



D2.2

Techninių sprendimų portfelis

Data 2024 09 30

Dokumentų kontrolės informacija

Pristatomo dokumento pavadinimas

Valdymo vadovas

Iš dalies finansuojama Europos Sąjungos lėšomis. Tačiau išsakytos nuomonės ir požiūriai yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Sąjungos arba CINEA požiūrį ir nuomonę. Nei Europos Sąjunga, nei pagalbą teikianti institucija negali būti už jas atsakingos.



Darbo paketo pavadinimas	WP2 – Rinkos techninis ir finansinis vertinimas
Pristatomo dokumento numeris	D2.2
Aprašymas	Ataskaita, kurioje aprašomi pagrindiniai centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) elementai ir strategijos ir (arba) technologijos, skirtos pritaikyti ir (arba) integruoti žemo potencialo energijos šaltinius į aukštos temperatūros šilumos tiekimo tinklus.
Pagrindinis naudos gavėjas	UNIPARTHENOPE
Pagrindiniai autoriai	Federico Scarpa (UNIGE), Luca Tagliafico (UNIGE), Vincenzo Bianco (UNIPARTHENOPE)
Dalyviai	Annalisa Marchitto (UNIGE), Mattia De Rosa (UNIGE)
Pateikė	CREARA
Doc. Versija (Peržiūra numeris)	1
Jautrumas (saugumas):	Viešasis
Data:	12/09/2024

Dokumento tvirtintojas (-ai) ir recenzentas (-ai):

PASTABA: Visi tvirtintojai yra privalomi. Turi būti saugomi kiekvieno tvirtintojo įrašai. Visi sąraše esantys recenzentai laikomi privalomais, išskyrus atvejus, kai jie aiškiai nurodyti kaip neprivalomi.

Pavadinimas	Vaidmuo	Veiksmas	Data
Gabriel Garcia Hernandez	Projekto valdybos narys	<i>Peržiūra</i>	23/09/2024
Galina Ivanova	Projekto valdybos narė	<i>Peržiūra</i>	23/09/2024
David Pérez	Projekto valdybos narys	<i>Patvirtinti</i>	27/09/2024

Dokumento istorija:

Dokumento autorius yra įgaliotas atlikti toliau nurodytus dokumento pakeitimus, nereikalaujant pakartotinio dokumento patvirtinimo:

- Dokumentas turi būti: redakcinio pobūdžio, formatavimo ir rašybos
- Aiškinimas

Norėdami prašyti pakeisti šį dokumentą, kreipkitės į dokumento autorių arba savininką.

Šio dokumento pakeitimai apibendrinti toliau pateiktoje lentelėje atvirkštine chronologine tvarka (pirmiausia naujausia versija).

Peržiūrėjimas	Data	Sukūrė	Trumpas pokyčių aprašymas
01	01.06.2024	UNIGE - Federico Scarpa	Sukurta 1-oji ataskaitos versija
02	20/07/2024	UNIGE - Luca Tagliafico	2-oji ataskaitos versija
03	06/09/2024	UNIGE - Luca Tagliafico	3-oji ataskaitos versija
04	16/09/2024	UNIPARTHENOPE - Vincenzo Bianco	4-oji ataskaitos versija
05	23/09/2024	CREARA - Gabriel García	Ataskaitos peržiūra
06	23/09/2024	EUROPROJECT - Galina Ivanova	Ataskaitos peržiūra
07	27/09/2024	CREARA - David Pérez	Peržiūra ir patvirtinimas

Konfigūracijos valdymas: Dokumentų buvimo vieta

Naujausia šio kontroliuojamo dokumento versija saugoma vidiniame aplanke "[Deliverables](#)".

Pateikto dokumento pobūdis		
R	Ataskaita	x
DEC	Interneto svetainės, patentai, paraiškos ir kt.	
DEM	Demonstratorius	
O	Kita	

Platinimo lygis		
PU	Viešasis	x
CO	Konfidencialu, tik konsorciumo nariams (įskaitant Komisijos tarnyboms)	

PADĖKA

Ši ataskaita yra projekto LIFE Low2HighDH, kuriam finansavimą skyrė Europos Sąjungos Aplinkos ir klimato kaitos programa (LIFE) pagal dotacijos sutartį Nr. 101120865, rezultatų dalis. Bendrija neatsako už bet kokią šio leidinio turinio panaudojimą.

Daugiau informacijos apie projektą galima rasti adresu: <https://www.low2highdh.eu/>

AUTORINĖS TEISĖS

© LIFE Low2HighDH konsorciumas. Kopijuoti šį leidinį - taip pat ir jo ištraukas - galima tik nurodžius leidėją.

ATSAKOMYBĖS APRIBOJIMAS

Čia pateikta informacija buvo kruopščiai ištirta ir manoma, kad ji yra tiksli ir teisinga. Tačiau autoriai negali būti teisiškai atsakingi už bet kokias klaidas. Dėl pateiktos informacijos nesuteikiama jokių išreikštų ar numanomų garantijų. Autoriai neatsako už jokią tiesioginę, specialią, atsitiktinę ar netiesioginę žalą, atsiradusią dėl šio leidinio turinio naudojimo ar negalėjimo juo naudotis.

TURINYS	
Padėka	4
Autorinės teisės	4
Atsakomybės apribojimas	4
Turinys	5
Santrauka	9
Paveikslėlių sąrašas	12
Lentelių sąrašas	13
Santrumpų sąrašas	14
Ivadas	15
Pagrindinės ŽEMOS KAINOS energijos išteklių integravimo į CŠT-Šilumos tiekimo sistemą koncepcijos	18
Žemo potencialo atsinaujinantys energijos šaltiniai	20
Ivadas	20
Saulės šiluminė energija	20
Geoterminė energija	22
Biomasė	23
Atliekinės šilumos atgavimas (pramoninis / komunalinis)	25
Kiti žemos temperatūros šilumos šaltiniai, skirti šildymui ir karštam vandeniui ruošti	26
Žemo laipsnio šaltinių modernizavimo technologijos	27
Ivadas	27
Šilumos siurbiai	27
Mechaninė garų rekompresija	29
Šilumos transformatoriai	31
Šiluminės energijos kaupimas (TES)	33
	33
Žemos ir aukštos temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo tinklai	36
Ivadas	36
LTDH - GRINDINIS ŠILDYMAS, PATALPŲ ŠILDYMAS IR KARŠTO VANDENS RUOŠIMAS	36
AT-CŠT - grindinis šildymas, LT patalpų šildymas ir karšto vandens ruošimas	38

Dabartinė šilumos gamybos technologija AT-CŠT	39
Įvadas	39
Centralizuotas šildymas anglimi ir dujomis	39
Dabartinių aukštatemperatūrių CŠT modernizavimo strategijos	41
Įvadas	41
ŽPAEI PALAIKOMOS KOMBINUOTOSIOS ŠILUMOS IR ELEKTROS ENERGIJOS SISTEMOS INTEGRAVIMO STRATEGIJOS S	42
Technologijų ir (arba) strategijų, skirtų su ŽPAEI susietam centralizuotam šilumos tiekimui, analizė.....	44
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 01 (kogeneracinė elektrinė+ saulės vidutinė /aukšta temperatūra CŠT GRĮŽTANČIOJE LINIJOJE)	46
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 02 (Kogeneracinės jėgainės viduje: antžeminė HP+ ABS-HP ant CŠT GRĮŽTANČIOJI LINIJA)	48
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 03 (kogeneracinės jėgainės antžeminė HP+ garo HP ant CŠT TIEKIMO LINIJOJE)	50
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 04 (Kogeneracinės jėgainės viduje: saulės KOLEKTORIAI VIDUTINĖS TEMPERATŪROS ANT ŽEMO SLĖGIO EKONOMAIZERIO)	52
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 05 (Kogeneracinės jėgainės viduje: saulės energijos koncentracija aukšta temperatūra aukšto slėgio ekonomaizeryje)	54
techninis sprendimas / integravimo strategija nr. 6 (AUKŠTOS TEMPERATŪROS ATLIEKOS)	56
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 07 (saulės energija BP-CHP – aukšta temperatūra)	58
TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 08 (GEOTERMINĖ ENERGIJA BP-CHP - VIDUTINĖS TEMPERATŪROS MVR)	60
.....	61
TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 09 (PRAMONINIŲ ATLIEKŲ ŠALTINIS BP-CHP - VIDUTINIŠKAI AUKŠTOS TEMPERATŪROS)	62
TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 10 (BP-CHP + ŽPAEI INTEGRAVIMAS Į CŠT GRĮŽTAMĄJĄ	64
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 11 (Kogeneracija: plokščias saulės kolektorius+ garo VC-HP ant CŠT grįžtamosios linijos)	66
TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 12 (KOGENERACIJA: PLOKŠČIAS SAULĖS KOLEKTORIUS+ ASB-HP ANT CŠT GRĮŽTANČIOJI LINIJA)	68
Techninis sprendimas/integracijos strategija Nr. 13 (katilo išankstinis pašildymas arba pakeitimas , INTEGRUOJANT SAULĖS LOVIUS)	70
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 14 (katilas iš anksto šildomas biomase arba biodujomis)	72

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 15 (KATILO IŠANKSTINIS ŠILDYMAS ARBA PAKEITIMAS INTEGRUOJANT PRAMONINES ATLIEKAS)	74
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 16 (katilo integravimas arba pakeitimas plokščiais saulės kolektoriais su garo suspaudimo šilumos siurbliu)	76
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 17 (katilo integravimas arba pakeitimas koncentruotais saulės kolektoriais (paraboliniai su aukštos temperatūros TES)).....	78
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 18 (katilas: antžeminis HP+ ABS-HP ant CŠT.....	80
GRĮŽTAMOJI LINIJA))	80
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 19 (katilo integravimas arba pakeitimas žemos ...	82
temperatūros katilu) Atliekinė šiluma + garo suspaudimas šilumos siurblys))	82
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 20 (katilo pakeitimas vidutinės temperatūros	84
ŽPAEI IR VANDENS GARO HP)	84
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 21 (katilo pakeitimas aerobiniu fermentatoriumi ir vandens garo HP).....	86
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 22 (katilo pakeitimas geoterminiu šilumos katilu) siurbliu+ Garo suspaudimo šilumos siurblys (MVR uždaro ciklo))	88
TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 23 (KATILAS: IŠKASTINIO KURO PAKEITIMAS BIOMASĖS ARBA BIODUJŲ DEGINIMU).....	90
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 24 (katilo pakeitimas Šiluma IŠ VANDENS nuotekų + VC- HP sistema + garo suspaudimo šilumos siurblys (MVR uždaro ciklas))	92
Analizės kriterijai ir energetiniai bei finansiniai KPI.....	94
Ivadas.....	94
CŠT TINKLO BAZINIS ŠILUMINIS MODELIAVIMAS	94
Energinio naudingumo rodiklis	103
Ekonominių rezultatų rodiklis	108
Išsamių modelių, skirtų su ŽPAEI susietam centralizuotam šilumos tiekimui, sukūrimas.....	112
Ivadas.....	112
IŠSAMI ANALIZĖ NR. 1 (TECH.SPR. NR. 05) - GAMYBA CHP: SAULĖS KONCENTRACIJOS AUKŠTOS TEMPERATŪROS ŠILUMOS GAMYBA IR DALINIS ARBA VISIŠKAS AUKŠTO SLĖGIO EKONOMAIZERIO PAKEITIMAS.....	113
IŠSAMI ANALIZĖ NR. 2 (TECH. SPR. NR. 11) - kogeneracija CHP: PLOKŠČIA SAULĖS BATERIJA+ GARO VC- HP ANT CŠT GRĮŽTAMOSIOS LINIJOS IR GRĮŽTAMOJI/ TIEKIMO APYLANKOS.....	116
IŠSAMI ANALIZĖ NR. 3 (TECH. SPR. NR. 13) - KATILO IŠANKSTINIS PAŠILDYMAS ARBA PAKEITIMAS PARABOLINIAIS SAULĖS KOLEKTORIAIS	119

Išsami analizė Nr. 4 (Tech. SPR. Nr. 17) - Katilo INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS naudojant aukštos temperatūros PARABOLINIS SAULĖS kolektorius SU AUKŠTOS TEMPERATŪROS TES	122
IŠSAMI ANALIZĖ NR. 5 (TECH. SPR. NR. 18) - KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS PRAMONINĖ ATLIEKINĖ ŠILUMA + ABS-HP GRĮŽTANČIOJE CŠT LINIJOJE	125
Išsami analizė Nr. 6 (Tech. SPR. Nr. 19) - Katilo INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS su žemos temp. Atliekų ŠILUMA+ GARO SUSPAUDIMO ŠILUMOS SIURBLYS))	128
Išsami analizė Nr. 7 (Tech. SPR. Nr. 20) -Katilų PAKEITIMAS su bendrais vidutinės temperatūros ŽPAEI IR GARINIŲ HP)	131
Išsami analizė Nr. 8 (Tech. SPR. Nr. 21) - Katilo PAKEITIMAS aerobinių skaidytųjų ir garinių HP).....	134
Išsami analizė Nr. 9 (Tech. SPR. Nr. 22) - Katilo PAKEITIMAS su geoterminiu šilumos siurbliu + garo suspaudimo šilumos siurbliu (MVR uždaro ciklas)).....	137
išsami analizė nr. 10 (tech. SPR. nr. 24) - CŠT INTEGRACIJA su vandens nuotekų atliekine šiluma+ VC-HP sistema+ Garo kompresijos šilumos siurblys (MVR uždaro ciklas)	139
Išvada.....	141
Literatūra	144

SANTRAUKA

Šioje ataskaitoje „*Techninių sprendimų portfelis*“ (D2.2) pateikiama išsami žemo potencialo šilumos energijos išteklių (ŽPAEI) apžvalga ir jų galimas integravimas į centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklus. Pagrindinis dėmesys skiriamas technologijų ir strategijų, skirtų žemos temperatūros energijos šaltiniams panaudoti, pvz. saulės šiluma, geoterminė, biomasės ir pramoninė atliekinė šiluma, kad būtų galima pasiekti aukštesnę temperatūrą, reikalingą CŠT šildymo sistemoms, tyrimui. Ataskaitoje ypatingas dėmesys skiriamas situacijai tokiose šalyse kaip Lietuva, Lenkija ir Slovakija, kur šilumos tiekimo sistemos yra istoriškai svarbios energetikos sistemos, ypač aukštos temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklams.

Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos yra labai svarbios siekiant efektyviai tiekti šilumą miestų teritorijoms, ypač šaltesnio klimato šalyse. Tačiau daugelis šių sistemų, ypač Rytų Europoje, buvo pastatytos tais laikais, kai iškastinio kuro, pavyzdžiui, anglies ir gamtinių dujų, buvo daug ir jis buvo nebrangus. Kadangi energetika keičiasi tvarumo linkme, šias senesnes sistemas reikia iš esmės technologiškai atnaujinti, kad jose būtų naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai. Šioje ataskaitoje pateikiami 24 novatoriški technologiniai sprendimai, skirti palengvinti ŽPAEI integravimą į šilumos tiekimo tinklus, siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro ir sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį.

Pagrindinės ataskaitoje nagrinėjamos šios technologijos:

- **Šilumos siurbliai (ŠS):** Šie prietaisai yra būtini norint žemos temperatūros atsinaujinančius šaltinius padidinti iki aukštesnės temperatūros, reikalingos šilumos tiekimo tinkluose. Jie gali būti naudojami atsinaujinančiai šilumai, gaunamai iš saulės, geoterminės energijos ar atliekinės šilumos šaltinių, integruoti.
- **Mechaninė garų rekompresija (MVR):** MVR sistemos mažo slėgio garų paverčia didelės energijos garu, todėl atliekinę šilumą galima efektyviai perdirbti ir pakartotinai panaudoti CŠT tinkluose.
- **Šiluminės energijos kaupimas (TES):** TES sistemos kaupia perteklinę šilumą mažos paklausos laikotarpiais, kad ją būtų galima naudoti šildymo poreikių piko metu, taip padidindamos bendrą CŠT sistemų efektyvumą ir patikimumą.

Ataskaitoje pabrėžiama, kad reikia judėti prie laipsniško perėjimo, pradedant hibridinėmis sistemomis, kuriose derinamas iškastinis kuras ir atsinaujinantys energijos ištekliai, ir tik tada pereiti prie visiškai atsinaujinančiais energijos ištekliais grindžiamų šilumos ir elektros energijos sistemų. Toks laipsniškas požiūris leidžia integruoti ŽPAEI į esamus tinklus, nesutrikdant šilumos tiekimo, taip pat panaudojant esamą infrastruktūrą.

Ataskaitoje daug dėmesio skiriama siūlomų sprendimų finansiniam ir eksploataciniam gyvybingumui. Išlyginamosios šilumos sąnaudos (LCOH) naudojamos kaip pagrindinis rodiklis, siekiant įvertinti bendrą įvairių technologinių strategijų ekonominį efektyvumą. Kai kurie sprendimai, pavyzdžiui, atliekinės šilumos panaudojimas, užtikrina mažesnes LCOH ir tiesioginę ekonominę naudą, o kiti, pavyzdžiui, esamų sistemų modernizavimas naudojant geotermines ar saulės technologijas, gali pareikalauti didesnių pradinų investicijų, tačiau ilgainiui duos aplinkosauginės ir finansinės naudos. Ataskaitoje daroma išvada, kad, nepaisant galimo trumpalaikių sąnaudų padidėjimo, atsinaujinančiųjų išteklių sprendimų LCOH išlieka konkurencinga Europos energijos rinkoje, ypač atsižvelgiant į ilgalaikį anglies dioksido išmetimo ir

priklausomybės nuo iškastinio kuro mažinimą. Be to, reikėtų atsižvelgti ir į išorinių sąnaudų mažinimo poveikį.

Ataskaitoje pateikta išsami 10 konkrečių atvejų analizė, leidžia išsamiau išnagrinėti, kaip šie sprendimai galėtų būti taikomi pagal realius scenarijus. Kiekviename atvejo tyrime nagrinėjamos tiek bendrosios energetikos ir finansinius konkrečios technologinės integracijos rezultatus, leidžiančius suprasti praktinius iššūkius ir naudą, susijusią su CŠT sistemų perėjimu prie atsinaujinančiosios energijos. 10 atvejų analizių apima:

1. **Aukštos temperatūros saulės energijos integravimas į kogeneracines sistemas** (Techninis sprendimas Nr. 05): Šiame atvejo tyrime nagrinėjamas saulės šiluminės energijos integravimas į kogeneracinę sistemą. Naudojant saulės energijos koncentratorius, į CŠT sistemą galima tiekti aukštos temperatūros šilumą ir taip sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro. Analizė rodo, kad šis sprendimas leidžia gerokai sumažinti išmetamo anglies dioksido kiekį, tačiau dėl jo šiek tiek padidėja kapitalo išlaidos (CAPEX).
2. **Plokščiųjų saulės kolektorių ir garo šilumos siurblių integravimas** (Techninis sprendimas Nr. 11): Šiuo sprendimu plokščios saulės baterijos sujungiamos su garo garų suspaudimo šilumos siurbliu, kuris žemos temperatūros šilumą pakelia iki aukštesnės temperatūros, tinkamos šilumos tiekimo tinklams. Ši sistema ypač veiksminga regionuose, kuriuose saulės spinduliavimas yra didelis, o kartu su atliekinės šilumos panaudojimu užtikrina gerus LCOH rezultatus.
3. **Parabolinių lovių saulės energijos integravimas** (Techninis sprendimas Nr. 13): Šis atvejis skirtas parabolinių lovių saulės kolektorių naudojimui vandens pašildymui CŠT sistemose. Jame parodoma, kaip saulės šiluminės energijos technologija gali būti panaudota papildyti esamas iškastinio kuro sistemas, sumažinant kuro sąnaudas ir išmetamųjų teršalų kiekį be didelių infrastruktūros pakeitimų.
4. **Pramonės atliekinės šilumos atgavimas naudojant absorbcinį šilumos siurblių** (Techninis sprendimas Nr. 18): Šiuo atveju vertinamos galimybės naudoti pramoninių procesų atliekinę šilumą, absorbciniu šilumos siurbliu pakėlus potencialą, šilumos tiekimui į šilumos tiekimo tinklą. Tyrime pabrėžiama, kad tai yra vienas iš ekonomiškiausių sprendimų, pasižymintis mažu LCOH ir greitu atsipirkimo laikotarpiu.
5. **Atliekinės šilumos ir žemos temperatūros šilumos siurblių derinys** (Techninis sprendimas Nr. 19): Šiame atvejo tyrime nagrinėjamas žemos temperatūros pramoninių šaltinių atliekinės šilumos integravimas panaudojant garo suspaudimo šilumos siurblius. Šis sprendimas leidžia gerokai sumažinti energijos sąnaudas ir išmetamųjų teršalų kiekį, todėl idealiai tinka senesnėms šilumos tiekimo sistemoms modernizuoti, kad būtų kuo mažiau trikdžių.
6. **Geoterminių šilumos siurblių integravimas** (Techninis sprendimas Nr. 22): šiame sprendime geoterminė energija naudojama vietoj tradicinių iškastinio kuro katilų. Analizė rodo, kad nors geoterminių sistemų LCOH yra didesnis nei kitų variantų, dėl naudos aplinkai ir ilgalaikio tvarumo tai yra perspektyvus sprendimas CŠT sistemoms vietovėse, kuriose didesnis geoterminės šilumos potencialas.
7. **Vandens nuotekų atliekinės šilumos ir garo suspaudimo šilumos siurblys** (Techninis sprendimas Nr. 24): Šis atvejis skirtas šilumos gavybai iš komunalinių vandens nuotekų sistemų naudojant garų suspaudimo šilumos siurblių. Tyrimas rodo, kad šis sprendimas gali padėti sutaupyti nemažai lėšų,

ypač miestuose, kur vandens nuotekų šiluma yra lengvai prieinama, be to, jis pasižymi geru energijos vartojimo efektyvumu.

8. **Kogeneracijos modernizavimas naudojant saulės koncentratorius** (Techninis sprendimas Nr. 05 - Detalusis modelis 1): Išsami analizė, kaip aukštos temperatūros saulės koncentratorius galima integruoti į esamas kogeneracijos sistemas. Šiame atvejo tyrime pateikiama didelė nauda aplinkai, tačiau pabrėžiama, kad reikia didelių CAPEX sąnaudų, todėl, norint, kad tai būtų ekonomiškai naudinga, reikia vyriausybės subsidijų arba paskatų.
9. **Katilų pakeitimas biomasės naudojimu** (Techninis sprendimas Nr. 23): Šiame atvejo tyrime daugiausia dėmesio skiriama tradicinių katilų pakeitimui biomasės naudojimo alternatyvomis. Rezultatai rodo, kad gerokai sumažėja išmetamo anglies dioksido kiekis, nors finansinis gyvybingumas labai priklauso nuo vietinių galimybių įsigyti biomasės.
10. **Katilų keitimas panaudojant atliekinę šilumą ir MVR sistemas** (Techninis sprendimas Nr. 24): Paskutiniu atveju nagrinėjamas mechaninės garų rekuperacijos (MVR) kartu su atliekinės šilumos atgavimu naudojimas, siekiant pakeisti esamus iškastinio kuro katilus. Atlikta analizė rodo, kad šis sprendimas gali užtikrinti ir didelį efektyvumą, ir sutaupyti lėšų, ypač pramoniniuose rajonuose, kuriuose yra atliekinės šilumos perteklius.

