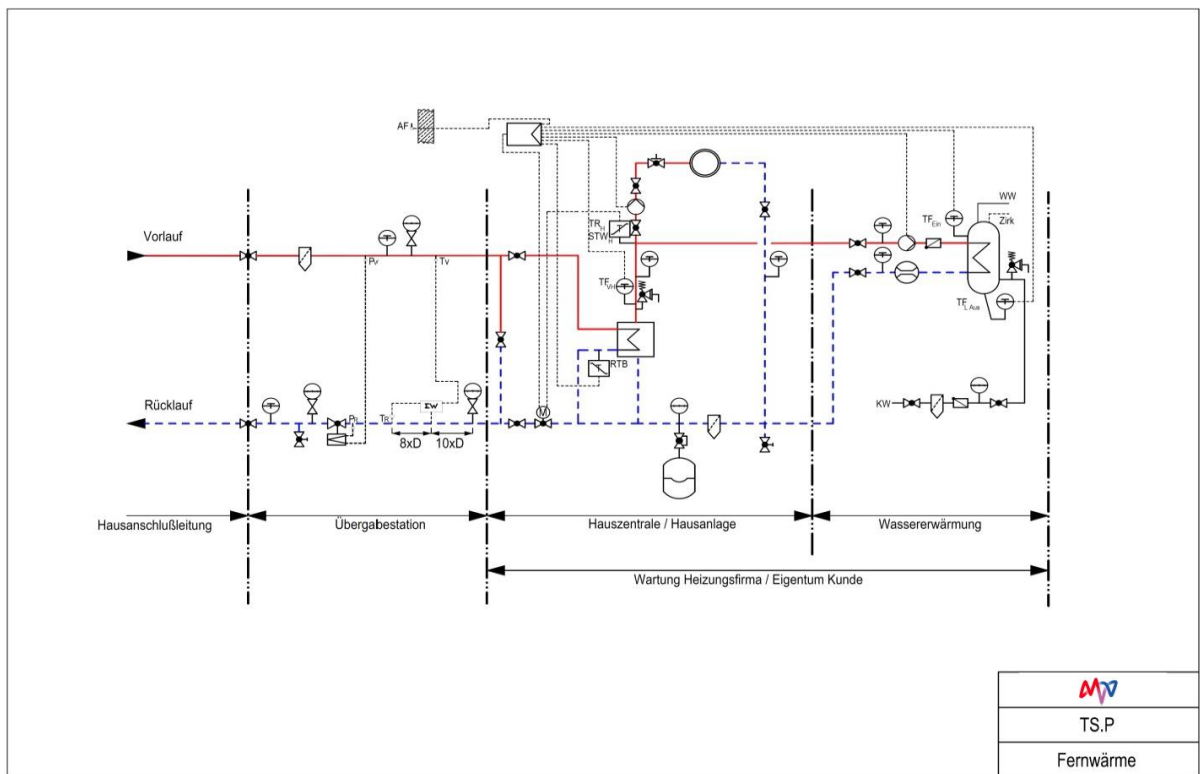
Šiluma paprastai perduodama į tinklą galutiniam vartotojui, naudojant skirtingus tinklų lygius (žr. 2 pav.), (AGFW FW 510, 2018). **Pirminį tinklą** sudaro vamzdžiai, kurie yra tiesiogiai arba netiesiogiai sujungti su šilumos generatoriais. **Antrinis tinklas** yra CŠT tinklas, atskirtas nuo pirminio CŠT tinklo su pastote, kuri atskiria skirtingas sistemos parametrų puses. **Tretinis tinklas** yra galutinio vartotojo vidaus sistemos. Kai kuriose sistemose yra tik vienas ar du lygiai.

Galima klasifikuoti tiesiogines ir netiesiogines sistemas. **Tiesioginėje sistemoje** pirminio tinklo šilumos perdavimo terpė teka tiesiogiai per vartotojų šildymo sistemą. Šiose sistemose vanduo iš CŠT tinklo teka per pastatų vamzdžius ir radiatorius. Dėl didelių tiesioginių sistemų trūkumų (pvz., aukšta temperatūra, problemos nutekėjimo atveju), jų palaipsniui atsisakoma. Šiandien daugiausia **netiesioginių sistemų**, kuriose pirminis tinklas atskiriamas nuo vartotojų vamzdžių sistemos per šilumokaičius.

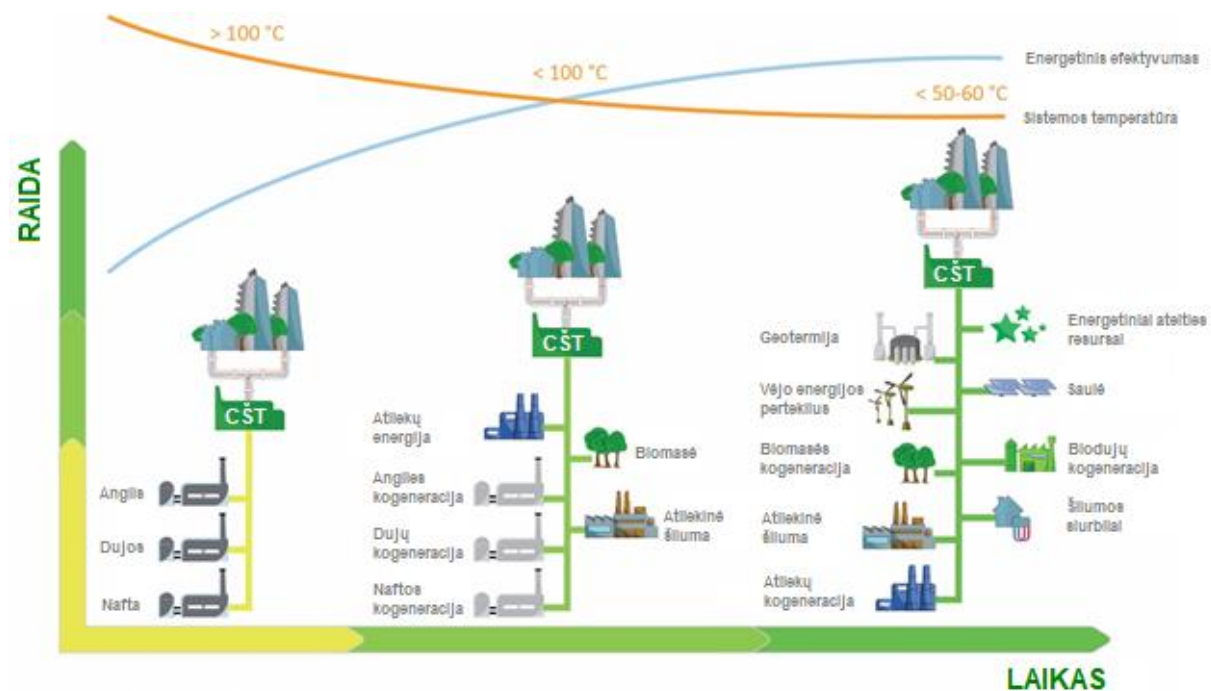
Kita klasifikacija vartotojų pusėje apima sistemas, kurios tiekia šilumą tik patalpų šildymui arba kurios tiekia šilumą patalpų šildymui ir karštam vandeniu. Sistemos, kurios taip pat teikia karštą vandenį, veikia visus metus.



Pav. 7: Tiesioginio jungimo schema (Šaltinis: MVV Netze, 2015)



Pav. 8: Netiesioginio jungimo schema (Šaltinis: MVV Netze, 2015)



Pav. 9: CŠT sistemų raida (Šaltinis: Euroheat & Power)

2.2 Dabartinio Europos CŠT apžvalga

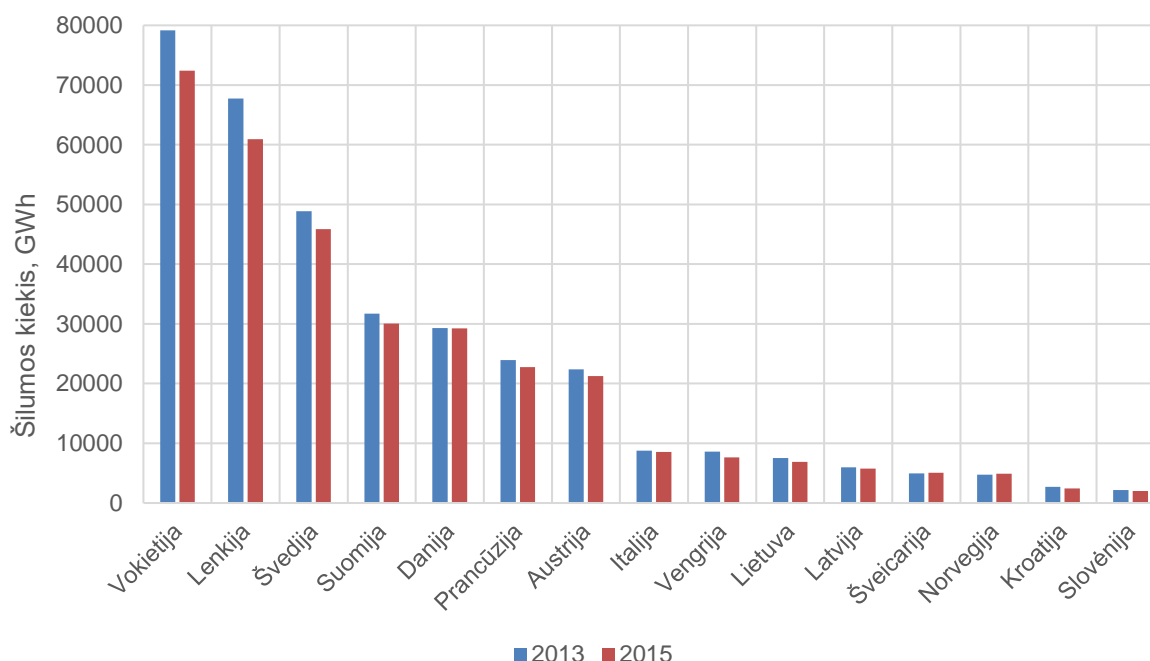
Siekiant sukurti technines ir kitas CŠT modernizavimo galimybes Europoje, svarbu žinoti apie praeitį plėtrą ir esamas CŠT rinkas Europos šalyse. Išsami statistinė apžvalga apie šią šiuolaikinę centralizuotą šildymą pateikiama „Euroheat & Power“ (2017). Šis skyrius paremtas „Gerdvilla“ (2015 m. rinkos duomenimis) su „Euroheat & Power“ nariais ir partneriais atliktu tyrimu.

Bendras šilumos tiekimo kiekis per CŠT Europos klientams vis dar yra palyginti mažas. Ši dalis sudaro apie 11-12% ES šilumos poreikio, kurį teikia 6000 šilumos tiekimo sistemų. CŠT yra dažniausiai paplitęs tradiciškai šaltas žiemos turinčiose šalyse Šiaurės / Vidurio Europoje. Kaip parodyta 10 paveiksle, didžiausia CŠT rinka yra Vokietijoje, po to Lenkijoje ir Švedijoje. Pietų Europoje CŠT vaidina tik nedidelį vaidmenį. CŠT aptarnauja apie 60 mln. ES piliečių, o 140 mln. gyventojų gyvena miestuose, kuriuose yra bent viena CŠT sistema.

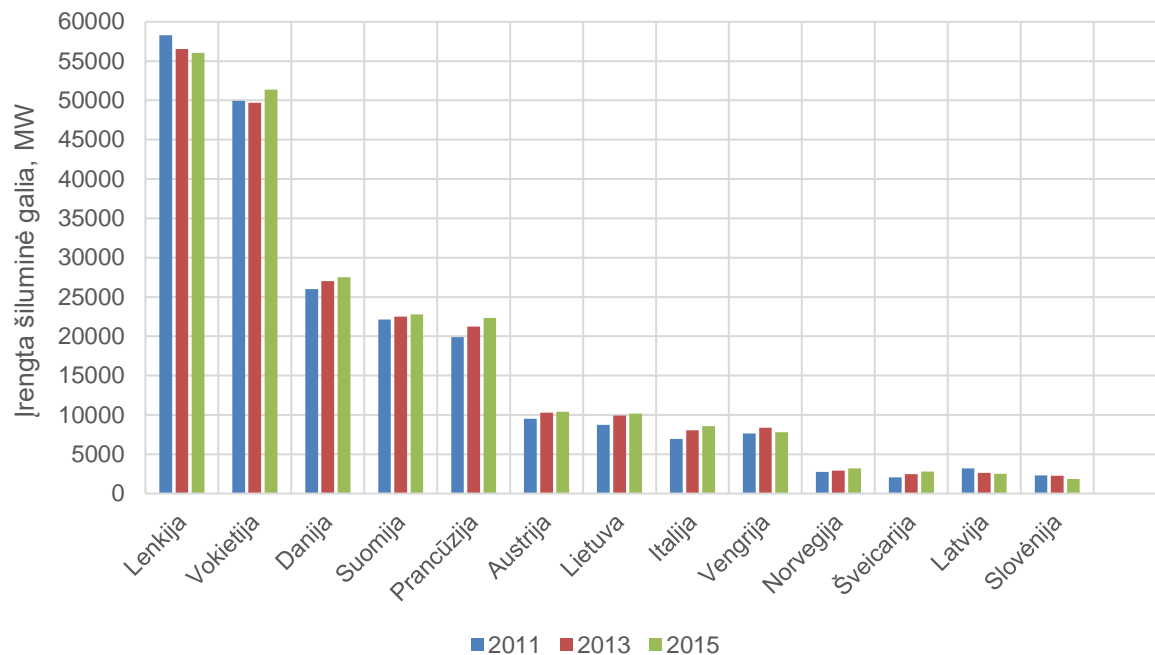
Bendras įrengtų CŠT pajėgumų padidėjimas nuo 2011 m. dešimtyje šalių pateiktas 11 pav., didžiausias procentinis padidėjimas užfiksuotas Šveicarijoje (36%), Italijoje (24%), Norvegijoje ir Lietuvoje (po 16%).

CŠVT dalis, palyginti su kitomis šildymo sistemomis šalyje, yra didžiausia Danijoje, Lietuvoje, Švedijoje, Lenkijoje ir Suomijoje (12 pav.). Visų kitų šalių dalis yra mažesnė nei 15%. Labiausiai pastebimas sumažėjimas yra Švedijoje, kur dėl mažų elektros kainų daugiau klientų pasirinko elektrinį šildymą, įskaitant ir šilumos siurblius. Šildymo elektra santykis padidėjo 4%.

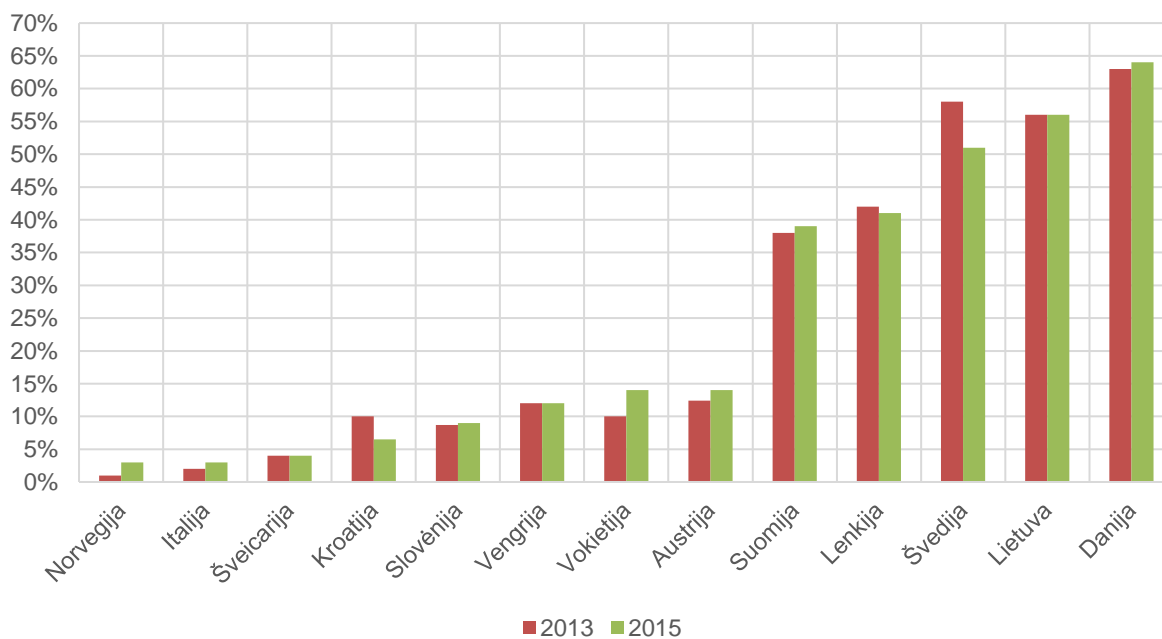
Apskritai, CŠVT Europoje tampa vis labiau tvarus (13 pav.). Vidutiniškai atsinaujinančios energijos dalis CŠVT nuo 2011 m. iki 2015 m. padidėjo 10%.



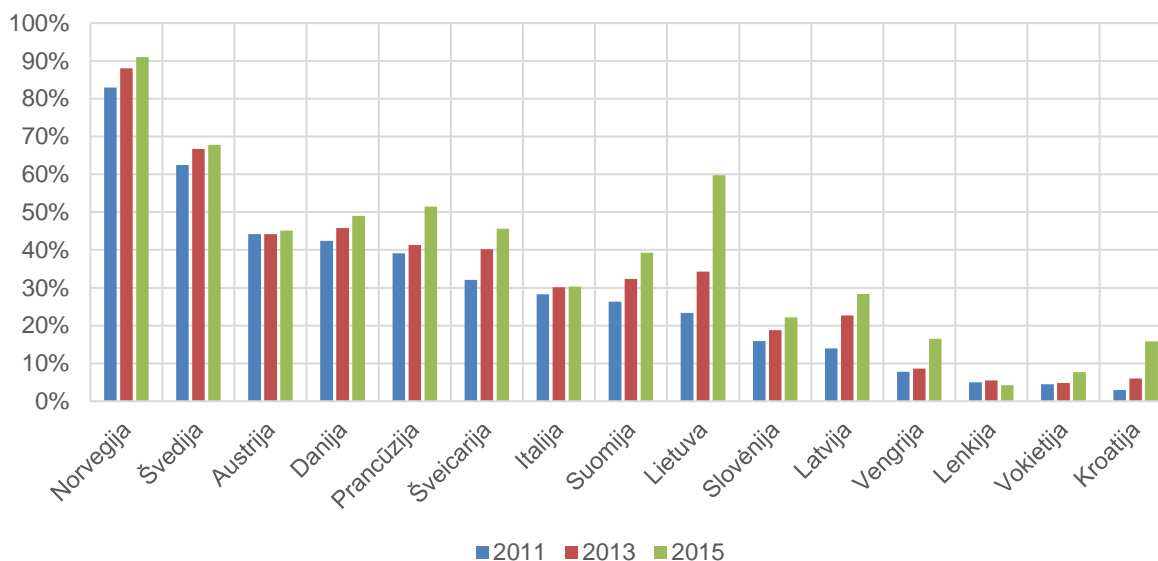
Pav. 10: Šilumos kiekis pateiktas CŠT vartotojams (Šaltinis: Gerdvilla apžvalga, 2017, Euroheat & Power)



Pav. 11: Suminė CŠT sistemose įrengta šiluminė galia (Šaltinis: Gerdvila apžvalga, 2017, Euroheat & Power)



Pav. 12: CŠVT užimama dalis lyginant su kitais šildymo būdais (Šaltinis: Gerdvila apžvalga, 2017, Euroheat & Power)



Pav. 13: Atsinaujinančių energijos šaltinių dalis CŠVT sistemose (Šaltinis: Gerdvila apžvalga, 2017, Euroheat & Power)

2.3 Bendrosios struktūrinės sąlygos: CŠT konkurentai

Nors Europoje yra daugiau kaip 6000 CŠT sistemų, jomis patenkinama tik apie 13% Europos šalių šilumos poreikio. Tai rodo, kad dauguma pastatų vis dar šildomi alternatyviomis priemonėmis. Šiai situacijai yra kelios priežastys, kurios nurodytos šiame skyriuje.

Tam tikrose šalyse CŠT dalis šilumos poreikiui patenkinti priklauso nuo šalies geografinės padėties ir nuo istorinės raidos. Danija, Lietuva ir Švedija yra Europos lyderiai, naudojantys CŠT sistemas. Islandijoje su namų ūkiais susieta CŠT sistema apima 92%, taip pat ji yra visiškai atsinaujinanti, nes naudoja geoterminę energiją. Danija įgyvendina tvarius energetinius sprendimus, joje CŠT naudojami 63.3% piliečių. Tačiau, judant į pietus Europoje, paprastai reikia mažiau šilumos, todėl CŠT dalis žymiai sumažėja. Nepaisant to, šildymas žiemą vis dar reikalingas tokiose šalyse, kaip Ispanija, Graikija, Portugalija ir t.t., kuriose pasitelkiami įvairūs sprendimai, pavyzdžiui, oro kondicionavimo sistemos ar individualūs katilai.

Rytų Europos šalys dažnai turi santykinai didelę CŠT sistemų dalį, tačiau jose dažnai yra senų, per didelio dydžio, mažo efektyvumo generavimo įrenginių, naudojančių iškastinį kurą. Dėl šios ir kitų priežasčių, didėja tendencija atsijunginėti nuo tokių CŠT sistemų.

Dažniausias CŠT pakaitalas pietų ir rytų Europos šalyse yra individualūs katilai. Dažniausiai tokiuose katiluose naudojamas kuras yra gamtinės dujos ir įvairių formų biomasė (mediena, granulės). Tam tikru mastu naudojamas mazutas, nors jo naudojimas palaipsniui yra mažinamas. Gamtinių dujų katilai paprastai naudojami miestuose, nes jose yra pačiai paplitę gamtinių dujų skirstomieji tinklai. Šiuolaikiniai katilai turi didelį efektyvumą (virš 90%) ir todėl tarp piliečių šis sprendimas yra populiarus. Vis dėlto, gamtinės dujos yra iškastinis kuras, ir todėl nėra tvarus sprendimas individualaus šildymo lygmenyje. Be to, naudojant šį kurą, sumažėjo tiekimo saugumas, nes dauguma Europos šalių priklauso nuo ne iš ES šalių importuojamų dujų. Galiausiai, energetiniu požiūriu, nėra efektyvu naudoti gamtines dujas mažesnės vertės energijos gamybai (šilumai).

Kaimo gyvenvietėse labai dažnai yra naudojami biomasės katilai, nes biomasė paprastai auga aplinkinėje teritorijoje ir todėl yra pigi. Šiuolaikiniai biomasės katilai turi efektyvias ir kokybiškas dūmų filtravimo sistemas, kurios gerokai sumažina išmetamų teršalų emisijas. Tai gera alternatyva CŠT sistemoms tose vietose, kur šilumos poreikis nėra pakankamai koncentruotas, kad būtų logiška diegti tokią sistemą. Vis dėlto, daugelis kaimo vietovių turi

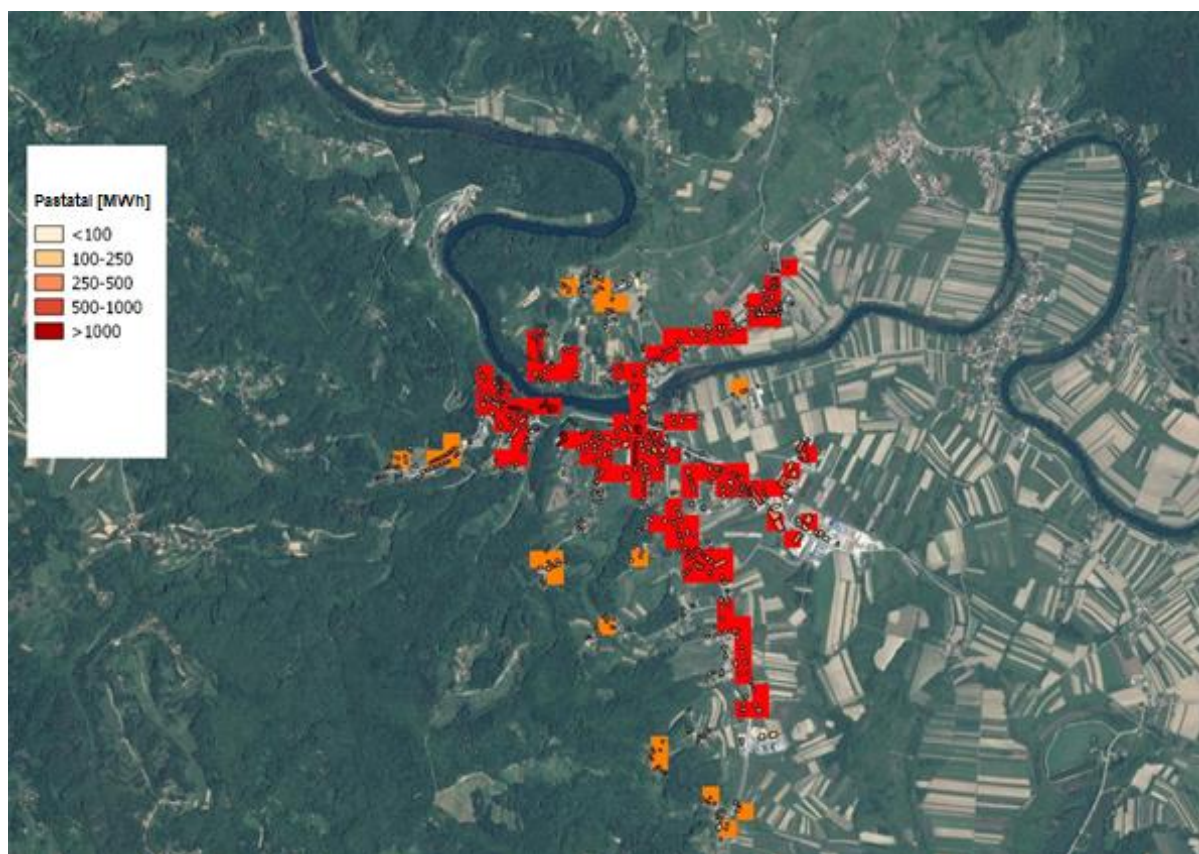
nemažai senų ir neveiksmingų biomasės katilų. Tai lemia didelius azoto oksidų, anglies monoksido ir kietųjų dalelių išmetimus. Tai gali būti rimta problema, nes šie teršalai lieka apylinkėse ir palaipsniui sukelia rimtų sveikatos problemų gyventojams.

Pietų Europos šalyse yra namų ūkių, kurie žiemos mėnesiais šildymui naudoja ir oro kondicionavimo įrenginius. Tai įprasta tose vietose, kuriose vasarą reikia didelių vėsumos poreikių, o žiemą šilumos poreikis mažas. Oro kondicionavimo įrenginiai iš esmės turi mažus oro siurblius. Tikimasi, kad šilumos siurbliai ateityje bus svarbūs šilumos šaltiniai. Tiksliau, iš oro į vandenį, iš žemės į vandenį bei iš vandens į vandenį pereinančios šilumos siurbliai bus naudojami kaip alternatyva tose vietose, kuriose šilumos poreikis yra mažas. Vis dėlto, naudoti oro-oro šilumos siurblius šildymui nėra efektyvus šildymo būdas, nes našumo koeficientas (COP) yra žemas žiemos laikotarpiu, t.y., jis yra mažiausias, kai šilumos poreikis būna didžiausias.

CŠT paprastai yra ekonomiškai naudingas tose vietose, kuriose pakankamai didelė šilumos paklausa. Todėl dauguma miestų apylinkių galėtų būti prijungti prie CŠT. Naudinga priemonė sistemos potencialui analizuoti yra šilumos paklausos kartografavimas su geografinės informacijos sistemos (GIS) įrankiais, kurie grafiškai gali parodyti CŠT sistemos potencialą, kaip pavaizduota 14 paveiksle.

CŠT potencialas šiuo metu yra labai didelis. Norint, kad šildymo sektorius būtų tvarus ir dekarbonizuotas, CŠT turėtų būti išplėstas, kad padengtų didesnę šilumos poreikio dalį. Tai turi būti derinama su energijos taupymo priemonėmis pastatuose, siekiant galimybės naudoti žemos temperatūros šilumą, gaunamą iš įvairių atsinaujinančių šaltinių, kaip saulė, geoterminė energija ir kt. Kaip buvo minėta anksčiau šiame skyriuje, likusią šilumos poreikio dalį retai apgyvendintose vietovėse galėtų padengti individualūs šiluminiai katilai.

Vienas iš didžiausių barjerų, didinant CŠT sektoriaus apimtį, yra šio sektoriaus **konkurencija su gamtinėmis dujomis**. Vis dėlto, CŠT konkuruoja su visomis šildymo alternatyvomis. Pasirinkta šildymo sistema paprastai nebus keičiama per trumpą laiką. Tai buvo išspręsta tokiose šalyse kaip Danija, konkrečiai pažymint zonas, kuriose įrengiami CŠT tinklai, ir tas, kuriose įrengiami gamtinių dujų tinklai. Kitaip tariant, komunalinio šildymo planai atskiria CŠT teritorijas, kuriuose visi namų ūkiai turi būti prijungti prie šio šilumos šaltinio, nuo teritorijų, kur jungiamasi prie gamtinių dujų tinklų. Tačiau pietryčių Europoje padėtis yra visiškai kitokia, kai CŠT ir gamtinės dujos kartu paprastai yra laisvai prieinami vartotojams. Dėl nepakankamų visuomenės žinių apie CŠT ir dėl žemų gamtinių dujų kainų, kai kuriose vietose nauji pastatai dažniau prijungiami prie gamtinių dujų tinklo, nei prie CŠT, nepaisant CŠT prieinamumo vietovėje.



Pav. 14: Ozalj miesto Kroatijoje šilumos poreikio žemėlapis, kuriame taip pat nurodomos miesto dalys, kurias būtų galima prijungti prie CŠT sistemos (oranžinės ir raudonos dalys) (Šaltinis: Doračić ir kt., 2018)



Pav. 15: Gamtinių dujų ir CŠT tinklų žemėlapis Velika Gorica mieste Kroatijoje (Šaltinis: T. Novosel)

3 Modernizavimo procesas

CŠT tinklai turi didelį potencialą šilumos sektoriuje tiek techniniu, tiek organizaciniu požiūriu. Jie leidžia integruoti atsinaujinančios energijos šaltinius, siekiant pagerinti bendrą energijos suvartojimo efektyvumą, taip pat palengvinti sektorių jungimąsi (šilumos, elektros).

Paprastai bendras modernizavimo procesas, kuriuo siekiama pagerinti CŠT tinklų efektyvumą, yra kompleksinis ir sudėtingas. Tai yra ilgalaikė ir didelė investicija. Ypač reikia atsižvelgti į modernizavimo priemones, susijusias su prijungtais pastatais, pvz., mažinti darbinę temperatūrą. Tai reiškia tiesioginį bendradarbiavimą su pastatų savininkais ir galutiniais vartotojais. Toks ilgas ir globalus procesas turi įtakos miesto ar rajono gyvenimui, todėl turėtų būti atitinkamai įvertintas. **Dėl šių priežasčių tai turėtų būti labai kruopščiai planuojama ilgalaikėje perspektyvoje.**

Idealiu atveju, bendras modernizavimo procesas planuojamas holistiniame procese kaip vienas projektas, kuriame būtų atsižvelgiama į visus sistemos aspektus, įskaitant šilumos gamybą, paskirstymą ir naudojimą, siekiant maksimaliai padidinti visos sistemos efektyvumą. Tačiau, kadangi tai dažnai yra ilgalaikė ir brangi investicija, daugeliu atvejų tik dalis visos sistemos yra atnaujinama. Kadangi kiekviena CŠT sistema yra labai specifinė ir individuali, nėra universalus standartinio modernizavimo proceso. Nepaisant to, procedūros gali būti panašios ir keletas proceso aspektų yra aprašyti žemiau esančiuose skyriuose.

Svarbu, kad visos suinteresuotosios šalys dalyvautų planavimo etape: šilumos tiekėjai, CŠT operatoriai, būstų bendrijos, pastatų savininkai, galutiniai vartotojai ir vietinės strategijos formuotojai. Planavimo metu turėtų būti parengta konkreti schema, apimanti technines ir organizacines priemones, pagrįstas išsamiau dabartinės padėties vertinimu. Kalbant apie dideles investicijas ir modernizavimo trukmę, vertinime taip pat turėtų būti atsižvelgta į būsimą šilumos poreikio raidą, remiantis šiuo metu esančiomis demografinėmis tendencijomis ir scenarijais.

Be to, reikia išsamiai apsvarstyti siūlomų priemonių **ekonominio efektyvumo** ir finansavimo klausimą. Modernizavimo metu turėtų būti nurodyta, kurie verslo ir organizaciniai modeliai bus naudojami įgyvendinant įvairias planuojamas priemones, įskaitant ir lėšų pritraukimo bei piliečių dalyvavimo klausimus.

Modernizavimu taip pat turėtų būti siekiama efektyvumo, paslaugų kokybės didinimo, CO₂ emisijų bei pirminės energijos suvartojimo sumažinimo. CŠT idealiai tinka žemo potencialo perteklinės šilumos naudojimui ir atsinaujinančios energijos integravimui. Taip pat, modernizavimas turėtų pagerinti CŠT įvaizdį vietos lygmeniu. Schema turėtų apimti atvirą komunikacijos strategiją ir įtraukti galutinius vartotojus per skirtingus dalyvavimo modelius.

Siekiant maksimaliai panaudoti atnaujinimo potencialą, modernizuojant CŠT sistemas pirmiausia reikėtų atsižvelgti į vartotojų šilumos poreikį ir tada atnaujinti esamą paskirstymo sistemą, įskaitant šilumos punktus ir vartotojų jungtis: pasiekti mažesnius nuotėkio rodiklius bei šilumos nuostolius, sumažinti eksploataavimo temperatūrą, optimizuoti vamzdinių matmenis ir hidrauliką, diegti modernias IT valdymo sistemas ir suteikti vartotojui galimybę kontroliuoti tiekimą.

3.1 Įmonių motyvacija tobulinant procesus

Klimato kaitos mažinimas dekarbonizuojant šilumos sektorių Europoje su tvaria šilumos gamyba ir sąnaudų mažinimu yra pagrindinės bendrosios CŠT sistemų modernizavimo priežastys. Tarptautinės ir nacionalinės politikos pagrindinės sąlygos įtakoja modernizavimo priemonių įgyvendinimą. Tačiau reikia pripažinti, kad modernizavimo priemonių vykdytojai yra CŠT įmonės, kurios gali turėti skirtingas motyvacijos prielaidas atlikti sistemos atnaujinimus.

CŠT tobulinimo projekte buvo ištirti įvairūs jau įgyvendinami modernizavimo darbai (Upgrade DH, 2018a). Remiantis tuo, sekančiame skyriuje apibendrinama, kokių skirtingų tikslų turi įmonės, ir kokia yra jų motyvacija. Todėl projektų motyvai skirstomi į tris kategorijas: **įmonės tikslus, ekonominę naudą ir poveikį aplinkai**.

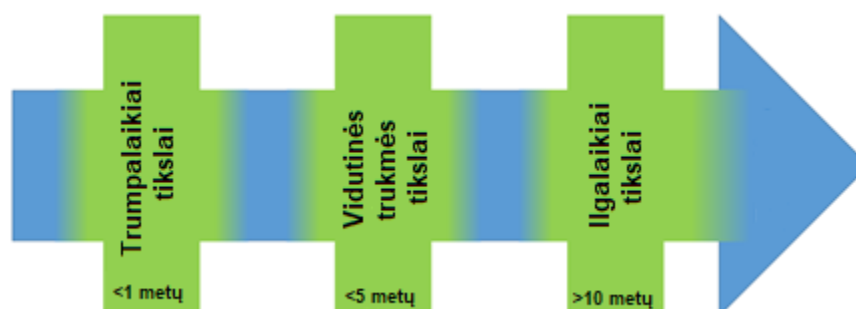
3.1.1 Įmonės tikslai

Strateginius įmonės tikslus įtakoja jos tipas. CŠT kompanijos gali būti viešos arba privačios, turėti vieną ar kelis akcininkus, būti pelno siekiančios arba pelno nesiekiančios. Be to, įmonės tikslus įtakoja rinkodaros tikslai (žalioji žvaizdė), politiniai sprendimai ir teisiniai reikalavimai. Taigi, įmonės tikslus gali suformuluoti vadovybė, akcininkai ar politikai.