Apskritai, šie pavyzdžiai – tai šilumos tiekimo sistemų perėjimo nuo iškastinio kuro prie atsinaujinančiosios energijos sistemų planas, kuriame pateikiami kiekybiniai duomenys apie energinį naudingumą ir finansinį pagrįstumą. Apibendrinant galima teigti, kad ataskaitoje pabrėžiamas didžiulis ŽPAEI potencialas šilumos tiekimo tinkluose ir pateikiamas aiškus būdas mažinti anglies dioksido išmetimą ir priklausomybę nuo iškastinio kuro. Nors yra didelių finansinių ir techninių sunkumų, ypač modernizuojant senesnes sistemas, dėl ilgalaikės naudos, susijusios su tvarumu ir energetiniu saugumu, šios investicijos yra labai svarbios. Taikydamos laipsnišką ir konkrečiam regionui pritaikytą požiūrį, Europos šalys gali sklandžiai pereiti prie tvarios, mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančios energijos ateities savo šilumos ir karšto vandens sistemose.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas Centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo pasiskirstymas Europos šalyse (adaptuota pagal ES projektą W.E.DISTRICT).	15
2 paveikslas. Kelių energijos šaltinių centralizuoto šilumos tiekimo technologija (Unige)	17
3 paveikslas. Centralizuoto šilumos tiekimo tinklų kartos per pastaruosius 150 metų (kreditas: MDPI Open Access, Zeh et Al., 2021, 10.3390/su13116035)	18
4 paveikslas. Vidutinės temperatūros parabolinių lovių masyvai (kreditas: ArsėniureDeGallium, Public domain, via Wikimedia Commons)	21
5 paveikslas Centralizuotas šildymas naudojant 18300 m ² saulės kolektorių lauką. Danija, Marstal (kreditas: Erik Christensen, CC BY-SA 3.0	21
6 paveikslas. Labai seklių, seklių ir gilių geoterminių išteklių klasifikacija. (kreditas: MDPI Open Access, (Zeh ir kt., 2021))	22
7 paveikslas. Dekarbonizuotos centralizuoto šilumos tiekimo sistemos koncepcija (kreditas: : MDPI Open Access, (Koch, et al., 2020),	24
8 paveikslas. Biodujų gamybai skirtas biodujų reaktorius CSTR (Continuous-flow Stirred Tank Reactor) (kreditas: geraldK (pixabay.com)).....	25
9 paveikslas. Dekarbonizuotos centralizuoto šildymo sistemos koncepcija (Unige)	27
10 paveikslas. Serijinio saulės šilumos siurblio schema (kreditas: KCVelaga, CC BY-SA 4.0.....	28
11 paveikslas. MVR procesai. Garinimas vyksta naudojant žemo potencialo šilumos šaltinį, išgarinimas - įšvirkščiant vandenį (UNIGE)	30
12 paveikslas. Supaprastinta dviejų pakopų MVR įrenginio schema (UNIGE)	30
13 paveikslas. Absorbcinio šaldymo (atvirkštinio) ciklo ir absorbcinio šilumos transformatoriaus (tiesioginio) ciklo palyginimas (UNIGE).....	32
14 paveikslas. Įprasti šilumos saugojimo tipai ir metodai (Unige)	34
15 paveikslas. DHC sistemos apskritimo pavaizdavimas (kreditas: Jirka DI, CC BY-SA 4.0, per Wikimedia Commons)	36
16 paveikslas. Dvi kogeneracijos konfigūracijos centralizuotam šilumos tiekimui. Kairėje - klasikinė ištraukiamoji kondensacinė sistema (A) su mažu priešslėgiu prie kondensatoriaus. Dešinėje - aukšto priešslėgio kogeneracinė sistema (B) (UNIGE).	40
17 paveikslas. Vamzdinis garo katilas Winsketel (kreditas: Diemareng, CC BY-SA 4.0< https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/ >, via Wikimedia Commons	41
18 paveikslas. Alternatyvūs perėjimo nuo dabartinio iškastiniu kuru varomo šilumos ir elektros energijos gamybos būdo keliai (UNIGE)	42
19 paveikslas. Pagrindinės ŽPAEI integravimo strategijos jau veikiančiose kogeneracinėse centralizuoto šilumos tiekimo sistemose (UNIGE).....	43
20 paveikslas. AT-CŠT darbinės temperatūros (centrinė temperatūros skalė) susiejimas su kai kuriomis ŽPAEI (kairėje) ir galimomis modernizavimo technologijomis (dešinėje). Tiesioginiai biomasės ir biodujų deginimo procesai neįtraukti (kreditas: UNIGE).....	45
21 paveikslas. CŠT tinklo paklausos pusė. Šiluminės galios, temperatūros ir CŠT masės srautas (kreditas: Unige)	95
22 paveikslas. CŠT tinklo dalis, kurioje išryškėja temperatūros gerinimo įrenginys, šiuo atveju šilumos siurblys (kreditas: Unige)	95

23 paveikslas. Dalis CŠT tinklo su ŽPAEI integracija prieš modernizavimą ir pritaikyta grįžtamajai linijai (kreditas: Unige)	96
24 paveikslas. Kairėje - paprasto garų suspaudimo šilumos siurblio schema, o dešinėje - trijų temperatūrų absorbcinio šilumos siurblio, sudaryto iš dviejų prietaisų, schema (kreditas: Unige).....	98
25 paveikslas. Kairėje - paprasto garų suspaudimo šilumos siurblio schema, o dešinėje - trijų temperatūrų absorbcinio šilumos siurblio, sudaryto iš dviejų prietaisų, schema (kreditas: Unige).....	98
26 paveikslas. Absorbcinio šilumos siurblio bendrojo naudingumo koeficiento priklausomybė nuo η (virtualios mašinos naudingumo koeficiento) ir COPF (atvirkštinio ciklo šilumos transformatoriaus naudingumo koeficiento), t. y. nuo trijų atitinkamų temperatūrų. Nagrinėja	101
27 paveikslas. Pabrėžkite su procesu susijusį kiekį. Apskaičiuoti kiekiai pažymėti raudonai (kreditas: UNIGE)	102
28 paveikslas. CŠT tinklo schema, kai modernizuojama kogeneracinė jėgainė. Galimi temperatūros padidinimai yra pateikti tik tam, kad būtų pilnas vaizdas (kreditas: UNIGE)	102
29 paveikslas. Supaprastinta CŠT tinklo schema kogeneracinės jėgainės modernizavimo atveju. Temperatūros padidinimas taikomas tik žemo potencialo šaltiniams (kreditas: UNIGE)	103

LENTELIŲ SĄRAŠAS

lentelė 1 Atsinaujinančiosios energijos dalis ir atsinaujinančiosios energijos panaudojimo procentinė dalis šilumos ūkyje. Pirmaujančios šalys. (*) (Rasmussen, 2024 m.)	16
lentelė 2 Patvirtinimo procesas. Paprasto modelio pagal 5 lygtį ir išsamaus termodinaminio modelio palyginimas. Lentelėje nurodomas 25 pav. 25(A) pav. pateiktas aukštos temperatūros garo šilumos siurblys. Tsupply = 120 °C, Treturn = 60 °C.....	99
lentelė 3 Patvirtinimo procesas. Tas pats, kas 1 lentelėje, atsižvelgiant į 25 paveikslo B dalyje pavaizduotą R600a šilumos siurbį, naudojamą kaip pirmojo etapo temperatūros padidinimas. Tsource = 20 °C	99
lentelė 4 Elektros energijos gamybos šaltinių dalis.....	107
lentelė 5 Kuro dalis elektros energijos gamyboje	107
lentelė 6 Vidutiniai anglies dioksido išmetimo iš įvairių šaltinių rodikliai.	108
lentelė 7 Vidutinis elektrinės efektyvumas pagal nagrinėjamą pirminės energijos šaltinį.	108
lentelė 8 Įvairių analizuotų technologijų CAPEX.....	111
lentelė 9 Energijos sąnaudos skirtingose tikslinėse rinkose.....	111
lentelė 10 parengtų atvejų tyrimų santrauka.....	141
lentelė 11. preliminarinių įverčių apie AEI dalį ir LCOH, kuriuos galima pasiekti taikant kiekvieną iš siūlomų ŽPAEI sprendimų, santrauka.....	142

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

Santrumpa	Apibrėžimas
ABS-HP	Absorbcinis šilumos siurblys (šilumos keitiklis-transformatorius)
CAPEX	Kapitalo išlaidos
CHP	Kombinuota šilumos ir elektros energija
CI	Anglies dioksido kiekio intensyvumas
COP	Veikimo efektyvumo koeficientas
CSP	Koncentruota saulės energija
DC	Centralizuotas vėsinimas
CŠT	Centralizuotas šilumos tiekimas
DHC	Centralizuotas šildymas ir vėsinimas
DHW	Buitinis karštas vanduo
AHP	Absorbciniai šilumos siurbliai (šilumos transformatoriai)
EHP	Elektriniai šilumos siurbliai
EI_RES/EI_NRES	Elektros energijos sąnaudos (iš RES/NRES)
EU	Europos Sąjunga
FFS	Iškastinio kuro sutaupymas
FWH	Maitinimo vandens šildytuvai
GHG	Šiltnamio efektą sukeliančios dujos
HP	Šilumos siurblys
HT	Šilumos transformatorius
AT-CŠT	Aukštos temperatūros centralizuotas šilumos tiekimas
LCOH	Levelizuotos- išlygintos šilumos tiekimo sąnaudos
LT	Žemos temperatūros
ŽPAEI	Žemo potencialo atsinaujinančios energijos ištekliai
MSV	Kietosios komunalinės atliekos
MVR	Mechaninė garų rekompresija
NRES	Neatsinaujinantys energijos ištekliai
OPEX	Ekspluatacinės išlaidos
AEI	Atsinaujinantys energijos ištekliai
RSH	Atsinaujinančiųjų išteklių energija
SDH	Centralizuotas šildymas saulės energija
TES	Šiluminės energijos saugykla
TRL	Technologinės parengties lygis
VC-HP	Garų suspaudimo šilumos siurbliai

f

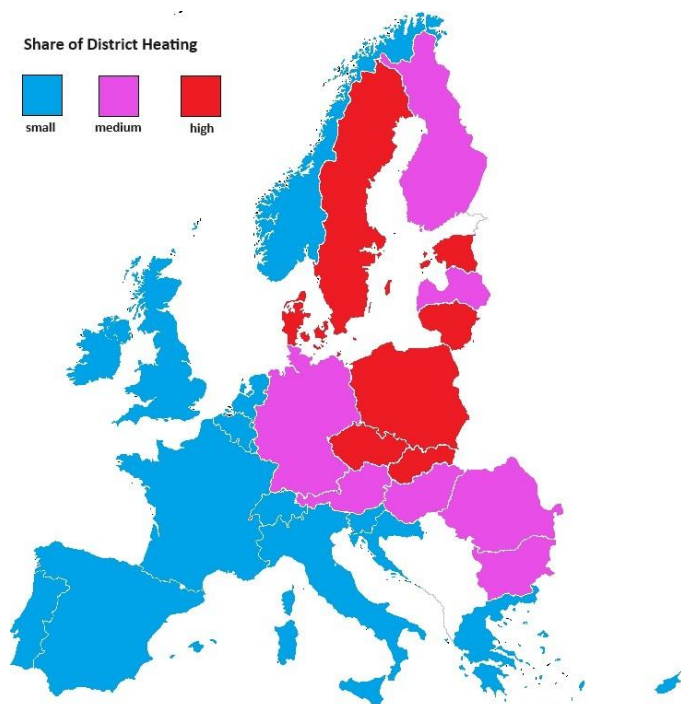
ĮVADAS

Centralizuotas šilumos tiekimas (CŠT) tapo tvariu sprendimu, kaip aprūpinti miesto bendruomenės šiluma. Svarbus šios sistemos bruožas – gebėjimas centralizuoti šilumos gamybą ir tiekti šiluminę energiją dideliame komercinių, pramoninių ir gyvenamųjų pastatų tinklui. Šiuo metu daugiausia dėmesio skiriama idėjai veiksmingai skirstyti šilumą, gaunamą iš atsinaujinančių išteklių, ir yra esminis perėjimas prie mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomikos. Jos pagrindą sudaro poveikio aplinkai mažinimas, energijos vartojimo efektyvumo didinimas ir masto ekonomijos panaudojimas siekiant sumažinti bendrąsias sąnaudas. Toks požiūris ne tik skatina aplinkosauginį tvarumą, bet ir užtikrina didesnę šilumos gamybos ir paskirstymo kontrolę, taip skatindamas pažangų ir atsakingą energijos valdymą. Centralizuotam šilumos tiekimui tenka lemiamas vaidmuo kuriant veiksmingesnes ir ekologiškesnes bendruomenes.

Centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo (CŠVT) sistemų diegimas Europos Sąjungos valstybėse narėse labai skiriasi. Pavyzdžiui, jei 2015 m. Nyderlanduose ir Šveicarijoje CŠT sistemą turėjo mažiau nei 5 proc. gyventojų, tai Danijoje ir Estijoje – daugiau nei 60 proc. gyventojų. Skirtumų esama ir dėl centralizuoto vėsumos tiekimo pajėgumų. Didelė DŠT gamybos šaltinių įvairovė dar labiau veikia DŠT sistemų išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį.

Šie centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo infrastruktūros skirtumai, rinkos dinamika ir nacionaliniai apribojimai daro didelę įtaką būsimiems DHC sistemų ir technologijų poreikiams. Todėl kuriant naujas koncepcijas ir technologijas labai svarbu atsižvelgti į dabartinius ir numatomus scenarijus.

Žemiau pateiktame žemėlapyje galima apžvelgti centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo sistemų pasiskirstymą Europoje pagal ES projektą W.E.DISTRICT (Ramboll, 2020).



1 paveikslas Centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo pasiskirstymas Europos šalyse (adaptuota pagal ES projektą W.E.DISTRICT).

	Danija	Lietuva	Slovakija	Estija	Švedija	Lenkija	Čekija	Suomija	Latvija
CŠT dalis (%)	65	56	53	52	50	42	40	38	30
AEI dalis (%)	77 (*)	33	0	42	18	7	7	16	n.d.

*lentelė 1 Atsinaujinančiosios energijos dalis ir atsinaujinančiosios energijos panaudojimo procentinė dalis šilumos ūkyje.
Pirmaujančios šalys. (*) (Rasmussen, 2024 m.)*

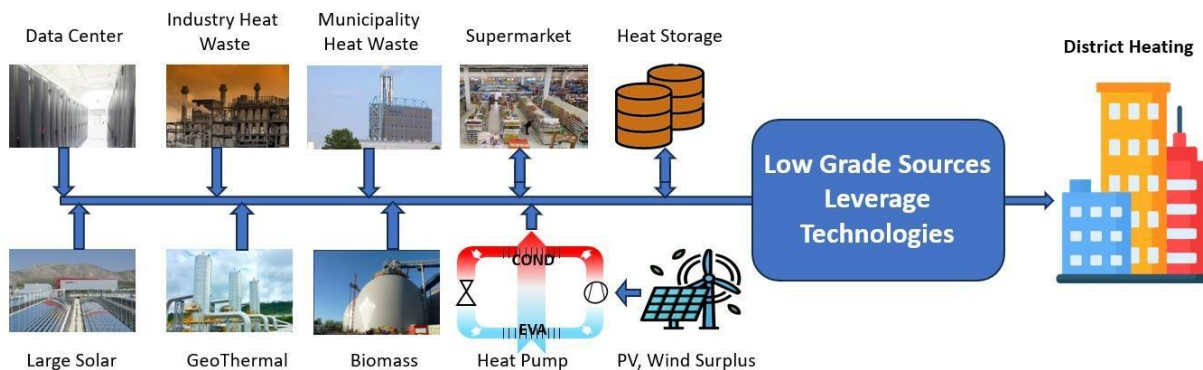
Istoriškai Rytų Europos šalys kur kas anksčiau nei likusi Europa sukūrė didelius ir aiškiai išreikštus CŠT tinklus. Tačiau įdiegtos ankstyvosios technologijos, kuriose dėmesys tvarumo problemoms buvo menkas. Taigi kyla iššūkis ir galimybė atnaujinti šias sistemas taip, kad jas būtų galima integruoti su šiuolaikiniais ir ekologiškesniais energijos šaltiniais.

Kaip ir visos besivystančios technologijos, centralizuotas šilumos tiekimas turi privalumų ir trūkumų, palyginti su nepriklausomomis daugiabučių namų ar atskirų butų šildymo sistemomis. Vieni iš privalumų yra energijos vartojimo efektyvumas, geresnis polinkis naudoti atsinaujinančius išteklius, masto ekonomija ir išmetamų teršalų kiekio mažinimas.

Didesnis energijos vartojimo efektyvumas, paprastai pastebimas centralizuoto šilumos tiekimo sistemose, palyginti su tradicinėmis sistemomis, taip pat priklauso nuo gamybos masto, nesvarbu, ar ji yra centralizuota, ar apima tinklą, sujungtą iš daugelio šaltinių. Be didesnio lankstumo naudojant atsinaujinančius šaltinius, įrenginių dydis ir centralizuotas valdymas leidžia gaminti šilumą, pasižyminčią didesniu energijos vartojimo efektyvumu.

Tiek centralizuotose, tiek paskirstytose gamybos sistemose šilumos tiekimas pasižymi dideliu lankstumu, susijusiu su galimais energijos šaltiniais (2 pav.). Nagrinėjant atsinaujinančiuosius energijos išteklius, jie gali būti įvairūs – nuo saulės šilumos įrenginių iki giliųjų geoterminių sistemų ir biomasės naudojimo. Tinkamų technologijų naudojimas perduodant šilumą iš šaltinio galutiniam vartotojui – aspektas, kuris toliau bus nagrinėjamas šiame skyriuje – leidžia dar lanksčiau pakelti žemo potencialo ar atliekinę šilumą iki aukštos temperatūros lygio nenaudojant iškastinio kuro.

Kalbant apie šilumą iš atsinaujinančių šaltinių, dar vienas privalumas yra bendras poveikio aplinkai mažinimas. Iš tiesų galima tiek parinkti ir optimizuoti energijos šaltinius, tiek sukurti tiksles stebėsenos ir priežiūros sistemas. Galiausiai, CŠT sistemoms neabejotinai naudinga masto ekonomija, dėl kurios sumažėja bendros šilumos gamybos ir vartojimo sąnaudos, palyginti su daugeliu mažų autonominių įrenginių.



2 paveikslas. Kelių energijos šaltinių centralizuoto šilumos tiekimo technologija (Unige)

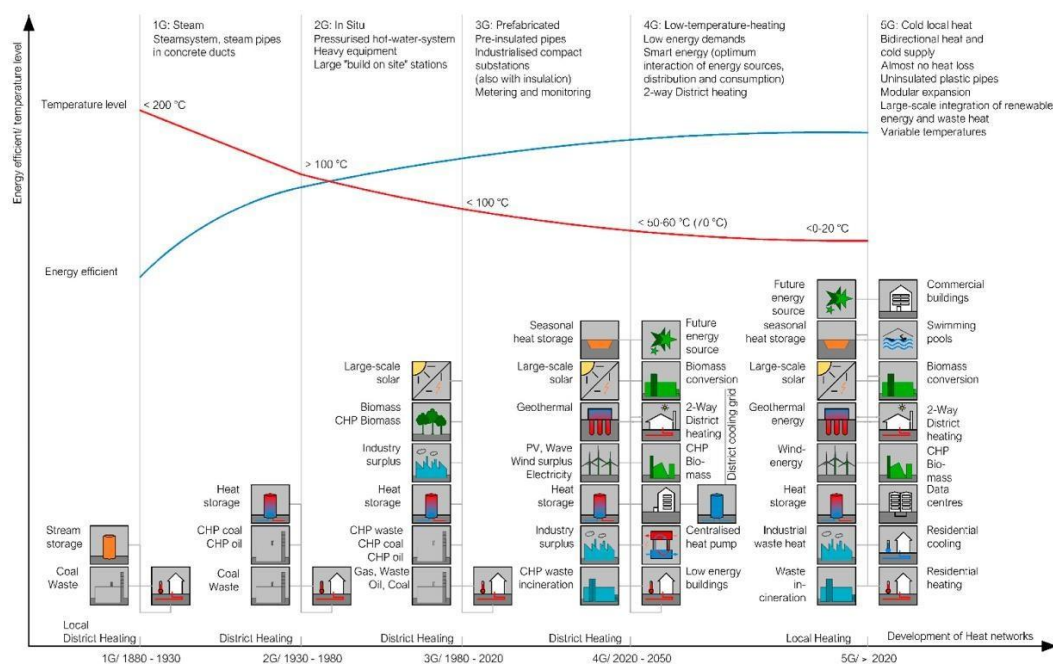
Tačiau centralizuotam šilumos tiekimui neišvengta trūkumų, įgyvendinimo sunkumų ir bendrų trūkumų. Pradiniam CŠT sistemos įrengimui gali prireikti didelių investicijų į infrastruktūrą, pavyzdžiui, skirstomuosius tinklus ir šilumos punktus. Nesant paskatų, ši kliūtis vietos administracijai kartais gali būti neįveikiama. Priklausomybės nuo vieno centralizuoto šilumos šaltinio atveju gali kilti rizika dėl gedimų ar techninių problemų; ši rizika yra mažesnė, jei ne pašalinama, tai yra rizika, kurią galima sumažinti, jei ne panaikinti, esant paskirstytai ir modulinei energijos šaltinių architektūrai.

Efektyvumo požiūriu dėl ilgų paskirstymo tinklų gali atsirasti šilumos nuostolių transportuojant, ypač jei jie nėra gerai izoliuoti, todėl gali sumažėti efektyvumas. Galiausiai vartotojai gali mažiau kontroliuoti vietos komforto reguliavimą ir negalėti priimti individualizuotų sprendimų.

Aišku, kad įgyvendinant šilumos tiekimo sistemą dabartinė tendencija yra linkstanti į paskirstytąją gamybą, pagrįstą įvairiais atsinaujinančiais energijos šaltiniais, iš esmės įgyjant pranašumų poveikio aplinkai ir rizikos valdymo požiūriu, galbūt atsisakant kai kurių su centralizuotais įrenginiais susijusių privalumų.

Centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistemos perėjo keturias skirtingas kartas (Zeh ir kt., 2021), kurių kiekviena pasižymėjo skirtingomis technologijomis ir požiūriais į šilumos gamybą ir paskirstymą (3 paveikslas). Nuo 3-iosios kartos (1980-2020 m.) kaip šaltinis buvo integruotos plataus masto saulės energijos sistemos. Šiam šilumos tiekimo sistemų etapui būdingas vis platesnis atsinaujinančiųjų energijos šaltinių, tokių kaip geoterminė energija, saulės energija ir biomasė, diegimas, kartu įtraukiant išmaniųjų tinklų technologijas, kuriomis siekiama padidinti sistemos efektyvumą ir pritaikomumą.

Naudojant daug šaltinių, kurie skiriasi tiek galia, tiek temperatūra, atsiranda poreikis taikyti įvairias technologijas, galinčias prisitaikyti prie vartotojų reikalaujamų skirtingų temperatūros lygių. Toliau apžvelgiami naudojami atsinaujinantys šaltiniai ir jų energijos charakteristikos. Visų pirma aptarsime saulės energiją ir jos darinius, fotovoltinę ir vėjo energiją, giliąją geoterminę energiją ir biomasę. Bus nagrinėjamos atitinkamos technologijos, užtikrinančios, kad šie šaltiniai būtų veiksmingai naudojami centralizuoto šilumos tiekimo iš atsinaujinančių šaltinių sistemoje. Šiuo tikslu, priklausomai nuo temperatūros skirtumo tarp šaltinio ir vartotojams reikalingos temperatūros, paprastai bus minimi šilumos siurbiai, mechaniniai garų rekompresijos stiprintuvai (MVR) ir šilumos transformatoriai (absorbciniai šilumos siurbiai), kurių pagrindinės techninės charakteristikos bus analizuojamos.



3 paveikslas. Centralizuoto šilumos tiekimo tinklų kartos per pastaruosius 150 metų (kreditas: MDPI Open Access, Zeh et Al., 2021, 10.3390/su13116035)

PAGRINDINĖS ŽEMOS KAINOS ENERGIJOS IŠTEKLIŲ INTEGRAVIMO Į CŠT-ŠILUMOS TIEKIMO SISTEMĄ KONCEPCIJOS

Literatūroje nėra aiškos žemo potencialo atsinaujinančių energijos išteklių (ŽPAEI) sąvokos apibrėžties, nors ją būtų galima lengvai susieti su „žemos temperatūros šilumos šaltiniais“. Tačiau bendresnė prieiga turėtų apimti ir šią sąvoką, kurioje aiškiai atskiriami atsinaujinantys (AEI) ir tradiciniai (iškastinio) kuro energijos ištekliai, susiję su intensyviu energijos išteklių naudojimu paviršiuje. Pastaruosius galima apskaityti taikant tinkamus pagrindinius veiklos rodiklius (angl. Key Performance Indexes, KPI).

Galimas žemo potencialo atsinaujinančiųjų išteklių apibrėžimas, kuris bus naudojamas šioje ataskaitoje, gali būti toks:

Žemo potencialo energijos ištekliai - tai atsinaujinantys arba kaskadiniai energijos šaltiniai, kurie generuoja energiją santykinai žemos temperatūros arba tokiomis formomis, kurias reikia papildomai apdoroti, kad būtų galima paversti tinkama naudoti šiluma ar elektra.

Šie šaltiniai dažnai pasižymi mažesniu energijos intensyvumu, palyginti su aukšto potencialo atsinaujinančiais ištekliais, pavyzdžiui, saulės fotovoltine ar vėjo energija. Žemo potencialo atsinaujinantys energijos šaltiniai paprastai naudojami tokioms reikmėms kaip patalpų šildymas, vandens šildymas arba pramoniniai procesai, vykstantys vidutinėje arba žemoje temperatūroje. Pavyzdžiui, saulės šiluminė energija, geoterminė energija, biomasė, atliekinės šilumos atgavimas ir kt. Šiuo požiūriu jų naudojimas taip pat reiškia didelį žemės plotą, nes jie visada pasiskirstę dideliame teritorijos plote.

Norint padidinti ŽPAEI temperatūrą iki temperatūros, panaudojamos aukštatemperatūrinio centralizuoto šilumos tiekimo (AT-CŠT) reikmėms, turi būti naudojamos tam tikros specialios technologijos, pavyzdžiui,

elektriniai šilumos siurbiai (EHP), absorbciniai šilumos siurbiai (AŠS, dar vadinami šilumos transformatoriais), o kai kuriais atvejais – mechaninės garų rekompresijos sistemos (MVR). Kitais atvejais, pavyzdžiui, naudojant kietąją biomasę, reikia biomasės surinkimo ir pirminio apdorojimo operacijų. Visada reikia taikyti ir naudoti šiluminės energijos saugyklas (TES).