Konkretūs įmonės tikslai gali būti aukštas motyvacinis veiksnys diegiant modernizavimo priemones. Remiantis „Hungenberg & Wulf“ (2015 m.), įmonės tikslus galima suskirstyti į tris aspektus: turinį, tikslą ir laiką. Šiuos tris aspektus gali papildyti taikymo sritis, prioritetai ir atsakomybė (Töpfer, 2006).

Nustatant CŠT atnaujinimo priemonių tikslus, jie gali būti suskirstyti pagal laiką į trumpalaikius, vidutinės trukmės ir ilgalaikius tikslus. Pagal „Hungenberg & Wulf“ (2015 m.), atitinkamas trumpalaikių tikslų laikotarpis yra iki vienerių metų, nes šie tikslai dažnai susiję su vienais finansiniais metais. Nustatytas vidutinės trukmės tikslų laikotarpis yra apie dvejus ar trejus metus, o ilgalaikiai tikslai nustatomi iki penkerių metų ir išimtiniais atvejais - iki dešimties metų. CŠT modernizavimo projektams šiuos laikotarpius reikia koreguoti ir išplėsti, nes atnaujinimo trukmė paprastai yra ilgesnė. Taigi **trumpalaikių** tikslų laikotarpis išlieka iki vienerių metų, **vidutinis laikotarpis** padidinamas iki maždaug penkerių metų, o **ilgalaikių tikslų laikotarpis** - dešimt metų ir ilgesnis. Laikotarpių ir laiko santykio koreliavimas pavaizduotas 16 paveiksle.

Skirtingi įmonių tikslai buvo nustatyti projekto „Upgrade DH“ metu ir išskirti į 3 kategorijas pateiktas 2 lentelėje (Upgrade DH 2018a).



Pav. 16: CŠT sistemų tobulinimo tikslų įgyvendinimo laikotarpiai

Lentelė 2 Įmonių tobulinimo tikslai

Trumpalaikiai tikslai	Vidutinės trukmės tikslai	Ilgalaikiai tikslai
<ul style="list-style-type: none"> • Ekonominė nauda • Pirminės ir antrinės energijos taupymas • Įdiegtų pajėgumų optimizavimas • Atsinaujinančių energijos šaltinių dalies didinimas 	<ul style="list-style-type: none"> • CŠT sistemų transformavimas ir atnaujinimas, naudojant naujausias technologijas • Naujų vartotojų prijungimas • Tolimesnis atsinaujinančių energijos šaltinių dalies didinimas • Energijos šaltinių diversifikacija 	<ul style="list-style-type: none"> • Tvari šilumos gamyba • CŠT sektoriaus dekarbonizacija • Šildymo konkurencingumo išlaikymas • Šilumos tiekimo saugumo didinimas bei kainų svyravimo mažinimas

3.1.2 Ekonominė nauda

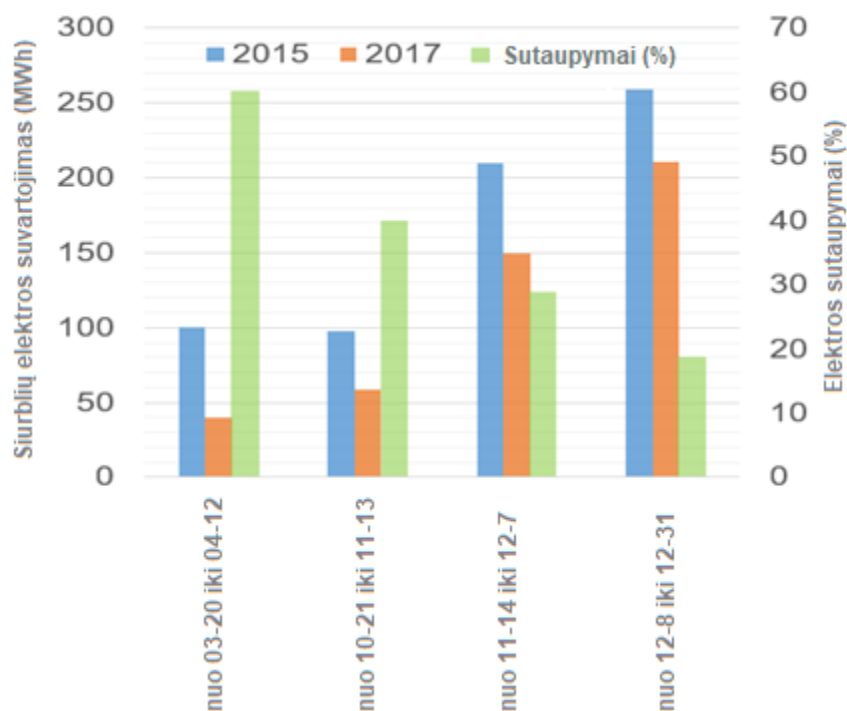
CŠT teikiamos ekonominės naudos gali būti trys: ekonominė nauda įmonei (pelno didinimas), ekonominė nauda šilumos vartotojams ir ekonominė nauda vietos ekonomikai.

Priklausomai nuo konkrečių įmonių tikslų, pagrindinė įmonių motyvacija diegti modernizavimo procesus paprastai yra ekonominė nauda. Sumažėjusios sąnaudos arba taupymas ir didesnės pajamos gali būti panaudotos tolimesnėms investicijoms, akcininkų užduočių vykdymui arba šilumos kainų mažinimui. Tai priklauso nuo bendrų strateginių įmonės tikslų. Siekiant pelno, reikia mažinti sąnaudas, efektyvinant gamybą, išlaikant pajamų lygį.

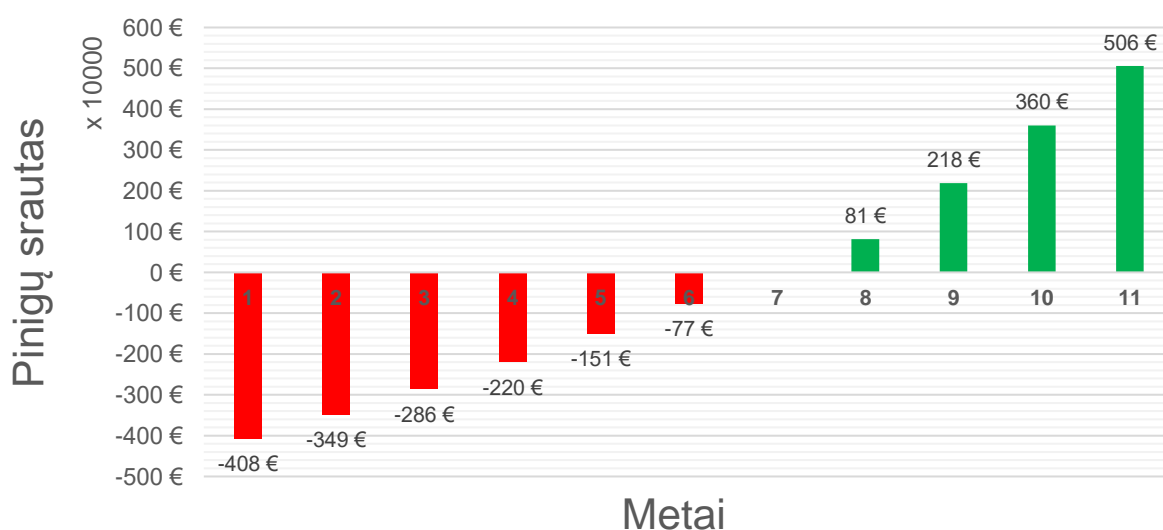
Sąnaudų mažinimo metodas gali būti perėjimas prie kitų energijos šaltinių, kurių kaina yra mažesnė ir stabilesnė. Vietos energijos šaltinių, pvz., medžio drožlių naudojimas gali pakeisti dažnai importuojamą iškastinį kurą. Vietinių ar regioninių energijos šaltinių naudojimas gali būti labai naudingas. Tai sumažina priklausomybę nuo tarptautinių tiekėjų. Dėl to sumažėja CŠT sistemos operatoriaus rizika, todėl klientams užtikrinamas didesnis šilumos tiekimo saugumas. Medienos drožlių atveju sąnaudos dažnai būna stabilesnės, o tai padeda prognozuoti šilumos gamybos sąnaudas. Be to, remiamos vietos įmonės, prisidedančios prie vietos ekonomikos.

Keli projektai rodo, kad modernizavimo priemonėmis siekiama sumažinti tiek pirminės, tiek antrinės energijos poreikį. Pirminės energijos paklausa mažinama mažinant suvartojimą arba pakeičiant iškastinį kurą kitu energijos šaltiniu. Antrinis energijos poreikis yra mažinamas mažinant elektros energijos suvartojimą sistemos ir jos komponentų valdymui. Lyginant galios poreikį (17 pav.), skirtą tinklo siurbimo procesui prieš ir po modernizavimo priemonių įgyvendinimo, pavaizduotos energijos taupymo galimybės.

Kitas svarbus ekonominis rodiklis yra projekto **atsipirkimo laikotarpis**. Ypač visapusiškiems projektams, kaip antai visos CŠT sistemos atnaujinimas, pelningumas arba investicijų grąža yra lemiami kriterijai. Didelės investicinės išlaidos turi būti amortizuojamos po numatyto laikotarpio. Ilgesnius didelių investicijų išlaidų amortizacijos laikotarpius dažnai galima kompensuoti sumažėjusiomis eksploataavimo ir kitomis sąnaudomis. Žemiau pateiktoje paveiksle (18 pav.) yra iliustruota amortizacija per pinigų srautą, „Green Energy Park“ Livno (Bosnija ir Hercegovina).



Pav. 17: Siurbimui sunaudojama energija 2015 ir 2017 m. (Šaltinis: Upgrade DH 2018b)



Pav. 18: Modernizavimo projekto „Green Energy Park“ (Livno mieste, Bosnija ir Hercegovina) numatomas pinigų srautas (Šaltinis: Upgrade DH 2018a)

Naudojant programinės įrangos optimizavimo priemones, siekiama optimizuoti operacijų planavimą, ypač kogeneracinėms jėgainėms (Kühne & Hinz, 2016). Be to, nustatant optimalią ekonominę naudą, galima pasiekti maksimalų pelną. Naudojant įrangą, siekiama efektyviausio veiklos planavimo. Remiantis skirtingais parametrais, skaičiavimais ir įvertinimais, galima optimizuoti veikimą be įrangos modernizavimo priemonių, pavyzdžiui, naujų šilumos gamybos įrenginių, naujų paskirstymo tinklų siurbimo sistemų arba naujų šilumokaičių. Todėl įrangos pagalba tiriami visi galimi veikimo būdai, pajamų šaltiniai ir įmanomas poveikis sistemai (Kühne & Hinz, 2016).

Kitas ekonominis tikslas - prijungti naujų vartotojų. Nauji klientai, viena vertus, yra naujas pajamų šaltinis, parduodant šilumą, ir, kita vertus, nauji klientai prisideda prie įmonės augimo ir gali skatinti CŠT populiarumą.

3.1.3 Poveikis aplinkai

Poveikio aplinkai gerinimas gali būti svarbus atnaujinimo proceso tikslas. Priklausomai nuo įmonės požiūrio, motyvacija didinti aplinkosaugos veiksmingumą gali būti įvairi:

- **Idealistinė motyvacija:** tai ypač taikytina CŠT kooperatyvams, viešosioms įmonėms ar šilumos vartotojams priklausančioms įmonėms.
- **Rinkodaros motyvacija:** per žalią įmonės įvaizdį galima įgyti daugiau klientų.
- **Priverstinė motyvacija:** per privalomus reikalavimus ar teisės aktus įmonės galėtų būti priverstos laikytis tam tikrų aplinkosaugos reikalavimų, pvz. įsipareigojimai dėl išmetamųjų teršalų mažinimo.
- **Ekonominė motyvacija:** aplinkosaugos veiksmingumo gerinimas galėtų prisidėti prie ekonominės naudos, pvz. pigesnių degalų atveju arba taikant CO₂ emisijos mainų schemą.

CO₂ emisijų mažinimas ir CŠT sistemos efektyvumo gerinimas yra pagrindiniai aplinkosaugos gerinimo motyvaciniai elementai. Efektyvumo didinimas turi teigiamą poveikį tiesiogiai pačiai CŠT įmonei.

Efektyvumo padidėjimas dėl modernizavimo priemonių dažnai reiškia ir ekonominę naudą, kurią sukelia mažesnis degalų suvartojimas arba elektros energijos sutaupymas. Efektyvumo didinimas yra svarbus išmetamo CO₂ kiekio mažinimo veiksnys. Sistemos efektyvumo didinimas turi įtakos šilumos gamybai, šilumos paskirstymui ir šilumos suvartojimui. Tai lemia viso grandininio proceso energijos sutaupymą. Visų pirma, senosios CŠT sistemos, naudojančios senesnes technologijas („Green Energy Park Livno“, „Upgrade DH“, 2018b), turi didelį potencialą efektyvumo padidimui. Tačiau net ir modernesnės sistemos turi didelį efektyvumo potencialą bei paskatą optimizuoti veiklą (Optimisation of Pumping Operations in the DH System, Ferrara; in Upgrade DH, 2018b).

„Upgrade DH“ projekto gerosios praktikos pavyzdžiai („Upgrade DH“, 2018a, b) parodė daugybę galimų atnaujinimo priemonių. Keletas pavyzdžių atskleidė, kad, įdiegus papildomą įrangą, šilumos gamybos procesas gali būti optimizuotas, padidintas šilumos generavimo efektyvumas. Be to, perdavimo tinklai turi didelį optimizavimo potencialą dėl neveiksmingos vamzdynų technologijos bei neveiksmingos įrangos (siurbliai, šilumokaičiai). Tinklo veikimo parametrų reguliavimas, siekiant sumažinti šilumos nuostolius, slėgio nuostolius ir elektros energijos suvartojimą, yra svarbus sistemos efektyvumo svirtas.

Įvairiomis modernizavimo priemonėmis siekiama padidinti vartotojų informuotumą apie šilumos tiekimą ir jų šilumos vartojimo įpročius, siekiant padidinti bendrą efektyvumą. Toliau renovuojant namus ir pastatus, siekiama mažesnio šilumos suvartojimo ir didesnio komforto lygio adresuotiesiems vartotojams. Kita optimizavimo priemonė buvo automatizavimo lygio didinimas. Tai yra galimybė sumažinti arba supaprastinti įvairias procedūras, apimant vidaus procesus ir sprendimų priėmimo būdus. Kita galimybė - įdiegti automatizavimo strategijas sistemos parametrų nustatymui.

Vykdamt projektą „Upgrade DH“, taip pat buvo aptiktos kitos konkrečios priemonės, kurios prisideda prie aplinkos išsaugojimo didinimo, pavyzdžiui, sistemos lankstumo gerinimas, kogeneracinių įrenginių eksploatavimo valandų didinimas arba sumažintas pikinių įrenginių veikimas. Kita priemonė yra perėjimas prie žemos temperatūros CŠT sistemų. Visos priemonės gali prisidėti prie bendro efektyvumo didinimo, tačiau jos turi įtakos ir individualiai įmonės veiklos strategijai bei planavimui. Visų pirma perspektyviam vystymuisi vis svarbesnis yra sistemos lankstumo, susijusio su šilumos gamyba, gerinimas (Kühne & Hinz, 2016). Išmetamo CO₂ kiekio mažinimas yra klimato kaitos mažinimas. Tačiau taip pat reiktų

nepamiršti ir azoto oksidų (NO_x), sieros oksidų (SO_x), kietųjų dalelių bei kitų teršalų mažinimo. (Upgrade DH, 2018b).

Be efektyvumo didinimo priemonių, daugiausiai išmetamo CO_2 kiekis gali būti sumažintas pakeičiant iškastinį kurą atsinaujinančiais šaltiniais. Jei bus tobulinamos visos CŠT sistemos, gali tapti lengviau integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius. Svarbus šios plėtros veiksnys yra šilumos gamybos technologijų įvairovė. Su gerai suprojektuota šilumos gamybos struktūra ir gerai suplanuotu modernizavimo projektu, visi turimi energijos šaltiniai ir turimos technologijos gali būti panaudotos optimaliai. Šis šilumos šaltinių mišinys leidžia sumažinti iškastinės energijos šaltinių naudojimą ir taupyti pirminę energiją.

3.2 Pradinė analizė

Pirmas žingsnis modernizuojant tinklus - sukurti tikslų dabartinės sistemos vaizdą. Ši analizė suteikia galimybę įvertinti tikimybes ir tobulinimo darbų naudą.

Pradinė būseną gali būti analizuojama įvairiais techninio ir netechninio lygio duomenimis. Pradinė tinklo veikimo analizė gali parodyti, kur panaudoti išteklius, kad integruotų naujovių teikiama nauda būtų maksimali. Toliau pateikiami klausimai, kurie padės perteikti bendrą esamo tinklo vaizdą:

- Ar tinklas tiekia pakankamai šilumos galutiniams vartotojams?
- Ar šiluma tiekama už kainą, kuri yra prieinama vartotojams ir panaši į alternatyvius šilumos gamybos būdus?
- Kaip šilumos tiekimo paslauga apmokestina klientus? Ar tai vienkartinė suma (pvz., vienam kvadratiniam metrui šildomo ploto) ar parduodamas šilumos vienetas?
- Ar tinklas turi didelį šilumos nuostolių lygį? Tai reiškia didelį skirtumą tarp šilumos išėigos iš gamybos įrenginio ir šilumos kiekio pas vartotoją?
- Ar tinklas yra senas ir netinkamas? Koks yra gedimų lygis ir aptarnavimo išlaidos?
- Koks yra esamas šilumos tiekimas tinkle? Ar yra poreikis atnaujinti tiekimą dėl ekonominių ar aplinkos apsaugos priežasčių?
- Kokia šalies / regiono strateginė struktūra? Ar yra politinė ir socialinė paskata atnaujinti šilumos gamybą ir perdavimą?

Techniniai rodikliai, kurie gali būti naudojami pradinei CŠT sistemos būsenai nustatyti, pateikti ir paaiškinti 5 skyriuje.



Pav. 19: Veiksniai, lemiantys CŠT tinklo tobulinimą (Šaltinis: COWI)

Reikalingi **pagrindiniai duomenys** yra energiją generuojančių įrenginių skaičius, įdiegta galia, įrenginių amžius, tinklo ilgis, temperatūros lygiai ir klientų skaičius. Šie duomenys paprastai yra lengvai prieinami. Dėl sudėtingesnių klausimų, tokių kaip našumas, tinklo charakteristikos ar veikimo režimai, būtina susisiekti su įvairių CŠT įmonių skyrių atsakingais asmenimis. Sistemai valdyti yra būtini išsamūs duomenys ir sistemos parametrai, tačiau jie yra žinomi tik santykinai nedidelei darbuotojų grupei.

Labai svarbu turėti būtiniausių duomenų įrašus. Pavyzdžiui, jei yra įrašai apie visą sistemos suvartojamą elektros energiją (kuri reikalinga efektyvumo įvertinimui), galima apibendrinti individualias katilinių ir paskirstymo siurblių sąnaudas.

Tačiau vis dažniau atitinkami duomenys yra prieinami visiems darbuotojams, turintiems prieigą prie CŠT sistemos duomenų naudojant SCADA (angl. Supervisory Control and Data Acquisition).

Tačiau, jei **trūksta duomenų**, gali prireikti papildomo stebėjimo laikotarpio duomenų rinkimui. Jei tinklas šiuo metu nėra stebimas, temperatūros jutiklių ir šilumos skaitiklių įrengimas pagrindiniuose tinklo taškuose tam tikrą laiką gali suteikti vertingų duomenų. Taip pat, norint išanalizuoti energijos balansą, reikės kuro sąnaudų stebėjimo (pvz., dujų srauto matavimas).

Senuose tinkluose, kuriuose šilumos nuostoliai yra dideli, terminis atvaizdavimas iš viršaus gali suteikti naudingos informacijos. Duomenų rinkimui tinkle yra naudojamas dronas, kuriame įrengtas terminis fotografavimas ir GPS technologija. Surinkti duomenys lyginami su CŠT vamzdynų vieta, kad būtų parodyta, kur yra didesnių šilumos nuostolių. Šis metodas naudojamas konkrečiai apžiūrėti fizinę tinklo būklę ir reikalauja mažai papildomų duomenų. Pavyzdys pateiktas 20 paveiksle.



Pav. 20: Terminis CŠT tinklo vaizdas, kuriame matomas didelis nuotėkis. (Šaltinis: COWI)

Technologijų pakeitimas arba modifikavimas paprastai siejamas su didelėmis sąnaudomis, todėl sąnaudos ir nauda turėtų būti palygintos prieš įgyvendinant atnaujinimą. Šiuo metu vykstantis Vokietijos mokslinių tyrimų projektas „NEMO“ rengia **CŠT sistemų stebėjimo metodą** ir gaires, kad sistema būtų nuolat tobulinama (AGFW, 2018b).

Sistemos pradinės būklės užfiksavimas padeda nustatyti prioritetus ir priimti pirmuosius sprendimus. Analizuojant rezultatus galima tikėtis, kad tam tikros tobulinimo galimybės yra akivaizdžios ir kad ekspertai gali nedelsdami patarti dėl svarbiausių patobulinimų, be išsamesnės analizės.

3.3 Duomenų analizavimas

Surinkti duomenys ir informacija turi būti analizuojami ir vertinami, siekiant tiksliau nustatyti galimas atnaujinimo galimybes ir nustatant bendrą tobulinimo potencialą. Surinkta informacija naudojama laipsniškai, siekiant atkreipti dėmesį į sistemos trūkumus ar anomalijas. Todėl reikia atsižvelgti į tai, kad kiekviena CŠT sistema ir analizuojamo tinklo pagrindinės sąlygos yra labai individualios.

Jei duomenys renkami automatiškai, paprastai reikia patvirtinti duomenis ir pradėti tam tikrą valymo procesą. Tai reiškia, kad reikia aptikti spragas, trūkstamus duomenų taškus, nenuoseklius duomenis ar nerealius duomenis. Atsižvelgiant į tai, kad CŠT sistemų modifikacijos yra ilgalaikis procesas, tai įprastai laiko analizei yra pakankamai.

Duomenų analizės metodas turėtų būti pasirinktas atsižvelgiant į turimų duomenų kiekį ir norimą analizės rezultatą. Yra keli būdai ir programinės įrangos paketai, kurie gali padėti atlikti duomenų analizę, nuo paprastos *Excel* skaičiuoklės iki sudėtingos termodinaminės analizės.

Norint gauti pirminę CŠT sistemos apžvalgą, galima atlikti **šilumos sąnaudų ir išeigos analizę**, kuri gali būti siejama su tinklo amžiumi ir bendrąja būseną. Visapusiška hidrodinaminė analizė gali pateikti išsamius duomenis apie eksploatacinius parametrus.

Reikalingas detalumo lygis priklausys nuo tinklo ir jame numatomų tobulinimų. Senesni tinklai, kurie, yra neefektyvūs, gali nereikalauti tokio išsamaus modeliavimo kaip naujesni tinklai, nes neefektyviose sistemose pirmieji patobulinimai gali būti pasiekiami gana lengvai.

Tačiau, svarstant apie žemos arba labai žemos temperatūros CŠT sistemos tinklą ir mažos temperatūros šilumos šaltinių ar atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą, **išsamus modelis** gali būti labai naudingas. Tokiais atvejais, norint užtikrinti pakankamą šilumos tiekimą, tinklo eksploatavimas turės būti sukonfigūruotas, tuo pačiu didinant atsinaujinančios energijos technologijų naudą aplinkai. Dėl žemos temperatūros CŠT tinklų ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas šildymo sistemoms pastate, kad būtų užtikrinta, jog žemesnėje temperatūroje gali būti tiekiamas pakankamai šilumos.

Yra ir esamų komercinių kompiuterinių programų, kurios gali apskaičiuoti pakeitimų poveikį sistemai (Upgrade DH, 2018a). Termohidraulinis modelis gali suteikti išsamią informaciją apie tinklo veikimą. Modelis gali būti naudojamas atliekant statistinę analizę arba stebint tinklą realiu laiku, kad būtų galima atlikti nuolatinės korekcijas. Modelių kūrimas reikalauja, kad tinkle būtų pakankamas duomenų rinkimas. Bent jau turėtų būti informacija apie šilumos tiekimą, vamzdžių dydį bei jų vietą ir šilumos suvartojimą naudotojų lygmeniu. 21 paveikslas parodo TERMIS modelį mažame mieste Danijoje su vienu šilumos šaltiniu.



Pav. 21: TERMIS bazinio modelio pavyzdys (Šaltinis: COWI)

3.4 Modernizavimo galimybių nustatymas: atsiperkamumo tyrimai

Tinklo atnaujinimo potencialas yra pagrįstas duomenų analize, paprastai nurodančia keletą galimybių, kurios yra techniškai įmanomos. Tai sudaro galimybių tyrimų pagrindą, kurio tikslas yra įvertinti kiekvieną variantą ir atlikti palyginimą, kad galima būtų palengvinti sprendimų priėmimą.

Galimos atnaujinimo priemonės pateikiamos brošiūroje „Geriausios praktikos pavyzdžiai, kaip tobulinti projektus“ („Upgrade DH 2018a“). Šioje brošiūroje surenkami ir aprašomi įvairūs ir jau sėkmingai įgyvendinti įvairaus Europos šalių modernizavimo projektai. 3 lentelėje pateikta atnaujinimo projektų charakteristikų apžvalga.

Lentelė 3: Projektų modernizavimo ypatybės (Pagal: Upgrade DH 2018b)

Modernizavimo etapai	Priemonių tikslai	Įtakos zonos
	Pirminės energijos taupymas	Pirminis tinklas
Techninis	Efektyvumo didinimas	Antrinis tinklas
Ekonominis	Atsinaujinančios energijos dalis	Tretinis tinklas
Organizacinis	Šilumos pertekliaus panaudojimas	Šilumos generavimas
Valdymas	Ekonominė nauda	Verslo modeliai
	Iškastinio kuro naudojimo mažinimas	Pastotės

Galimybių tyrimuose paprastai turėtų būti:

- esamo tiekimo tinklo / šilumos tiekimo metodo įvertinimas;
- išsami informacija apie tiekiamos šilumos apkrovą (tiek, kiek tai susiję su siūlomu atnaujinimu);
- svarstomų galimybių apžvalga;
- galimų variantų techninė analizė;
- finansinė analizė, apimanti kapitalo sąnaudas ir naudą per nustatytą darbo laikotarpį;
- išsami informacija apie leidimus, reikalingus projektui atlikti;
- išvados, ar siūloma atnaujinimo priemonė yra techniškai ir finansiškai perspektyvi, kartu su tolesniais projekto įgyvendinimo etapais.

3.5 Vertinimo kriterijų nustatymas lyginant įvairias galimybes

Kai kuriuose tinkluose, kur yra akivaizdi techninė problema, pavyzdžiui, dėl didelių šilumos nuostolių ir nutekėjimų tinkle, vertinant variantus, palyginamas paprastas išlaidų/grąžos apskaičiavimas. Tačiau daugelis tinklo atnaujinimų yra priklausomi nuo energijos vartojimo efektyvumo ir CO₂ kiekio mažinimui keliamų reikalavimų. Tokiais atvejais yra daug sudėtingiau sukurti tvirtą pagrindą, pagal kurį būtų galima įvertinti skirtingas galimybes.

Vertinant CŠT modernizavimo projekto įgyvendinamumą, svarbu apsvarstyti projekto vykdytojus. Kai kurie projektai gali nesuteikti didelių finansinių sutaupymų, tačiau gali atitikti kitus uždavinius, pavyzdžiui, klimato kaitos tikslus arba reikšmingus gyvenimo lygio pagerinimus tam tikrose srityse. Danijoje buvo bandoma sudaryti vienodas sąlygas galimybių analizei taikant socialinį ir ekonominį metodą. Šis požiūris atspindi holistinį projekto poveikio

vertinimą analizuojant poveikį visai visuomenei. Vertindami ir lygindami tokius projektus, Danijos savivaldybės gali susipažinti su kiekvieno projekto, įtraukto į pagrindinę ekonominę apžvalgą, poveikiu.

Danijos energetikos tarnyba pateikia ir atnaujina gaires, susijusias su CŠT projektų socialinės ir ekonominės analizės skaičiavimais ir metodais, skirtais analizės atlikimui. Tai reiškia, kad analizė turi būti atliekama remiantis tais pačiais įvesties duomenimis visuose projektuose, todėl ji suteikia subalansuotą pagrindą gyvybingumui įvertinti.

Kai kuriais atvejais projektas gali turėti prieštaringų tikslų, arba tam tikros atnaujinimo projekto dalys gali atitikti tik tam tikrus tikslus. Tokiu atveju ypač svarbu turėti tikslų, kurių reikia laikytis, apžvalgą, siekiant atitinkamai įvertinti ir planuoti projektą.

3.6 Vykdomo plano kūrimas

Kai bus atlikta galimybių analizė ir įrodyta, kad projektas yra perspektyvus, tolesni veiksmai yra planuoti projekto finansavimą ir įgyvendinimą.

Įprastai CŠT modernizavimo investicijų kaina yra didelė. Todėl yra svarbu tinkamai parengti **verslo planą**, siekiant gauti projekto finansavimą. Dėl didelių infrastruktūros išlaidų, CŠT projektai paprastai turi ilgą atsipirkimo laikotarpį. Todėl kai kuriais atvejais sunku gauti finansavimą iš privataus sektoriaus. Todėl CŠT projektus dažnai (bent jau iš dalies) finansuoja viešasis sektorius.

Tais atvejais, kai projektas teikia nefinansinę naudą, gali būti teikiama finansinė parama, siekiant, kad projektas būtų finansiškai perspektyvus. Finansavimo lygis ir mechanizmas priklauso nuo šalies ir teritorijos, kurioje vyksta projektas. Skirtingos sistemos taikomos skirtingose šalyse ir dažnai skirtingose konkrečios šalies srityse. Tai gali apimti subsidiją iš CO₂ redukcijos programų arba investicijas iš viešojo sektoriaus, kai projektas padeda gerokai pagerinti piliečių gyvenimo kokybę.

Priėmus sprendimą atlikti tobulinimą, remiantis galimybių analize, reikia išsamiau parengti projektą ir planavimą. Reikalingas projektavimo ir planavimo darbų lygis priklausys nuo projekto dydžio ir poveikio lygio. Tačiau šiame etape svarstylini bendri klausimai yra šie:

- Turi būti atliktas **detalus techninių sprendimų planas**, įskaitant objekto planus, naujus įrengimus, jungtis prie bet kokių esamų sistemų ir kt.
- Turėtų būti atlikta **suinteresuotųjų šalių analizė**, siekiant įvertinti tuos, kuriems projektas daro poveikį, ir nustatyti, kaip platinama informacija, kas yra atsakingas už komunikaciją / atsakymus į klausimus ir t.t. Tai ypač svarbu, jei projektas turės tiesioginį poveikį šilumos vartotojams, arba jei tai sukelia jų kasdienio gyvenimo sutrikimus.
- Remiantis techninio projekto ir suinteresuotųjų šalių analize, reikėtų parengti išsamų visų projekto veiklų **tvarkaraštį**.

Šis indėlis turėtų lemti **išsamų projekto įgyvendinimo planą**. Projekto grupė turėtų atlikti išsamią projekto peržiūrą, kad patvirtintų, jog įmanoma viską atlikti, kaip planuota.

Visame modernizavimo projekto planavimo ir įgyvendinimo procese svarbu vertinti, kokį poveikį jis turės galutiniams vartotojams. Paprastai atnaujinimo projektas turi įtakos vartotojams tam tikru būdu projekto įgyvendinimo metu, ir taip pat lemia pokyčius, susijusius su šilumos tiekimu vartotojams, ateityje. **Vartotojų informavimo ir mokymo planas**, skirtas informuoti apie naują sistemą, turėtų būti svarstomas projekto pradžioje. Projektavimo etape svarbu atsižvelgti į šilumos vartotojo ir tiekėjo sąveiką, kuri taip pat yra labai svarbi projekto sėkmei.

3.7 Atnaujinimo priemonių įgyvendinimas

Atnaujinimo priemonių įgyvendinimas turėtų būti vykdomas pagal įdiegtą įgyvendinimo planą. Jei yra galimas šilumos tiekimo sutrikimas, projekte turėtų būti skiriamas ypatingas dėmesys ir planavimas, siekiant užtikrinti, kad atliekami darbai kuo mažiau trikdytų vartotojus.

Priemonių įgyvendinimo etape svarbu informuoti ir mokyti vartotojus. Dažnai modernizavimo projektai apima tam tikrus pokyčius, susijusius su šilumos tiekimu į pastatą, kuris taip pat veikia ir vartotojus. Kad projektas būtų sėkmingas, siekiant ilgalaikių tikslų, naudotojai turės būti įtraukti į projektą ir informuojami apie šilumos tiekimo pokyčius.

3.8 Nuolatinė modernizavimo priemonių stebėseną

Kai kurių modernizavimo projektų poveikis gali būti pastebimas netrukus po įgyvendinimo. Pavyzdžiui, nuotėkio sumažinimas vamzdžiuose gali turėti tiesioginį poveikį papildomo vandens kiekiui. Tačiau daugeliu atveju, naudą galima matyti tik po tam tikro laiko, todėl nuolatinė stebėseną yra labai svarbi norint įvertinti, ar modernizavimo projektas atitinka išsikeltus tikslus.

Stebėjimo tipas ir dažnumas priklausys nuo projekto tikslų. Priklausomai nuo projekto tipo, gali būti naudojamos šios stebėsenos priemonės:

Šilumos matavimas naudojimo vietoje yra labai svarbus norint įvertinti pažangą daugelyje CŠT modernizavimo projektų. Jei kiekvienoje naudojimo vietoje matuojamas suvartotos šilumos kiekis, taip pat srauto ir grįžimo temperatūra, ir jei yra žinomas srautas iš/į įrenginius, galima apskaičiuoti tinklo nuostolius. Kuo didesnis duomenų rinkimo iš skaitiklio dažnis, tuo išsamesnis vaizdas parengiamas apie tai, kaip veikia tinklas ir kokie yra tam tikrų parametru (pvz., lauko oro temperatūros) įtaka šilumos tiekimo efektyvumui.

Kaip minėta, papildomo vandens kiekis parodys, kiek vandens nuteka iš tinklo.

Priklausomai nuo projekto tikslų, **vartotojų skundų lygis** bus pagrindas įvertinti, ar projektas buvo sėkmingas. Projektuose, kuriuose mažinama tiekimo temperatūra, klientų skundų lygis ir pobūdis padės suprasti, ar srauto temperatūros reguliavimas patenkina vartotojų šildymo poreikius. Taip pat gali būti nurodyta, kad reikalinga detalesnė informacija.

Kai kuriose šalyse gali būti pageidaujama **paklausti vartotojų** pateikti savo nuomonę apie šilumos tiekimą, o ne pasikliauti skundų lygiu. Kultūriniai skirtumai ir, kai kuriais atvejais, maži šilumos tiekimo lūkesčiai gali reikšti, kad nedidelis skundų lygis nebūtinai siejasi su gerai veikiančiu šilumos tiekimu.

4 Ne techniniai aspektai

Ne techniniai aspektai turi būti įvertinami bet kokiame modernizavimo projekte, kad būtų galima panaudoti visą techninio tobulinimo potencialą. Tai parodo naudą ekonomikai ir aplinkai. „Geriausios praktikos pavyzdžių apie projektų modernizavimą rinkimas“ („Upgrade DH“, 2018a) pateikti pavyzdžiai atskleidžia, kaip glaudžiai yra susiję techniniai ir ekonominiai aspektai. Šie pavyzdžiai rodo, kad kiekvienas atvejis turi konkrečių privalumų ir trūkumų, kurie turi būti apibrėžti, siekiant rasti geriausią modernizavimo priemonę.

Ketvirtame skyriuje parodyta keletas būdų, kaip aptikti sisteminės kliūtis, naudojant įvairius įrankius, pavyzdžiui, duomenų analizę. Įgyvendinant „Upgrade DH“ projektą, sukurtas **visuotinis CŠT sistemų vertinimo modelis** (Miedaner ir kt., 2018). Jis padeda ne tik identifikuoti ir suprasti dabartinius CŠT sistemos techninius rodiklius, bet ir įvertinti ne techninius aspektus. Tai apima, organizacinius klausimus, taip pat gaires ir modelius, skirtus **interview** su įvairiomis suinteresuotosiomis šalimis, kurie gali padėti atrasti galimas modernizavimo priemones.