Taip pat galima papildomai panaudoti AEI, juos integruojant į šiuo metu naudojamas iškastinio kuro sistemas (kogeneracinę ir katilinę, pavyzdžiui, saulės, geo ir atliekų pašildymo sistemas). Nors ši intervencija visiškai nepakeičia iškastinio šaltinio, ji leidžia sumažinti jo naudojimą ir yra pigiausias bei greičiausias pakeitimas. Galimą technologinių sprendimų schemą iš pradžių būtų galima suskirstyti taip:

- Intervencijos, kuriomis siekiama integruoti ŽPAEI tiesiogiai į šilumos gamybos sistemas (išsaugoma visa AT-CŠT sistema nuo gamybos iki tinklo, modifikuojant ir techniškai keičiant tik esamą šilumos gamybos sistemą).
- Intervencijos, kuriomis siekiama iš dalies pakeisti šaltinį, vėliau taikant (arba ne) modernizavimo technologijas (šilumos tiekimo tinklas išsaugomas, tačiau tarp ŽPAEI ir vartotojų turi būti įdiegta modernizavimo technologija, tiek centrinėje elektrinėje, tiek vietiniuose šilumos punktuose ar net atskiruose pastatuose).

Galimybė taikyti vieną ar kelias iš galimų technologijų priklauso nuo faktinės CŠT tinklo būklės.

Šilumos akumuliacinio naudojimas visada įtraukiamas, nes įrodyta, kad TES naudojimas (bet koku lygiu, tiek centrinėje šilumos gamybos įmonėje, tiek atskiruose pastatuose) padidina šilumos tiekimo efektyvumą apie 5-20 %, taip pat pagerina reguliavimo efektyvumą ir lankstumą.

Šioje ataskaitoje trumpai apžvelgiami visi iki šiol minėti klausimai, įskaitant:

- Pagrindinės ŽPAEI
- minėtos modernizavimo technologijos
- faktines pagrindines AT-CŠT technologijas, ypač atkreipiant dėmesį į galimus intervencijos taškus (temperatūros lygius)
- galimų pirmiau minėtų priemonių derinių, galinčių veiksmingai integruoti ŽPAEI į AT-CŠT, portfelį.
- tam tikrus kriterijus, pagal kuriuos būtų galima įvertinti tokios integracijos veiksmingumą ir pagrįstus
- pagrindinius rodiklius (pavyzdžiui, veiksmingumo koeficientą, sąnaudų analizę ir pan.)
- 10 išsamių ŽPAEI ir AT-CŠT integracijos modelių sąrašą su preliminarium veiklos įvertinimu

ŽEMO POTENCIALO ATSINAUJINANTYS ENERGIJOS ŠALTINIAI

ĮVADAS

Žemo potencialo atsinaujinantys energijos šaltiniai apima daugybę išteklių, pvz. aplinkos oro, kurio temperatūra gali būti nepakankamai aukšta, kad jį būtų galima tiesiogiai naudoti šildymui.

Tačiau šiuos žemos temperatūros šaltinius galima modifikuoti, kad jie atitiktų AT centralizuoto šilumos tiekimo tinklų šildymo poreikius, pasitelkiant pažangiausias technologijas, pavyzdžiui, atliekinės šilumos regeneravimo sistemas, šilumos siurblius ir šilumos transformorius. Tokia integracija suteikia daug privalumų, pavyzdžiui, didesnę atsparumą energijos tiekimo svyravimams, mažesnę poveikį aplinkai ir didesnę energijos vartojimo efektyvumą.

SAULĖS ŠILUMINĖ ENERGIJA

Saulės energija yra pagrindinis mūsų planetos energijos šaltinis - Žemę pasiekia daugiau kaip 175 000 TW saulės spinduliuotės, t. y. maždaug 10 000 kartų daugiau nei visas pasaulyje suvartojamas energijos kiekis. Šio gausaus ir begalinio energijos šaltinio panaudojimas mūsų poreikiams tenkinti atrodo akivaizdus pasirinkimas. Šiluminės saulės energijos panaudojimui būdinga gausybė įrenginių tipologijų ir įkūnijimų. Priklausomai nuo pasiektos temperatūros, ši energija gali būti paverčiama elektros energija arba tiesiogiai naudojama šilumai tiekti.

Paprastai šios saulės jėgainės įrengiamos didelėse atvirose teritorijose, dažnai dykumų regionuose. Panašiai kaip ir fotovoltiniai moduliai, šie didelio masto įrenginiai statomi už miestų ribų, dažnai jų pakraščiuose. 4 paveiksle pavaizduota koncentruotos saulės energijos (CSP) sistema, kurioje naudojama vidutinės temperatūros parabolinių masyvų technologija, o 5 paveiksle pavaizduotas žemos temperatūros šaltinis iš plokštuminių terminų saulės kolektorių lauko Marstalyje (Danija).

Kalbant apie saulės energijos centralizuoto šildymo (SDH) sistemas, pirminės saulės šiluminės energijos (ST) jėgainės, skirtos SDH, atsirado Švedijoje XX a. aštuntojo dešimtmečio pabaigoje. Vėliau papildomi įrenginiai buvo įrengti daugiausia Danijoje, Vokietijoje, Austrijoje ir Švedijoje. Nuo 2009 m. įgyvendinant tokias ES iniciatyvas kaip SDHtakeoff, SDHplus ir SDHp2m buvo sukurtos išsamios gairės ir speciali interneto svetainė. Europa gali pasigirti daugybe sėkmingų saulės energijos centralizuoto šilumos tiekimo sistemų miestų teritorijose pavyzdžių, pvz.: Danijoje, Silkeborgo mieste, veikia viena didžiausių pasaulyje saulės energijos centralizuoto šildymo sistemų. Pagal grafiką 2016 m. gruodį baigta statyti 156 694 m⁽²⁾ 110 MW_{th}) SDH jėgainė buvo pastatyta maždaug per septynis mėnesius. Silkeborgo savivaldybės komunalinių paslaugų įmonė ketina panaudoti pagautą saulės energiją, kad patenkintų 20 proc. metinių 21 000 prie jėgainės prijungtų vartotojų šilumos poreikių.



4 paveikslas. Vidutinės temperatūros parabolinių lovių masyvai (kreditas: ArséniureDeGallium, Public domain, via Wikimedia Commons)

Vokietijoje, Švarcvaldo regione esančiame Freiburgo mieste, veikia didžiulis saulės energijos centralizuoto šilumos tiekimo tinklas, tenkinantis daugiau kaip 9 000 pastatų. Freiburgas, turintis 230 000 gyventojų, vadinamas Vokietijos aplinkosaugos sostine.



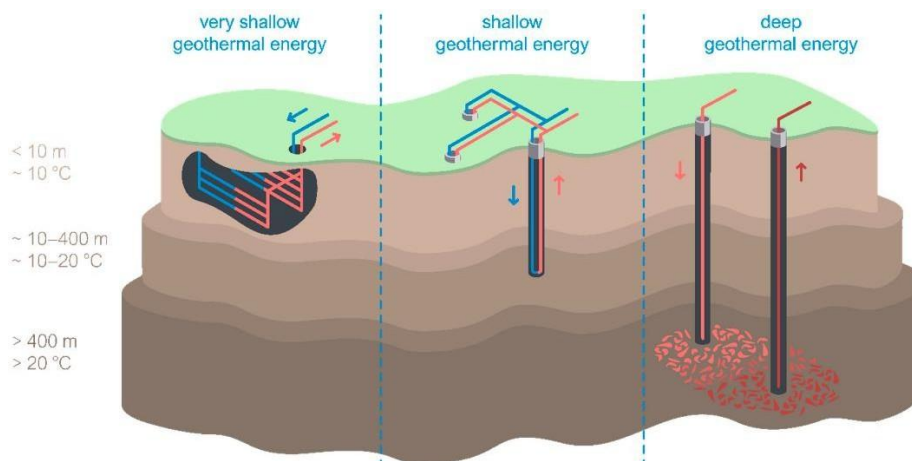
5 paveikslas Centralizuotas šildymas naudojant 18300 m² saulės kolektorių lauką. Danija, Marstal (kreditas: Erik Christensen, CC BY-SA 3.0)

Techniniu požiūriu saulės energijos šaltinių įtraukimas į centralizuoto šilumos tiekimo sistemas pasiteisina regionuose, kuriuose yra pakankamai saulės šviesos ir tinkama erdvė saulės kolektoriams įrengti. Daugeliu atvejų pirmenybė teikiama ant žemės montuojamiems saulės kolektoriams. Be to, saulės kolektoriai reikalauja minimalios priežiūros ir yra ilgaamžiai, todėl yra patikimas šilumos šaltinis bendruomenėms.

GEOTERMINĖ ENERGIJA

Geoterminė energija yra svarbus ir tvarus centralizuoto šilumos tiekimo šaltinis, siūlantis galimybių tiek paviršiuje, tiek gilumoje. Plokštuminė geoterminė energija išnaudoja dirvožemio šiluminę talpą ir santykinai pastovią temperatūrą viršutiniuose žemės paviršiaus metruose. Ji negali būti tinkamai laikoma energijos šaltiniu, nes dirvožemis vidutiniškai turi nulinę eksergijos vertę. Todėl šis metodas paprastai apima geoterminius šilumos siurblius, veikiančius palyginti nedideliame gylyje, kad būtų išgaunama šiluma iš aplinkinio grunto. Naudojant seklią geoterminę energiją galima veiksmingai padidinti ilgalaikį energijos tiekimo sistemų pagerinimą. Tai reiškia, kad reikia sulėtinti energijos suvartojimo augimą, keisti energijos šaltinių derinį ir pertvarkyti bendruomenės energetikos infrastruktūrą. Toliau tai aptarsime, kalbėdami apie šilumos siurblius.

Geoterminė energija, gaunama iš gilesnių dirvožemio sluoksnių, arba „gilioji geoterminė energija“, naudoja didelės energijos turinčią šilumą iš vandeningųjų sluoksnių, esančių gilesniuose Žemės plutos sluoksniuose, paprastai didesniame nei 500 metrų gylyje. Tai yra vidutinės ir aukštos temperatūros šaltinis, leidžiantis sukurti technologiją, tinkančią dideliems CŠT ir pramoniniams taikymams. Giluminiai geoterminiai ištekliai siūlo nuolatinę šilumą gamybą, todėl jie tinkami nuolatiniam didelio mastelio centralizuoto šilumos tiekimo sistemų poreikiui tenkinti. Jie labai prisideda prie aplinkos tvarumo, nes yra mažai anglies dioksido į aplinką išskiriantis šilumos šaltinis ir mažina priklausomybę nuo iškastinio kuro.



6 paveikslas. Labai seklių, seklių ir gilių geoterminių išteklių klasifikacija. (kreditas: MDPI Open Access, (Zeh ir kt., 2021))

Nepaisant to, norint maksimaliai išnaudoti šio tipo šaltinio potencialą, ypač centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) kontekste, tenka susidurti su keliais iššūkiais. Giluminių geoterminių gręžinių įgyvendinimas susijęs su didelėmis pradinėmis išlaidomis. Investicijos į specializuotą įrangą ir gręžimo technologijas gali tapti kliūtimi, ypač įgyvendinant didelio masto projektus. Reikalingos specialios žinios ir pažangi inžinerija, nes reikia atsižvelgti į sudėtingas geologines sąlygas, o tai padidina sudėtingumą, dėl kurio gali padidėti vėlavimo ir papildomų išlaidų kūrimo etape tikimybė. Giluminis gręžimas taip pat gali būti susijęs su geologine rizika, pavyzdžiui, nestabiliomis uolienomis arba seisminių įvykių galimybe, kurių valdymas yra labai svarbus siekiant užtikrinti veiklos saugą.

Ne visuose regionuose yra patogių giliųjų geoterminių išteklių. Kai kuriose vietovėse gali būti žemesnė temperatūra arba mažesni šiluminiai srautai, todėl mažėja proceso efektyvumas. Todėl norint nustatyti tinkamas zonas, būtina tiksliai sudaryti geoterminių išteklių žemėlapi.

Galiausiai tai, kaip bendruomenė vertina geotermine veiklą, ypač susijusią su giluminiu gręžimu, gali turėti įtakos projektų patvirtinimui ir vykdymui. Todėl labai svarbu įtraukti vietos bendruomenę ir pateikti aiškią informaciją. Sprendžiant šias problemas būtina derinti technologinę pažangą, palankią politiką, tikslingas investicijas ir viešojo bei privačiojo sektorių bendradarbiavimą. Didelės energijos šiluminiai baseinai, kurie dabar yra tik keliose ribotose teritorijose, pavyzdžiui, Islandijoje, Centrinėje Italijoje ir Turkijoje, jau dabar yra ekonomiškai perspektyvūs elektros gamybai. Mažinant temperatūrą, nustatant, kiek ekonomiškai priimtinos yra konversijos sistemos energijai gaminti, reikia atsižvelgti į turimų technologijų našumą. Kita vertus, aukštą ir vidutinę temperatūrą turintys terminiai baseinai yra labiau tinkami naudoti karštam vandeniui ruošti ir jų paplitimas yra daug platesnis - apima beveik visas valstybes nares. EGEc duomenimis [25], maždaug 25 % europiečių gyvena regionuose, kuriuose galima naudoti geotermiņį CŠT.

Šį geotermiņės energijos potencialą kai kurios ES valstybės narės pripaįįsta savo nacionaliniuose atsinaujinančiosios energijos veiksmų planuose. Geotermiņės šilumos tiekimo sistemos gali būti kuriamos ir įrengiamos visur, taip pat plečiant ar renovuojant esamas šilumos tiekimo sistemas, taip naudingai pakeičiant iškastinį kurą; naujos geotermiņės šilumos tiekimo sistemos gali būti statomi daugelyje Europos regionų už konkurencingą kainą. Eurostato duomenimis, 2010 m. maždaug trečdalis viso ES žaliavinės naftos (34,5 %) ir gamtinių dujų (31,5 %) importo buvo importuota iš Rusijos. Iš jų 75 proc. dujų sunaudojama šildymui (2/3 namų ūkiuose ir 1/3 pramonėje). Geotermiņio šildymo technologija gali pakeisti didelę dalį šio kuro.

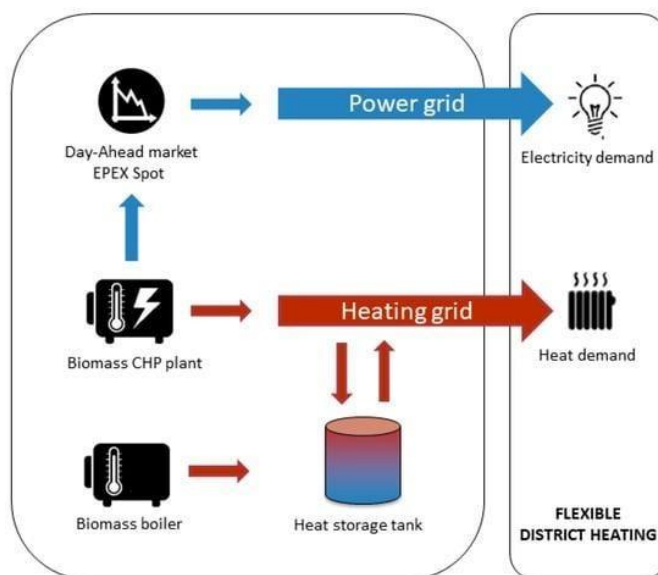
Orhuse (Danija) pradėti gręįti pirmieji plačiausios Europos Sąjungoje geotermiņio centralizuoto šilumos tiekimo sistemos gręįiniai. Orhuso projekte septyniose vietose bus įrengta 17 gręįinių, kurių bendra galia sieks 110 MW. Sistema siekiama iki 2030 m. aprūpinti 20 proc. miesto centralizuotai tiekiamos šilumos.

BIOMASĖ

Biomasė – vyraujantis atsinaujinančios energijos išteklis Europos Sąjungoje (ES) – galima panaudoti gaminant elektrą ir šilumą, taip pat gali būti naudojama kaip transporto degalai. Iš įvairių šaltinių labiausiai paplitusi biomasės forma yra mediena. ES teisės aktuose biomasė klasifikuojama kaip neutrali anglies dioksido atįvilgiu, teigiant, kad kietosios biomasės degimo metu išskiriamą anglies dioksidą maždaug kompensuoja vėlesnė absorbcija augalams augant. Dėl šio ciklo biomasė yra tvarus ir atsinaujinantis energijos išteklis. Galiojanti ES politika skatina biomasės naudojimą elektros ir šilumos gamybai. Nepaisant to, kad ES lygmeniu nėra privalomų biomasės tvarumo standartų, tam tikri kriterijai taikomi nacionaliniu ir pramonės lygmeniu.

Biomasė taip pat reiškia organines medžiagas, pavyzdžiui, žemės ūkio liekanas ir organines atliekas, kurios gali būti naudojamos kaip energijos šaltinis, taip pat ir centralizuoto šilumos tiekimo srityje, kur biomasė gali atlikti svarbų vaidmenį gaminant tvarią ir aplinkai nekenksmingą šilumą.

Biomasę galima naudoti įvairiais būdais, įskaitant šilumos ir elektros energijos gamybą (7 pav.), biodujų, su transportu susijusių biodegalų ir plastikų gamybą naudojant žaliąją chemiją. Sąvoka „bioenergijos panaudojimas“ reiškia pirmuosius tris biomasės panaudojimo būdus.



7 paveikslas. Dekarbonizuotos centralizuoto šilumos tiekimo sistemos koncepcija (kreditas: : MDPI Open Access, (Koch, et al., 2020),

Be šilumos, gaunamos deginant biomasę, reikėtų nepamiršti, kad visiškai skaidant biomasę aerobiniais procesais, kai yra deguonies, gaunamas toks pat energijos kiekis, koks iš pradžių buvo sukauptas biomasės ląstelėse vykstant fotosintezai arba praryjant. Ši šiluma paprastai disponuojama esant maždaug 60 °C temperatūrai (Sokolovs ir kt., 2015).

Kaip teigiama (ES_Parlamentas, 2018) Direktyvoje dėl energijos iš atsinaujinančių šaltinių skatinimo, tik dalis biomasės, kurią galima naudoti energijai, gali būti naudojama tvariai. Konkrečiai, įgyvendinant AEI direktyvą nacionaliniu lygmeniu, turėtų būti taikomi du tvarumo kriterijai: 1) draudžiama naudoti biomasę, gautą iš pirminių miškų, didelio anglies dioksido kiekio teritorijų ir labai biologiškai įvairių teritorijų; 2) taikant standartinį skaičiavimo metodą turi būti sumažintas minimalus išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis. Vienas iš tikslų – užkirsti kelią neigiamoms paskatoms, susijusioms su netvariais bioenergetikos keliais, kaip pabrėžiama Komisijos Jungtinio tyrimų centro 2021 m. ataskaitoje „Sumedėjusios biomasės naudojimas energijos gamybai ES“ (Camia ir kt., 2020).

Didelė dalis kietųjų komunalinių organinių atliekų gali būti panaudota tam tikruose procesuose kompostui, kuris naudojamas žemės ūkyje, energetikoje ir biokurui gaminti. Naudojant organines atliekas ir šalutinius produktus energijai ir šilumai gaminti, biokuras yra svarbus atliekų tvarkymo sprendimas. Tačiau išlieka keletas iššūkių, įskaitant žaliavų prieinamumą, žemės naudojimą ir tvarios gamybos praktikos diegimo užtikrinimą (Sipra ir kt., 2018).



8 paveikslas. Biodujų gamybai skirtas biodujų reaktorius CSTR (Continuous-flow Stirred Tank Reactor) (kreditas: geraldK (pixabay.com))

ATLIEKINĖS ŠILUMOS ATGAVIMAS (PRAMONINIS / KOMUNALINIS)

Centralizuotas šilumos tiekimas iš atliekinės šilumos – tai efektyvus ir tvarus būdas panaudoti perteklinę šilumą, susidarantią pramonės ar komunalinių procesų metu. Norint apšildyti tam tikro regiono gyvenamuosius, komercinius ar pramoninius pastatus, reikia surinkti ir panaudoti atliekinę šilumą. Tai ne tik padeda sumažinti bendrą energijos suvartojimą, bet ir sumažina poveikį aplinkai, nes panaudojama kitaip švaistoma energija.

Pramonės atliekinė šiluma pirmiausia susidaro dėl įvairių gamybos ir energijos gamybos procesų, kurių temperatūrų diapazonas yra didelis. Kita vertus, komunalinė atliekinė šiluma gaunama iš tokių šaltinių kaip nuotekų valymo įrenginiai ir duomenų centrai, kurių temperatūra paprastai būna žemesnė. Pavyzdžiai aušinimo vanduo, išmetamosios dujos ir šiluma, gaunama gaminant pramonines atliekas, o komunalinių atliekų šiluma apima šilumą, gaunamą iš nuotekų, oro kondicionavimo ir vėdinimo sistemų.

ECOHEATCOOL WP4 duomenimis, ES-27 kasmet gautų 1106 PJ, jei visos valstybės narės iš pramonės perteklinės šilumos atgautų tiek pat efektyvumo, kiek Švedija, kurioje taikoma geriausia valstybių narių praktika (Werner, 2006). Keliuose tyrimuose nustatyta, kurie pramonės sektoriai paprastai yra pagrindiniai atliekinės šilumos gamintojai. Tai metalo pramonė, ypač geležies ir plieno gamyba, chemijos ir naftos chemijos pramonė, maisto ir gėrimų sektorius, celiuliozės, popieriaus ir poligrafijos pramonė, taip pat nemetalo naudingųjų iškasenų, pavyzdžiui, cemento, keramikos ir stiklo pramonė.

Kalbant apie komunalines atliekas, viena didžiausių ES problemų yra atliekų tvarkymas, kurių šiuolaikinėje visuomenėje susidaro didžiuliai kiekiai dėl didėjančio produktų ir paslaugų vartojimo. Pagal Atliekų pagrindų direktyvoje (ES_Parlamentas, 2009) pateiktas gaires atliekų tvarkymo alternatyvoms turi būti teikiamas prioritetas: pakartotinis naudojimas, perdirbimas, kompostavimas, deginimas (išgaunant arba neišgaunant energijos) ir, kaip paskutinė galimybė, atliekų šalinimas sąvartynuose - visi atliekų tvarkymo būdai. Vis dėlto 1995-2012 m. sąvartynai išliko vyraujančiu atliekų tvarkymo metodu ES, o jų kiekis linijiniu būdu mažėjo nuo 40 % iki 34 %, ypač sumažėjo 2008-2013 m. (Persson ir Münster, 2016). Bet kokiu atveju deginimas suteikia didelį nepanaudotos energijos potencialą ir pačioms pažangiausioms šalims (Švedijai, Danijai, Vokietijai, Nyderlandams, Austrijai ir Belgijai), kurios vis dar daug atliekų šalina sąvartynuose, taip ignoruodamos minėtos Europos direktyvos nurodymus. Atsižvelgiant į tai, kad iki šiol nėra įrodymų, jog ES

žmonių gerovė ir atliekų susidarymas netrukus atsiskirs, daugumoje būsimų Europos energetikos sistemų scenarijų numatomas linijinis kietųjų komunalinių atliekų susidarymo didėjimas bent iki 2030 m.

KITI ŽEMOS TEMPERATŪROS ŠILUMOS ŠALTINIAI, SKIRTI ŠILDYMOI IR KARŠTAM VANDENIUI RUOŠTI

Be jau aprašytų šilumos šaltinių, taip pat yra galimybė naudoti šilumos šaltinius, kurių temperatūra yra nuo 10 °C iki 50 °C. Dėl temperatūrų skirtumo tarp šaltinio ir imtuvo šie šaltiniai negali tiesiogiai tiekti šilumos į aukštos temperatūros CŠT tinklus. Vienas iš galimų metodų - naudoti didelius centrinius šilumos siurblius, vienus arba su HP stiprintuvais, arba kartu su kitomis technologijomis, pavyzdžiui, šilumos transformatoriais. (Lund & Persson, 2016) Danijoje buvo tiriamas septynių skirtingų žemos temperatūros šilumos šaltinių potencialas: žemos temperatūros pramoninės perteklinės šilumos (<100 °C), geriamojo ir vartojimo vandens, prekybos centrų, nuotekų, požeminio vandens, duomenų centrų, upių, ežerų ir jūros vandens. Požeminis vanduo pasižymėjo didžiausiu potencialu tiek geografinio prieinamumo, tiek potencialios šilumos galios požiūriu. Taip pat didelę potencialią šiluminę galią turėjo jūros vanduo ir upės. Nors prekybos centrai yra plačiai paplitę miestuose ir kaimo vietovėse, jų potenciali šiluminė galia yra palyginti nedidelė, nors ir nemaža.