Jei komunikacijos struktūra tarp visų susijusių suinteresuotųjų šalių nėra labai stipri, ypač rekomenduojama inicijuoti bendradarbiavimą tarp įvairių dalyvių. Net geriau, nei interview, yra bendrų darbo grupių su įvairių suinteresuotųjų grupių atstovais sudarymas. Tai gali būti platforma aptarti įvairius požiūrius, problemas ir iššūkius bendrame modernizavimo procese. Rekomendacijas dėl vietinių darbo grupių sukūrimo teikia Miedaner ir kt. (2018).

4.1 Strategijos ir veiklos kryptys

Istoriškai daugelis CŠT sistemų naudoja šildymo ir elektros jėginių perteklinę šilumą, kurios dažniausiai naudoja iškastinį kurą, pavyzdžiui, akmens anglį, iškastinį kurą ar gamtines dujas. Pradiniai jėginių tikslai dažnai buvo padidinti energijos gamybą, šiluma dažnai buvo laikoma šalutiniu produktu. Pirmasis ir svarbiausias modernizavimo aspektas yra klausimas dėl dabartinio ir **būsimo energijos gamybos įrenginio tikslo**. Tad, bet kokia atnaujinimo priemonė turėtų atsižvelgti į šiuos klausimus:

- **Ateities pokyčiai energetikos sektoriuje:** dėl klimato kaitos ir energetikos kurso Europoje vyksta energijos perėjimas ir tikimasi didelių pokyčių energetikos sektoriuje. Pagrindinis centralizuotų kogeneracinių jėginių tikslas buvo elektros energijos gamyba, o šiluma buvo laikoma tik šalutiniu produktu. Didėjant decentralizuotų priemonių integracijai į energetikos sektorių, šios elektrinės nuolat keičiasi. Be to, jos nėra lanksčios, ko reikalauja nauji energijos sektoriai, taigi ir mažiau suderinamos su naujomis energijos sistemomis. Be to, kelios vyriausybės šiuo metu numato palaipsniui atsisakyti iškastinio kuro naudojimo kogeneracinėse jėgainėse (pvz., Vokietija).
- **Efektyvumo reikalavimai:** iškastiniu kuru varomu jėginių elektrinis efektyvumas yra nuo 30% iki 40%. CŠT prijungimas prie šių jėginių buvo dažna priemonė padidinti bendrą efektyvumą naudojant dalį šilumos. Tačiau šilumos kiekis, naudojamas didinant bendrą efektyvumą, priklauso nuo šilumos poreikio ir gamybos vietos. Ypač akmens anglių kasyklose dažnai įrengiamos anglies jėgainės, ir dažniausiai toli nuo šilumos vartotojų. Be to, sumažėjęs šilumos poreikis vasarą sumažina šių įrenginių efektyvumą. Todėl kyla abejonių, ar ateities energetikos sistemose, veiksiančiose be iškastinio kuro, šie įrenginiai ir eksploatavimo režimai turės prasmę ilgalaikėje perspektyvoje.
- **Šilumos poreikis ateityje:** esamos CŠT sistemos šilumos poreikis gali keistis ateityje. Viena vertus, pastatų efektyvumo būklė gali padidėti, todėl reikės mažiau šilumos, kita vertus, nauji gyvenvietės ir rajonai gali būti prijungti prie CŠT. Be to, modernizuojant vamzdynų tinklą ir bendrą CŠT sistemą, gali pasikeisti bendras šilumos poreikis.

Oficialios strategijos ir veiklos kryptys atlieka labai svarbų vaidmenį įgyvendinant atnaujinimo procedūras įvairiais lygmenimis: Europos, nacionaliniu ir vietos lygmenimis. Atsižvelgiant į strategijų ir veiklos kryptių įvairovę, šio vadovo tikslas nėra apibendrinti visas kryptis. Todėl trumpai apibendrinami tik svarbiausi ir naujausi Europos lygmens teisės aktai, kurių nuostatas valstybės narės privalo perkelti į nacionalinius teisės aktus.

2018 metų pabaigoje buvo paskelbti trys pagrindiniai teisės aktai: „**Švari Energija Visiems Europiečiams**“, įsigaliojo 2018 m. gruodžio 24 d. atsinaujinančios energijos direktyva (RED II) (ES, 2018/2001), kuri nustato, kad privalomas ES tikslas - bent 32 proc. - 2030 m. ir persvarstyti, ar šis skaičius turėtų būti padidintas 2023 m. Patikslintoje energijos efektyvumo direktyvoje (ES, 2018/2002) nustatytas 2030 m. tikslas - 32,5 proc. Į naująjį reglamentą (ES, 2018/1999) įtrauktas reikalavimas, kad valstybės narės parengtų integruotus nacionalinius energetikos ir klimato planus 2021–2030 m., nurodydami, kaip pasiekti tikslus ir pateikti Europos Komisijai projektą iki 2018 m. (EB, 2019a).

Atsinaujinančios energijos direktyvoje (ES) 2018/2001 (II RED) „centralizuotas šildymas“ arba „centralizuotas vėsinimas“ apibrėžiamas kaip šilumos, garo, karšto vandens ar atvėsintų skysčių paskirstymas iš centrinų ar decentralizuotų gamybos šaltinių per tinklą į kelis pastatus ar objektus, skirtus naudoti patalpų arba procesų šildymui ar vėsinimui. Ši persvarstyta direktyva turi keletą svarbių aspektų, susijusių su CŠT ir vėsinimu, ir jos modernizavimo priemonės yra apibendrintos čia. RED II turinį valstybės narės turi perkelti į nacionalinius teisės aktus:

- Centralizuotas šildymas ir vėsinimas šiuo metu sudaro apie 10% visos Europos Sąjungos šilumos poreikio, o valstybės narės labai skiriasi. Šildymo ir vėsinimo komisijos strategijoje pripažįstamas CŠT išmetamo anglies dioksido kiekio mažinimo potencialas padidinus energijos vartojimo efektyvumą ir naudojant atsinaujinančios energijos šaltinius.
- Valstybės narės, siekdamos palengvinti ir pagreitinti minimalaus atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo pastatuose reguliavimą, turėtų leisti naudoti veiksmingą centralizuotą šildymą ir vėsinimą, arba, jei nėra CŠT ir vėsinimo sistemų, naudoti kitą energetikos infrastruktūrą, kuri atitiktų šiuos reikalavimus.
- Valstybės narės, visų pirma, turėtų skatinti atsinaujinančių energijos šaltinių įdiegimą į šildymo ir vėsinimo paslaugas bei skatinti konkurencingą ir veiksmingą centralizuotą šildymą ir vėsinimą.
- CŠT srityje labai svarbu, kad būtų galima pereiti prie atsinaujinančių energijos šaltinių ir neužkirsti kelio naujų technologijų plėtrai, sustiprinant atsinaujinančios energijos gamintojų ir galutinių vartotojų teises, ir užtikrinti, kad būtų įtrauktos priemonės, palengvinančios galutinių vartotojų pasirinkimą tarp geriausių energijos vartojimo efektyvumo sprendimų, kuriuose atsižvelgiama į būsimus šildymo ir vėsinimo poreikius pagal numatomus pastato eksploatacinių savybių kriterijus. Galutiniams vartotojams turėtų būti teikiama skaidri ir patikima informacija apie CŠT ir vėsinimo sistemų efektyvumą ir apie energijos dalį iš atsinaujinančių šaltinių konkrečiame šilumos ar vėsumos tiekime.
- Siekiant apsaugoti CŠT ir vėsinimo sistemų vartotojus nuo neveiksmingų sistemų naudojimo, ir leisti jiems gaminti šilumą ar vėsinimą su žymiai didesniu energijos vartojimo efektyvumu iš atsinaujinančių šaltinių, vartotojams turėtų būti suteikta teisė nutraukti šildymo ar vėsinimo paslaugų teikimą.

Bet kokiame atnaujinimo projekte reikia atsižvelgti į nacionalinius ir vietinius reglamentus. Tai susiję su individualių modernizavimo priemonių teisiniais aspektais, ypač su ilgalaikėmis strategijomis ir planuojamais pokyčiais, pavyzdžiui, dėl RED II direktyvos. Reikėtų apsvarstyti energetikos reglamentų pereinamojo laikotarpio politiką, anglies kogeneracinių jėgainių uždarymą bei sektorių sujungimą, tai gali būti įtraukta į teisinius reglamentus, pvz., nacionalinius atsinaujinančiosios energijos veiksmų planus (NAEVP), specialiuosius planus,

vietos aplinkosaugos veiksmų planus, tvaraus energijos veiksmų planus arba energijos efektyvumo veiksmų planus (EEVP).

4.2 Suinteresuotos šalys

CŠT sistemose gali būti kelios suinteresuotosios šalys. Labai svarbūs yra **virtotojai**, kurie moka už šilumos tiekimą ir taip palaiko CŠT tinklą, taip pat pastatų savininkai ir šeimininkai. Šilumos virtotojai gali būti viešieji virtotojai, namų ūkiai, privačios įmonės ir pramonė. Svarbu patenkinti jų lūkesčius ir pasiūlyti aukštos kokybės bei konkurencingos energijos tiekimo paslaugas, turėti pranašumą prieš gamtinių dujų naudojimą arba atskiras šildymo sistemas.

Kita svarbi suinteresuotoji šalis yra **šilumos tiekimo organizacija**, kuri gali būti viena bendrovė arba kelios įmonės, atsakingos už įvairias paslaugas, pavyzdžiui, šilumos tiekimą arba tinklo eksploatavimą. Daugeliu atvejų tai bus viena įmonė arba bent jau glaudžiai susijusios bendrovės. Atnaujinus CŠT sistemas, tikėtina, gali atsirasti daugiau šilumos gamybos organizacijų. Pavyzdžiui, jei perteklinė šiluma iš pramonės įmonės yra naujai integruota, naujas šilumos teikėjas bus dar vienas svarbus suinteresuotasis subjektas.

Didelis poveikis visam modernizavimo projekto verslo modeliui yra šių šilumos tiekimo įmonių **nuosavybės** pobūdis, nes jos gali būti viešai ar privačiai priklausančios arba jų derinys (žr. verslo modelius, 4.6 skyriuje). Kai kuriais atvejais, šilumos virtotojai taip pat gali būti akcininkai arba tapti akcininkais CŠT atnaujinimo metu. Tai gali būti labai svarbu padengiant potencialiai dideles investicines išlaidas, susijusias su modernizavimo priemonėmis.

Ypatingą vaidmenį modernizavimo procese turi šilumos tiekimo **organizacijų vadovai ir technikai**. Jie žino technines ir valdymo detales ir priima sprendimus dėl įvairių modernizavimo priemonių. Rekomenduojama įtraukti nepriklausomus **išorinius ekspertus** ir konsultantus, turinčius patirties CŠT tobulinimo procesuose. Kaip išoriniai asmenys, jie turi kitokį požiūrį į sistemą, taip pat kitų sistemų tobulinimo patirtį. Svarbus apsvarstyti visos sistemos atnaujinimą ir taip parengti ilgalaikes strategijas ir sprendimus.

Nepriklausomai nuo šilumos tiekimo organizacijų nuosavybės pobūdžio, **politikai** atlieka svarbų vaidmenį modernizavimo procese, nes jie gali aktyviai skatinti arba blokuoti bet kokią priemonę. Jie turi didelę įtaką tiek viešosioms, tiek privačioms organizacijoms. Pavyzdžiui, jie turi įtakos strateginiams planams, energetiniams planams ir leidimų išdavimui, kurie gali palengvinti arba apsunkinti modernizavimo įgyvendinimą.

Dėl sudėtingo modernizavimo proceso gali būti prasminga atlikti **suinteresuotųjų šalių analizę**, kurioje būtų aprašyti įvairių šalių tikslai ir santykiai. Tai taip pat gali apimti rekomendacijas, kaip giliai įtraukti įvairius suinteresuotuosius subjektus, ypač šilumos virtotojus, į atnaujinimo procedūrą.

4.3 Finansinė analizė ir galimybės

Labai svarbi kiekvieno modernizavimo projekto dalis yra jos finansinio sėkmingumo skaičiavimas, nes projektas greičiausiai nebus įgyvendintas, jei investuotojams ar savininkams nebus įrodytas pelningumas. CŠT modernizavimo projektų pranašumas yra tas, kad investuotojas paprastai yra įmonė, kuri jau eksploatuoja esamą sistemą, todėl minimalus atsipirkimo laikas gali būti ilgesnis nei naujų sistemų, pastatytų nuo nulio. Siekiant apskaičiuoti projekto gyvybingumą, reikia parengti išsamią galimybių analizę. Todėl turi būti apibrėžtos visos projekto trukmės sąnaudos ir pajamos. Išlaidos gali būti padalytos į kapitalo sąnaudas ir veiklos sąnaudas.

Kapitalo sąnaudos apima visas investicijas, kurias reikia atlikti projekte, kad jis būtų įgyvendintas. Todėl jos atsiranda projekto pradžioje ir prieš pradėdant eksploatuoti. Jos paprastai gali būti suskirstytos į planavimo, galimybių tyrimų ir dokumentacijų, technologijų ir civilinių darbų išlaidas.

Veiklos sąnaudos gali skirtis atsižvelgiant į modernizavimo projekto tipą. Tai gali būti draudimai, palūkanų išlaidos, darbo sąnaudos, turto mokesčiai, komunalinių paslaugų išlaidos ir turto nusidėvėjimas. Be to, jei modernizuojamos šilumos gamybos įrenginiai, kuro sąnaudos yra svarbi analizės dalis.

Norint užbaigti analizę, reikia apibrėžti ir projekto naudą, t.y., numatomas pajamas projekto įgyvendinimo metu. Tai gali labai skirtis priklausomai nuo projekto tipo. Pavyzdžiui, pajamos gali apimti padidėjusius šilumos pardavimus, degalų naudojimo sumažinimą, papildomas pajamas iš pridėtinės vertės ir t.t.

CŠT modernizavimo projektams dažnai yra intensyvūs kapitalo poreikiai, turintys didelių išankstinių išlaidų. Todėl, norint įgyvendinti projektą, reikalinga banko paskola. Tiksliai paskolos suma priklauso nuo esamo kapitalo, t.y., projekto investuotojo nuosavybės arba asmeninės investicijos, kuri paprastai siekia 15-30% visos investicijos. Po to likusi dalis paprastai gaunama iš paskolos ar dotacijos.

4.4 Leidimų išdavimo procedūros

Kai bus atliktas tinkamumo tyrimas ir nuspręsta, kad modernizavimo projektas bus įgyvendintas, kitas žingsnis bus įvertinti, ar reikalingi leidimai. Tai priklauso nuo planuojamos veiklos. Daugeliui atnaujinimo veiksnių, pavyzdžiui, atskirų komponentų, kurie neturi poveikio viešajam interesui, leidimai gali būti nereikalingi. Tačiau daugeliui veiklų, galinčių turėti poveikį visuomenei (ekonomikai, aplinkai ir t.t.), gali prireikti leidimų. Be to, leidimų rūšis ir laikas, reikalingas leidimams gauti, priklauso nuo vietos sąlygų ir teisės aktų.

Sudėtingiausia gauti leidimus modernizuojant projektus, jei tuo pačiu metu planuojamos kelios modernizavimo priemonės, pavyzdžiui, šilumos naudojimo, paskirstymo ir gamybos. Ypač šilumos gamybos technologijų leidimų išdavimas gali užtrukti ilgai. Tai ypač būdinga geoterminių šaltinių atveju. Leidimui gauti gali prireikti kelerių metų.

Kuo daugiau technologijų ir galimybių yra įtrauktos, tuo sunkesnė yra leidimų išdavimo procedūra. Dažnai už įvairių leidimų išdavimą atsakingos ir kelios institucijos. Pavyzdžiui, Europos Komisija nurodė keletą iššūkių, susijusių su leidimų gavimu bioenergetikos projektams (EB, 2019b):

- per daug proceso etapų ir leidimų, kuriuos išduoda atskiros institucijos;
- leidimams taikomi įvairūs, plataus masto teisės aktai;
- aiškių tvarkaraščių stoka;
- vietinių žinių ir gebėjimų analizuoti sudėtingas bioenergetikos leidimų paraiškas trūkumas;
- nėra aiškių procedūrų, skirtų gauti prieigą prie energijos tinklo;
- vietinis priešiškus bioenergetikos projektams.

Erdvinis planavimas / planavimo leidimai

Erdvinis planavimas (kartais taip pat vadinamas miestų planavimu, kraštovaizdžio planavimu) apima viešojo ir privataus sektoriaus metodus, skirtus žemės naudojimui įvairiose skalėse, bet dažniausiai dideliu mastu. Tai koordinuoja praktiką ir strategijas, paveikiančias erdvinę struktūrą. Specialus planavimas gali apimti naudojimą, miesto, regioninį, transporto, infrastruktūros ir aplinkos planavimą. Erdvinis planavimas vyksta vietiniu, regioniniu, nacionaliniu ir tarptautiniu lygiu, dažnai sukuriama teritorinis planas.

Šie erdviniai planai gali turėti įtakos CŠT tinklams, nes jie gali apimti prioritetinius tinklo išsiplėtimo sričių klausimus. Be to, jie gali turėti įtakos leidimų išdavimui, pavyzdžiui, planavimo leidimams. Naujos kogeneracinės jėgainės statyba gali būti leidžiama tik specialioje erdvinio planų zonoje, kuri yra labiau pramoninė nei gyvenamoji.

Saulės energijos šildymui integruoti naudojami dažniausiai ant žemės sumontuoti kolektoriai, kuriems gali prireikti teritorijos planavimo leidimo (vietinis planas). Tačiau vietinis planavimo leidimas taip pat gali būti reikalingas ant stogo esantiems saulės kolektoriams. Saulės kolektorių žalos aplinkai rizika yra labai maža. Gali įvykti skysčių nuotėkis iš kolektoriaus į žemę, atspindžio trikdžiai nuo saulės kolektorių arba estetiniai „pažeidimai“. Šios problemos paprastai sprendžiamos planavimo leidimu, kad specialaus aplinkos leidimo reikalavimo būtų išvengta (SDH, 2012).

Statybų / konstrukcijų leidimai

Leidimas statybai ar konstrukcijoms paprastai reikalingas, kad būtų laikomasi nacionalinių, regioninių ir vietinių statybos taisyklių. Jis gali būti susijęs su erdvinio planavimo leidimais. Paprastai naujos statybos ar atnaujinimo darbai turi būti tikrinami statybos metu ir po jo.

Projektų modernizavimui statybų leidimai gali būti reikalingi statant ar atnaujinant šilumos gamybos pastatus, taip pat vamzdyno tinklų rekonstrukcijoms. Pavyzdžiui, ant žemės sumontuotiems saulės kolektoriams paprastai nereikia leidimo statyti, nebent į sistemą įeina pastatas ar talpykla. Ant stogų sumontuotiems kolektoriams gali prireikti leidimo, nes turi būti įrodyta, kad saulės kolektorių svoris nėra per didelis pastato konstrukcijoms (SDH, 2012).

Aplinkosaugos leidimai

Priklausomai nuo modernizavimo priemonės pobūdžio, gali būti reikalingas aplinkos vertinimas (AV), poveikio aplinkai vertinimas (PAV) arba tvarumo vertinimas (TV), kad būtų gautas aplinkosaugos leidimas, pavyzdžiui Vokietijoje tai nusakoma Federacinės Emisijų kontrolės įstatymu. Jis reguliuoja žmonių, gyvūnų, augalų, dirvožemio, vandens, atmosferos ir kultūros vertybių apsaugą nuo taršos ir išmetamų teršalų. Taigi įstatymas reguliuoja poveikį orui, triukšmui, vibracijai, vandeniui, žmonėms ir t.t..

Aplinkos apsaugos leidimai gali būti ypač svarbūs modernizuojant šilumos gamybos įrenginius, ypač jei tai susiję su degimo technologijomis, kurios taikomos biomasės įrenginiams. Saulės kolektoriai gali sukelti poveikį aplinkai nutekėjus vidinėms medžiagoms (SDH, 2012). Pavyzdžiui, vandens klausimais jautriose regionuose saulės kolektoriaus cikle gali būti reikalaujama naudoti tik vandenį, o ne glikolį. Antžeminių šilumos siurblių ir geoterminių įrenginių atveju, be aplinkosaugos leidimo, gali būti taikomi ir kasybos ar gruntinio vandens leidimai. Be to, gali būti reikalaujama atlikti ir PAV šilumos paskirstymui vamzdynų tinkle.

Leidimai pagal šilumos / energijos planavimą

Šilumos ar energijos planai gali apriboti šilumos gamybai naudojamą kuro rūšį. Pavyzdžiui, naujasis biomasės katilas negali būti patvirtintas kartu su gamtinių dujų šilumos ir elektros energijos gamybos įrenginiu Danijoje, o saulės kolektorius galima patvirtinti tik tuomet, jei socialiniai ir ekonominiai aspektai yra teigiami (SDH, 2012).

4.5 Kontraktinės problemos

Vykdamas CŠT atnaujinimo projektus, gali reikėti sudaryti įvairias sutartis su suinteresuotomis šalimis. Labai geras teisinis dokumentas, kuriame nurodomi esminiai susitarimai su CŠT šilumos vartotojais (šilumos tiekimo sutartis su šilumos vartotojais) Vokietijoje, yra vadinamoji direktyva dėl bendrųjų CŠT tiekimo sąlygų (Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme; AVBFernwärmeV) (BMJV, 2019).

Kita labai gera kontraktinių problemų dėl mažų CŠT sistemų apžvalga pateikta Laurberg Jensen ir kt. (2017) gide. Gide aptariamos problemos iš esmės taip pat taikomas daugeliui modernizavimo projektų. Toliau pateikiamos trumpos ištraukos.

Šildymo ir vėsinimo verslas Europoje yra reguliuojamas siekiant monopolizmo rizikai sumažinti. CŠT yra vietinis klausimas, kuriame klientai, darbdaviai, savininkai ir gamybos įrenginiai iš esmės išlieka tie patys dešimtmečiai po dešimtmečių. Sutartys ir teisiniai įpareigojimai yra CŠT paslaugų kokybės užtikrinimas ir šilumos vartotojų teisinė apsauga (Laurberg Jensen ir kt., 2017).

CŠT modernizavimo projektams gali būti taikomos šios sutartys:

- planavimo ir statybos sutartys su vykdančiomis įmonėmis;
- šilumos tiekimo sutartys su šilumos vartotojais;
- nuosavybės sutartys su akcininkais;
- sutartys su energetikos reguliavimo institucijomis ir komunalinėmis įmonėmis;
- sutartys su kuro tiekėjais (bioenergijos projektams);
- žemės prieigos sutartys;
- veiklos ir priežiūros sutartys.

Paprastai galiojančios namų ūkių ir viešųjų pastatų šilumos tiekimo sutartys yra viešai prieinamos, todėl nauji projektai jas gali naudoti kaip šabloną. (Laurberg Jensen ir kt., 2017).

4.6 Verslo modeliai CŠT modernizavimo projektuose

CŠT modernizavimo projektų verslo modeliai yra specifiniai priklausomai nuo projekto. Jiems būdingi šie aspektai:

- strateginiai tikslai (tikslai, susiję su viešaisiais siekiais, įmonių klausimais, išlaidų mažinimu);
- nuosavybės struktūra;
- investavimo planas;
- ekonominiai aspektai: pajamos, pelnas;
- sutarčių ir leidimų išdavimo klausimai;
- dalyvaujantys suinteresuotieji subjektai.

Tvarus verslo modelis turėtų sudaryti sąlygas visoms susijusioms suinteresuotosioms šalims, t.y., investuotojams, galutiniams vartotojams, vietinei valdžiai ir pan. pasiekti planuojamus tikslus. Investuotojams ir galutiniams vartotojams svarbiausia yra finansinė grąža, tačiau vietinei valdžiai gali būti reikalinga ir socialinė ar aplinkosauginė nauda. Vietinė valdžia dažnai įtraukia į tokius projektus per įvairias procedūras ir dokumentus, kuriuos apibrėžia teisinė sistema. Tačiau, atsižvelgiant į jau esamą struktūrą, CŠT atnaujinimui gali būti taikomi skirtingi nuosavybės modeliai.

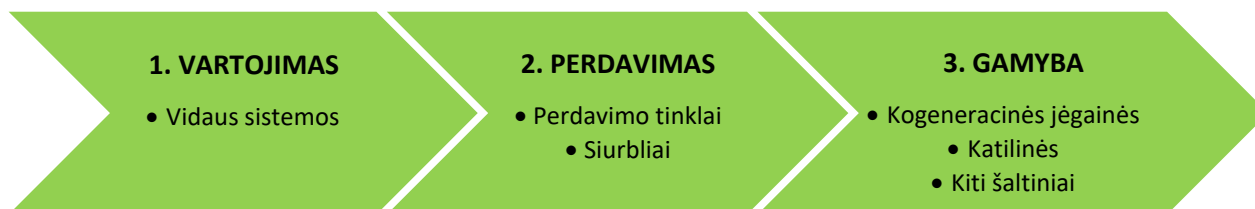
Visiškai viešajame modelyje investicijų riziką padengia savivaldybė, o projektas įgyvendinamas viešųjų įstaigų. Jei jis turi mažesnę vidinę grąžos normą, jis gali būti paskirstytas kitiems viešųjų paslaugų projektams, kurių pelningumas yra didesnis, o tai mažina riziką.

Privačiame modelyje projektas yra pilnai sukurtas ir įgyvendinamas privataus investuotojo, juo siekiama maksimaliai padidinti pelną. Tačiau privačios nuosavybės forma gali būti kooperatyvas, kuriame piliečiai nusprendžia investuoti į sistemą, kurioje nereikia pelno, todėl mažėja šilumos kainos.

Galiausiai, **viešojo ir privačiojo sektorių partnerystė** neseniai įgavo populiarumą, nes sujungia ir viešojo, ir privataus sektoriaus partnerių dalyvavimo naudą. Tokioje partnerystėje privatus investuotojas dalyvauja kuriant, investuojant, statant, valdant ir eksploatuojant CŠT sistemą tam tikrą laikotarpį, paprastai 15–25 metų.

5 Techninio atnaujinimo galimybės

Tiek techninės, tiek visos kitos modernizavimo priemonės yra vienodai svarbios. Jos apima naujų technologijų integravimą, esamų technologijų optimizavimą bei susidėvėjusios įrangos ir komponentų keitimą naujais įrenginiais. Techninių atnaujinimo priemonių klasifikacija pateikta 22 pav.



Pav. 22: Techninių modernizavimo priemonių klasifikavimas (Šaltinis: Roth, 2018)

3.2 skyriuje teigiama, kad, siekiant sistemos atnaujinimo, būtina įvertinti esamą viso CŠT tinklo būklę, t.y vartotojų sistemas bei šilumos punktus, šilumos perdavimo tinklus bei šilumos gamybos įrenginius. Pradedant techninio tobulinimo procesą, pradinei jo būklei įvertinti galima panaudoti šabloną „Global assessment of district heating systems“ (Miedaner ir kt., 2018). Jame taip pat pateikiamos rekomendacijos, kaip įvertinti atskirus sistemos komponentus, kurie trumpai aprašyti tolimesniuose (5.1.1; 5.2.1; 5.3.1) skyriuose.

5.1 Šiluminiai punktai ir šilumos panaudojimas

Galutinių vartotojų geba įsisavinti šiluminę energiją yra svarbiausias faktorius siekiant efektyvaus šiluminės energijos tiekimo. Atnaujinant CŠT tinklą yra du svarbiausi elementai galutinio vartotojo atžvilgiu:

- Pastato energinio naudingumo klasės didinimas ir tinkamo šiluminės energijos tiekimo būdo parinkimas, mažina energijos poreikį.
- Kai kurios esamos pastato sistemos nepritaikytos mažos temperatūros srautams, dėl to jos turi būti atnaujintos.

Abu šie elementai yra tarpusavyje susiję. Didesnis energinis naudingumas turės įtakos pastato galimybei naudoti žemesnės temperatūros srautus. Apie tai išsamiau kalbama sekančiuose skyriuose.

5.1.1 Šilumos naudojimo infrastruktūros vertinimas

Metinis šilumos poreikis yra svarbus indikatorius, kuris parodo visos sistemos dydį, taip pat jis yra ir kitų rodiklių skaičiavimo dedamoji bei pagrindinis pajamų šaltinis, centralizuotos šilumos tiekėjams.

Šilumos vartojimo infrastruktūros sudėtingumą rodo šilumos vartotojų skaičius. Atskirų šilumos vartotojų dydžiai, turi įtakos sistemos veikimo režimams. Gyvenamųjų pastatų sistemų reikalavimai skiriasi nuo pramoninių. Dažniausiai gyvenamųjų pastatų šilumos poreikis yra labiau svyruojantis, nei pramonės sektoriaus. Gyvenamieji pastatai sudaro didžiausią šilumos poreikio dalį piko metu, o pramoniniai dažniausiai turi didelį bazinį poreikį. Tai labai svarbu pasirenkant šilumos šaltinius. Vartotojų sistemų integravimo tipas ir būdas daro įtaką visai sistemai. Kiekvienas vartotojas su savo sistema sukelia slėgio kritimą sistemoje, į kurį būtina atsižvelgti projektuojant sistemą. Projektuojant šilumos tiekimo infrastruktūrą, reikėtų atsižvelgti į tokius veiksnius, kaip naudojamų vožtuvų tipas bei šilumokaičių kiekis ir tipai.

Galutinių vartotojų reikiamas temperatūros lygis turi įtakos minimaliai CŠT sistemos temperatūrai. Dėl šildymo sistemų įvairovės, reikiamos temperatūros kiekvienam vartotojui yra skirtingos. Yra svarbu išanalizuoti visų vartotojų reikalingas temperatūras. Svarbus aspektas, į kurį reikia apžvelgti – projektuojamos radiatorių ar kitų šildymo sistemų temperatūros. Neretai parenkami per dideli radiatoriai, dėl to temperatūra sistemoje mažėja. Svarbu, jog radiatoriuose būtų įmontuoti termostatai, kad esant poreikiui (apšildžius pastatą, pagerėjus energinei klasei) temperatūrą būtų galima reguliuoti.

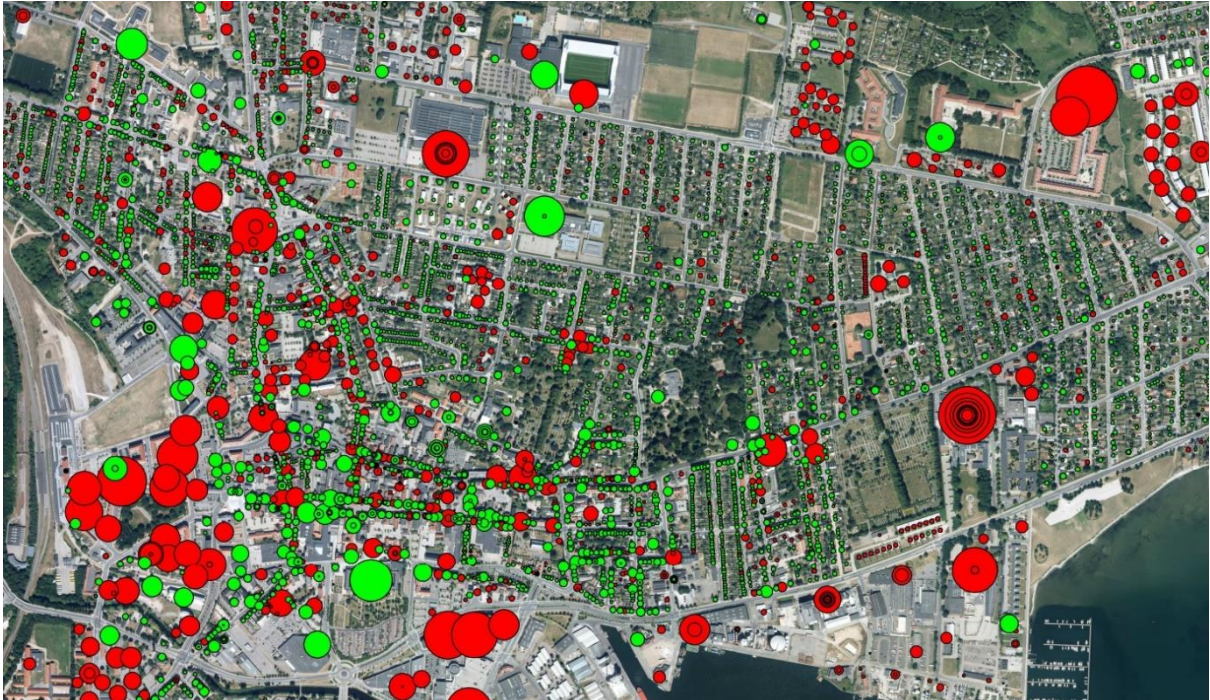
Būtina įvertinti vartotojų integravimo į bendrą sistemą tipą ir koncepciją, kadangi tai lemia, kaip bus atliekamas karšto vandens ruošimas. Be to, reikia įvertinti slėgio nuostolius, dėl pagrindinių reguliavimo vožtuvų ir šilumokaičių. Slėgio sumažėjimas vožtuve (KV) turėtų sudaryti mažiausiai du trečdalius nuo šilumokaičio slėgio nuostolių, žinoma, jei tai neviršija leidžiamo triukšmo lygio. Slėgio sumažėjimas vožtuve turi būti kiek įmanoma didesnis. Didžiąją metų dalį skirstymo punktai veikia ne pilna apkrova. Tai reiškia, kad slėgio mažėjimas yra ne toks, koks buvo suprojektuotas. Sumažinus šilumos srautą 50%, slėgio sumažėjimas sudaro tik 25% nuo projektinės vertės. Dėl šios priežasties vožtuvai veiks nestabiliai (nuolatinis vožtuvo atidarymas ir uždarymas), tai gali pakenkti šilumokaičiui, kas turės įtakos visam tinklui.

Šilumos žemėlapių sudarymas gali suteikti vertingos informacijos apie energijos suvartojimą. 23 pav. pavaizduotų taškų dydis nurodo bendrą pastato šilumos suvartojimą, o spalva rodo, ar jie aprūpinami CŠT (žalia), ar kitu būdu. Tai suteikia galimybę vizualiai identifikuoti bei įvertinti sritis, kuriose sistema gali būti tobulinama.

Maža CŠT sistemos tiekimo temperatūra yra iššūkis. Prieš naudojant žemos temperatūros tinklą, būtina nuodugniai nustatyti, ar sistema užtikrins tinkamą temperatūrą pastatų viduje bei karšto vandens tiekimą.

Vietose, kur nauji pastatai bus prijungti prie žemos temperatūros tinklo, pastatų vidaus šildymo sistemos privalo būti suprojektuotos žemesnėms temperatūroms. Pavyzdžiui:

- naudojamas grindinis šildymas;
- kur grindinis šildymas neįmanomas, turi būti parenkami atitinkamo dydžio radiatoriai;
- pastatų projektuose neturėtų būti vandens talpyklų ir ilgų karšto vandens tiekimo linijų.

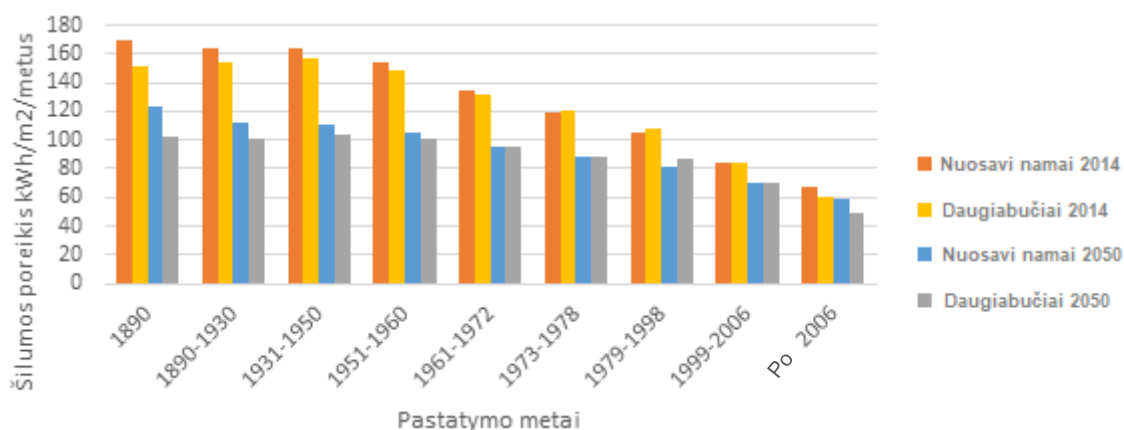


Pav. 23: Energijos suvartojimas ir tiekimas (Šaltinis: COWI A/S)

Esamų statinių prijungimas prie žemos temperatūros tinklo gali būti sudėtingas, jei projektavimo metu tai nebuvo įvertinta. Dažniausiai senuose pastatuose gerinamas apšiltinimas lemia tai, kad dėl sumažėjusių šilumos nuostolių esami radiatoriai pasidaro per dideli. Tokiais atvejais žemos temperatūros CŠT galima integruoti. Kitais atvejais, vienintelė išeitis – visos esamos vidinės sistemos atnaujinimas.