Mažos galios šilumos šaltinius galima suskirstyti į keturias kategorijas:

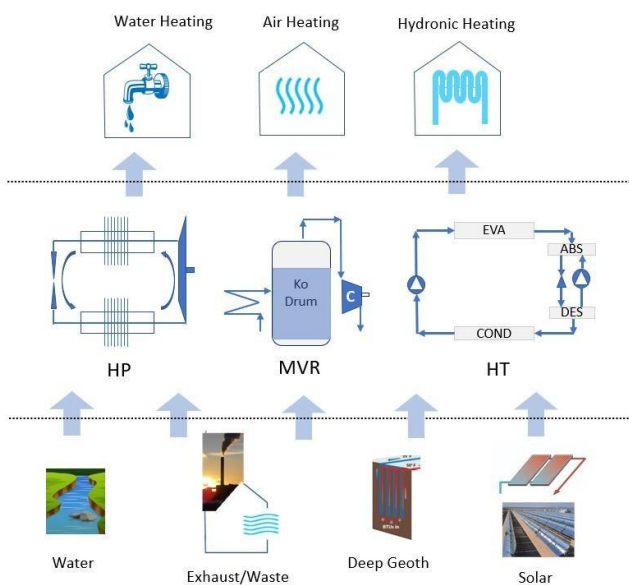
- Žematemperatūrė pramoninės atliekinės šiluma (kai $T < 100$ °C).
- Natūralios žemos temperatūros šilumos sancaupos: jūra, upės, ežerai, požeminis vanduo, gruntas (sekioji geoterminė energija).
- Savivaldybių infrastruktūra: tuneliai, nuotekų ir geriamojo vandens vamzdiniai.
- Šaldymo įrenginių kondensatoriai: duomenų centrai, prekybos centrai, prekybos centrai, uždary patalpų ledo čiuožyklos.

Šiame skyriuje siūlomos įvairios šių šaltinių integravimo į šilumos tiekimo sistemas koncepcijos.

ŽEMO LAIPSNIO ŠALTINIŲ MODERNIZAVIMO TECHNOLOGIJOS

ĮVADAS

Šiame skirsnyje aprašomi praktiniai iššūkiai, kurių gali kilti įtraukiant žemos temperatūros šilumos šaltinius į centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklus. Po to apžvelgiamos pagrindinės technologinės koncepcijos, siūlomos šiems iššūkiams spręsti, ypač atsižvelgiant į tai, kad tiksliniai tinklai priklauso santykinai aukštos temperatūros sistemoms, pavyzdžiui, 2nd arba 3rd kartos sistemoms.



9 paveikslas. Dekarbonizuotos centralizuoto šildymo sistemos koncepcija (Unige)

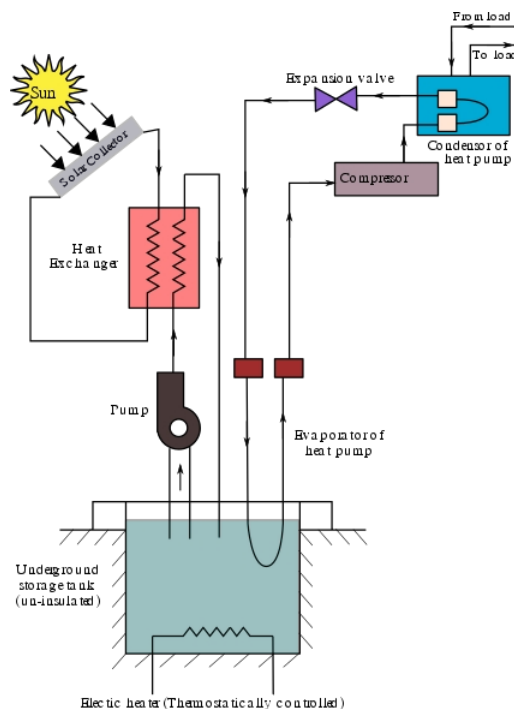
ŠILUMOS SIURBLIAI

Centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) srityje vis daugiau dėmesio sulaukia šilumos siurbliai dėl jų galimybės panaudoti perteklinę elektros energiją, pagamintą neprogramuojamuose atsinaujinančiuose šaltiniuose, pavyzdžiui, fotovoltinėse ir vėjo jėgainėse. Kadangi jiems reikia kito išorinio energijos šaltinio nei šiluma (t. y. mechaninės arba, kaip įprasta, elektros energijos), jie laikomi „įgalinančia technologija“, leidžiančia panaudoti mažo potencialo šilumos šaltinius, taip pat panaudoti atliekinę šilumą (10 pav.). Garų suspaudimo šilumos siurbliai (VC-HP) pagrįsti standartiniu atvirkštiniu šaldymo ciklu, naudojamu kondensatoriaus išskiriamai šilumai išnaudoti šildymo tikslams.

Šilumos siurbliai vanduo-vanduo yra plačiai paplitę dėl jų gebėjimo išgauti šilumą iš žemos temperatūros (žemesnės nei 45 °C) atliekinių energijos šaltinių, gaminant aukštesnės temperatūros karštą vandenį, naudojamą centralizuotam šilumos tiekimui (Zhu, et al., 2023). Kai vienu metu kartu su šildymu reikia ir vėsinti, kombinuota sistema gali gerokai padidinti centralizuoto vėsimo ir šilumos tiekimo sistemos efektyvumą (COP).

Jie gali veikti abiejuose CŠT tinklo galuose ir lanksčiai naudoti įvairius žemos temperatūros šilumos šaltinius, įskaitant saulės kolektorius, geoterminius gręžinius ar atliekinę šilumos regeneravimo sistemas, tačiau jie taip pat gali būti naudojami klientų šilumos punktuose, kad būtų galima pakelti temperatūros lygį pagal

aptarnaujamo pastato poreikius. Be to, šilumos siurbliai gali palengvinti sezoninį šilumos kaupimą. Laikotarpiais esant perteklinei atsinaujinančiosios energijos gamybai arba mažam šildymo poreikiui, šilumos siurbliai gali paversti žaliąją elektros energiją į šilumą ir kaupti ją vėlesniam naudojimui. Tai padeda subalansuoti energijos paklausą ir pasiūlą centralizuoto šilumos tiekimo tinkluose.



10 paveikslas. Serijinio saulės šilumos siurblio schema (kreditas: KC Velaga, CC BY-SA 4.0)

Veiksmingas šilumos siurblių integravimas į centralizuoto šilumos tiekimo tinklus yra esminis elementas siekiant tvaraus energijos tiekimo scenarijaus. Vienas iš galimų taikymo būdų - paskirstytų mikrostiprinimo šilumos siurblių naudojimas kartu su centriniu šilumos siurbliu. Analizė, atlikta (Østergaard & Andersen, 2016), rodo, kad šilumos siurblių su stiprintuvais naudojimas yra naudingas, nes leidžia pagerinti bendrąjį COP ir sumažinti nuostolius tinkle. Sistema yra lankstesnė įsigyjant skirtingų kategorijų šaltinius ir, paprastai tiekiant žemos ir vidutinės temperatūros šilumą, mažiau patiria šilumos nuostolių tinklo vamzdžiuose. Centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistema, kurioje naudojami stiprinamieji šilumos siurbliai, pasižymėjo geresnėmis eksploatacinėmis sąnaudomis ir pirminės energijos suvartojimu, palyginti su šilumos siurbliais grindžiama CŠT sistema, kurioje nėra stiprinamųjų šilumos siurblių. Pagal (Ommen, et al., 2017) ir (Lund, et al., 2014), naudojant stiprinamuosius šilumos siurblius projektavimo etape galima optimizuoti tiek tiekimo, tiek grįžtamąją temperatūrą, taip padidinant konkrečiai konfigūracijai pritaikytą naudingumo koeficientą (COP).

Igyvendinant šilumos siurblių ŠS sistemose taip pat kyla įvairių iššūkių. Be didelių investicijų, esama centralizuoto šilumos tiekimo infrastruktūra gali būti suprojektuota taip, kad neatitiktų konkrečių šilumos siurblių sistemų reikalavimų. Palyginti su įprastiniais šilumos gamybos būdais, gali būti sunku užtikrinti aukštos temperatūros gamybą. Tai gali būti trūkumas kai kurioms šilumos tiekimo sistemoms, kurioms reikia aukštos temperatūros šilumos šaltinių, ir gali kilti techninių sunkumų, nes reikia tinkamos sistemos konstrukcijos, priežiūros ir darbuotojų, turinčių reikiamų įgūdžių įrengti ir eksploatuoti. Kad šilumos

siurblių sistemos centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje taptų labiau paplitusios, taip pat gali prireikti techninių mokymų, kad jie įgytų žinių ir įgūdžių, reikalingų eksploatuoti įprastas šildymo sistemas.

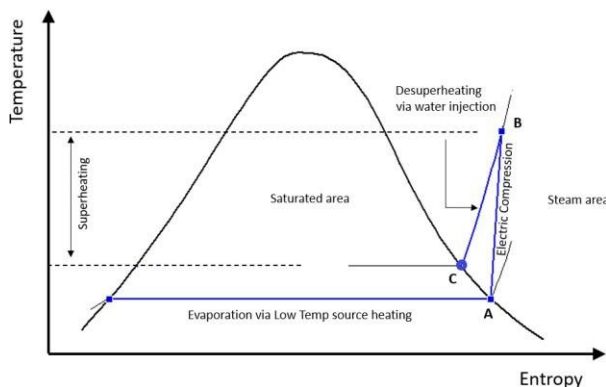
MECHANINĖ GARŲ REKOMPRESIJA

Mechaninė garų rekompresija (MVR) pirmiausia buvo sukurta chemijos pramonėje, ypač procesuose, kuriuose reikia atskirti ar koncentruoti tirpalus. Šią technologiją taip pat galima taikyti kituose sektoriuose, kuriuose vyksta koncentravimo ar garinimo procesai, pavyzdžiui, maisto ir gėrimų, celiuliozės ir popieriaus bei nuotekų valymo pramonėje. Nepaisant to, MVR technologija yra labai universali ir gali būti pritaikyta įvairiose srityse, kuriose naudingas atliekinės šilumos atgavimas, nes ji gali padidinti energijos vartojimo efektyvumą technologiniuose įrenginiuose ir suteikia galimybių integruoti atsinaujinančią elektros energiją ir atsinaujinančią šilumą į CŠT tinklus.

Garas išlieka pagrindiniu energijos nešėju įvairiuose chemijos pramonės sektoriuose, nes jis yra universalus įvairiose slėgio ir temperatūros specifikacijose. Aukšto slėgio garas naudojamas turbinoms varyti, o žemo slėgio garas skirtas procesų šildymui. Jei slėgis per mažas, kad garas turėtų tiesioginę energetinę vertę, efektyviai jį suspaudus gaunamas vertingas energijos nešiklis, kuris tampa naudingu atliekiniu produktu.

MVR veikia kaip atvira šilumos siurblio sistema, kurioje suspaudimas didina slėgį ir temperatūrą bei atitinkamą soties temperatūrą. Suspaudimui reikalinga energija yra labai maža, palyginti su garuose esančia latentine šiluma.

Priklausomai nuo kilmės, garai gali būti įvairios temperatūros. Jei energijos šaltinis gaunamas iš pramoninių procesų, jo temperatūra paprastai būna aukšta, o jei jis yra saulės ar geoterminės kilmės, gali būti žemesnė. Bet kokiu atveju garai kaitinant pasiekia sočiųjų sausų sąlygų būseną ir tik tada yra suspaudžiami, kad padidėtų jų slėgis ir temperatūra. Tada aukšto slėgio garai naudojami tiesiogiai arba kaip aukštos temperatūros šaltinis tolesniam šilumos energijos paskirstymui. 11 paveiksle pateiktame pavyzdyje sotieji sausi garai (A), kurių temperatūra 65 °C, suspaudžiami iki 1,25 bar (B), o tada, įpurškus padidinto masės srauto vandens, perkaitinamas iki 106 °C (C) (10 pav.). Garas gali būti naudojamas aukštoje temperatūroje, tačiau dažnai jis atšaldomas iki soties, kad būtų pasiekta stabili nešiklio temperatūra.



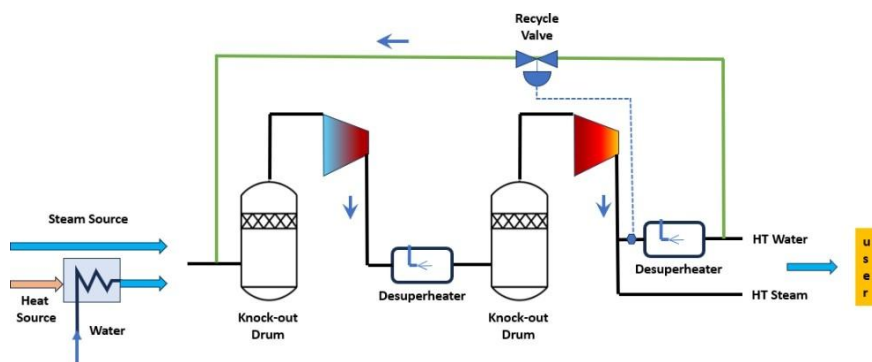
11 paveikslas. MVR procesai. Garinimas vyksta naudojant žemo potencialo šilumos šaltinį, išgarinimas - įšvirkščiant vandenį (UNIGE)

Perkaitinimas nuosekliai vyksta dėl kompresoriaus izentropinio efektyvumo, kuris paprastai yra mažesnis nei 0.75. Priklausomai nuo slėgio tarpo, suspaudimą valdo daugiau kompresorių, o elektros energijos sąnaudos sumažėja.