Pagerinti esamų pastatų energijos efektyvumą – didelis iššūkis, kuris yra sunkiausiai įgyvendinamas privačiame sektoriuje. Nors veikia nemažai efektyvumo didinimo bei skatinimo programų, kurios teikia tiek tiesioginę, tiek netiesioginę paramą atsinaujinimui, vis dar yra daug pastatų, kurie nėra atnaujinti. Daugeliu atvejų pastatai yra ilgaamžiai, o renovacija vykdoma retai. Todėl galima teigti, kad efektyvumo klasės didinimas – labai lėtas procesas.

„Aalborg“ Danijos universiteto atlikta studija (Wittchen ir kt., 2014) prognozuoja galimą esamų pastatų energijos suvartojimą 2050 metais, jei bus laikomasi pastatų renovacijos planų. Tai pateikta 24 paveiksle.



Pav. 24: Energijos vartojimo sumažinimo potencialas 2050m. (Šaltinis: Wittchen ir kt., 2014)

Nors ši studija atlikta remiantis Danijos duomenis, tačiau ji įrodo, kad galima pasiekti žymų sunaudojamo šilumos kiekio sumažėjimą. Statiniuose pastatytuose 8 – ame dešimtmetyje, juos renovavus, įmanoma sutaupyti iki 30% sunaudojamo šilumos kiekio.

Skirtingai nuo mažų pokyčių, visiškas atnaujinimo planas (modernizavimo strategija) suteikia galimybę gauti daug naudos visose efektyvumo srityse ir palengvina žemos temperatūros tinklo plėtrą. Danijoje esančiame Albertslund mieste, vietinė savivaldybė siekia, kad visas jų šilumos ir elektros energijos tiekimas iki 2025 m. būtų tiekiamas nenaudojant anglies. Dalis šio miesto senos CŠT sistemos (sukurtos 1964 m., kurios projektinė temperatūra – 90°C) modernizuojama, siekiant pereiti į žemos temperatūros CŠT (50 – 60°C)..

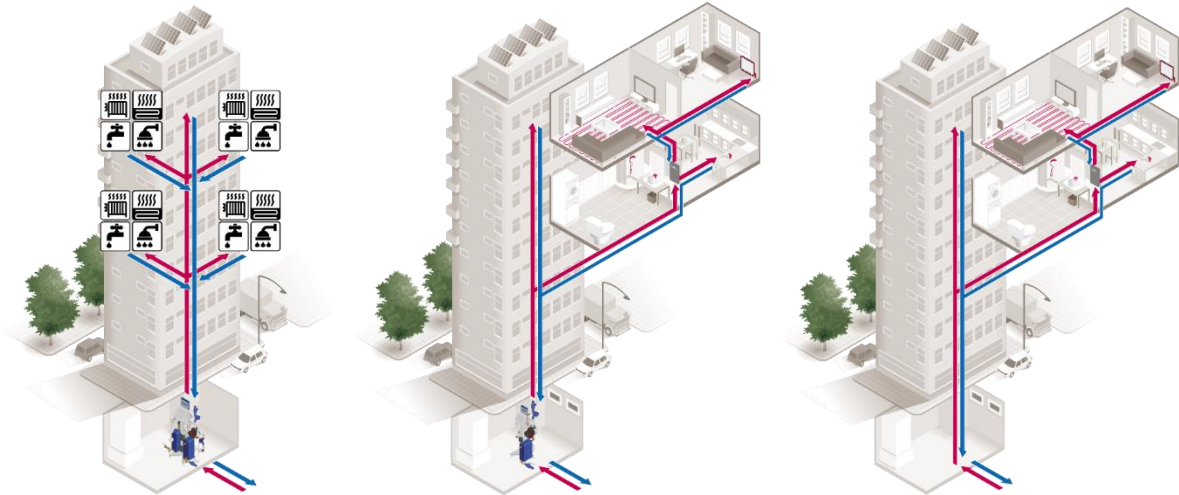
Didžioji dalis Albertslundo gyvenamųjų namų (žr. 25 pav.) buvo pastatyti 7 – ame ir 8 – ame dešimtmetyje todėl tinkamas jų modernizavimas yra didelis iššūkis siekiant žemos temperatūros CŠT sistemos įdiegimo. Izoliacijos standartai ir šildymo įrenginiai nėra suprojektuoti mažai srauto temperatūrai ir negali užtikrinti pakankamos šilumos, kai teka 50°C temperatūros vanduo. Pagal aukštus energijos vartojimo bei efektyvumo standartus savivaldybė turi sukūrusi pastatų renovacijos programą. Ji apima izoliacijos atnaujinimą bei grindinio šildymo įrengimą. Numatyta etapinė renovacija. Eiliškumas sudarytas remiantis atnaujinimo planu bei aukštos temperatūros perdavimo sistemos naudojimo nutraukimo grafiku. Žemos temperatūros vanduo tiekiamas naudojantis grįžtama „senosios“ sistemos linija. Maišytuvų pagalba pasiekama 55°C vandens temperatūra.



Pav. 25: Pastatai prieš (kairėje) ir po (dešinėje) rekonstrukcijos, Albertslundas, Danija (Šaltinis: COWI)

5.1.2 Šilumos punktų modernizavimo galimybės

Yra keletas skirtingų vartotojų prijungimo prie CŠT sistemos galimybių. Jas galima suskirstyti į tris pagrindinius tipus. Daugiaaukščiams pastatams (žr. 26 pav.) naudojamas tradicinis variantas, kai skirstymo punktas yra pastato rūsyje. Taip pat yra galimas ir antrasis variantas, kai yra ne tik centrinis punktas, bet ir maži mikroklimato šilumokaičiai kiekviename bute. Trečiasis variantas – neturėti centrinio punkto ir kiekviename bute įrengti šilumokaičius.



Pav. 26: Namų ūkių ir CŠT jungimo koncepcijos (Šaltinis: Alfa Laval / Cetetherm – COOL DH projektas)

Tradiciniai CŠT sistemos skirstymo punktai dažniausiai turi karšto vandens talpyklas, kurios užtikrina srauto stabilumą bei žemą grįžtamojo vandens temperatūrą. Mažesniuose pastatuose šį darbą atlieka gerai suprojektuoti šilumokaičiai. Esant kietam vandeniui prieš šilumokaitį rekomenduojama įrengti vandens minkštinimo sistemą.

Gerai izoliuotų mažų šilumokaičių naudojimo privalumas butuose yra tas, kad CŠT sistemos tiekiamo vandens temperatūra gali būti sumažinta iki maždaug 8°C virš norminės karšto vandens temperatūros. Kai karšto vandens vamzdžiuose esamo vandens tūris yra mažesnis nei 3L, tiekiamo vandens temperatūra gali būti sumažinta iki 45°C.

Mažesnis į viršų kylančių vamzdžių skaičius (žr. 26 pav.), karšto vandens rezervuaro nebūtinumas ir žemesnės temperatūros sumažina bendrus šilumos nuostolius. Tačiau išlaidos šilumai bus šiek tiek didesnės, nei naudojant tradicinius sprendimus.

Tiesioginio jungimo CŠT tipui, kuris nėra labai populiarus, reikia didesnę slėgį galinčių atlaikyti radiatorių ir švaraus vandens. Tokios sistemos privalumas yra mažesnė grįžtamojo vandens temperatūra ir mažesnė kaina. Ši praktika naudojama tik keliose vietose, pvz. Danijoje.

Tiesiogiai sujungtoms sistemoms reikia turėti du nuolat veikiančius srauto matuoklius, skirtus tiekiamam bei grįžtamam vandeniui. Šio tipo sistemose, dėl galimo nutekėjimo, turi būti įrengti automatiniai uždarymo vožtuvai.

Naudojant **išmanų matavimą** galimas realaus laiko duomenų perdavimas iš energijos skaitiklių. Be informacijos apie energijos naudojimą, taip pat galima gauti informacijos apie prastą temperatūrų skirtumą (ΔT), aukštą grįžtamo vandens temperatūrą ir nepageidaujamus svyravimus. Atsižvelgiant į tai, CŠT įmonė gali rasti problemų sprendimo variantus. Be to, surinkti duomenys gali būti naudojami norint aptikti nutekėjimus vamzdynuose, kas gali sukelti didelius šilumos nuostolius.

Nuotolinis valdymas gali turėti įjungimo bei išjungimo funkcijas, kurias naudojant reguliuojamas patalpų šildymas. Tokio valdymo atveju, pastatų prižiūrėtojai patys gali mažinti šilumos suvartojimo pikus, paruošdami karštą vandenį iš anksto.

5.2 Šilumos paskirstymas ir vamzdynų technologijos

Esminė CŠT sistemų dalis yra šilumos paskirstymo tinklas, kuris sujungia šilumos generatorius su šilumokaičiais. Paprastai šildymo tinklą sudaro tiekimo vamzdis, tiekiantis karštą vandenį arba garą iš šaltinio į šilumokaitį, taip pat lygiagrečiai einantis grįžtamasis vamzdis, kuris grąžina panaudotą vandenį atgal į šilumos generatorių. Tikslas – užtikrinti patikimą šilumos tiekimą, kuris būtų pritaikytas prie tinklo poreikių bei būtų kuo efektyvesnis.

Tam pasiekti naudojamos įvairios vamzdynų technologijos, kurios skiriasi pagal dydį ir charakteristikas. CŠT istorijoje buvo naudojamos įvairios vamzdynų technologijos, kai kurios išliko nepakitusios, kai kurių buvo atsisakyta dėl mažo patikimumo ar mažo energetinio efektyvumo. Kai kurios iš technologijų per daug dešimtmečių įrodė savo patikimumą ir vis dar yra naudojamos (Frederiksen & Werner, 2013).

Tinkamos vamzdynų sistemos pasirinkimą labiausiai lemia terpė (gasas arba vanduo), temperatūros lygis, šilumos kiekis, kurį reikia transportuoti, ir vamzdynų ilgis. Naujų šilumos perdavimo technologijų plėtros tikslai paprastai yra investicijų mažinimas, kompaktiškumas, įrengimo trukmės ir eksploatacijos išlaidų optimizavimas.

5.2.1 Šilumos paskirstymo infrastruktūros vertinimas

Vamzdyno ilgis suteikia informacijos apie tai, kiek išsiplėtęs yra tinklas. Ši informacija – svarbus elementas apskaičiuojant darbinės terpės rodiklius. Svarbus ne tik visas vamzdyno ilgis, bet ir ilgio bei skersmens santykis.

Prijungta apkrova atspindi visų pastatų šiluminės galios poreikio sumą be perskaičiavimo koeficientų.

CŠT sistemos vamzdyno amžius ir faktinė techninė tinklo būklė rodo, ar sistema optimali, ar reikia ją tobulinti. Svarbu žinoti, ar dėl tam tikrų aplinkybių projektinis darbo režimas (temperatūra, slėgis ir t.t.) buvo keistas. Žinios apie eksploataavimo ir priežiūros išlaidas, sistemos amžių ir dabartinę būklę gali padėti parengti tinklo atnaujinimo investicijų planą.

Pagrindinės vamzdyno charakteristikos turi būti atskiros tarp pirminių ir antrinių vamzdynų. Taip pat svarbu žinoti kokie vamzdžiai yra naudojami – izoliuoti, kanaliniai, antžeminiai ar kt.

Skirstomojo tinklo **kokybė** gali apibūdinti:

- **Pildymų skaičius per metus.** Pildymų skaičius rodo, kiek kartų pasikeitė vandens tūris visame vamzdyne.
- **Korozija.** Vidinės korozijos atveju privaloma nuolat atnaujinti vandenį, esantį paruošimo įrenginiuose. Išorinė korozija gali atsirasti visų tipų vamzdynuose. Tinkamai eksploatuojant vamzdyną, vidinės korozijos neturėtų būti.
- **Kanalų būklė kanalų tipo vamzdžių atveju.** Dažnu atveju kanalų tipo vamzdžiai dėl korozijos ar lietaus vandens yra užliejami vandeniui. Jei vamzdžiai kada nors buvo užlieti – padidės šilumos nuostoliai. Visi naujai tiesiami vamzdžiai turėtų būti iš anksto izoliuoti.
- **Šilumos nuostoliai.** Šilumos nuostoliai turi būti kuo mažesni, todėl svarbu žinoti jų dydį bei būdą, kuriuo jis nustatytas.
- **Vandens temperatūra.** Kuo žemesnė yra sistemos temperatūra, tuo didesnis efektyvumas, ir tuo lengviau integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius. Šilumos

nuostoliai sumažėja, esant žemesnei darbo temperatūrai. Lauko temperatūros įtaka darbo režimui turi būti žinoma. Pavyzdžiui, jei temperatūra lauke sumažėja vienu laipsniu, tai temperatūra sistemoje sumažėja trimis laipsniais ir t.t.

- **Atsijungimų skaičius.** Tuo atveju, kai tinklas išjungiamas dėl patikros, prieš sumažinant temperatūrą žemiau 80°C, privaloma patikrinti (U formos) išsiplėtimui skirstas vamzdyno vietas.
- **Gedimai per kilometrą.** Anomalijų/ gedimų skaičius, tenkantis vamzdyno kilometrui per metus. Šis rodiklis turėtų būti kuo mažesnis.
- **Vandens kokybė.** Vandens kokybė turėtų atitikti numatytus standartus.
- **Statistika.** Jungimų skaičius, apkrova ir šilumos poreikis kvadratiniam kilometrui yra statistiniai duomenys, turintys reikšmės šilumos srauto tankiui.

Tinklo siurbliai – viena iš pagrindinių elektros energiją naudojančių sistemos dalių. Netinkamai parinkti siurbliai dažnai lemia dideles eksploatacijos išlaidas. Jie daro didelę įtaką kWh_{el}/MWh_{th} rodikliui, kuris parodo kiek kWh elektros reikia vienai MWh šilumos perdavimui iki galutinio vartotojo. Didelė šio rodiklio reikšmė dažnai parodo problemas, susijusias su vamzdyno ar tinklo siurblių efektyvumu. Tinklo siurblių dydis turėtų būti parenkamas naudojant patvirtintą hidraulinio skaičiavimo būdą. Jie turėtų būti suprojektuoti taip, kad sugebėtų palaikyti minimalų slėgį vamzdyne – bent 0,7 bar.

5.2.2 Vamzdyno tarnavimo laikas

CŠT sistemos vamzdžių eksploatacijos trukmės laiką galima lengvai įvertinti paprastu klausimynu arba šabloniniu vertinimu. Vamzdyno eksploataavimo trukmė priklauso nuo veiksnių, susijusių su aplinkos sąlygomis, bei tinklo operacinių parametru. Esminiai rodikliai yra vamzdyno veikimo temperatūros, temperatūros svyravimai ir vandens kokybė. Įtaką vamzdynui taip pat sukelia termomechaninis nuovargis bei galima oksidacija. Skaičiuotinas naujų plastikinių vamzdžių eksploataavimo laikas yra mažiausiai 30 metų, tačiau yra daug pavyzdžių, kai šie vamzdynai be problemų veikia ir dar ilgesnį laiką. (AGFW FW 401, 2018)

Ilgalaikis vamzdžio atsparumas labiausiai priklauso nuo kieto poliuretano putų termostabilumo ir nuo jo tvirtinimo būdo. Ilgalaikės aukštos temperatūros sukelia terminę degradaciją, dėl kurios sumažėja stiprumas (AGFW FW 401, 2018). Praktikoje yra skirtingų tinklų infrastruktūros gyvavimo ciklo vertinimo metodų. Jie apima statistinius gyvavimo ir terminio senėjimo modelius bei pažeidimų teorijas.

Svarbi CŠT sistemos vamzdynų charakteristika yra jos atsparumas šilumos perdavimo terpės (vandens ar garo) temperatūros pokyčiams. Dėl šių pokyčių atsiradę terminiai išplėtimai sukelia didelę jėgą tarp vamzdyno vidinių ir išorinių dalių. Toleranciją šiems pokyčiams nusako pilnų ciklų skaičius, t.y. kiek tokių ciklų sistema gali atlaikyti. Pilnų ciklų skaičius tarp skirtingų CŠT sistemos vamzdynų skiriasi. Didėjant atsinaujinančių išteklių panaudojimui, tikėtina, kad šie temperatūrų pokyčiai vis didės.

Priklausomai nuo numatomo vamzdyno eksploataavimo trukmės (30 ar 50 metų), galimi skirtingi pilnų apkrovos ciklų skaičiai (žr. 4 lentelę).

Lentelė 4: Skaičiuotini skirtingų vamzdžių apkrovų ciklai (Šaltinis: AGFW FW 448, 2018; prEN 13941)

	Skaičiuotini apkrovų ciklai 30 metų laikotarpiui	Skaičiuotini apkrovų ciklai 50 metų laikotarpiui
Perdavimo vamzdiniai	100 – 250	170 – 420
Skirstomieji vamzdiniai	250 – 500	420 – 840
Vartotojų jungtys	1,000 – 2,500	1,700 – 4,200

Neegzistuoja jokia tobula šilumos perdavimo infrastruktūros įvertinimo procedūra. Šiuo metu vykdoma daug mokslinių tyrimų, kuriais siekiama pagerinti dabartinės būklės ar likusio tarnavimo laiko įvertinimo būdų kokybę. Egzistuoja tam tikros procedūros, kurios leidžia daryti išvadas vertinant esamą CŠT sistemos vamzdynų būklę.

Viena iš galimybių yra atlikti paprastą vamzdžių sistemos būklės patikrinimą. Šiam tikslui naudojama vaizdinė apžiūra bei svarbiausių charakteristikų, tokių kaip temperatūra, slėgis, vandens nutekėjimai, stebėjimas, kuris suteikia pradinių indikacijų. Taikomieji įrenginių būklės patikrinimo procedūrų metodai ir technologijos bei CŠT sistemos vamzdynų nuokrypių nuo optimalių parametru nustatymas yra aprašyti pripažintose technologijų taisyklėse, kurias skelbia ir periodiškai atnaujina AGFW (2018). Procedūros (AGFW FW 435, 2018) yra suskirstytos į septynias grupes:

1. Veikiančio vamzdyno patikra

Šiai patikrai naudojami faktiniai sistemos parametrai bei matavimai, kuriuos atliekant randamos pralaidos. Dažni kritiniai slėgio kitimai ar dažnas papildomo vandens poreikis signalizuoja apie sistemos sandarumo trūkumą.

2. Vaizdinė apžiūra

Vizualinė vamzdynų būklės patikra yra labai svarbi vertinant vamzdynų techninę būklę. Nustatytus defektus, kurie dar nesąlygojo trūkio, būtina ištirti ir įvertinti, taip išvengiant galimų avarių ateityje. Nustatyti gedimai leidžia sudaryti remonto bei atnaujinimo planus. Vizualinės apžiūros procedūros taip pat gali būti taikomos, siekiant nustatyti faktinę nuotėkio vietą sistemoje. Vaizdinis instrumentas „Crawler-Eye“ yra išsamiau aprašytas „Upgrade DH“ projekto kataloge „Atnaujinimo priemonės“ (Upgrade DH, 2018c). Praktikoje termovizoriaus naudojimas, pasitelkiant droną, suteikia papildomos naudos. Tai ypač naudinga senai įrengtiems tinklams, kurių dokumentacija dažnai yra neatitinkanti ar net prarasta.

3. Mechaniniai matavimai

Mechaninių matavimų būdu nustatomas vamzdyno sienelių storis. Tai galima nustatyti ultragarso pagalba. Rezultatai leidžia nustatyti įrenginio būklę ir gali būti naudojami, kaip indikatorius likusiam vamzdyno tarnavimo laikui apskaičiuoti.

4. Judančių priemonių patikra

Termografinės procedūros ir koreliacijos analizė yra taikomos, siekiant nustatyti faktinę nuotėkio vietą (remiantis veikiančio vamzdyno patikros metodu). Abi procedūros leidžia tiksliai nustatyti vietą, tačiau jos veikia skirtingais principais. Terminis vaizdavimas iš lėktuvo, kuris taip pat yra termografinė procedūra, yra aprašomas modernizavimo priemonių kataloge (Upgrade DH, 2018c).

5. Sekamosios medžiagos

Sekamosios medžiagos naudojamos, norint tiksliai nustatyti nuotėkio vietą, remiantis anksčiau apskaičiuota bei numanoma apytiksle vieta. Sekamųjų medžiagų naudojimas neturi įtakos sistemos veikimui.

6. Sienelių storumo matavimas robotu

Matavimo robotų naudojimas, matuojant sienelių storius ultragarsu, pagerina rezultatų tikslumą. Taip galima gauti tikslesnį vamzdyno būklės vaizdą.

7. Specifinės/integruotos sistemos procedūros

Įrengiant ir gaminant CŠT sistemos vamzdynus, galima integruoti priežiūros sistemas. Šios sistemos naudojamos patikrinti, ar vanduo patenka į izoliaciją. Šiam tikslui yra įrengiama viela, kur sistema įdedama į izoliaciją. Tai leidžia nustatyti, ar sistema yra sandari. Tai pavaizduota 29 paveiksle.



Pav. 27: Vokietijos instituto „IAB Weimar“ vizualinė apžiūros priemonė „Crawler Eye“ (Šaltinis: AGFW)



Pav. 28: Terminis vaizdas iš lėktuvo (Šaltinis: SCANDAT GmbH)

CŠT vamzdynų sistemos kokybę įtakoja sistemoje cirkuliuojančio vandens kokybė, kuri turi įtakos vamzdynų tinklo eksploatavimo trukmei. Nuo vandens kokybės priklauso korozijos greitis sistemoje. Be to, prastos kokybės vanduo gali sukelti tinklo sutrikimus, atsirandančius dėl nuosėdų vamzdynuose ar vožtuvuose. Nustatant vandens kokybę, yra identifikuojamos vandens sudedamosios dalys ir sudėtis. Išskiriami du darbo režimai: druskingo cirkuliacinio vandens bei mažo druskingumo cirkuliacinio vandens (AGFW FW 510, 2018). Dviejų skirtingų režimų bazinės vertės yra skirtingos, tačiau vertinimo kriterijai yra vienodi.

Pagrindiniai vandens kokybę nusakantys kriterijai:

- elektrinis laidumas, esant 25°C temperatūrai;
- vandens spalva;
- pH vertė esant 25°C temperatūrai
- deguonies kiekis;
- vandens kietumas;
- anglies kiekis;
- vario kiekis;
- sulfidų kiekis;
- sulfatų kiekis;
- rūgštingumas $K_{S8.2}$;
- rūgštingumas $K_{S4.3}$.

Vandens savybės, bėgant laikui, gali kisti, dėl to patartina nuolat stebėti vandens kokybę, arba nustatyti periodinių vertinimų dažnumą. Galima teigti, kad vandens kokybės vertinimas yra ilgalaikė prevencinė priemonė ir vienas iš pirmųjų tolesnių gedimų indikatorių (pvz., dėl korozijos). CŠT sistemos vanduo naudojamas uždareme kontūre, vienas iš pagrindinių tikslų – vengti galimų nuotėkių. (AGFW FW 510, 2018)

5.2.3 Modernių vamzdynų technologijų apžvalga

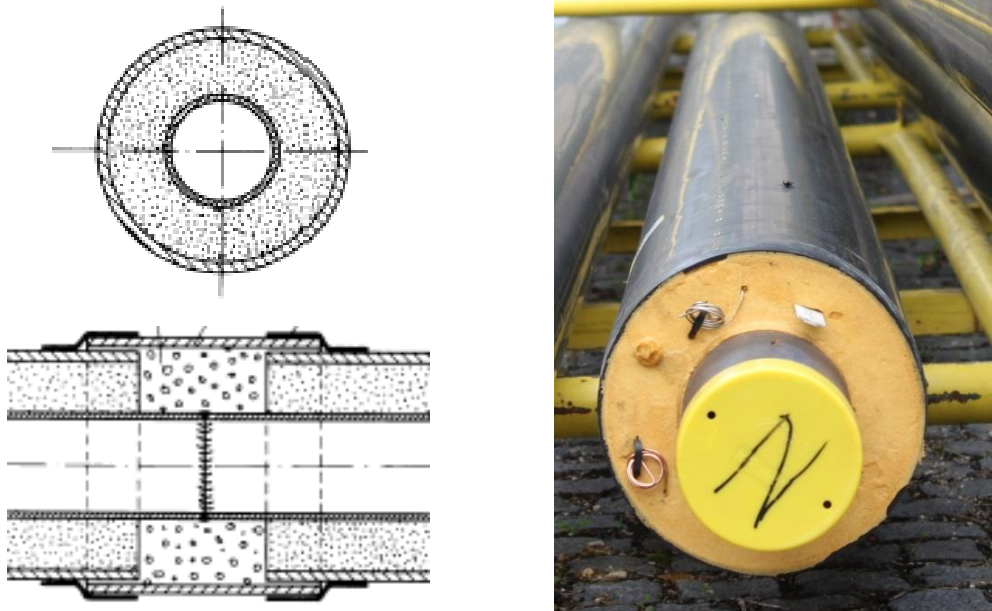
Didžioji CŠT sistemos vamzdynų dalis yra įrengta po žeme, daugiausia dirvožemyje taip pat, dalis jų yra ant žemės, tuneliuose arba pastatų viduje.

Požeminiai vamzdynai

Pagrindinė dažniausiai naudojama sistemos vamzdžio struktūra sudaryta iš dviejų vamzdžių (žr. 29 pav.): Vidinio vamzdžio (pilkos spalvos) funkcija yra šilumnešio transportavimas, jį supa izoliacinė medžiaga (geltona), ji reikalinga, kad būtų galima sumažinti galimus šilumos nuostolius. Išorinis vamzdis (juodas) yra skirtas apsaugoti izoliaciją ir vidinį vamzdį nuo išorinio vandens poveikio. Šiuolaikinių vamzdynų izoliacijose įmontuojami laidai, kurie padeda aptikti nuotėkius. (AGFW, 2013)

Skirtingų medžiagų naudojimas trimis pagrindiniams vamzdyno komponentams charakterizuoja skirtingas vamzdynų sistemas. Dažniausiai naudojama uždara, tiesiogiai laidojamų bekanalinių vamzdžių sistema, kuri aprašyta skirtinguose „Upgrade DH“ projekto analizėse („Upgrade DH“, 2018b).

Plastikiniuose išoriniuose vamzdžiuose (PJP) vidinis vamzdis paprastai yra pagamintas iš plieno, bet esant žemos temperatūros vamzdynui gali būti naudojami ir plastikiniai vamzdžiai. Išorinis vamzdis yra pagamintas iš polietileno (PE) arba didelio tankio polietileno (PEHD) ir užmontuota izoliacinė medžiaga, kuri yra pagaminta iš korinio poliuretano putų (PUR putų) (Frederiksen & Werner, 2013). Vamzdžiai yra izoliuojami juos gaminant.



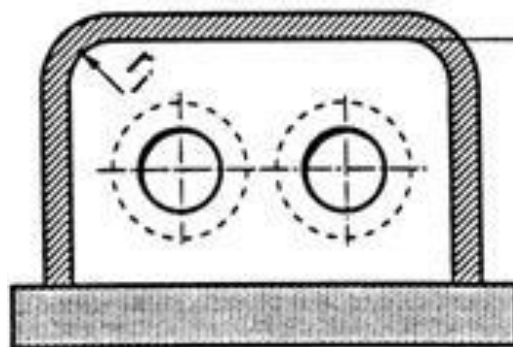
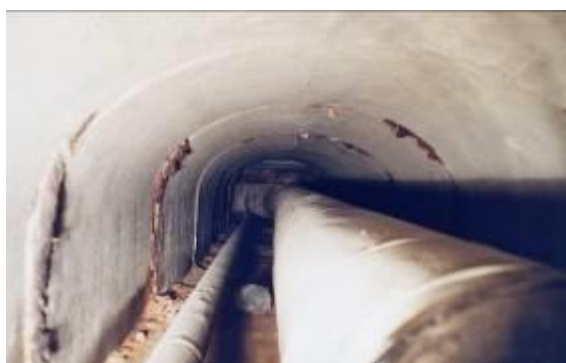
Pav. 29: Plastikinių vamzdžių jungties brėžinys (Šaltinis: AGFW, 1993) (kairėje) ir plastikinio vamzdžio nuotrauka (Šaltinis: D. Rutz) (dešinėje)

Dviejų vamzdžių segmentams sujungti vidiniai vamzdžiai yra virinami, o išoriniai sujungiami mova. PJP netinkamas naudoti, esant didesnei nei 120°C temperatūrai (pastoviu darbo režimu). Leidžiamas trumpalaikis temperatūros pakilimas iki 130°C – 140°C. Dažniausiai pasitaikantis vamzdžių skersmenys iki DN 600, tačiau skersmenys iki DN 1200 taip pat naudojami. Remiantis šia technologija, esant mažiems vidinių vamzdžių skersmenims, į vieną vamzdį galima įterpti tiek paduodamą, tiek grįžtamą vamzdyną (dvigubas vamzdis). (AGFW, 2013; AGFW FW 401, 2018)

Daugiau informacijos apie istorinę raidą, sujungimus, sudedamąsias dalis ir kt. aprašyta Frederiksen & Werner (2013). Aktualios normatyvinės gairės – „EN 13941 – CŠT vamzdžiai.“ arba „DIN EN 253 – CŠT vamzdžiai“.

Kitas svarbus, bet ne taip dažnai pasitaikantis vamzdynų variantas – **plieniniai išoriniai vamzdžiai**. Šio tipo vamzdžiuose tiek vidinis, tiek išorinis vamzdis pagamintas iš plieno. Vidinio vamzdžio šilumos izoliacija sudaroma prijungiant pluošto izoliacinę medžiagą prie vamzdžio arba sudarant vakuumą tarp jų. Siekiant užtikrinti sistemos ilgaamžiškumą, vamzdžiai privalo būti apsaugoti nuo galimos korozijos. Ši technologija tinka vamzdynams, kurių temperatūra viršija 130°C. Ji yra naudinga tinklams, turintiems mažą šakotumą, todėl naudojama ypač didelių skersmenų CŠT transportavimo linijose (AGFW, 2013).

Kitas požeminių vamzdynų tipas yra **betoninio kanalo vamzdynai** (kanaliniai). Šie vamzdynai taip pat yra įrengti po žeme, bet klojami betoniniame kanale, kuris užtikrina mechaninę apsaugą. Dėl konstrukcijos kanalai padeda apsisaugoti nuo drėgmės, o tai suteikia geras sąlygas vamzdyno izoliacijai. Jei dirvožemyje yra didelis požeminio vandens lygis, reikia imtis papildomų priemonių, kad būtų išlaikytas atsparumas nuo jo. Kanalo forma gali skirtis, vienas iš pavyzdžių yra pateikiamas 30 paveiksle. (AGFW, 2013)



Pav. 30: Požeminis kanalinis vamzdynas (Šaltinis: AGFW, 1993)

Pavaizduoto tipo kanalus sudaro dvi dalys. Apatinė dalis (pagrindo plokštė) iš betono yra įrengiama vietoje, o viršutinė dalis (gaubtas) būna paruošta iš anksto. Dėl konstrukcijai naudojamų mažo sandarumo detalių šio tipo kanalai yra retai naudojami dirvožemyje, kur yra didelis kiekis požeminio vandens. (AGFW, 2013)

Ten, kur vamzdynams įrengti yra daug vietos, galima naudoti **antžeminius vamzdžius**. Tai yra sąlyginai nebrangus sprendimas. Statant tokio tipo vamzdynus, būtina atsižvelgti į miestų planavimo bei aplinkosaugos reikalavimus. Vamzdynai gali būti montuojami ant betono pagrindo ar plieno konstrukcijų. Taip pat galima įrengti kabančius vamzdžius ar vamzdžių tiltus. Nors antžeminių vamzdynų įrengimas gali būti labai praktiškas, turi būti atsižvelgiama į prastą estetinį vaizdą. Tai ypač aktualu miestuose bei kituose gyvenamose vietovėse. (AGFW, 2013)

Vamzdynai taip pat gali būti montuojami prie pastatų lubų (31 pav.). Šiuo būdu galima žymiai sumažinti statybos sąmatą. Vamzdynai gali būti montuojami rūsiuose ar požeminėse automobilių stovėjimo aikštelėse. Tačiau būtina atsižvelgti į pastato projektą, tinkamai parinkti skyles sienose, kad jos nesumažintų pastato atsparumo (AGFW, 2013)

Reikia paminėti, kad daugumoje CŠT sistemų yra naudojami skirtingų tipų vamzdžiai, nes sistemos, bėgant laikui, plečiasi.



Pav. 31: Orinių vamzdynų pavyzdžiai (Šaltinis: AGFW, 1987)

5.2.4 Šilumos paskirstymo sistemos modernizavimo galimybės

Galimybės atnaujinti esamą vamzdyną yra gana ribotos. Aptikus nuotėkį, reikalingos didelės pastangos, kad būtų galima jį pasiekti. Dažnu atveju turi būti kasama tranšėja. Dažniausia modernizavimo galimybė, siekiant pagerinti sistemos efektyvumą, yra pasenusios technologijos pakeitimas nauja, tai yra aprašyta gerosios praktikos pavyzdžiuose „Upgrade DH“ projekte („Upgrade DH“, 2018a).

Per pastaruosius dešimtmečius vamzdynų sistemų technologijos nuolat tobulėja. Nauji vamzdžiai turi sąlyginai mažas investicijų sąnaudas, gali sumažinti šilumos nuostolius ir sumažinti gedimų riziką. Todėl vamzdynų keitimas – dažniausiai naudojamas CŠT sistemos atnaujinimo būdas.

Projektas Danijoje (Energetikos sistemos renovacija susikoncentruojant ties žemos temperatūros CŠT Albertslundo miestui) parodė, kad, susidarius tam tikroms sąlygoms, vietoj senojo vamzdyno įmanoma įrengti visiškai naują. Naujo vamzdyno įrengimas leidžia iškart sumažinti tinklo darbinę temperatūrą, taip sumažinant šilumos nuostolius. Senieji vamzdžiai gali būti palikti žemėje, kaip ir nutiko šiame projekte.

Norint padidinti perdavimo sistemos efektyvumą, reikia sumažinti eksploatacinį elektros energijos poreikį, daugiausiai vandens siurbliams, kurių reikia, kad vanduo tekėtų per visą sistemą. Energijos suvartojimo išvengti neįmanoma, tačiau keli projektai parodė didelį potencialą jų veikimo optimizavimo klausimu, taip iki minimumo sumažinant elektros energijos vartojimą. Šis minimumas yra susijęs su minimaliu tiekimo slėgiu. Slėgio lygis kiekviename sistemos taške su mažiausia slėgio verte turi būti didesnis arba lygus minimalaus tiekimo slėgio vertei tam, kad būtų užtikrintas sistemos funkcionalumas. Įrengus SCADA sistemą (priežiūros kontrolės ir duomenų gavimo sistema) ir pritaikius reikiamas matavimo priemones,

galima nuolat kontroliuoti tinklo slėgio lygį, užtikrinant minimalų slėgio perkritį. Dėl SCADA sistemos ir papildomai įrengtų kintamo dažnio siurblių, galima sumažinti šilumos perdavimui reikalingos elektros energijos kiekį. Gerosios praktikos pavyzdžius tinklo srauto optimizavimui galima rasti: („Upgrade DH“, 2018c) „Masės srauto koregavimas atsižvelgiant į faktinius poreikius, siekiant taupyti siurbimo energiją ir pasiekti žemą grįžtamo vandens temperatūrą“.

Kita galimybė atnaujinti šilumos perdavimo sistemas yra dviejų atskirų CŠT tinklų sujungimas, kaip parodyta viename iš „Upgrade DH“ CŠT gerosios patirties pavyzdžių (dviejų atskirtų CŠT tinklų sujungimas Italijoje; Upgrade DH, 2018a). Šilumos skirstymo tinklas buvo išplėstas, kad taptų naudingesnis. Buvo sujungti du atskiri ir nepriklausomai veikiantys tinklai, su atskirais šilumos gamybos įrenginiais. Nauda, gauta iš šio sujungimo, – įvairesnės kuro naudojimo galimybės, padidinta šilumos iš atliekų gamyba, bei pritraukti nauji vartotojai. Sujungimas įvyko, nes vamzdynas, sujungiantis abu tinklus, buvo nukreiptas per gyvenamąjį rajoną su potencialiais naujais vartotojais. Preliminarus šio projekto modeliavimas buvo įgyvendintas panaudojant specialią programinę įrangą. „Optit’s sprendimai tinklo plėtros optimizavimui“. Pastaroji, kaip ir kita modernizavimo įranga, yra aprašyta „Upgrade DH (2018c).“

Veiklos stebėseną ir duomenų rinkimą – tai modernizavimo priemonės, kuriomis siekiama vidutinės trukmės arba ilgalaikių tikslų. Jos tiesiogiai neveikia sistemos, bet tai yra svarbus žingsnis link tvaraus sistemos tobulinimo. Programinės įrangos priemonių, stebėjimo sistemų, priežiūros sistemų ir duomenų rinkimo pastovumo įgyvendinimas padeda nustatyti sistemų silpnąsias vietas ir būtinus sistemos atnaujinimo taškus. Jis taip pat apima defektnių komponentų identifikavimą bei techninės priežiūros strategijų ir priemonių planavimą. (Upgrade DH, 2018b)

5.3 Šilumos gamybos technologijos

Pagrindinė energetikos sektoriaus siekiamybė – 100% energijos generavimas iš atsinaujinančių energijos šaltinių iki 2050 m. Visos šilumos gamybos modernizavimo priemonės yra susijusios su atsinaujinančios energetikos integravimu. Todėl sudėtingas modernizavimo planavimo procesas turėtų parengti ir suplanuoti galimybę visą reikiamą šilumos poreikį patenkinti iš atsinaujinančios energijos šaltinių. Strateginis planavimas sumažina ateities sąnaudas, nes visi techniniai pakeitimai yra planuojami, siekiant ilgalaikio tikslo.

Pavyzdžiui, ilgalaikėje perspektyvoje, laipsniškas energijos gamybos iš anglies nutraukimas, ir su tuo susijęs anglies jėgainių uždarymas, iššaukia poreikį kitų technologijų, kurios pakeis šilumos gamybą. Kadangi anglies jėgainių įrengimo vietos buvo pasirinktos strategiškai, atsižvelgiant į to meto poreikius, tikėtina, kad šios vietos nėra geriausias pasirinkimas atsinaujinančių šilumos gamybos šaltinių įrengimui. Kadangi atsinaujinančios energijos generatoriai gali būti mažo masto, todėl jie tinkami įrengti keliose decentralizuotose vietose. Tai paprastai reikalautų vamzdyno sistemos pakeitimų, nes tinklas yra suprojektuotas centralizuotai šilumos generavimo sistemai. Kai kuriais atvejais esamos anglies jėgainės gali būti perdaromos taip, kad kaip kurą naudotų biomasę. Tokiu atveju nereiktų keisti vamzdynų sistemos. Daugiau apie tai skyriuje 5.3.3.

Modernizuotoms CŠT sistemoms šilumos gamybos, perdavimo bei vartojimo sąryšiai yra daug svarbesni, nei senesnėms CŠT sistemoms. Pavyzdžiui, saulės šiluminės energijos integravimas gali būti efektyvesnis, esant žemos temperatūros CŠT sistemoms, tačiau ją taip pat įmanoma integruoti ir į aukštesnės temperatūros CŠT sistemas. Taigi, šilumos poreikis ir sistemos temperatūros lygis turi būti suplanuoti kartu su šilumos gamyba.

Sekančiuose skyriuose bus apžvelgtos dabartinės atsinaujinančios energetikos bei šilumos kaupimo technologijos, kurios gali būti panaudojamos, palaipsniui ar visiškai pereinant prie atsinaujinančios energijos CŠT sistemų. 5.3.8 skyriuje pateikiamos gairės, kaip, kombinuojant skirtingų technologijų naudojimą, pasiekti maksimalią naudą.

5.3.1 Esamos šilumos gamybos infrastruktūros vertinimas

Esamos šilumos gamybos infrastruktūros vertinimui labai svarbu turėti žemėlapius su visais šilumos gamybos įrenginiais ir esamu tinklu. Be visų gamybos įrenginių, žemėlapiuose turėtų būti atvaizduotos visos sistemoje esančios siurblynės. Kiekvieno gamybos įrenginio įeinantys ar išeinantys energijos srautai (šilumos ar elektros) turėtų būti fiksuojami. Naudojantis šiais duomenimis, galima įvertinti techninės būklės parametrus, pvz. šiluminį bei elektrinį efektyvumą. Apskaičiuotas efektyvumas gali būti palyginimas su moderniausiais šilumos gamybos įrenginiais, taip apibūdinant techninį našumą.

Svarbu žinoti svarbių komponentų, pvz. katilų, turbinų, vandens valymo įrenginių ar tinklo siurblių, amžių. Atsižvelgiant į veiklos rezultatus, amžių ir faktines eksploataavimo priežiūros išlaidas, pagal poreikį galima parengti šilumos gamybos investicijų planą.

Šilumos akumuliacinės talpos (ŠAT) įgalina lankstesnę šilumos gamybos režimą. Be to, jei šilumos gamybos įrenginiai gamina elektros energiją (kogeneracija), ŠAT yra labai svarbi technologinė dalis. Priklausomai nuo ŠAT dydžio, kogeneracinė jėgainė gali negaminti elektros energijos, esant žemoms elektros supirkimo kainoms, šilumą tiekiant iš ŠAT. Esant aukštesnėms elektros kainoms, kogeneracinė jėgainė apkraunama maksimaliai, perteklinę šilumą panaudojant ŠAT įkrovimui. ŠAT darbo režimai tampa vis svarbesni, esant didelems elektros kainų svyravimams. ŠAT dydis ir CŠT sistemos šilumos poreikis yra faktoriai, kurie nulemia, kiek laiko kogeneracinė jėgainė gali dirbti nepilnu šilumos gamybos režimu.

Vėsumos srautų sukūrimas CŠT sistemose, šiltuoju metu laiku, gali padidinti gamybos poreikį bei pelną. Šilumos poreikis karšto vandens paruošimui apima tik 10 – 15% maksimalaus šilumos poreikio, dėl to galimi dideli nuostoliai. Dauguma kogeneracinių jėgainių dėl nepilnos apkrovos šiltuoju metu tampa mažiau efektyvios. Šilumos poreikio padidėjimas vasaros metu padidina galimą pelną.

Rinkoje yra absorbcinių aušintuvų, kurie gali ekonomiškai veikti esant maždaug 80°C tiekiamo vandens temperatūrai, o tai būtent tokia temperatūra, kuri dažnai naudojama vandens šildymui iš CŠT sistemose. Praktiniai pavyzdžiai rodo, kad geriausia parduoti šilumą aušinimo sistemoms, kurios vėsina duomenų centrus.

Norint tiksliai nustatyti šilumos nuostolius, būtina išmatuoti pagaminamą bei parduodamą šilumos kiekį. Abi vertės reikia išmatuoti tiesiogiai naudojant atitinkamus matuoklius. Bet koks kitas parduodamos šilumos nustatymo būdas, pvz. pagal gyvenamojo ploto m², šiuo atveju nėra teisingas.

Modernizavimo priemonės gali būti susijusios su perėjimu prie atsinaujinančių energijos šaltinių. Todėl esamos šilumos gamybos infrastruktūros vertinime taip pat turėtų būti pateikta informacija apie atsinaujinančių energijos šaltinių dalį. Pirminės energijos poreikis rodo suvartotos pirminės energijos vertę. Lyginant su pagamintos šilumos kiekiu, tai yra svarbus veiksnys, siekiant nustatyti sistemos poveikį aplinkai. Kuo mažesnė pirminės energijos suvartojimo vertė, tuo labiau aplinką tausojanti sistema yra nagrinėjama. Tačiau šiuo atveju būtina atsižvelgti į sistemos pajėgumus. Pirminės energijos faktoriaus naudojimas palengvina skirtingų pajėgumų sistemų palyginimą. Kaip ir pirminės energijos poreikis, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos yra ekologiško rodikliai. Visos dujos gali būti konvertuojamos į CO₂ ekvivalentus ir sumuojamos, jei yra poreikis jas lyginti.

5.3.2 Saulės energija pagamintos šilumos integracija

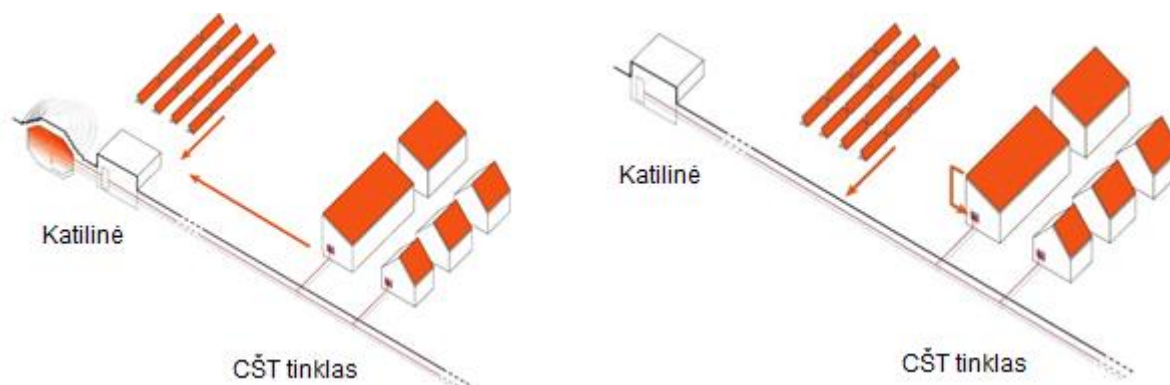
Saulės šilumos kolektoriai plačiai naudojami karšto vandens ruošimui ir šildymui, pvz. privačių namų šildymo sistemoms Vokietijos namų ūkiuose. Technologija yra gerai išvystyta, ir jai keliami aukšti reikalavimai. Net ir šaltesnio klimato regionuose, saulės šilumos kolektoriai suranda savo vietą. Europoje saulės šilumos kolektorių sistemos buvo sėkmingai įrengtos daugiau nei 200 CŠT sistemose, kurių kiekvienoje yra ne mažesnės nei 700 kW galios jėgainės. Trumpą techninę mažų CŠT sistemų saulės kolektorių apžvalgą pateikia Rutz ir kt., (2017).

Saulės energija CŠT sistemose panaudojama didelio ploto saulės kolektorių jėgainių dėka, kuriose sugeneruota šiluma tiekama į tinklus. Saulės kolektoriai yra montuojami ant žemės arba ant pastatų stogų. Šiuo metu įrengtų šilumos jėgainių pajėgumai siekia iki 100 MW. Paprastai saulės energijos generavimo dalis sudaro iki 20% metinio šilumos poreikio. Su didelėmis sezoninėmis ŠAT, kurios naudojamos ir šilumos bei elektros energijos gamybos balansavimui, galima saulės energijos generavimo dalį padidinti iki 50%. Šiai dienai jau galima pasiekti konkurencingas šilumos kainas panaudojant saulės kolektorius. Konkurencingos (žemiau 50€/MWh) šilumos kainos pasiekiamos dėl CŠT įrengiamų saulės jėgainių masto bei sistemų optimizavimo.

Saulės šilumos kolektoriai CŠT sistemose naudojami plačiam koncepcijų spektrui ir esant labai skirtingomis sąlygomis. Pagrindiniai skirtumai:

Integracijos į CŠT sistemą koncepcija: centralizuota ar decentralizuota integracija (Pav. 32: Saulės kolektorių integracija į CŠT tinklą: centralizuotas jungimas (kairėje) – saulės kolektoriai prijungti prie katilinės schemas ir decentralizuotas jungimas (dešinėje) – saulės kolektoriai prijungti tiesiogiai prie CŠT tinklo (Šaltinis: Solites)

- pav.)
- **CŠT tinklo dydis ir tipas:** tai gali būti didelis miestas ar maža kaimo vietovė



Pav. 32: Saulės kolektorių integracija į CŠT tinklą: centralizuotas jungimas (kairėje) – saulės kolektoriai prijungti prie katilinės schemas ir decentralizuotas jungimas (dešinėje) – saulės kolektoriai prijungti tiesiogiai prie CŠT tinklo (Šaltinis: Solites)

Saulės energijos CŠT sistema atskiriems rajonams

Vietinė saulės energijos CŠT sistema yra puiki technologija renovuotų ar naujų miesto rajonų šildymui. Paprastai saulės generuojama šiluma sudaro iki 20% metinio šilumos tiekimo. Tačiau panaudojus ŠAT, metinė saulės šilumos dalis gali padidėti iki 50%. Puikus to pavyzdys – saulės ir biomasės šilumos gamybos sistemų sujungimas gyvenamojoje zonoje Valda Heberg, Švedijoje. Ant pastatų stogų 2013m. įrengta 680m² ploto saulės kolektorių sistema (žr. 33 pav.).



Pav. 33: Saulės kolektoriai gyvenamajame rajone Valda Heberg, Švedija (Šaltinis: Jan-Olof Dalenbäck)

Saulės energijos CŠT sistema kaimo vietovėms

Saulės energijos CŠT sistema gali pilnai užtikrinti šilumos tiekimą mažiems miesteliams ar kaimams. Sistemos, teikiančios šilumą miestams ir bendruomenėms kaimo vietovėse, leidžia greitai ir visapusiškai išnaudoti esamus atsinaujinančius išteklius. Büsingene, Vokietijoje, 1090m² ploto kolektorių sistema tenkina 100 pastatų vasarinį šilumos poreikį, tuo užtikrindama, kad esamas biomasės katilas dirbtų ekonomiškumu režimu. Ši sistema veikia nuo 2013 m (žr. 34 pav.).



Pav. 34: Katilinė su integruotais saulės šildymo kolektoriais Büsingene, Vokietija (Šaltinis: Solites, D. Rutz)

Šilumos iš saulės energijos panaudojimas miestuose

Didelių miestų CŠT paprastai gauna šiluminę energiją iš kogeneracinių jėgainių. Jei yra pakankamai laisvo ploto, saulės energijos integracija yra viena iš galimybių padidinti atsinaujinančios energijos dalį šiose sistemose. Pavyzdžiui, Gracas turi daugiau nei 16500 m² ploto saulės kolektorių, kurie tiesiogiai integruoti į CŠT sistemą (žr. 35 pav.).



Pav. 35: Saulės šilumos kolektorių laukas kuris prijungtas prie CŠT, Gracas, Austrija (Šaltinis: SOLID, D. Rutz)

Išmanioji CŠT sistema

Didelės saulės jėgainės gali būti kombinuojamos su kitomis šilumos ir energijos gamybos technologijomis. Danijoje yra keletas išmaniųjų jėgainių. Viena iš jų buvo įrengta Grame ir yra aprūpinta 44800 m² ploto saulės šilumos kolektorių sistema, šilumos siurbliu, dujiniais varikliais, elektrodiniais ir iškastiniais rezerviniais katilais. CŠT jėgainėje įrengta 122.000m³ dydžio ŠAT. Šių technologijų pagalba galima laviruoti svyruojančių elektros energijos supirkimo kainų laikotarpiais, elektrą pardavinėjant didžiausiomis kainomis (žr. 36 pav.).



Pav. 36: Saulės šilumos kolektorių laukas su PIT tipo sezonine ŠAT prijungtas prie CŠT tinklo, Gram, Danija (Šaltinis: Gram Fjernwärme, D. Rutz)

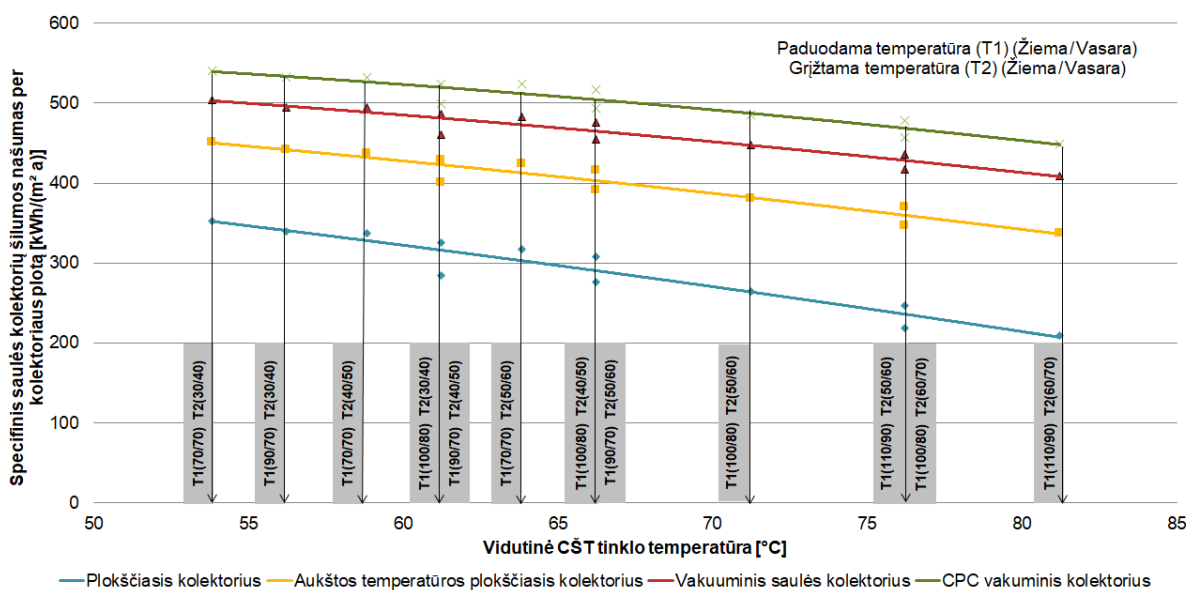
Saulės energijos panaudojimo CŠT sektoriuje, galimybių spektras yra labai platus. Pagamintos energijos kiekis priklauso nuo vietos žemėlapyje. Pietuose įsikūrusių šalių teritorijos gauna didesnę saulės apšvietą, todėl gali generuoti daugiau energijos. Pagrindinė problema – laisvo žemės ploto klausimas, nes saulės parkai užima dideles teritorijas. Vienas hektaras ploto, su įrengtais saulės šilumos kolektoriais, gali generuoti apie 2GWh šilumos per metus. Tai yra efektyviausia atsinaujinančios energijos priemonė, kurią galima panaudoti šilumos gamybai. Tačiau vietos parinkimas dideliems saulės šilumos kolektorių plotams išlieka viena didžiausių projektų vystytojų problema. Šią problemą ypač sustiprina didelė žemės plotų kaina miesto vietovėse.

Siekiant įveikti išskylančias problemas, reikia įgyvendinti šiuos veiksmus:

- analizuoti parinktų vietovių politinius bei teisinius aspektus;
- į procesus įtraukti visus suinteresuotus asmenis (tiek politikus, tiek vietos gyventojus);
- atsižvelgti į ekologinius aspektus.

Kitas iššūkis saulės energijos integravimui į CŠT – sezoniškumas ir priklausomybė nuo oro sąlygų. Galima generuoti daug šilumos vasaros metu, kai saulės apšvieta yra didelė. Tačiau žiemą apšvieta mažiausia, o šilumos poreikis – didžiausias. Apšvieta kinta kiekvienos dienos metu ir tai būtina balansuoti. Dažniausiai, balansavimo įgyvendinimui naudojamos ŠAT, daugiau apie tai rašoma 5.3.7. skyriuje.

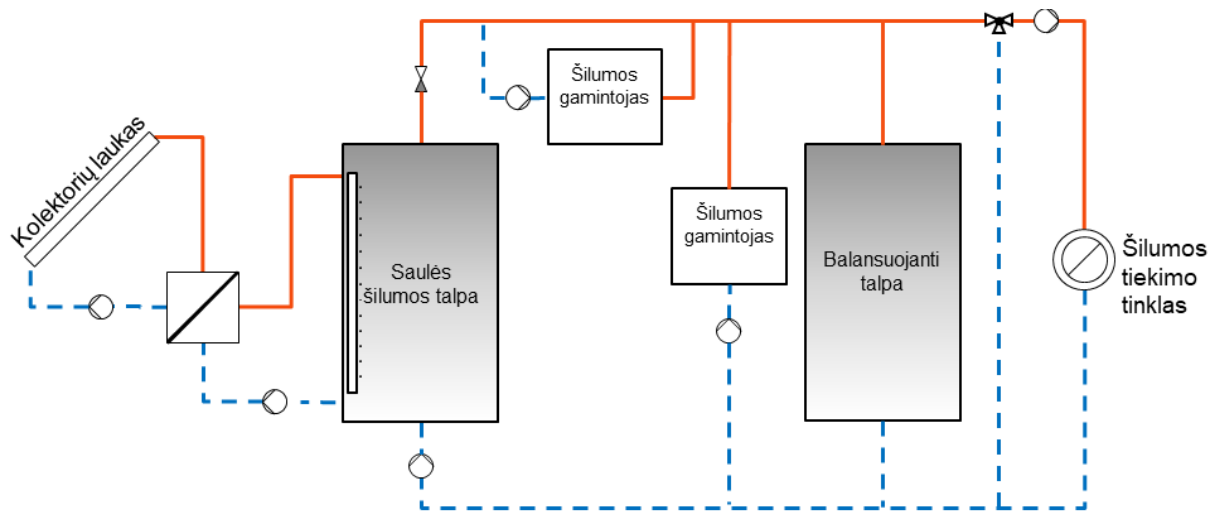
Atsižvelgiant į bendrą saulės energijos integravimo į CŠT koncepciją, privaloma įvertinti darbinės temperatūras tiek paduodamuose, tiek grįžtamuose vamzdžiuose. Kuo žemesnė darbine sistemos temperatūra, tuo efektyvesnis saulės šilumos kolektorių generavimas (žr. 37 pav.).



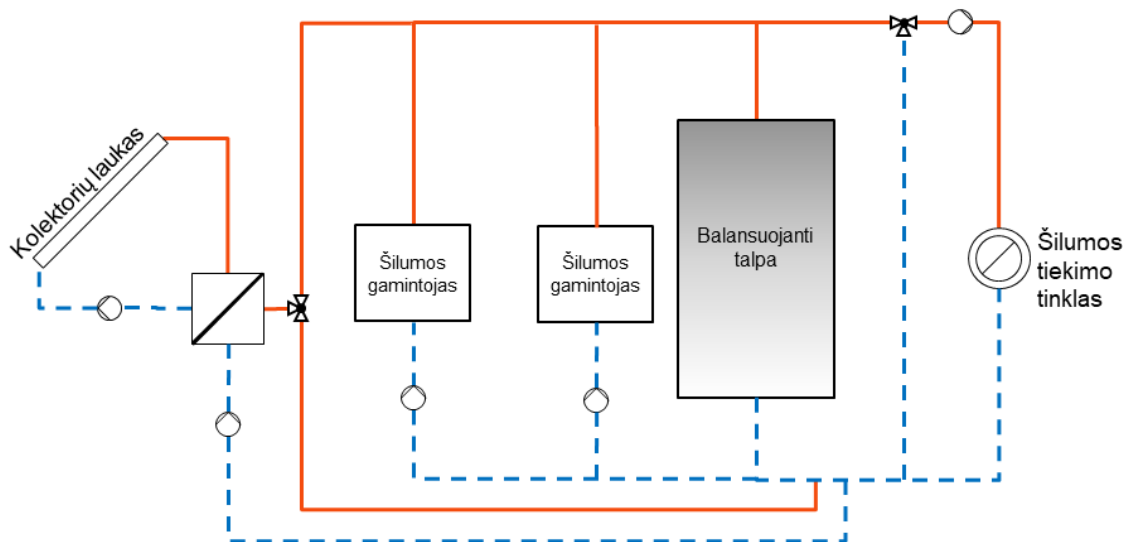
Pav. 37: Specifinis saulės kolektorių metinis šilumos generavimas per kolektoriaus ploto vieną, priklausomai nuo CŠT tinklo temperatūros ir kolektoriaus tipo (skaičiavimams naudoti pietų Vokietijos duomenys) (Šaltinis: Solites)

Saulės šiluminės energijos integravimas turi būti suprojektuotas taip, kad saulės kolektoriai galėtų šildyti grįžtamąjį vandens srautą. Dauguma saulės šiluminių įrenginių, integruotų į CŠT tinklus, yra sujungti su pagrindiniais šilumos generavimo įrenginiais. Tokiu atveju, priklausomai nuo šilumos generatorių, saulės šilumos kolektoriai gali būti integruoti lygiagrečiai arba nuosekliai, kaip parodyta 38 ir 39 paveiksluose.

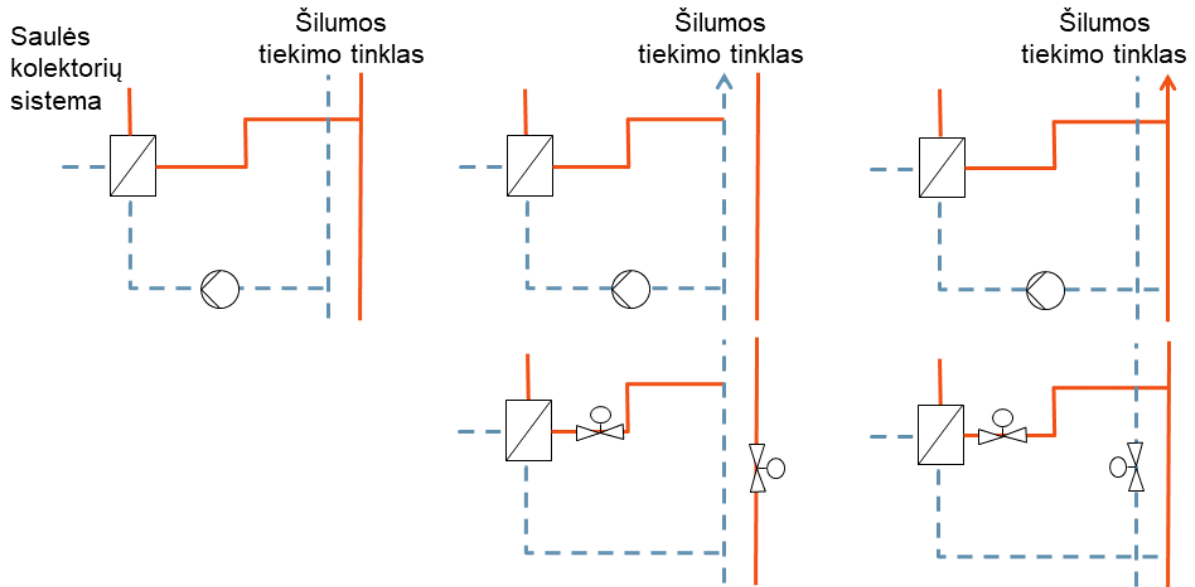
Decentralizuota saulės šilumos kolektorių integracija gali būti naudinga, jei yra keletas mažų kolektorių laukų, kurie sujungti į bendrą CŠT sistemą. Tokiu atveju galimas variantas - tiesioginis prijungimas (be ŠAT). Šiam tikslui įrengiamos specialios šilumos pastotės, leidžiančios tiekti pastovios temperatūros vandenį net ir tada, kai saulės spinduliavimas yra nepastovus.



Pav. 38: Nuoseklus CŠT tinklo ir saulės šilumos kolektorių jungimas (Šaltinis: Solites)



Pav. 39: Lygiagretus CŠT tinklo ir saulės šilumos kolektorių jungimas (Šaltinis: Solites)



Pav. 40: Trys decentralizuoti saulės šilumos kolektorių jungimo į CŠT tinklą būdai – su siurbliu (viršutinė eilė) arba su reguliuojamu vožtuvu (apatinė eilė) (Šaltinis: Solites)

5.3.3 Biomasės įrenginių integravimas

Biomasė – organinis produktas (augalai, gyvūnai ir jų išskyros ir k.t.). Prie biomasės produktų taip pat priskiriami perdirbami produktai: bioatliekos, popierius, medžio atliekos ir kt. Pirminiai organiniai produktai sukuriama augalų fotosintezės būdu, kurios metu iš atmosferos sugeriamos CO₂ dujos, vanduo ir saulės energija. Susidariusios anglies medžiagos sukauptą energiją gali atiduoti degimo proceso metu. Daugiau informacijos apie biomasės naudojimą mažuose, atsinaujinančiuose CŠVT tinkluose, galima rasti „CoolHeating“ vadove (Rutz ir kt., 2017).

Šiuo metu biomasė yra didžiausias atsinaujinančios energijos šaltinis ES. 2012 m. Biomasė ir atliekos sudarė apie du trečdalius visos ES suvartojamos atsinaujinančios energijos. Siekiant veiksmingai mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, biomasė turi būti gaunama tvariais būdais. Biomasės gamyba apima veiklos grandinę nuo žaliavų auginimo iki galutinės energijos konversijos. Kiekvienas žingsnis kelyje gali sukelti skirtingus tvarumo iššūkius, kuriuos būtina spręsti. (EK, 2019).

Europos Komisija pateikė rekomendacijas dėl biomasės tvarumo kriterijų (EK, 2019). Šios rekomendacijos taikomos ne mažesnės kaip 1 MW šilumos arba elektros energijos įrenginiams. Rekomendacijos:

- draudžia naudoti biomasę, gautą iš iškristų laukų ir kitų vietovių, kur galimai susidaro dideli anglies dioksido kiekiai, taip pat didelę biologinę įvairovę turinčiose vietovėse;
- reikia užtikrinti, kad per visą gyvavimo ciklą, palyginti su iškastiniu kuru, būtų išmesta bent 35% mažiau šiltnamio efektą sukuriančių dujų. Naujiems įrenginiams – 2017m. – 50%, 2018m. – 60%;
- remti valstybines biokuro paramos programas, kurios taikomos, siekiant didžiausio efektyvumo;
- skatinti visos biomasės vartojimo ES monitoringą, taip užtikrinant procesų stabilumą..

CŠT sistemos turi daug galimų biomasės integravimo į esamus tinklus variantų. Kaip ir kitų atsinaujinančios energijos šaltinių, biomasės technologijų integravimas į CŠT sistemą priklauso nuo esamos sistemos būklės, esamų integracijos galimybių bei tikslų.

Biomasės gavybai būdingas didelis žaliavos šaltinių bei panaudojimo būdų pasirinkimas. Tai leidžia integruoti biomasę į daugelį CŠT sistemų, atsižvelgiant į sistemos poreikius. Didelėse CŠT sistemose gali būti naudojamos šios biomasės žaliavos: didelių gabaritų medienos atliekos (baldai, statybinės atliekos, dažyta mediena ir kt.), pjuvenos, medienos skiedros, medienos drožlės, pramoninės granulės (medienos granulės, mišrios biomasės granulės), rauginta biomasė, biometanas (iš biologinių atliekų anaerobinio skaidymo) ir pirolizės alyva.

Didesniems centralizuotiems įrenginiams pagrindinis biomasės naudojimo iššūkis yra žaliavos logistika. Todėl ypač didelę reikšmę turi naujos gabenimo technologijos. Apdirbta biomasė išsprendžia dalį logistikos problemų.



Pav. 41: Biomasės žaliavų tipai: (medžio drožlės, granulės, „skrudintos“ granulės, pirolizės nafta (iš eilės) (Šaltinis: D. Rutz)

Nors biomasė yra atsinaujinantis ir šiai dienai labai svarbus energijos šaltinis, ateities CŠT sistemose turi būti įtraukiamos ir kitos atsinaujinančios technologijos. Tai yra būtina, siekiant sukontroliuoti ir sumažinti biomasės poreikį, nes biomasės produktai turi platų panaudojimo spektrą. Dėl to produkcijos kaina didėjant poreikiui gali labai išaugti.

Taikomi du labai skirtingi CŠT sistemų modernizavimo metodai, t. y. naujų biomasės katilų ir kogeneracinių įrenginių įrengimas arba iškastinio kuro įrenginių pakeitimas biomasės įrenginiais.

Įrengiant naujus biomasės katilus arba kogeneracinius įrenginius, šilumos gamybos sistema leidžia maksimaliai lanksčiai pasirinkti technologijas, nes tai yra visiškai naujas projektavimas. Nauji įrenginiai statomi netoli galutinio vartotojo, siekiant sutrumpinti bendrą perdavimo vamzdyno ilgį. Dėl to gali būti naudinga statyti kelis atskirus įrenginius skirtingose vietose. Bendroju atveju, sistema susidaro iš vieno ar daugiau biomasės katilų arba kogeneracinės sistemos su dujų cikavimu, garo ciklu arba organinio Renkino ciklo (ORC) technologija. Ekologiniu požiūriu geriausias pasirinkimas naujos jėgainės statyba. Tačiau parinkti tinkamą jėgainių statybos vietą – didelis iššūkis biomasės technologijų naudotojams. Taip pat statybos išlaidos gali būti didesnės, nei esamų iškastinio kuro jėgainių rekonstrukcijos išlaidos.

Didelėse centralizuotose jėgainėse naudojamo kuro keitimas iš iškastinio kuro į biomasę gali būti puikus modernizavimo pasirinkimas. Dalinis iškastinio kuro pakeitimas atsinaujinančiais šaltiniais gali būti įgyvendintas maišant kuro rūšį. Tačiau, kai kurių įmonių nuomone, tai tik tarpinis sprendimas galutiniam tikslui pasiekti – visiškam perėjimui prie atsinaujinančios energijos.

Maišyto kuro naudojimas – tai dviejų kuro rūšių (pvz. biomasės bei iškastinio) naudojimas. Degimo procesas gali vykti vienoje bendroje arba atskiruose degimo kamerose, kurios jungiamos lygiagrečiai.

Tiesioginis biomasės ir kito kuro (dažniausiai anglies) deginimas bendroje kameroje yra gana paprastas ir ekonomiškai efektyvus, tačiau labai jautrus kuro kokybės pokyčiams. Degimo procese dalyvaujančio biokuro dalis dažnai ribojama dėl technologinių kliūčių: padidėjusio pelenų ir šlako kiekio, padidėjusios taršos, paspartėjusios korozijos proceso. Šios technologinės kliūtys gali sutrumpinti prietaisų, kurie tiesiogiai kontaktuoja su degimo produktais (perkaitintuvų, šilumokaičių, išmetamų dūmų filtrų ir kt.) naudojimo trukmę. Tokiose kamerose naudojami įvairūs technologiniai sprendimai:

- *Bendras kuro smulkinimas:* maišoma anglis ir biomasė. Degusis mišinys paduodamas per anglies degiklius arba kuro tiekimo sistemą.
- *Bendras-maitinimas:* atskirai smulkinamos skirtingos kuro rūšys paduodamos į kuro tiekimo sistemą.
- *Kombinuotas degiklis:* biomasė ir anglis atskirai viena nuo kitos nugabenamos iki degiklio. Anglis uždegama pirminiais degikliais, biomasė antriniais. Fizinis kuro maišymas nevyksta, tačiau degimo etapai vyksta tuo pačiu metu.
- *Nauji degikliai:* kuras deginamas nepriklausomose linijose. Anglis tiekama į įprastą sistemą, o biomasė – į naują sistemą. Nauji biomasės degikliai gali pakeisti senus anglies degiklius arba gali būti įrengti naujuose vietose.

Pagrindinės netiesioginės deginimo sistemos yra:

- *Atskiras deginimas:* biomasės deginimas atskiroje katilinėje ar sistemoje.
- *Bendra sistema:* biomasė dega atskiruose, specialiai suprojektuotuose naujuose katiluose. Senoji ir naujoji sistema susijungia bendroje termofikato grandinėje. Degimo produktai valomi bei utilizuojami atskirai.
- *Dujifikavimo sistemos:* biomasė yra įkaitinama iki dujų išsiskyrimo. Tada susidariusios sintezės dujos keliauja į degimo kamerą.
- *Pirolizė:* biomasė pirolizės būdu paverčiama į dujų, biologinės alyvos ir anglies mišinį. Frakcijos gali būti atskirtos ir naudojamos skirtingose vietose esančiuose katiluose.

Elektros jėgainėje ar kogeneracinėje jėgainėje dažnai naudojami kelių rūšių katilai ir kiti įrenginiai. Tai suteikia platesnes jėgainės valdymo galimybes bei sumažina galimas gamybos stabdymo rizikas (remontas, gedimai). Jei naudojami keli deginimo įrenginiai, biomasė gali būti deginama keliais skirtingais būdais skirtinguose įrenginiuose, tai vadinama lygiagrečiuoju deginimu. Apibendrinant galima teigti, kad tiesioginio bendro deginimo pranašumas yra mažesnė įrenginių kapitalo kaina, tačiau galima naudoti tik nedidelę biomasės dalį (mažiau nei 20%). Netiesioginio deginimo privalumas yra tas, kad gali būti naudojama didesnė biomasės dalis (iki 50%), bet kapitalo išlaidos gali būti didesnės. Lygiagretus deginimas yra pats lanksčiausias naudojimo būdas.

Dėl sąlyginai mažų investicijų poreikio bei galimybių šioje srityje, anglies pramonės atstovai šiuo metu yra sukaukę didelę kombinuoto biomasės deginimo patirtį. „IEA bioenergy Task 34“ – sukurta duomenų bazė, kurioje surinkta informacija apie daugiau nei 150 kombinuoto deginimo iniciatyvų visame pasaulyje. Geriausias kombinuoto biomasės deginimo pavyzdys – „Drax“ jėgainė, kuri yra viena didžiausių Europoje. Ateityje tikimasi technologinio šios srities proveržio bei pilnos konversijos į atsinaujinantį kurą.



Pav. 42: Kogeneracinė jėgainė, naudojanti medienos drožles, Vilnius, Lietuva (Šaltinis: D. Rutz)



Pav. 43: Kogeneracinė jėgainė, naudojanti medienos drožles iš medienos atliekų, Enšioingas, Švedija (Šaltinis: D. Rutz)



Pav. 44: Kogeneracinė jėgainė, naudojanti medienos drožles (7,8MW_{el} ir 15MW_{šil} galios), Augsburgas, Vokietija (Šaltinis: D. Rutz)

5.3.4 Geoterminės šilumos integravimas

Geoterminė energija – tai energija šilumos formoje, esanti po kietuoju žemės sluoksniu. Priklausomai nuo gylio, geoterminė energija gali būti suskirstyta į dvi rūšis – paviršinė ir giluminė. Dažniausiai naudojamos sistemos pateiktos 45 pav.

Paviršinė geoterminė energija – tai energija, kuri per šulinius, kolektorius ir geoterminius zondus surenkama gylyje iki 400m. Ši energija gali būti naudojama pastatų šildymui bei vėdinimui, per žemos temperatūros CŠT tinklą ar reversinį šilumos siurbį.

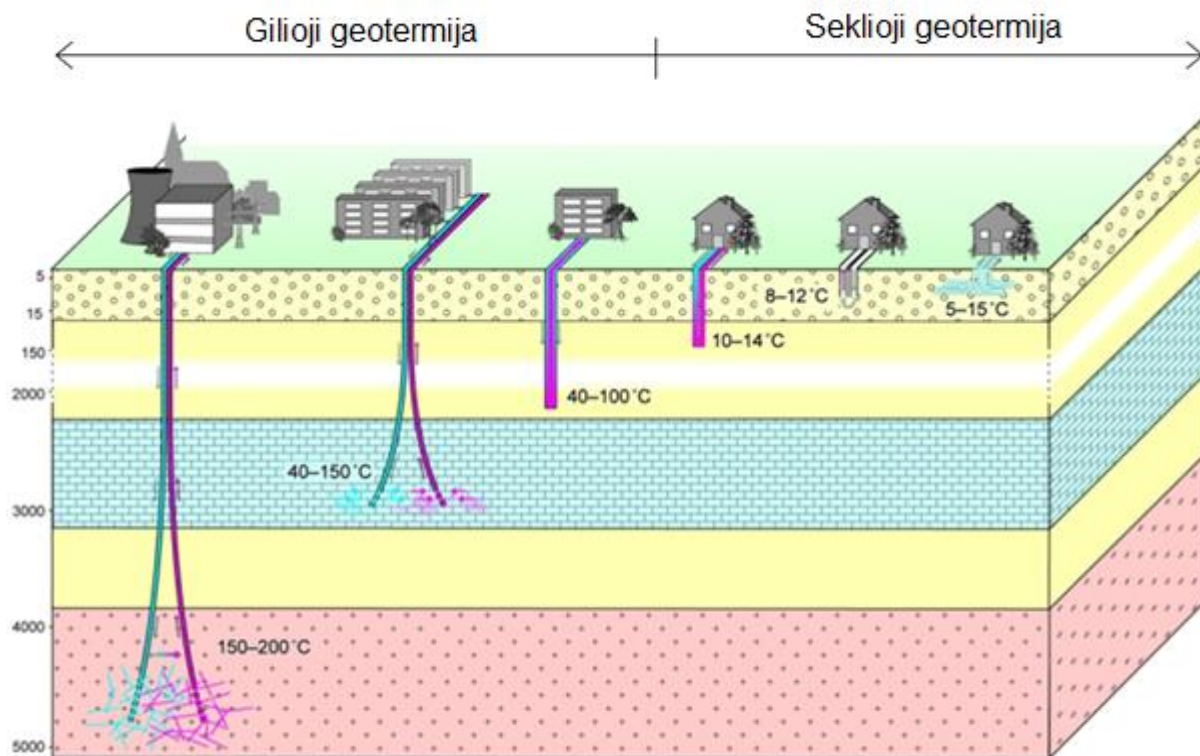
Giluminė geoterminė energija – tai šiluminė energija, gaunama iš gilesnių, nei 400m gylyje, po žeme, esančių sluoksnių. Ši energija gali būti naudojama atvirose sistemose (petroterminėse ir hidroterminėse), taip pat ir uždaroje (giluminiai zondai). Pastarieji, dažniausiai ekonomiškai patrauklūs tik tada, jei nereikia gręžti naujo gręžinio. Pagrindinis atvirų sistemų privalumas – didesnis gaunamos šilumos kiekis (šiluminė galia svyruoja nuo 1 iki daugiau kaip 50 MW) lyginant su uždaromis sistemomis (iki kelių šimtų kW). Dėl didelio CŠT sistemų energijos poreikio, atviros geoterminės sistemos yra puikiai pritaikomos integravimui į šias sistemas. Atvirose sistemose, geoterminė energija gaunama iš susikaupusio, šilto gruntinio vandens (hidroterminėse sistemose) arba per instaliuotus šilumokaičius (sausose, petroterminėse sistemose).

Terminis vanduo yra pumpuojamas į paviršių gavybos gręžiniu, kur šilumokaičiu surenkama šiluminė energija. Po to vanduo grįžtamuju gręžinio kanalu yra vėl pumpuojamas atgal, siekiant jį prisotinti šiluminės energijos. Dažniausiai šie geoterminiai gręžiniai yra arti vienas kito. Tipinis gręžinių gylis svyruoja tarp 2000 – 4000m. Priklausomai nuo geoterminės sistemos (geologijos, hidrologijos ir veikimo aspektų), gali būti naudojami keli gavybos ir keli grįžtamieji gręžiniai.

Giluminė geoterminė energija turi kelias panaudojimo galimybes:

- Naudojimas CŠT sistemose
- Naudojimas elektros energijos generavimui

Geoterminėms elektros jėgainėms būtinas bent 100°C temperatūros šilumos šaltinis bei atitinkamas terminio vandens srautas. Verta paminėti, kad geoterminių elektros jėgainių naudingumas, dėl sąlyginai žemos šilumos šaltinio temperatūros, siekia apie 10%.



Pav. 45: Įvairus geoterminės energijos panaudojimas (Šaltinis: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2016)

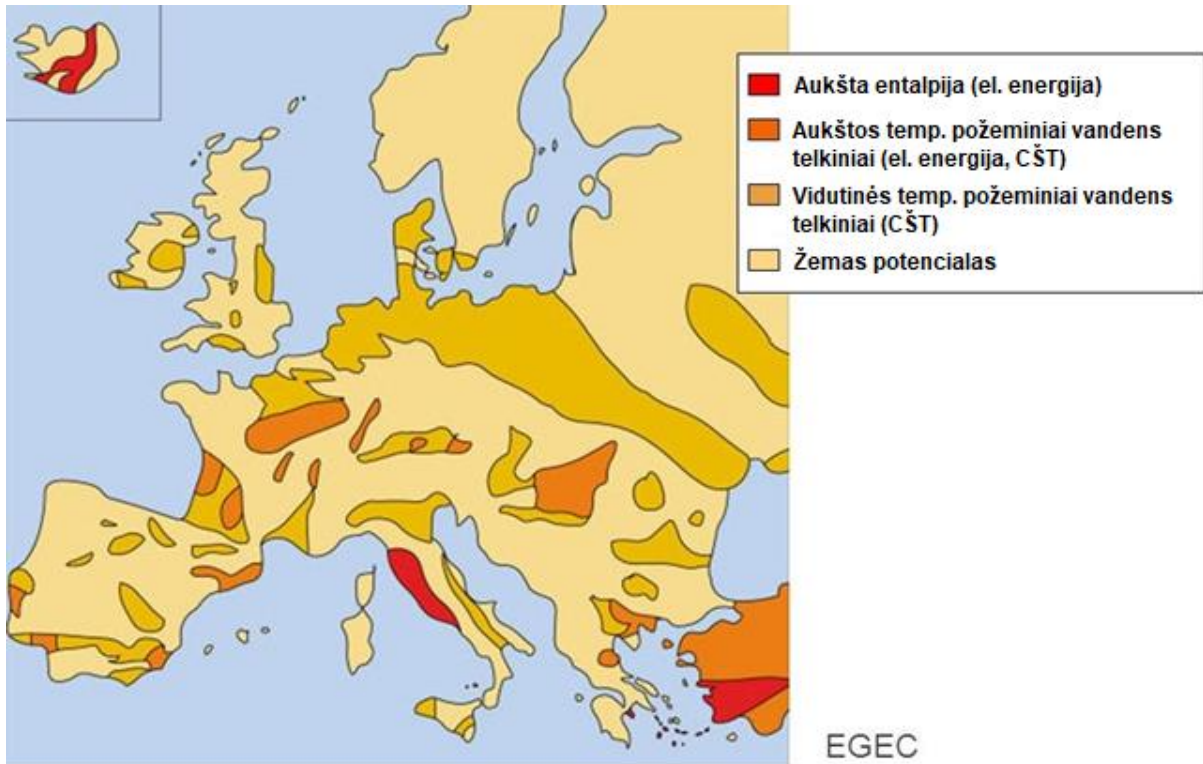
Geoterminės energijos potencialas labai priklauso nuo vietinės geologijos ir hidrogeologijos. Didžiausias geoterminės energijos potencialas Europoje pavaizduotas 46 pav. Didžiausias potencialas – regionuose, kuriose daug aktyvių ugnikalnių, pavyzdžiui Islandija, Turkija, Italija. Vidutinio potencialo teritorijos yra įvairiose vietose, pvz. Molasse baseinas. Geoterminės CŠT sistemos dažniausiai įrengiamos regionuose, kurie turi didelį geoterminės energijos potencialą ir aukštos temperatūros energijos šaltinius.

Interaktyvus **GeoDH žemėlapis**¹ pateikia geoterminių išteklių vertinimą ir nurodo sritis, kuriose geoterminis CŠT sistemų potencialas yra didžiausias. Remiantis geologiniais duomenimis, eksploatuojamomis sistemomis bei šilumos poreikio informacija, žemėlapyje matomas 14 Europos šalių potencialas (Italija, Prancūzija, Vokietija, Nyderlandai, Airija, Jungtinė Karalystė, Slovakija, Slovėnija, Čekija, Rumunija, Bulgarija, Bulgarija, Lenkija, Danija ir Vengrija) (GeoDH, 2014).

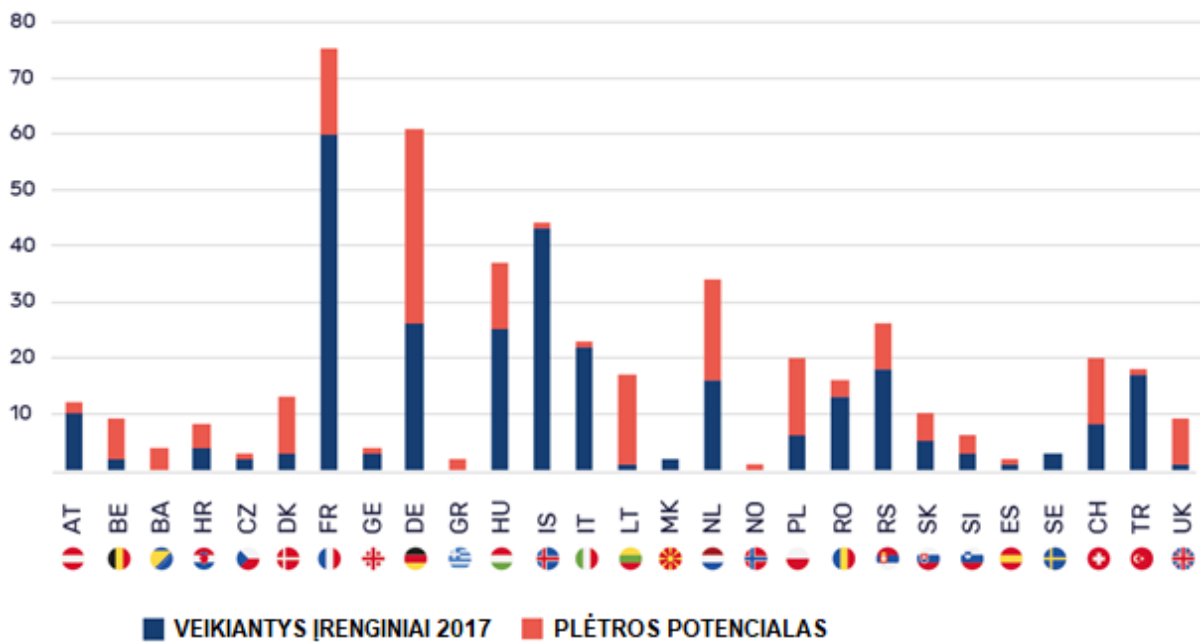
Norint efektyviai naudoti giluminę geoterminę energiją CŠT sistemose, yra būtinas didelis geoterminis potencialas bei didelis šilumos poreikis.

2017 m. Europoje geoterminės energijos įrengtoji CŠT galia buvo 4,9 MW, o bendra metinė šilumos gamyba siekė 11,7 GWh. Vidutinis metinis augimo tempas pastaraisiais metais buvo apie 10%. 2017 m. pabaigoje veikiančių įrenginių skaičius Europoje buvo 294. (žr. 47 pav.).

¹ https://map.mbfisz.gov.hu/geo_DH/



Pav. 46: Supaprastintas Europos geoterminio potencialo žemėlapis (Šaltinis: EGEC, 2014)



Pav. 47: Geoterminių CŠT veikiančių įrenginių ir jų plėtros potencialas pagal Europos šalį (Šaltinis: EGEC, 2018)

Giliųjų geoterminių išteklių **temperatūrų diapazonas** yra labai platus. Aukštos entalpijos sistemos gali pasiekti aukščiausią temperatūrą virš 180 °C (Arnórsson, 1995). Taigi galima aprūpinti net 2 kartos šilumos tinklus iš tokių šaltinių, arba bent jau naudoti juos didinant grįžimo temperatūrą (Sandrock ir kt., 2019).

Esant nepakankamam geoterminės energijos temperatūros lygiui, panaudojus šilumos siurblius, temperatūrą galima pakelti iki norimo lygio.

Gilios atviros geoterminės sistemos yra nulinės emisijos šildymo sistemos, labai gerai pritaikytos bazinėms apkrovoms CŠT sistemose. Siekiant sėkmingai įgyvendinti tokią sistemą, reikia atkreipti dėmesį į kai kuriuos konkrečius aspektus.

Jei CŠT tinklas jau įrengtas, pagrindinės gilios geoterminės sistemos investicinės išlaidos atsiranda dėl gręžinių. Kadangi gręžimo metu kyla keletas pavojų (pvz. dėl nepakankamo srauto greičio ar nepakankamos geoterminės energijos temperatūros) rekomenduojama sudaryti geoterminės žvalgybos rizikos draudimą.

Dažniausios geoterminio panaudojimo techninės problemos susijusios su geoterminių skysčių chemine sudėtimi, į kurią kartais patenka didelės mineralų ir dujų koncentracijos, kurios gali sukelti užsinešimus ir koroziją įrenginiuose, per kuriuos teka geoterminiai skysčiai (Gunnlaugsson ir kt., 2014 m.). Siekiant užkirsti kelią tokioms problemoms, reikia imtis atitinkamų priemonių, pavyzdžiui, parinkti tinkamas medžiagas ir komponentus.

5.3.5 Perteklinės šilumos integravimas

Remiantis ES finansuojamo projekto „STRATEGO“ analize, 2010 m. Europoje buvo 2943 PJ perteklinės šilumos (neįskaitant šilumos energijos gamybos). Ši perteklinė šiluma teoriškai galėtų aprūpinti daugiau nei 30% suvartojamos energijos namų šildymo ir karšto vandens poreikiams privačiuose namų ūkiuose, o tai atitinka 9349 PJ, 2016 m. (EB, 2018d).

Šiame vadove išsamiau išnagrinėtas pramoninis šilumos perteklius ir du pavyzdžiai, kuriuose daugiausia dėmesio skiriama mažos temperatūros šilumos pertekliui.

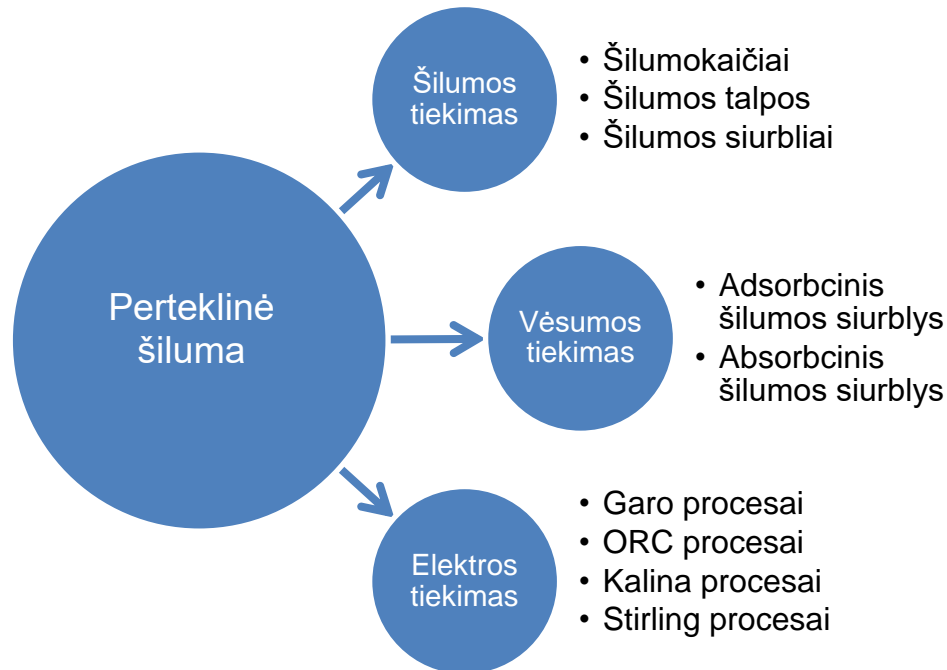
Šilumos perteklius gali būti naudojamas įvairiais būdais, yra vidinio ir išorinio naudojimo būdai. Išorinio naudojimo būdas gali būti už verslo ribų, bet arti išmetamos šilumos vietos, pvz. CŠT sistemos, pastarosiems bus skiriamas pagrindinis dėmesys.

Yra daug perteklinės šilumos panaudojimą įtakančių veiksnių (Hirzel ir kt., 2013):

- **Energijos kiekis:** Energijos kiekis priklauso nuo šiluminės galios ir srauto kiekio bei temperatūros skirtumo tarp pateiktos energijos ir minimalios reikalingos temperatūros.
- **Temperatūros lygis:** Kuo aukštesnė šilumos temperatūra, tuo lengviau ją naudoti įvairiuose kituose procesuose. Jei šilumos šaltinio ir šilumos naudojimui reikalingos temperatūros skirtumas yra didelis, galima modifikuoti šilumokaičių matmenis.
- **Sudėtis ir tipas:** Turi būti atsižvelgta į šilumokaičius, vožtuvus ir vamzdžius, šilumos pernešimo terpės sudėtį ir tipą. Kai kurios cheminės medžiagos gali smarkiai sutrumpinti komponentų tarnavimo laiką. Norint išvengti, pvz. korozinių medžiagų kondensacijos, gali tekti išlaikyti tam tikrą temperatūrą. Gamtinių dujų atveju nurodyta minimali temperatūra yra 120°C.
- **Būseną:** Perteklinė šiluma gali būti spinduliuojama arba išskiriama konvekcija, tuomet ją sudėtingiau panaudoti, nei tuo atveju, kai energija yra tam tikrame skystyje.
- **Vienalaikiškumas:** Jeigu šilumos perteklius atsiranda šilumos poreikio metu, pasiūla ir paklausa sutampa. Priešingu atveju, gali būti reikalingos šilumos talpos pasiūlos ir paklausos suderinimui.
- **Pastovumas:** Šilumos kiekis turi būti prognozuojamas ir pastovus, kad būtų įmanoma įvertinti atsiperkamumą.

- **Atstumas:** Jei šilumos šaltinis ir šilumos vartotojas yra arti vienas kito, investicijos į infrastruktūrą bei šilumos nuostoliai bus mažesni.

48 paveiksle pavaizduotas skirtingas šilumos pertekliaus panaudojimas ir technologijos, kurios gali būti naudojamos energijos surinkimui.



Pav. 48: Perteklinė šiluma ir įranga jos panaudojimui (Šaltinis: Hirzel ir kt., 2013)

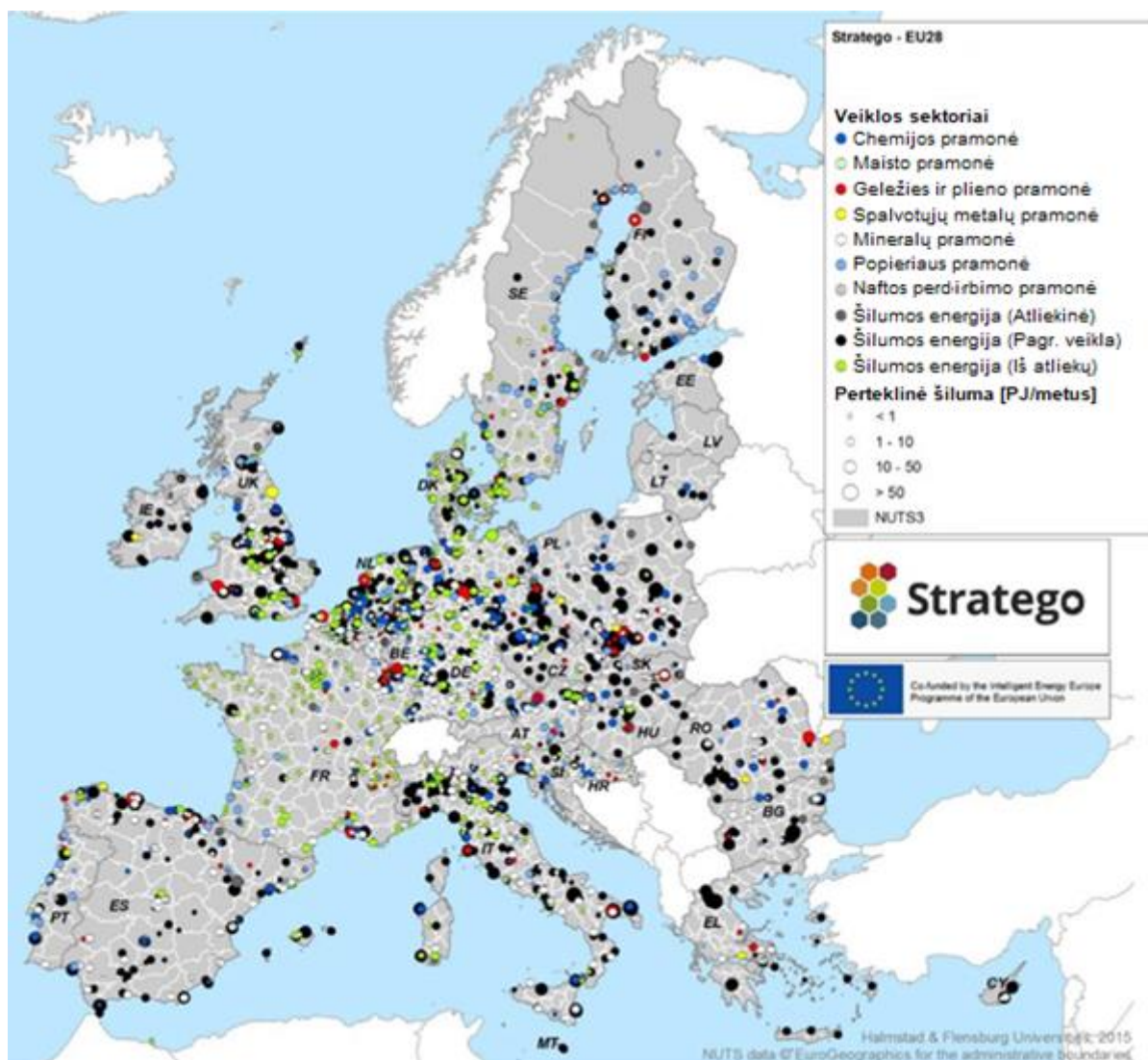
Perteklinė šiluma iš pramonės

Pramoninė perteklinė šiluma gali turėti labai skirtingas savybes, priklausomai nuo aukščiau aptartų veiksmų. Pramoninės perteklinės šilumos pranašumas yra tas, kad ji gaunama dideliais kiekiais ir dažnai būna aukštos temperatūros.

Norint kiekybiškai įvertinti teorinę perteklinę šilumą Europoje, „STRATEGO“ projektas įvertino skirtingus sektorius. Išanalizuoti sektoriai: chemijos, naftos, maisto ir gėrimų, degalų tiekimo, geležies ir plieno, spalvotųjų metalų, nemetalų, popieriaus, celiuliozės ir spausdinimo.

Iš šių sektorių kuro ir naftos perdirbimo įmonės sudaro 1059 PJ (36%). Pasak Persson ir kt., (2014), didžioji dalis šilumos pertekliaus yra arti didelių miestų, tai yra netoli didelio šilumos poreikio vietų.

49 paveiksle pateikiama statistinių duomenų apie Europos gamyklas ir įrenginius apžvalga.



Pav. 49: Įvairių pramoninių šilumos šaltinių žemėlapis (28 ES šalys) (Šaltinis: STRATEGO projektas)

Kaip parodyta STRATEGO projekto žemėlapyje, daugelis geležies ir plieno pramonės įmonių gali padidinti savo efektyvumą mažinant išmetamos perteklinės šilumos kiekius. Li ir kt., (2016) išanalizavo dvejų skirtingų Kinijos plieno pramonės įmonių perteklinės šilumos integravimą į CŠT tinklą.

Buvo nustatyti trys perteklinės šilumos šaltiniai:

- 1) Šlako praplovimo vanduo (<100°C)
- 2) Aušinimo vanduo (35-45°C)
- 3) Žemo slėgio prisotintas garas (143°C)

Norint pasiekti reikiamą CŠT sistemos temperatūrą, buvo pasirinktas kaskadinis šildymas. Pirmajame etape šilumą naudojama iš šlako praplovimo vandens ir žemo slėgio prisotinto garo. Šiame etape į CŠT sistemą tiekiamo vandens temperatūra siekia apie 67°C. Antrajame etape naudojama aušinimo vandens šiluma, kuri, panaudojus absorbcinius šilumos siurblius, pakelia į CŠT sistemą tiekiamo vandens temperatūrą iki 75°C. Absorbciniai šilumos siurbliai taip pat naudojami pastotėse, siekiant sumažinti grįžtamą srautą iki 30°C.

Buvo nustatyta, kad abi plieno pramonės įmonės galėtų tiekti apie 2,35 PJ šilumos į šalia esantį miestą.

Žemos temperatūros perteklinė šiluma

Perteklinės šilumos integravimas į CŠT sistemas turi didelį potencialą miestų zonose. Žemos temperatūros šaltiniai (nuo 20 iki 40°C) yra prieinami daugelyje vietų.

Europos projektas „ReUseHeat“ išnagrinėjo keturis atvejus, kai CŠT tinkle naudojama žemo potencialo perteklinė šiluma. Tokio tipo sistemos dažnai vadinamos žemos eksergijos sistemomis, kuriose šilumos siurbliai yra pagrindinis komponentas.

Duomenų centruose susidaranti šiluma yra išmetama. Panaudojant šilumos siurblius ši šiluma galėtų būti atiduodama CŠT tinklui. Kai duomenų centras neveikia, galėtų būti įrengta ŠAT šių laikotarpių padengimui. Tokie šaltiniai dažnai padengia bazinę apkrovą, tačiau komplekse su jais naudojami rezerviniai šilumos generavimo įrenginiai.

Skandinavijos šalyse, ypač Švedijoje, daug didelių šilumos siurblių (>1 MW) naudoja nuotekų vandenį kaip šaltinį CŠT sistemų poreikiams. Dauguma didelio masto šilumos siurblių buvo įrengti 1980-aisiais, kai elektros energijos tinkle buvo perteklius. Nuo to laiko įdiegta galia tik šiek tiek sumažėjo, bet dabar konkuruoja su atliekų ir biomasės kogeneracinėmis jėgainėmis.

Švedijos nuotekų valymo įmonėse išvalytų nuotekų temperatūra svyruoja nuo 12 iki 20°C. Dviejų etapų turbokompresoriai papildomai naudojami, norint pasiekti reikiamą temperatūrą CŠT tinkle, kurio paduodamo ir grįžtamo srauto temperatūros atitinkamai yra apie 86°C ir 47°C. (Averfalk, 2017).

Švedijoje, integruojant pramoninę perteklinę šilumą į CŠT tinklus Lygnerud ir kt., (2017) buvo analizuotos prijungimo rizikos. Siekiant įvertinti potencialius atvejus, susijusius su pramoninės perteklinės šilumos integravimu, reikia atsižvelgti į įvairius faktorius.

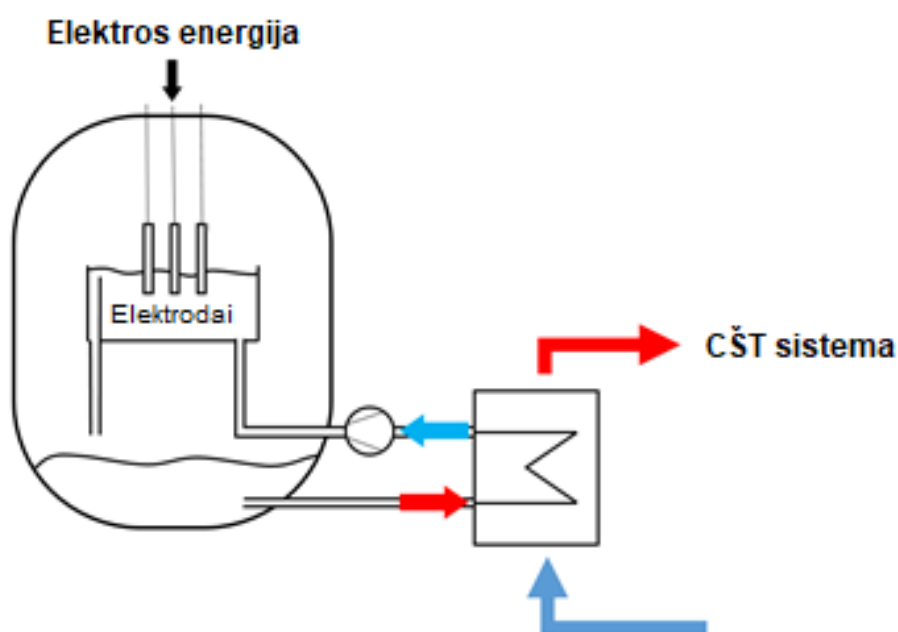
- Neaiškumas, kiek laiko pramonė turės perteklinės šilumos.
- Šilumos kainos pokyčiai dėl įvairių pasikeitimų.
- Atstumas iki CŠT tinklo.
- Nepriklausomos šilumos tiekimo tikslas
- Nesugebėjimas susitarti su abiem šalimis.
- Perteklinių šilumos šaltinių naudojimui būtinas rezervinis šilumos gamybos įrenginys.

5.3.6 Šilumos gamyba naudojant elektrą

Elektros naudojimas šilumos gamyboje sujungia šilumos ir elektros sektorius. Toks gamybos tipas naudojamas namų ūkiuose, įmonėse ar pramonės šakose. Taip pat elektrinė šilumos gamyba gali būti naudojama ir CŠT sistemose. Šiam tikslui naudojami elektriniai katilai bei šilumos siurbiai.

Elektriniai katilai yra elektros energiją tiesiogiai paverčia į šiluminę energiją. Dažniausiai naudojamos elektrodinių katilų arba elektrinių srauto šildytuvų technologijos. Konkretiu atveju naudojama technologija priklauso nuo vietos sąlygų ir individualių reikalavimų. Investicinės išlaidos skiriasi atsižvelgiant į reikalingus pajėgumus ir būtinus papildomus įrenginius.

Pagrindiniai elektrodinių katilų komponentai yra elektrodai. Šie elektrodai yra apsupti vandens ir naudoja jo fizines savybes, kad sukurtų šilumos energiją. Kai elektrodai yra įjungiami, vandens ominė varža sukelia šildymą. Naudojant šilumokaitį ši šiluminė energija gali būti perduodama į CŠT sistemą. Šis atskyrimas būtinas, nes katilas ir CŠT sistema turi skirtingus reikalavimus vandens kokybei. Elektrodinių katilų pajėgumai svyruoja nuo 5 iki 50 MW (AGFW, 2017). Elektrodinio katilo schema pavaizduota 50 pav.

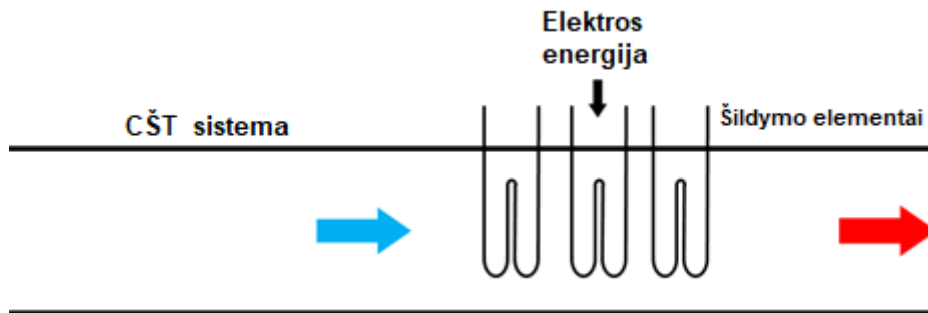


Pav. 50: Elektrodinės katilinės schema (Šaltinis: AGFW)



Pav. 51: Elektrodinis 10 MW galios ir 14,4 m³ tūrio katilas įrengtas saulės kolektorių sistemoje, Gram, Danija (Šaltinis: D. Rutz)

Elektriniai srauto šildytuvai suteikia galimybę pašildyti vandenį be papildomo vandens kontūro. Elektriniai srauto šildytuvai susideda iš vieno ar daugiau šildymo elementų, kurie yra panardinti į vandens srautą. Kai šildymo elementas yra įjungtas, jis įkaista ir perduoda šiluminę energiją tekančiam vandeniui. Galios reguliavimas gali būti atliekamas reguliuojant šildymo elemento galią. Jei naudojami keli šildymo elementai, galima reguliuoti veikiančių elementų skaičių. Elektrinių srauto šildytuvų nominalios galios svyruoja nuo 100 kW iki 10 MW (AGFW, 2017). Supaprastinta elektrinio srauto šildytuvo schema pavaizduota 52 pav.



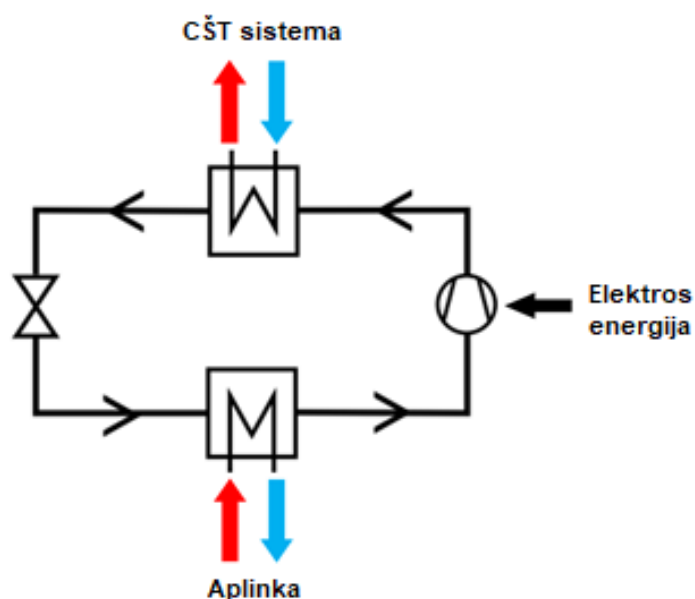
Pav. 52: Elektrinio srauto šildytuvo schema (Šaltinis: AGFW)



Pav. 53: Elektrinis srauto šildytuvas (Šaltinis: Klöpper-Therm GmbH & Co.KG)

Šilumos siurbliai gali būti klasifikuojami į kompresorinius, absorbcinius ir adsorbinius. Kompresoriniais šilumos siurbliai skirti elektros transformavimui į šilumą ir yra dažniausia naudojami CŠT sistemose. (AGFW, 2017)

Kompresoriniai šilumos siurbliai perkelia žemos temperatūros šiluminę energiją iš šaltinių kaip oras, geoterminė energija, vanduo ar perteklinė šiluma į aukštesnės temperatūros terpę. Perkeltoji energija vadinama naudingąja energija. Elektros energijos transformacija į šiluminę energiją vyksta netiesiogiai maitinant sistemos kompresorių. Kompresorinio šilumos siurblio veikimo principas pavaizduotas 54 pav. Kompresorius užtikrina šilumnešio (darbinio agento) cirkuliaciją uždarame kontūre. Darbinis agentas parenkamas priklausomai nuo šilumos šaltinio ir jo temperatūros lygio. Šilumos perdavimas vykdomas dviem šilumokaičiais, vienas iš jų naudojamas šiluminės energijos absorbavimui iš šilumos šaltinio, kai tuo tarpu kitas naudojamas šiluminės energijos perdavimui į CŠT sistemą. (AGFW, 2017; Wesselak ir kt., 2013)



Pav. 54: Kompresorinio šilumos siurblio veikimo principas (Šaltinis: AGFW, 2017)

Išskiriant dviejų technologijų (elektrinių katilinių ir šilumos siurblių) taikymo sritis reikia paminėti svarbų skirtumą. Elektriniai šildymo katilai CŠT sistemose naudojami elektros tinklo stabilizavimui ir galios reguliavimui. Jei elektros energijos tinkle yra elektros perviršis, elektriniai katilai gali būti įjungti, kad suvartotų perteklinę elektros energiją ją transformuojant į šiluminę energiją, taip subalansuojant elektros tinklą. Viena vertus, tai yra pajamos, gaunamos teikiant galios reguliavimo paslaugą. Kita vertus, dėl svyruojančių elektros energijos kainų šis šilumos gamybos būdas gali būti ekonomiškėsnis už kitus.

Priešingai, šilumos siurbliai naudojami pagrindiniams šilumos poreikiams tenkinti. Šilumos siurblių efektyvumą apibrėžia našumo koeficientas (COP), kuris reiškia naudingos šiluminės energijos kiekio santykį su suvartotos elektros energijos kiekiu (žr. žemiau pateiktą lygtį, AGFW, 2017).

$$COP = \frac{|\dot{Q}_{naudinga\ šiluma}|}{P_{elektros}}$$

Kadangi naudojami šilumos šaltiniai (oras, geoterminė energija, vanduo ir perteklinė šiluma) yra laikomi laisvai prieinamais, į jų suvartojimą skaičiuojant efektyvumą yra neatsižvelgiama. Todėl šilumos siurbliai gali būti ypač ekonomiški. Šilumos siurblių teikiama nauda gali padidėti, jei šilumos šaltinio ataušinimas suteikia papildomą naudą kitiems procesams. Tai reiškia, kad šiluma išmetama iš šaldymo/vėsinimo įrenginių gali būti naudojama kaip šilumos šaltinis.

Pagrindinės kliūtys, trukdančios įrengti šilumos siurblius CŠT sistemose yra sąlyginai didelės investicinės išlaidos ir jų atsiperkamumo priklausomybė nuo vietinės elektros energijos kainos. Investicijų dydžiai yra gana stabilūs tarptautiniu mastu, o elektros kainos labai skiriasi priklausomai nuo šalies ar vietos elektros energijos rinkų. Dėl šių priežasčių šilumos siurbliai dažnai naudojami pagrindiniam šilumos poreikiui tenkinti, bet ne pikinėms apkrovoms, kurias turi padengti kiti šilumos gamybos įrenginiai. Šilumos siurbliai taip pat techniškai nėra tinkami kaip atskira technologija visam CŠT sistemos poreikio tenkinimui.

5.3.7 Šilumos akumuliacijos technologijų integravimas

Bendras CŠT sistemos apkrovimas nuolat kinta. Galios poreikis ženkliai svyruoja dienos bėgyje, taip pat apkrova skiriasi priklausomai nuo sezono laikotarpio. Tuo pačiu metu šilumos gamybos sąnaudos nėra vienodos. Šilumos akumuliacinės talpos (ŠAT) gali būti naudojamos gamybos arba vartojimo pikų padengimui ir gamybos vykdymui, kai tai yra ekonomiškiausia.

Trumpalaikė šiluminės energijos akumuliacija

Tradicinės trumpalaikės ŠAT yra neslėginiai rezervuarai kurie veikia prie atmosferinio slėgio. Rezervuarai yra gerai izoliuoti ir paprastai naudojami pikų padengimui. Tokiuose ŠAT temperatūra yra šiek tiek žemesnė nei 100°C. Kai kuriais atvejais, seni mazuto rezervuarai buvo modernizuoti, kad juos būtų galima naudoti kaip ŠAT CŠT sistemoms.

Slėginės ŠAT temperatūra gali būti aukštesnė nei 100°C. Tai gali būti reikalinga siekiant patenkinti vartotojų poreikius arba norint sukaupti aukšto potencialo energiją. Slėginės ŠAT gali sukaupti didesnę energijos kiekį tame pačiame tūryje, lyginant su neslėginėmis ŠAT. Dėl aukšto slėgio šio tipo ŠAT galioja griežtesni saugumo priemonių reikalavimai, taip pat didesnės statybos ir priežiūros išlaidos.



Pav. 55: Šilumos akumuliacinė talpa (metalinis rezervuaras), prijungta prie Zagrebo ČŠT sistemos (Šaltinis: www.pogledaj.to)

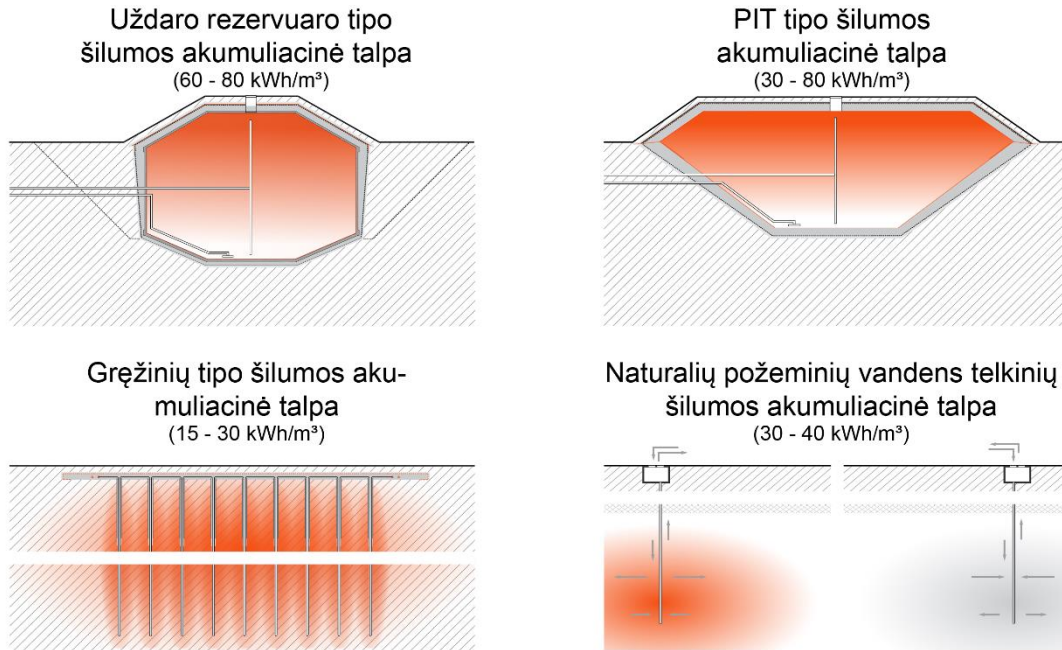
Pirmoji vokiška dviejų zonų ŠAT buvo pradėta eksploatuoti 2015 m. Niurnberge. Technologiją išrado Dr. Hedbäck, o vėliau užpatentavo Bilfinger VAM. Šios technologijos ŠAT viršutinė vandens zona nuo apatinės vandens zonos atskirta lanksčiu sluoksniu. Viršutinės zonos svoris sukelia slėgį apatinėje zonoje, tai leidžia laikyti vandenį apatinėje zonoje aukštesnį nei 100°C temperatūros. Viršutinės zonos vandens temperatūra yra mažesnė.

Lyginant su įprastomis neslėginėmis ŠAT, dviejų zonų ŠAT privalumas – didesnis sukaupiamos energijos kiekis tame pačiame tūryje. Lyginant su slėginėmis ŠAT, dviejų zonų ŠAT privalumas – mažesnės išlaidos dėl mažesnių saugumo priemonių reikalavimų.

Sezoninė, požeminė šiluminės energijos akumuliacija

Pastaraisiais dešimtmečiais buvo išvystytos ir išbandytos keturios pagrindinės sezoninės ŠAT koncepcijos, kurios pavaizduotos 56 pav. Kiekviena koncepcija turi skirtingą energijos akumuliacijos tankį, efektyvumą, galimą įkrovimą ir iškrovimą pajėgumą. Kiekvienas tipas taip pat turi skirtingus vietinės žemės bei sistemos ribinių sąlygų reikalavimus (pvz. temperatūros lygiai).

Tinkamiausias ŠAT tipas kiekvienam konkrečiam projektui turi būti rastas atliktus techninį-ekonominį įvertinimą prie užsiduotų ribinių sąlygų. Tolimesniuose poskyriuose trumpai pristatomos ŠAT koncepcijos.



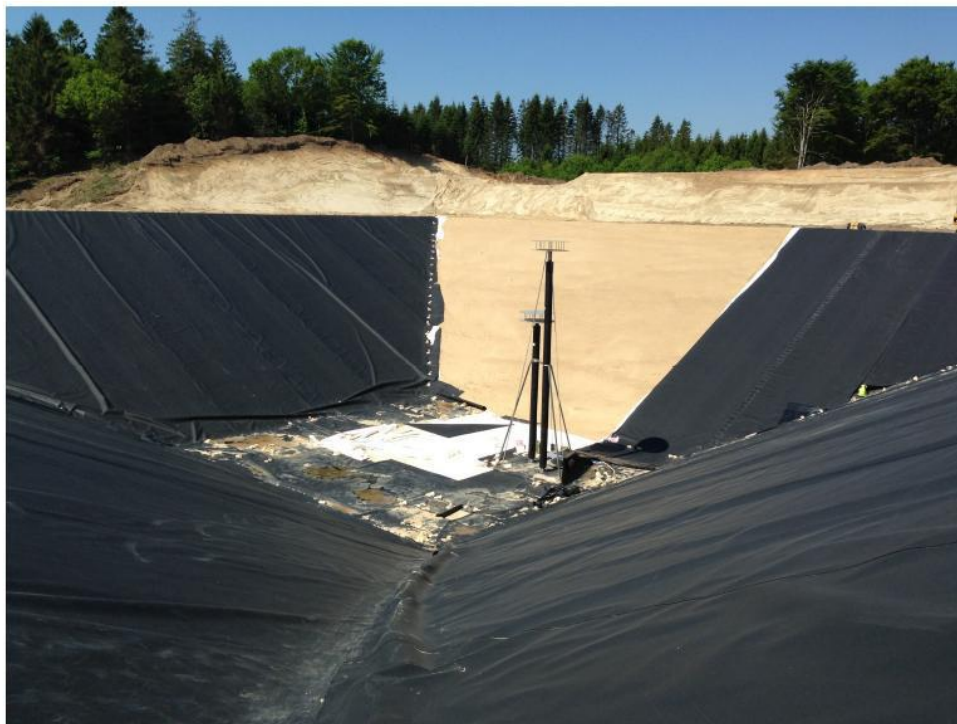
Pav. 56: Požeminių šiluminės energijos akumuliacinio koncepcijų apžvalga (Šaltinis: Solites)

Uždaro rezervuaro tipo ŠAT (TŠAT) yra konstrukcija, pagaminta iš betono, plieno ar pluoštu armuoto plastiko. Betoniniai rezervuarai yra išliejami vietoje arba statomi surenkant betoninius elementus. Iš vidaus paprastai montuojamas papildomas polimerinis ar nerūdijančio plieno įdėklas, kad būtų užtikrintas sandarumas vandeniui. Izoliacija montuojama ant bako išorės.



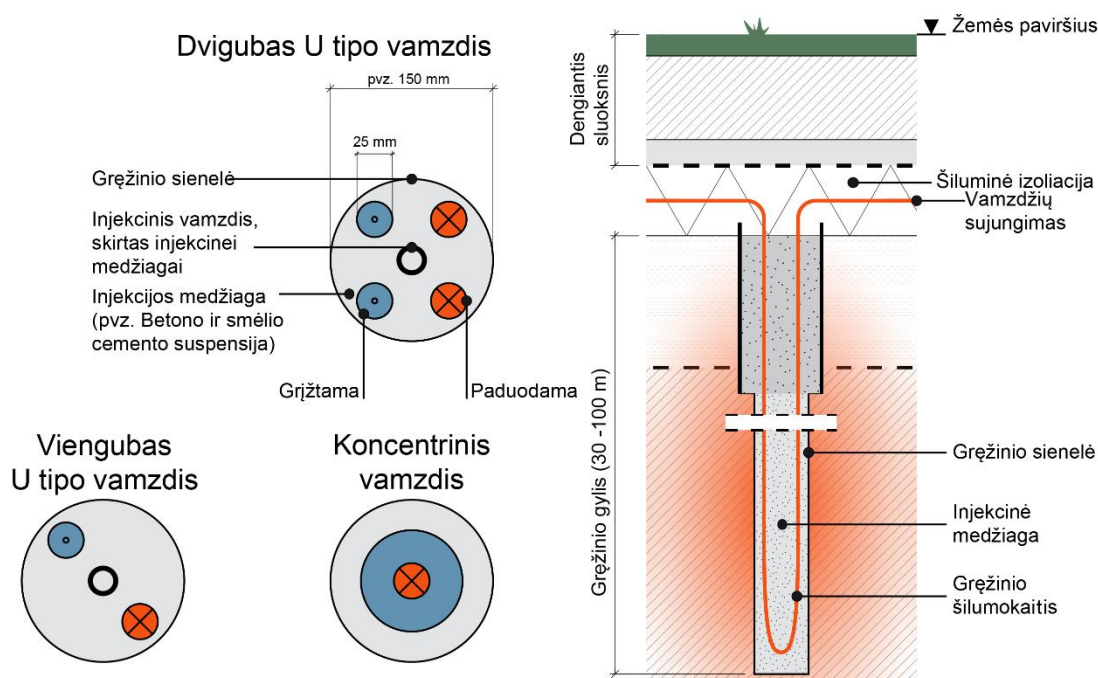
Pav. 57: Uždaro rezervuaro tipo ŠAT, įrengta iš surenkamųjų betoninių elementų, tūris - 5,700 m³, Miunchenas, Vokietija (Šaltinis: Solites)

Pit tipo ŠAT (PŠAT) yra įrengiamos be statinių konstrukcijų, pritvirtinant įdėklą su izoliacine medžiaga arba be jos į iškastą duobę. Viršutinio uždangalo konstrukcija priklauso nuo talpyklos terpės ir geometrijos. Naudojant vandenį, žvyro, dirvožemio ar smėlio terpėje uždangalas gali būti pagamintas su įdėklu ir izoliacine medžiaga, kuri dažnai yra identiška sienoms. Vandens užpildyto PŠAT uždangalo konstrukcija yra sudėtinga įrengti ir yra brangiausia šio tipo ŠAT dalis. Dažniausiai uždangalo konstrukcija yra plūduriuojanti ant vandens. PŠAT maksimali temperatūra paprastai yra ribojama iki 80–90°C dėl įdėklo medžiagos charakteristikos. Didelio masto PŠAT įrengimo metu iškastas dirvožemis naudojamas krantams, kas talpą padaro aukštesnę už žemės paviršių.



Pav. 58: Pit tipo ŠAT įrengimas (Šaltinis: Dronninglund Fjernvarme)

Gręžinių tipo ŠAT (GŠAT) panaudoja požeminę geologiją kaip šilumos akumuliacijos terpę. Tinkamos geologinės terpės yra uolienos arba vandenyje prisotintos dirvos, turinčios nedidelį natūralaus požeminio vandens srautą. Šilumą įkraunama arba iškraunama vertikalaus gręžinio šilumokaičių pagalba, įrengiant juos gręžiniuose, kurių gylis paprastai svyruoja nuo 30 iki 100 m. Gręžinių šilumokaičiai gali būti vienvamzdžiai, dvigubo U tipo vamzdžiai arba koncentriniai vamzdžiai, pagaminti iš sintetinių medžiagų.



Pav. 59: Gręžinių tipo ŠAT naudojamų šilumokaičių tipai (Šaltinis: Solites)

Natūralių požeminių vandens telkinių ŠAT (NŠAT) yra po žeme esančios vandens talpos, kurios sudarytos iš pralaidaus smelio, žvyro ar kalkakmenio sluoksnių, turinčių didelį hidraulinį laidumą. Požeminiai telkiniai tinkami naudoti kaip ŠAT, jeigu virš jų ir žemiau jų yra nepralaidūs arba mažai pralaidūs sluoksniai. Tokiu atveju, du gręžiniai (arba keletas gręžinių grupių) gręžiami į vandeningą sluoksnį. Įkrovimo metu vėsus požeminis vanduo šildomas šilumos šaltiniu ir grąžinamas atgal į požeminį telkinį. Iškrovimo metu srauto kryptis priešinga, t.y. telkinyje sukauptas šiltas vanduo yra naudojamas šilumos poreikių tenkinimui, o atvėsintas grąžinamas atgal.

Specifiniai aspektai

Dažniausiai CŠT sistemose ŠAT naudojamos šiems tikslams:

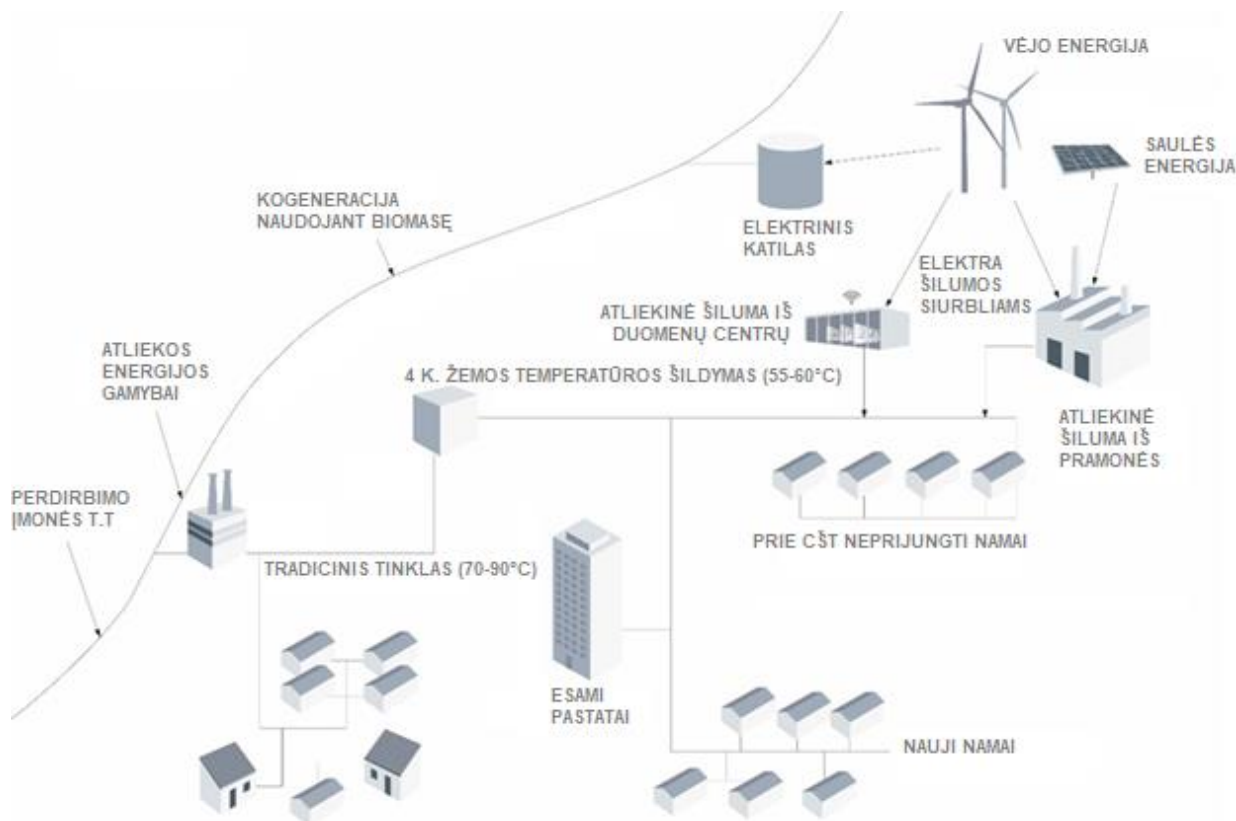
- Trumpalaikiam šilumos saugojimui, pikų svyravimams lyginti.
- Ilgalaikiam (sezoniniam) perteklinės šilumos saugojimui (pvz. saulės kolektoriai).
- Energijos srautų reguliavimui iš skirtingų šilumos generavimo įrenginių, pvz. kogeneracinių jėgainių, saulės kolektorių, šilumos siurblių ar pramonės įmonių.
- Vėsinimui.

Prieš įrengiant sezoninę ŠAT, yra ypač svarbu atlikti detalų integravimo proceso modeliavimą, nustatant optimalų ŠAT dydį ir tipą efektyviam darbui. Tai apima tinkamą hidraulinės sistemos išdėstymo nustatymą, taip pat kruopštų ne tik talpos, bet ir kitų sistemos komponentų, tokių kaip šilumos ar šalčio generavimo įrenginių, perdavimo pastočių ar pastatų įrangos įvertinimą bei projektavimą. Procesų valdymo sistema turi būti sukonfigūruota taip, kad būtų užtikrinta didžiausia nauda, priklausomai nuo konkrečių projekto tikslų, pvz. atsinaujinančios energijos dalies ar kogeneracinių elektrinės elektros gamybos didinimas.

Temperatūros lygiai ŠAT, išsisluoksniavimo kokybė ir iš CŠT sistemos grįžtamo vandens temperatūra turi didelę įtaką ŠAT efektyvumui. Šie parametrai priklauso ne tik nuo ŠAT, bet ir nuo pačios CŠT sistemos. Todėl ŠAT projektavimo metu būtina tiksliai nustatyti ar prognozuoti visas sistemos charakteristikas. Svarbu numatyti metinį ŠAT temperatūros diapazono svyravimą, įkrovimo ir iškrovimo galios dydžius bei metinį CŠT tinklo grįžtamos temperatūros kitimą, nes šie parametrai, kartu su maksimaliai galima ŠAT temperatūra, nusako naudojamą temperatūrų skirtumą bei maksimaliai galimą sukaupti energijos kiekį. Kai kurioms ŠAT koncepcijoms reikalingi papildomi komponentai, pvz. šilumos siurbliai.

5.3.8 Atsinaujinančios energijos dalies didinimas – tinkamo derinio nustatymas

Atsinaujinančios energijos gamybos įrenginiai gali tiekti CO₂ neutralią ir tvarią šilumos energiją, tačiau jų integracija ir kontrolė lemia tam tikrus iššūkius. Tradicinis CŠT tinklas apima šilumos generavimą, šilumos perdavimą bei šilumos vartojimą. Šiuolaikiniuose tinkluose integruojami įvairaus dydžio, skirtingų temperatūrų profilių šilumos šaltiniai, kurie išdėstyti įvairiuose tinklo vietose. Siekiant kuo labiau išnaudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, reikia maksimaliai suderinti energijos gamybą su energijos poreikiu. Šiuolaikinė CŠT sistema pavaizduota 60 pav.



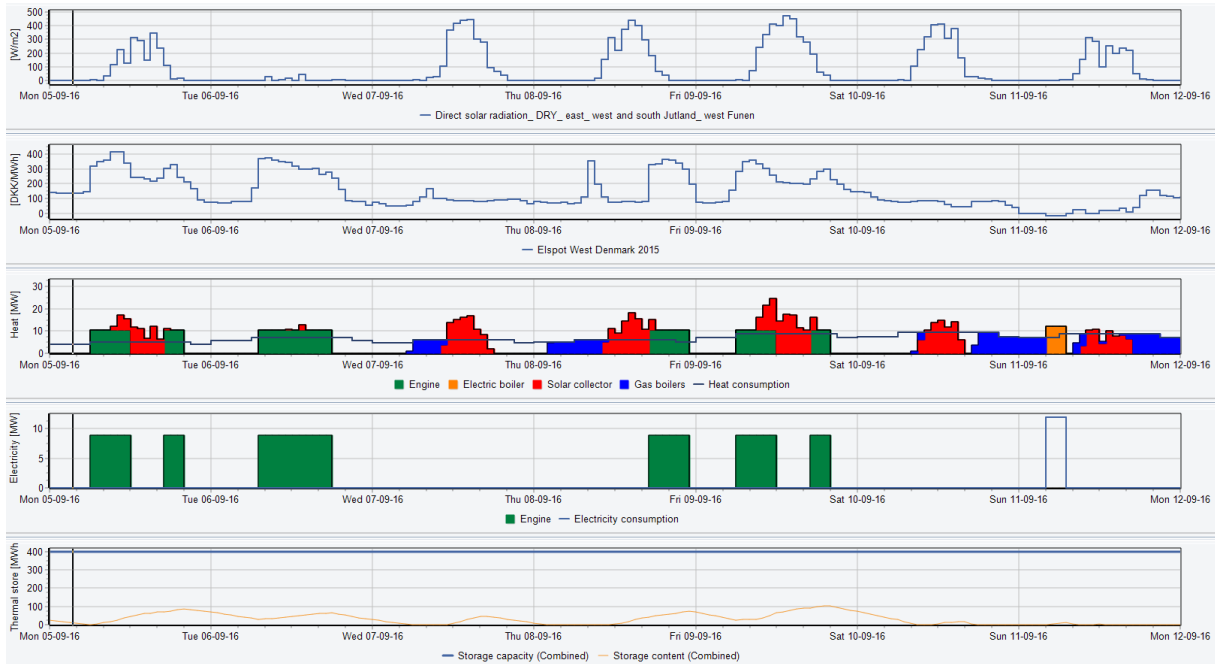
Pav. 60: CŠT su skirtingais šilumos šaltiniais (Šaltinis: COWI)

Bazinis šilumos poreikis turėtų būti užtikrinamas patikimu ir kontroliuojamu šilumos gamybos įrenginiu. Bazinio apkrovimo tenkinimui gali būti pasitelkiamos atliekas naudojančios jėgainės, kurios veikia nepertraukiamai ir nėra lengvai sustabdomos. Taip pat šiam tikslui gali būti naudojama pastovi aukštos temperatūros atliekinė šiluma iš pramonės įmonių, pvz. naftos perdirbimo gamyklos. Biomasės katilai ir kogeneracinės jėgainės yra lankstesnės ir gali būti naudojamos šilumos gamybos padidimui, kai to reikia. Skirtingai nei atliekos, biomasė gali būti sandėliuojama ir naudojama kaip kuras tada, kada reikia.

Atsinaujinantys energijos šaltiniai tokie, kaip vėjo ir saulės energija, savo pobūdžiu yra nepastovūs išteklių. Šie šaltiniai turi būti intensyviai išnaudojami, kai jie yra prieinami, bei akumuliuojami, siekiant maksimalios naudos. Tokiam tinklui reikalinga moderni kontrolė, užtikrinanti, kad visos sistemos dalys veiktų kartu, o ne viena prieš kitą.

Optimalaus sistemos šaltinių veikimo pasirinkimas gali būti sudėtingas procesas. Tinklai paprastai sukuriami per tam tikrą laiką, periodiškai papildant ir tobulinant esamą sistemą. Programinės įrangos paketai, kurie palengvina įvairių sprendimų modeliavimą, gali būti naudingi vertinant optimalų šilumos tiekimo technologijų derinį konkrečioje vietoje prie specifinių sąlygų.

Vienas iš tokių programinės įrangos paketų yra „EnergyPro“, kuris gali būti naudojamas šilumos tiekimo galimybių ir jų tarpusavio ryšių modeliui sukurti. Naudojant „EnergyPro“, galima optimizuoti šilumos tiekimo parametrus. Nedidelio Danijos miesto sistemos, kurioje integruotas saulės šilumos kolektorių laukas, dujų kogeneracija bei dujų katilai, vienos iš „EnergyPro“ funkcijų fotografija pavaizduota 61 pav. Pirmoje diagramoje parodyta valandinė saulės spinduliuotė, kuri naudojama, nustatant šilumos gamybą iš saulės kolektorių. Antroje diagramoje parodyta valandinė elektros kaina. Trečiame grafike parodyta šilumos poreikis ir įvairių šilumos generavimo įrenginių gamyba. Ketvirtame grafike matoma elektros energijos gamyba, o penktame – ŠAT energijos srutai.



Pav. 61: EnergyPro modelis (Šaltinis: EMD international A/S)

Kitas pavyzdys yra „Optit“ energijos gamybos optimizavimo programinė įranga (Upgrade DH 2018c), kuri yra naudojama keliuose CŠT sistemose Italijoje. Ši įranga leidžia optimizuoti plėtrai skirtas investicijas, siekiant maksimaliai padidinti trumpalaikį ir ilgalaikį veiklos pelną.

Termodinaminis modeliavimas naudojant programinės įrangos paketą „TERMIS“ gali būti naudingas įvertinant šilumos šaltinių ir šilumos poreikio pokyčių techninį poveikį CŠT sistemai. Šioje modeliavimo programoje atsižvelgiama į šilumos generavimo įrenginių dydį, veikimo parametrus bei vietą tinkle. Modelis gali būti naudojamas, siekiant įvertinti, kaip visas tinklas veiks su planuojamais pakeitimais. Pasitelkiant programinę įrangą, galima atsakyti į šiuos klausimus:

- Ar vamzdžiai yra pakankamo diametro, kad galėtų perduoti šilumą naujai prijungtiems vartotojams?
- Ar yra vietų, kuriose turėtų būti įrengti papildomi siurbliai, kad būtų išlaikytas tinklo slėgis?

Paveiksle 62 parodytas esamo tinklo, bei to pačio tinklo su prijungtu nauju šilumos generavimo įrenginiu vaizdas. Iš programos sugeneruoto vaizdo akivaizdu: nors vieta gali būti potencialiai tinkama šilumos gamybos įrenginiui prijungti, didele dalis tinklo prijungimo atveju turėtų būti atnaujinta.



Pav. 62: TERMIS modelio ekrano kopijos (Šaltinis: COWI)

5.4 Techninių duomenų stebėjimas, kontrolė ir skaitmenizavimas

Efektyvus CŠT sistemos veikimas grindžiamas sudėtingu įvairių šilumos generavimo įrenginių sąveika su skirtingais vartotojais. Ateities energetikos sistemose atsiras ne tik daugiau skirtingų šilumos šaltinių, bet ir bus teikiamos papildomos paslaugos, pvz. elektros tinklų balansavimas. Saulės šildymo sistemos integracijai būtinos ŠAT. Visi šie faktoriai padidins visos sistemos sudėtingumą.

Techninių duomenų stebėjimas yra plati sąvoka, turinti daug skirtingų pritaikymo sričių, kurios gali sumažinti sistemų sudėtingumą. Gali atrodyti, kad bendras duomenų stebėsenos tikslas yra pasiekti optimalų sistemos veikimą. Tačiau „optimalus veikimas“ kiekvienai sistemai yra specifinis ir gali būti įtakojamas ekonominių, energetinių ir aplinkos veiksnių. Galima daryti prielaidą, kad be skaitmenizavimo (stebėjimo ir kontrolės) būsimos CŠT sistemos vargu ar gali būti valdomos.

Ypač svarbu sekti ir analizuoti vadinamuosius veiklos rodiklius, kurie suteikia operatoriui galimybę greitai ir lengvai suprasti dabartinę sistemos padėtį. Šie rodikliai gali būti sistemos parametrai, kurie tiesiogiai matuojami arba apskaičiuojami pagal išmatuotus parametrus. Dažniausiai naudojami parametrai yra temperatūra, slėgis bei energijos suvartojimo kiekis.

Ateities sistemose gali prireikti duomenų iš skirtingų tinklo vietų, kurie būtų surenkami įdiegiant įvairius matavimo prietaisus. Priklausomai nuo ribinių sąlygų, sistemų sudėtingumo (gamybos įrenginių, vartotojų ir jungčių skaičiaus) bei optimizavimo tikslų, tam tikri parametrai gali tapti reikšmingesniais nei kiti. Tačiau automatizavimo lygis turės įtakos būtinų matavimo taškų ir parametrų skaičiui. Vokietijoje projekto NEMO² deka AGFW ir Technische Hochschule Rosenheim vykdo tyrimus, kuriais siekiama nustatyti reikšmingiausius parametrus ir veiklos rodiklius, skirtus energetinių duomenų stebėjimui.

Lentelėje 5 pateikiami matavimo duomenų gavimo ir įrašymo reikalavimai, kurie buvo taikomi šių CŠT sistemų energetiniam monitoringui „Mona“ projekto metu (Bücker ir kt., 2015). Monitoringo reikalavimai buvo klasifikuojami pagal skirtingas dedamąsias ir jų svarbą.

² <https://www.agfw.de/nemo/>

Lentelė 5: Energetinio monitoringo reikalavimai matavimo duomenų kaupimui ir įrašymui (Šaltinis: Bücken ir kt., 2015)

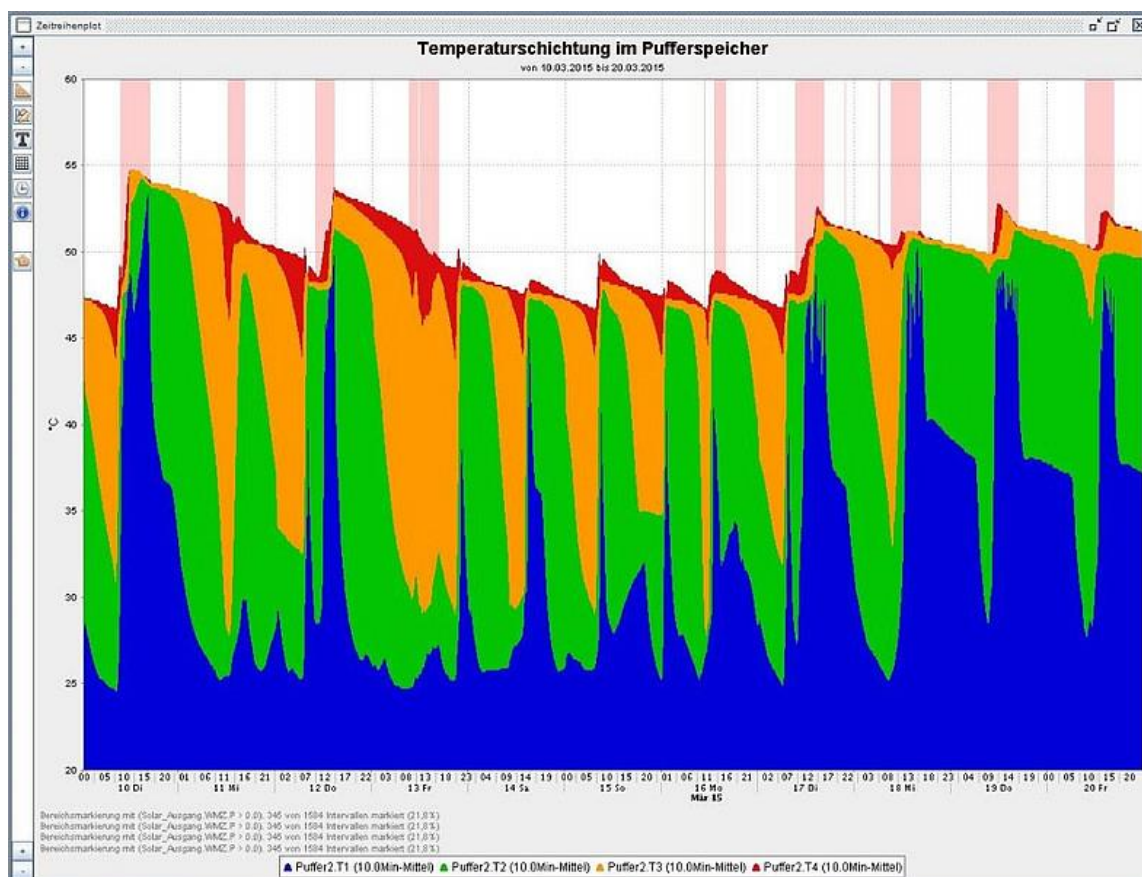
Dedamoji	Reikalinga matavimo priemonė	Svarba
Gamyba	Šilumos matuokliai	Būtina
	Srauto matuokliai	Svarbu
	Elektros matuokliai	Pageidaujama
Šilumos akumuliacija	Temperatūros jutikliai	Būtina
Tinklas	Šilumos matuokliai	Būtina
	Slėgio skirtumo jutikliai	Būtina
Tinklo siurblys	Elektros matavimo arba būsenos nustatymas	Svarbu
Katilinė	Elektros matavimas	Būtina
	Lauko temperatūros matavimas	Pageidaujama
Vartotojas	Šilumos matuokliai	Svarbu

Skaitmeninant sistemas, atsiranda galimybių matuoti daug daugiau parametų ir automatiškai juos išanalizuoti, kas lemia efektyvesnį darbą. Renkant daugiau ir tikslesnių duomenų, įvertinant pagrindinius veiklos rezultatų rodiklius, atsiranda naujų modernizavimo galimybių. Tačiau pastangos, renkant duomenis, turi būti pasvertos, įvertinant optimalų įdėdmo darbo ir gaunamos naudos santykį.

Minėto „Mona“ projekto metu buvo nustatytas optimalus matavimo dažnis, kuris yra apie 15 minučių (Bücken ir kt., 2015). Šis matavimo dažnis yra pakankamas, norint įvertinti dinامينius sistemos efektus, nerenkant perteklinių duomenų kiekio. Šis dažnis greičiausiai sutrumpės dėl nuolat kintamų ir griežtėjančių reikalavimų bei tobulėjančios duomenų apdorojimo įrangos.

Labai sudėtinga apžvelgti visas esamas programinės įrangos priemones, palaikančias duomenų stebėjimą. Keletas programinės įrangos įrankių yra aprašyti „Geriausios praktikos įrankiai CŠT diagnostikai ir modernizavimui“ (Upgrade DH, 2018c).

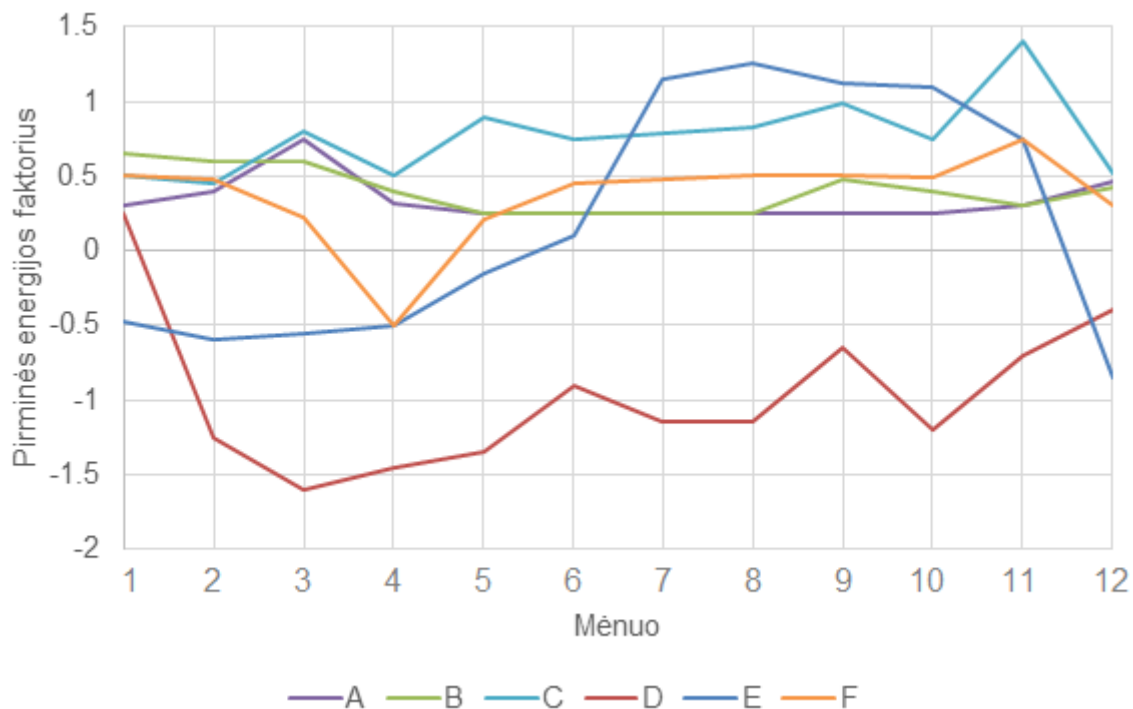
Tokios programinės įrangos pavyzdys yra „Monisoft“ (Pav. 63). Šią įrangą sukūrė Karlsruhe technologijų institutas (KIT), ją atnaujino Rosenheimo taikomųjų mokslų universitetas. Priklausomai nuo vidinių poreikių ir kompetencijos, naudojama programinė įranga energetinių duomenų monitoringui gali skirtis.



Pav. 63: ŠAT temperatūrinio sluoksnio stebėjimas naudojant „Monisoft“ programą (Šaltinis: Hochschule Rosenheim)

Duomenų vertinimui galima naudoti įvairias programinės įrangos priemones. Šešių CŠT sistemų pirminės energijos duomenų vertinimas pateikiamas 64 pav. Pirminės energijos faktorių skaičiavimo metodika pagal (AGFW FW 309, 2018).

Analizuojant 64 pav. galima pastebėti, kad C sistemos gegužės mėn. vertės yra padidėjusios, tai šiuo atveju įvyko dėl biomasės katilo sustabdymo. Potenciali modernizavimo priemonė, siekiant mažesnio pirminės energijos faktoriaus, yra sumažinti biomasės katilo prastovą.



Pav. 64: Pirminės energijos faktorius A, B, C, D, E ir F sistemose (Šaltinis: Bücker ir kt., 2015)

5.5 Poreikio ir pasiūlos sinchronizacijos galimybės

Poreikis ir pasiūla dažnai aptariamas energetikos sektoriuje, ypač elektros energijos kontekste. Paklausos atsakas – tai trumpalaikis ir nuspėjamas vartotojų apkrovos poreikio pokytis, reaguojant į signalus rinkoje arba dėl tam tikrų pajėgumų teikimo sutartinių susitarimų. Rinkos kainas ar pajėgumų susitarimus stipriai įtakoja neplanuoti, nereguliarūs ar ekstremalūs energetiniai įvykiai.

Apkrovos prisitaikymas CŠT sistemose gali sumažinti vartojimo pikų įtaką. Vartojimo pikai atsiranda daugeliui vartotojų tuo pačiu metu naudojant šiluminę energiją. Pavyzdžiui, kai dauguma vartotojų ryte ar vakare aktyviai naudoja karštą vandenį. Šiems šiluminės energijos svyravimams lyginti dauguma CŠT sistemų turi tam tikrus pikinės apkrovos katilus, kurie per metus dirba sąlyginai trumpą laikotarpį. Dėl mažo panaudojimo laipsnio pikinių katilų išlaikymo kaštai dideli, taip pat šie katilai dažniausiai naudoja iškastinį kurą (pvz. gamtines dujas). Dėl šių priežasčių yra ieškoma įvairių optimizavimo metodų, leidžiančių sumažinti ar net išvengti apkrovų svyravimo poveikio sistemai (pvz. tiksliai prognozuoti apkrovimų dydžius arba integruoti ŠAT).

Kaip aprašyta 5.3.6 skyriuje, vėjo jėgainių gamyba vėjuotą dieną ar saulės modulių gamyba saulėtą dieną gali sukelti elektros energijos perteklių tinkle. Tokiais atvejais įvairių energetikos sektorių integracija įgauna papildomą pridėtinę vertę, t.y. atsiranda galimybių naudoti pigią elektros energiją šilumos generavimui, vandenilio ar dujų gamybai ir t.t.

Elektros bei šilumos tinklų balansavimas yra nagrinėtas eilėje mokslinių projektų, vienas tokių „STORM“ projektas. Šio projekto metu sukurtas „STORM“ valdiklis (novatoriškas CŠT tinklo valdiklis), kuris dirbtinio intelekto pagalba turėtų sugebėti padidinti atliekinės šilumos ir atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą ir padidinti energijos vartojimo efektyvumą (Johansson ir kt., 2018).

Žodynas ir santrumpos

Žodyno ir santrumpų sąrašė aprašomi ir apibrėžiami įvairūs konkretūs arba bendrieji terminai ir žodžiai, kurie naudojami šiame vadove. Pagrindinis šio sąrašo tikslas - palengvinti vadovo vertimus į nacionalines kalbas. Wikipedia ir Rutz ir kt., (2017).

Absorbicija – Reiškiny, kai kietieji kūnai arba skysčiai visu tūriu sugeria (ištirpina) kitas medžiagas.

Adsorbicija – Ištirpusių arba dujinių medžiagų sugėrimas kieto arba skysto kūno paviršiumi.

Anaerobinis skaidymas (taip pat žinomas kaip fermentacija) – mikrobiologinis organinių medžiagų skaidymo procesas, visiškai nesant deguonies, Anaerobinis skaidymas (AS) turi du pagrindinius galutinius produktus: biodujas (dujos, susidedančios iš metano, anglies dioksido ir kitų mikroelementų mišinio) ir suskaidyto substrato. AS procesas yra būdingas daugeliui natūralių aplinkų ir naudojamas biodujų gamybai oro nepraleidžiančiuose reaktorių rezervuaruose.

Anglies dvideginis (CO₂) – atmosferos dujos, susidedančios iš vieno anglies ir dviejų deguonies atomų. Atmosferoje jos sudaro apie 0,04% bendro tūrio (410 ppm).

Atliekinė šiluma (Perteklinė šiluma) – Šiluma iš bet kokio proceso, pvz., Iš CHP įrenginio, kuris patenka į atmosferą ir nenaudojamas.

Barelis naftos ekvivalento (bne) – Energijos kiekis, esantis žaliavinės naftos barelyje (barelį sudaro 158,988 litrai) lygus 6,1GJ arba 1,700kWh. Apie 7,2 bareliai yra lygu vienai tonai naftos.

Biodujos – Dujos, susidarantys anaerobinio skaidymo metu, jas daugiausia sudaro metanas ir anglies dioksidas, bet taip pat vandenilio sulfidas, vanduo ir mažesnės kitų junginių frakcijos.

Biometanas – gamtinių dujų kokybę atitinkančios biodujos, kurių sudėtyje CH₄ yra virš 95%.

CAPEX – kapitalo išlaidos.

CHP (Kogeneracija) – Nuosekli elektros energijos ir šiluminės energijos gamyba iš bendro kuro šaltinio

COP (Coefficient of performance) – Šilumos siurblio našumo koeficientas. COP buvo sukurtas šilumos siurblių energijos vartojimo efektyvumo palyginimui.

CŠT – Centralizuotas šilumos tiekimas.

CŠVT – Centralizuotas šilumos ir vėsumos tiekimas.

CVT – Centralizuotas vėsumos tiekimas.

Eksergija – Termodinamikoje sistemos eksergija yra maksimalus naudingas darbas, kuris gali būti atliekamas proceso metu, kol sistema pasiekia pusiausvyrą su šilumos rezervuaru. Kai aplinka yra rezervuaras, eksergija yra sistemos potencialas sukelti pokyčius, kol pasiekia pusiausvyrą su aplinka. Eksergija yra energija, kurią galima naudoti. Po to, kai sistema ir aplinka pasiekia pusiausvyrą, eksergija yra nulis.

Entalpija – visos termodinaminės sistemos energijos išmatavimas. Į ją įeina vidinė energija, kuri yra reikalinga sukurti sistemai ir energijos kiekis, kuris yra reikalingas sukurti vietai, kur išstumama aplinka ir sukuriama sistemos tūris bei slėgis.

Entropija – sistemos netvarkos matas, rodantis, kaip arti pusiausvyros yra termodinaminė sistema. Termodinaminė sistema yra fizinis objektas ar erdvės sritis, kurie gali būti nusakyti termodinaminiais dydžiais: temperatūra, slėgiu, tūriu ir tankiu.

Galia – Atlikto darbo kiekis arba per laiko vienetą perkelta energija.

Gamtinės dujos – iškastinis angliavandenilių dujų mišinys, daugiausia sudarytas iš metano, kitų angliavandenilių, anglies dioksido, azoto ir vandenilio sulfido.

Garai – Dujų fazėje esanti medžiaga, kurios temperatūra yra žemesnė už kritinį tašką. Garai gali būti sukondensuoti į skystį arba į kietą medžiagą, didinant jo slėgį nesumažinant temperatūros.

GPS – (Globali padėties nustatymo sistema) Leidžia nustatyti objekto koordinates bet kurioje pasaulio vietoje visomis oro sąlygomis, kuomet yra galimybė gauti signalus iš keturių ar daugiau palydovų.

GŠAT – Gręžinių tipo šilumos akumuliacinė talpa.

Įrengta galia – Bendra elektros arba šilumos energijos gamybos įrenginių įdiegta galia.

Iškastinis kuras – akmens anglis, nafta ir gamtinės dujos. Tai yra pagrindiniai energijos šaltiniai visame pasaulyje, naudojami transporto bei elektros gamybos pramonėje. Susiformavo vykstant mirusių organizmų anaerobiniam skilimui. Organizmų amžius, iš kurių susidaro iškastinis kuras, siekia milijonus metų, kartais viršija ir 650 mln. metų.

Išmanusis tinklas (Smart grid) – Tai elektros tinklas, kuriame naudojamos IT ir kitos technologijos, siekiant efektyviai suderinti paklausą ir pasiūlą. Išmanieji tinklai yra priemonė, kuria siekiama pagerinti energijos vartojimo efektyvumą ir stabilizuoti tinklą didėjant atsinaujinančios energijos kiekiui.

KDS – Kintamo dažnio siurbliai.

Kilovatas (kW) – Elektrinės arba šiluminės galios matas, lygus 1000 vatų.

Kilovatvalandė (kWh) – Dažniausiai naudojamas energijos kiekio vienetas, kuris reiškia, kad vieno kilovato šiluminė arba elektrinė galia tiekama vieną valandą.

Kondensacinis ekonomizeris – Įrenginys, kuriame dūmai ataušinami žemiau rasos taško temperatūros, taigi kondensuojamas vanduo bei atgaunamas slaptoji šiluma.

KV – Karšto vandens tiekimas

kW_{el} – Elektrinė galia.

kW_{th}: Šiluminė galia.

Legionella – Patogeninė bakterijų grupė, galinti sukelti sveikatos problemų.

Mažas tinklas – Integruota vietinė gamybos, perdavimo ir skirstymo sistema (elektros energijai ar šilumai), aptarnaujanti daug klientų.

NŠAT – Natūralių požeminių vandens telkinių šilumos akumuliacinė talpa.

Organinis Renkino ciklas (ORC) – Įprastinis Renkino ciklas yra plačiausiai naudojamas tradicinių garo jėgainių darbo ciklas. Darbo agentas teka į katilą, kuriame yra išgarinamas, toliau garai patenka į turbiną, po to į kondensatorių. Pagrindiniai ORC veikimo principai yra tapatūs įprastinio Renkino ciklo principams. Pagrindinis skirtumas: organiniame cikle darbo agentas yra organinis skystis, kurio virimo temperatūra yra mažesnė, o garų slėgis didesnis, nei vandens. Naudojamas toks skystis leidžia ženkliai padidinti bendrą ORC naudingumo koeficientą, palyginus su tradiciniu Renkino ciklo naudingumo koeficientu.

PA - Poreikio atsakas

Pajėgumas – maksimali galia, kurią mašina ar sistema gali gaminti arba gabenti (maksimalūs momentiniai išvesties išteklių tam tikromis sąlygomis). Generuojančios įrangos pajėgumas paprastai išreiškiamas kilovatais (kW) arba megavatais (MW).

Papildymo vanduo – Vanduo naudojamas pildymui dėl prarasto vandens, pvz. dėl CŠT tinkle nutekėjimų.

Pastotė – Šilumos perdavimo stotis, jungianti CŠT tinklo dalis.

PE – Polietilenas.

PEHD – Didelio tankio polietilenas.

Plokščiasis kolektorius – Populiariausias saulės šildymo kolektorius.

Pramoninė šiluma – Pramonėje naudojama šiluma skirta vidiniam ar išoriniam procesui.

PŠAT – Pit tipo šilumos akumuliacinė talpa.

PUR – Poliuretano putos

SCADA – (Supervisory Control and Data Acquisition) SCADA yra valdymo sistema, kuri naudoja kompiuterius, tinklinius duomenų ryšius ir grafines vartotojo sąsajas techniniams procesams, šiuo atveju CŠT sistemoms.

SCOP – Sezoninis šilumos siurblio našumo koeficientas.

ŠAT – Šilumos akumuliacinė talpa.

Šiltnamio dujos (ŠD) – Atmosferoje esančios dujos, skatinančios šiltnamio efektą. Šios dujos sugeria dalį į atmosferą patekusių infraraudonųjų spindulių ir išspinduliuoja juos atgal į aplinką, tokiu būdu sulaikydamos šilumą prie Žemės paviršiaus. Kai kurios šiltnamio dujos atmosferoje atsiranda natūralių procesų metu, kitų kiekis didėja dėl žmogaus veiklos.

Šiluma – Energija, perduodama iš vienos sistemos į kitą terminės sąveikos būdu. Priešingai nei darbas, šilumą visada lydi eksergijos perdavimas. Šilumos srautas iš aukštos į žemos temperatūros kūną vyksta savaime. Dalį šio energijos srauto galima panaudoti ir paversti jį naudingu darbu šilumos varikliu. Antrasis termodinamikos dėsnis teigia, kad savaiminis šilumos srautas iš žemos į aukštos temperatūros kūną yra negalimas, tačiau naudojant šilumos siurblių išorinis darbas gali būti panaudojamas energijai transportuoti iš žemesnės į aukštesnės temperatūros kūną. Šiluma skleidžiama trimis būdais: konvekcija, šiluminiu laidumu ir šiluminiu spinduliavimu.

Šiluminė vertė – Šilumos kiekis, išskiriamas deginant tam tikrą degalų kiekį.

Šilumnešis – Skystis arba dujos, naudojamas šilumai pernešti iš karštesnės vietos į šaltesnę. Pernešimo metu kai kurie skysti šilumnešiai gali keisti agregatinę būseną (skysčiai virsti dujomis ir atvirkščiai). Šilumnešiai naudojami: CŠT, šaldytuvuose, kondicionieriuose, aušinimo sistemose, branduoliniuose reaktoriuose, aukštos įtampos transformatoriuose, ir t.t.

Šilumokaitis – Prietaisas, sukurtas efektyviam šilumos perdavimui iš vieno skysčio į kitą.

Šilumos perdavimo efektyvumas – Santykis tarp naudingos šilumos ir faktinės šilumos, gautos degimo įrenginyje.

Temperatūros skirtumas (ΔT) – Dviejų temperatūros lygių skirtumas.

TERMIS – IT įrankis šildymo sistemų matematiniam modeliavimui. Ji imituoja sistemos veikimą pagal programoje sukurtą CŠT tinkle modelį. Programa gali sekti ir nustatyti tinklo parametrus realiu laiku.

Tinklo vamzdžiai – CŠT vamzdžiai, kuriais šiluma tiekama vartotojams.

Tranšėjos ilgis – Atkarpa, į kurią įeina paduodamas ir grįžtamas vamzdis.

TŠAT – Uždaro rezervuaro tipo šilumos akumuliacinė talpa

Vakuuminis saulės kolektorius: Saulės kolektorius, sudarytas iš vakuuminių vamzdžių, kuriuose yra absorberis.

Vatas (W) – Standartinis SI sistemos matavimo vienetas, tai galia tokio proceso, kuris per 1 sekundę atlieka 1 džaulio darbą.

Žaliava – Bet kokia įeities medžiaga, kuri proceso metu yra konvertuojama į kitą formą ar produktą.

Literatūros sąrašas

- AGFW (Hg.) (1987): Freileitungen im Gelände und im Gebäude. Eine Sammlung von Beispielen für Planung und Realisierung. Unter Mitarbeit von Andreas Schleyer. Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V. Frankfurt am Main (AGFW Mitgliederinformation)
- AGFW (1993) Bau von Fernwärmenetzen. - Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m.b.H – VWEW, Frankfurt am Main; 5. Aufl.
- AGFW (2013) Technisches Handbuch Fernwärme, 3. Auflage. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH. ISBN:3-89999-039-0
- AGFW (Hg.) (2015): TGdA. Technische Gebrauchsdaueranalyse von Wärmenetzen unter Berücksichtigung volatiler erneuerbarer Energien. Forschungsvorhaben. Unter Mitarbeit von Stefan Hay. Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung. Online verfügbar unter <https://www.agfw.de/tgda/>, zuletzt geprüft am 02.01.2019.
- AGFW (Hg.) (2017): EnEff: Wärme. Einsatz von Wärmespeichern und Power-to-Heat-Anlagen. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH.
- AGFW FW 401 (2018): Verlegung und Statik von Kunststoffmantelrohren (KMR) für Fernwärmenetze. Version: December 2007. Design and installation of preinsulated bonded pipes for district heating networks. In: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hg.): Regelwerk Fernwärme. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH.
- AGFW FW 435 (2018): Verfahren zur Zustandsermittlung von Fernwärmeleitungen und zur Feststellung / Einmessung von Abweichungen (Leckortung). Version: April 2010. Operations identify the conditions of district heating. In: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hg.): Regelwerk Fernwärme. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH.
- AGFW FW 448 (2018): Das Fernwärmenetz als thermischer Energiespeicher - Wirtschaftliche Aspekte, technische Lösungen, Beanspruchungen und Nutzungsdauern. Version: January 2016. District heating networks used as thermal energy storages. In: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hg.): Regelwerk Fernwärme. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH.
- AGFW FW 510 (2018): Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb. Version: December 2013. Requirements for circulation water in industrial and district heating systems and recommendations for their operation. In: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hg.): Regelwerk Fernwärme. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH.
- AGFW (Hg.) (2018a): Instandhaltung-FW. Entwicklung von neuen und verbesserten Instandhaltungsstrategien für kleine und große Wärmeverteilnetze durch Kombination statistischer Alterungsmodelle mit materialbasierten Nutzungsdauermodellen. Forschungsvorhaben. Unter Mitarbeit von Maximilian Seier. Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung. Online verfügbar unter <https://www.agfw.de/forschung/instandhaltung-fw/>, zuletzt geprüft am 02.01.2019.
- AGFW (Hg.) (2018b): Nemo. Wärmenetze im energetischen Monitoring. Unter Mitarbeit von Sebastian Grimm. Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung. Online verfügbar unter <https://www.agfw.de/nemo/>, zuletzt aktualisiert am 12/2018, zuletzt geprüft am 04.01.2019.
- Arnórsson (1995): Geothermal systems in Iceland: Structure and conceptual models – I. High-temperature areas. Geothermics, Volume 24, Issues 5-6
- Averfalk, H., Ingvarsson, P., Persson, U. Gong, M., Werner, S., (2017) Large heat pumps in Swedish district heating systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 79, p.1275-1284
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016): Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe, UmweltWissen – Klima + Energie
- BMJV (2019) Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV). - [Directive on the general conditions for the supply of district heating] https://www.gesetze-im-internet.de/avbfernw_rmev/ [14.02.2019]
- Bücker, D., Jell, P., Botsch, R., Klingele, M., & (Keine Angabe). (2015). Monitoring von Nahwärmenetzen als Schlüssel zur Optimierung. Euro Heat and Power, (12), 37–39.
- Doračić, B.; Novosel, T.; Pukšec, T.; Duić, N. Evaluation of Excess Heat Utilization in District Heating Systems by Implementing Levelized Cost of Excess Heat. Energies 2018, 11, 575.
- EGEC European Geothermal Energy Council (2014): EGEC geothermal market report 2013
- EGEC European Geothermal Energy Council (2018): EGEC geothermal market report 2017 – key findings

- Euroheat & Power (2018a) European heating sector well positioned for renewables integration. - <https://www.euroheat.org/news/european-heating-sector-well-positioned-renewables-integration/> [14.09.2018]
- Euroheat & Power (2018b) Top District Heating Countries – Euroheat & Power 2015 Survey Analysis. - <https://www.euroheat.org/news/district-energy-in-the-news/top-district-heating-countries-euroheat-power-2015-survey-analysis/> [14.09.2018]
- Euroheat & Power (2017) Country by Country 2017. - <https://www.euroheat.org/publications/country-country-2017/> [23.01.2019]
- European Commission (2016) An EU Strategy on Heating and Cooling. - EC 16.2.2016 COM(2016) 51 final; https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_ACT_part1_v14.pdf
- European Commission (2018a) Heating and cooling. - <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/heating-and-cooling> [14.09.2018]
- European Commission (2018b) Energy consumption in households. - https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_consumption_in_households [14.09.2018]
- European Commission (2018c) Glossary: City heating. - https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:City_heating
- European Commission (2018d) Energy consumption in households, Source data for tables and figures https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/1/16/Energy_consumption_households_final.xlsx [22.01.2019]
- European Commission (2019a) New Renewables, Energy Efficiency and Governance legislation comes into force on 24 December 2018. - https://ec.europa.eu/info/news/new-renewables-energy-efficiency-and-governance-legislation-comes-force-24-december-2018-2018-dec-21_en [23.01.2019]
- European Commission (2019b) Biomass. - <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biomass> [23.01.2019]
- European Commission (2019c) Energy consumption in households. - https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_consumption_in_households [11.02.2019]
- Eurostat (2019) CONCEPTS AND DEFINITIONS. – https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=DSP_GLOSSARY_NOM_DTL_VIEW&StrNom=CODED2&StrLanguageCode=EN&IntKey=16452285&RdoSearch=&TxtSearch=&CboTheme=&IntCurrentPage=1%20https://www.google.de [23.01.2019]
- Faber, T., Groß, J., & Finkenrath, M. (2018). Innovative Last prognosen mit »Deep Learning«-Methoden. Euro Heat and Power, 47(1-2), 35–38. https://www.hs-kempten.de/fileadmin/fh-kempten/FZA/KWK-Flex/EuroHeat_Power_2018_1-2-18_S_35-38.pdf Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2019). Demand Response. Retrieved from <https://www.ffe.de/publikationen/fachartikel/344-demand-response> [20.01.2019]
- Frederiksen, Svend; Werner, Sven (2013): District heating and cooling. Lund: Studentlitteratur.
- GeoDH (2014): Developing Geothermal District Heating in Europe, Eu-Funded Project
- Gerdvilla, Simas (2017): Country By Country Survey 2017. - <https://www.euroheat.org/publications/country-country-2017/> [08.01.2019]
- Gunnlaugsson, E., Ármannsson, H., Thorhallsson, S., Steingrímsson, B. (2014): Problems in geothermal operation – scaling and corrosion
- Hirzel, S., Sontag, B., Rohde, C., (2013) Industrielle Abwärmenutzung - https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf [11.02.2019]
- Hungenberg, Harald; Wulf, Torsten (2015): Grundlagen der Unternehmensführung. Einführung für Bachelorstudierende. 5. Aufl.: Springer Gabler
- Johansson, C., Vanhoudt, D., Brage, J., & Geysen, D. (2018). Real-time grid optimisation through digitalisation – results of the STORM project. Energy Procedia, 149, 246–255.
- Kühne, Jens; Jan Hinz, Arne (2016): Softwaregestützte Kraftwerkseinsatzoptimierung von KWK-Anlagen. Optimierungstools mit großer Einsatzbandbreite. In: Euro Heat and Power 45 (4), S. 38–43
- Laurberg Jensen L., Rutz D., Mergner R., Doczekal C., Pukšec T., Sunko R., Sunko B., Redžić E., Merzić A., Gjorgievsk V., Batas Bjelic I. (2017) Guideline on drafting heat/cold supply contracts for small DHC systems. - https://www.coolheating.eu/images/downloads/CoolHeating_D5.3_Guideline_on_drafting_heat_cold_supply_contracts_for_small_DHC_systems.pdf [16.01.2019]
- Lund H. et al. (2014) 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy. 68: 1–11. doi:10.1016/j.energy.2014.02.089.

- Lygnerud, K., Werner, S., (2017) Risk of industrial heat recovery in district heating systems. Energy Procedia 116 (2017) 152-157
- Makela, V.M. 2008. Bases for the recommendations for new norms in Russian district heating. Mikkeli University of Applied Sciences
- Miedaner O. Winterscheid C., Grimm S., Heiler D., Kazagic A., (2018) Template for the global assessment of the district heating system in _____. – Word document template; Upgrade DH Project https://www.upgrade-dh.eu/images/Publications%20and%20Reports/UpgradeDH_Del3.2_TemplateForGlobalAssessmentOfDemoCases_Solites%20%282%29.docx [21.01.2019]
- MVV Netze (2015) TAB Heizwasser Technische Anschlussbedingungen Heizwasser für Nah- und Fernwärme. - https://www.mvv-netze.de/medien/dokumente/bauen/technische-regelwerke/fernwaerme/tab_fernwaerme_2015.pdf
- Pauschinger et al. (2018), Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling - https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_XII/IEA_DHC_AXII_Design_Aspects_for_Large_Scale_ATES_PTES_draft.pdf [04.02.2019]
- Persson, U., Möller, B., Werner, S., (2014) Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions. Energy Policy 74, 663-681.
- Persson, U., (2015) Quantifying the Excess Heat Available for District Heating in Europe - <http://stratego-project.eu/wp-content/uploads/2014/09/STRATEGO-WP2-Background-Report-7-Potenital-for-Excess-Heat.pdf> [22.01.2019]
- prEN 13941, 09/2016: Fernwärmerohre - Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Heißwasser-Fernwärmenetze. DIN EN 13941. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/impresum>.
- REN 21 (2018) Renewables 2018 Global Status Report. - <http://www.ren21.net/gsr-2018/> [20.03.2018]
- Roth, Tobias (2018): Best Practice Analysis for the Improvement of District Heating. Bachelor Thesis. Hochschule Rhein-Main, Rüsselsheim.
- Rutz, D., Doczekal C., Zweiler R., Hofmeister M., Laurberg Jensen L. (2017) Small Modular Renewable Heating and Cooling Grids - A Handbook. - ISBN 978-3-936338-40-9; WIP Renewable Energies, Munich, Germany, 110p. www.coolheating.eu
- Rutz D. (ed.); Dimitriou I., Rutz D. (2015) Sustainable Short Rotation Coppice, A Handbook. - WIP Renewable Energies, Munich, Germany; ISBN 978-3-936338-36-2; www.scrplus.eu
- Sandrock, Maaß, Weisleder, Westholm, Schulz, Löschan, Baisch, Kreuter, Reyer, Mangold, Riegger, Köhler (2019): Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefergeothermischer Ressourcen. Geplante Veröffentlichung: 2019
- Sauerwein, S.T. (2013a). Einleitung: Der Rainflow Algorithmus. Retrieved from <http://lastgang.agfw.org/anleitung.php#einleitung>
- Sauerwein, Sebastian Thi (2013b): Untersuchung zu Methoden der technischen Zustandsanalyse von Fernwärmenetzen auf Basis von Ganglinien. Diplomarbeit. Technische Hochschule Mittelhessen - THM, Gießen. Fachbereich für Maschinenbau und Energietechnik. Online verfügbar unter http://lastgang.agfw.org/Untersuchung_zu_Methoden_der_technischen_Zustandsanalyse_von_Fernwaermenetzen_auf_Basis_von_Ganglinien.pdf [02.01.2019]
- SDH (2012) Solar district heating guidelines - Collection of fact sheets; WP3 – D3.1 & D3.2 https://www.solar-district-heating.eu/wp-content/uploads/2018/06/SDH-Guidelines_update_09.2017.pdf
- Siemens Building technologies (2002) District Heating Training Course. Chapter 4. Mikkeli Polytechnic
- Sunko R., Sunko B., Rutz D., Mergner R., Doczekal C., Pukšec T., Laurberg Jensen L., Redžić E., Gjorgievsk V., Batas Bjelic I. (2017) Guidelines on improved business models and financing schemes of small renewable heating and cooling grids. - https://www.coolheating.eu/images/downloads/CoolHeating_D5.1_Guideline.pdf [16.01.2019]
- Töpfer, Armin (2006): Betriebswirtschaftslehre. Anwendungs- und prozessorientierte Grundlagen. 2. Aufl.: Springer
- Upgrade DH (2018a): Upgrading the performance of district heating networks. Best practice examples on upgrading projects. Hg. v. AGFW - Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung. www.upgrade-dh.eu.
- Upgrade DH (2018b): Data sheets "Upgrading the performance of district heating networks". Best practice examples on upgrading projects. Internal Documentation, Confidential. Hg. v. AGFW - Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung

- Upgrade DH (2018c): Upgrading the performance of district heating networks. Best practice instruments and tools for diagnosing and retrofitting of district heating networks. Hg. v. Soltes - Steinbeis Research Institute for Solar and Sustainable Thermal Energy Systems. Online verfügbar unter www.upgrade-dh.eu, zuletzt geprüft am 26.11.2018.
- Werner S. (2017) International overview of district heating and cooling. – Energy 137 (2017) 617.631; <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.045>
- Wesselak, Viktor; Schabbach, Thomas; Link, Thomas; Fischer, Joachim (2013) Regenerative Energietechnik. – Springer Verlag, Germany
- Wittchen, Kim Bjarne & Kragh, Jesper (2014): "Energy Savings in the Danish building stock until 2050". [http://vbn.aau.dk/en/publications/energy-savings-in-the-danish-building-stock-until-2050\(26e1c67a-ea63-4a0d-bf78-2bbbdb9ddb15\).html](http://vbn.aau.dk/en/publications/energy-savings-in-the-danish-building-stock-until-2050(26e1c67a-ea63-4a0d-bf78-2bbbdb9ddb15).html)
- World Health Organization (2007). "Legionella and the prevention of legionellosis". ISBN 92 4 156297 8; https://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf
- Yang, Xiaochen; et al. (2016). "Energy, economy and exergy evaluations of the solutions for supplying domestic hot water from low-temperature district heating in Denmark". Energy Conversion and Management. 122: 142–152. doi:10.1016/j.enconman.2016.05.057