Kompensuojant perkaitimą įleidžiant katilo maitinimo vandenį, pasiekama galutinė garo temperatūra. Tokiu būdu garo perkaitinimas paverčiamas papildoma garo gamyba.

12 paveiksle schematiškai pavaizduotas garo pakartotinio suspaudimo ir vandens įpurškimo (perkaitinimo panaikinimo) procesas, kai naudojamas dviejų pakopų suspaudimas. Knock-out būgnai apsaugo kompresoriaus mentes nuo vandens lašelių erozijos. Vandens įterpimas tarp dviejų pakopų sumažina perkaitimą ir taip padidina efektyvumą. Paleidimo metu labai svarbus yra recirkuliacinis vožtuvas: garas perdirbamas tol, kol pasiekama norima sočiosios sausosios medžiagos būklė.

MVR energetinis efektyvumas paprastai kiekybiškai įvertinamas naudojant efektyvumo koeficientą (COP), panašiai kaip standartinių šilumos siurblių. COP rodo grynosios atgautos šilumos ir kompresoriaus sunaudotos energijos santykį. Šiuo atveju grynoji šiluma apima garo gamybą, įskaitant papildomą garą, kuris susidaro įpurškiant vandenį.



12 paveikslas. Supaprastinta dviejų pakopų MVR įrenginio schema (UNIGE)

Tipinių ekonomiškų ir energiją taupančių įrenginių minimalus COP yra 3,5. Kai kurie MVR taikymai įrodo, kad galima pasiekti 10 ar net didesnę COP.

Norint pasiekti dideles COP vertes, reikia mažo absoliutaus garo slėgio santykio: kasdienėje praktikoje šis santykis yra apie 3, be to, po suspaudimo reikia įpurkšti vandens.

MVR yra labai veiksminga, palyginti su kitais metodais. Paprastas elektrinis šildymas duoda tik 1 COP, jei jis naudojamas tai pačiai išėjimo būsenai pasiekti, t. y. naudojant cirkuliacinį siurblį, o tada elektrinę šilumą - aukšto slėgio garinimui. MVR galima įsigyti įvairių kompresorių. Kompresoriaus tipas priklauso nuo slėgio ir temperatūros santykio, absoliutaus slėgio ir tūrio srauto. Bendras temperatūros diapazonas svyruoja nuo 10 °C iki 80 °C (Zeng ir kt., 2021).

Techninė ir finansinė MVR investicijų rizika yra maža. MVR visų pirma yra įdomi procesams, kuriuose yra mažo slėgio arba garų perteklius, tačiau sistemos taip pat gali būti grindžiamos žemos temperatūros šaltiniais, pavyzdžiui, atliekine arba saulės šiluma. Nustatyta, kad atsipirkimo laikotarpis yra nuo vienerių iki trejų metų, didesnis efektyvumas reiškia mažesnę iškastinio kuro naudojimą. MVR pasižymi galimybe suspaudimo procesui naudoti atsinaujinančią elektros energiją. Kadangi visa MVR sistema visada gaminama pagal užsakymą, investicijų grąža priklauso nuo įvairių veiksnių, pavyzdžiui, įrenginio pajėgumo, įeinančio „atliekinio“ garo ir išeinančio garo vertės, elektros energijos kainos. MVR pasižymi dideliu ekonominiu atsparumu, kurį patvirtina išsami jautrumo analizė, apimanti elektros energijos kainų, įeinančio garo vertės, pagaminto garo vertės ir investicijų lygio svyravimus. Net ir esant trigubam elektros energijos ir dujų kainų už energijos vienetą santykiui, esant palankiam COP, pelningumas išlieka įmanomas. Ekonominį pagrindumą lemia ne tik elektros energijos sąnaudos, bet ir MVR kapitalo išlaidos bei gamtinių dujų kainos. Be to, naudojant elektros energiją iš atsinaujinančių šaltinių, dar labiau sumažėja anglies dioksido pėdsakas.

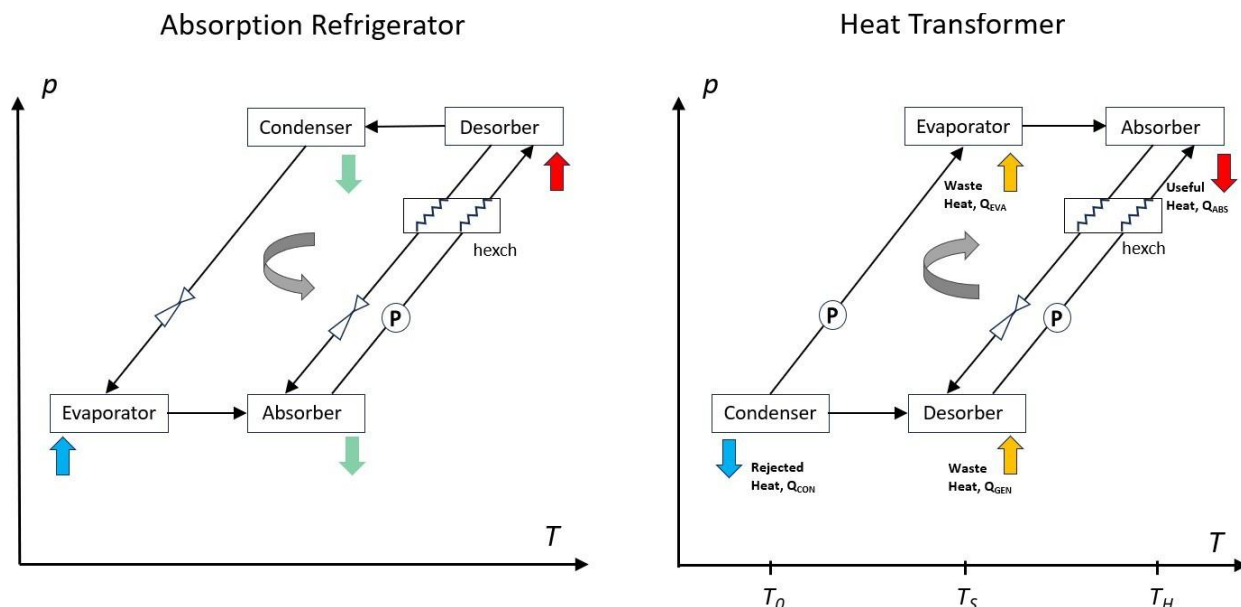
Be tiesioginės ekonominės naudos MVR naudotojams, atsiranda keletas sinergetinių efektų. Galimybė naudoti atsinaujinančią elektros energiją, ypač gamybos pertekliaus laikotarpiais, yra labai patraukli. ES politikos iniciatyvos paskatino gerokai padidinti kintamą elektros energijos gamybą iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių, dėl to padidėjo gamybos nepastovumas, visų pirma dėl subsidijų atsinaujinantiesiems energijos ištekliams. MVR yra veiksminga paklausos valdymo priemonė, padedanti užtikrinti pusiausvyrą, o MVR yra pagrindinė priemonė, ypač jei įgyvendinama dideliu mastu, siekiant tvaraus CŠT.

Galiausiai verta pažymėti, kad nusistovėjusią MVR sistemų technologiją (ypač garo suspaudimo) galima veiksmingai panaudoti uždaro ciklo garų suspaudimo cikluose, kuriuose kaip darbinis skystis naudojamas vanduo, ir taip pasiekti labai gerų COP, kai ŽPAEI vidutinės temperatūros (apie 50÷ 60 °C) tinklai atnaujinami iki aukštos temperatūros (110÷ 130 °C).

ŠILUMOS TRANSFORMATORIAI

Modernizuojant žemos temperatūros energijos šaltinius, pirmiausia, kaip matyti, naudojamas garų suspaudimo šilumos siurblys, kad šiluma būtų pakelta iki reikiamos temperatūros. Vis dėlto šio varianto efektyvumą riboja mažėjantis efektyvumas, kai šiluma pakeliama į aukštesnį lygį, ir dėl to didėja elektros energijos sąnaudos. Kita alternatyva - šilumos transformatorių (ŠT) naudojimas (Atienza-Márquez ir kt., 2020), kurie yra įrenginiai, skirti šilumai perduoti iš žemesnės temperatūros šaltinio į aukštesnės temperatūros lygį naudojant absorbcinį termodinaminį ciklą (Toppi T ir kt., 2021). Toliau pateiktime

paveiksle pavaizduota paprastos HT sistemos struktūra, palyginti su absorbcinio šaldytuvo struktūra, siekiant pabrėžti, kad HT vyksta tiesioginis ciklas, priešingas šaldytuvo atvirkštiniam ciklui.



13 paveikslas. Absorbcinio šaldymo (atvirkštinio) ciklo ir absorbcinio šilumos transformatoriaus (tiesioginio) ciklo palyginimas (UNIGE)

Tačiau turbiną pakeičia absorberio-desorberio įrenginys ir iš sistemos išeina ne mechaninė galia, o aukštos temperatūros šiluma (13 pav.)

Šilumos transformatoriai labai tinkami panaudoti atliekinę šilumą, gaunamą iš pramoninių procesų, elektros energijos gamybos ar alternatyvios kilmės šaltinių. Jie atlieka svarbų vaidmenį didinant energijos vartojimo efektyvumą ir suteikia galimybę į centralizuoto šilumos tiekimo sistemas įtraukti atsinaujinančius energijos šaltinius, pavyzdžiui, geotermine ar saulės šilumą, taip didinant tvarumą. Jie gali būti taikomi decentralizuotose centralizuoto šilumos tiekimo sistemose, todėl gali būti lankstūs ir pritaikyti prie vietos sąlygų. Tačiau šiluminiai katilai vis dar susiduria su apribojimais, susijusiais su veikimo diapazonu; konkrečiai, jų šiluminis našumas negali viršyti tam tikro lygio, o bet kuriuo atveju našumas labai priklauso nuo šio našumo, todėl labai svarbu rasti optimalias veikimo sąlygas. Kadangi šiems sunkumams įveikti įgyvendinami dvigubi ciklai, šilumos transformatoriai gali būti susiję su sudėtinga sistemos konstrukcija ir pradinėmis išlaidomis, o tai gali kelti sunkumų dėl plataus pritaikymo (Cudok ir kt., 2021).

Šilumos transformatorių technologijoje naudojamos temperatūros skiriasi priklausomai nuo naudojamų skysčių (amoniako arba ličio bromido) ir ciklo konfigūracijų. Dėl iš vidutinių duomenų, pateiktų (Cudok, et al., 2021), T_H svyruoja nuo 100 iki 130 °C, T_s - nuo 70 °C iki 90 °C, kai T_0 yra apie 20-30 °C. Taigi, šios sistemos gali užtikrinti temperatūros pagerinimą nuo 70 °C iki 110 °C, t. y. temperatūros padidėjimą iki 60 °C. Cudok savo apžvalgoje pabrėžia, kad šios technologijos paplitimas nėra labai ryškus, o nuo 1990 m. iki 2010 m. buvo įgyvendinta mažiau elektrinių, vėliau ši technologija atgimė, ypač Kinijoje, o jos galia svyruoja nuo 0,5 iki 4 MW. Gamintojas „Ebara“ (2015 m.) nurodo, kad didžiausias pajėgumas yra apie 40 MW.

Pateiksime keletą galimų detalių: Amoniako absorbciniai šilumos siurbiai, kuriuose amoniakas (NH_3) naudojamas kaip šaldymo agentas, o vanduo - kaip absorbentas, turi tam tikrus darbinės temperatūros

diapazonus, kurie priklauso nuo taikymo srities ir sistemos konstrukcijos. Dėl amoniako toksiškumo jie gali kelti nemažai saugos problemų, tačiau pramonėje dažniausiai naudojami kaip šaldymo terpės versija. Toliau pateikiami pagrindiniai temperatūros intervalai skirtingoms sistemos dalims, remiantis naujausiu Ding, Lu (Zijlan, Liu et. Al, 2023):

Generatorius (arba desorberis): Generatorius yra ta vieta, kur amoniakas atskiriamas nuo vandens kaitinant tirpalą. Įprastinė darbo temperatūra šilumos transformatorių generatoriuje svyruoja nuo 60°C iki 80 °C, priklausomai nuo žemo potencialo šaltinio darbo temperatūros. Aukštesnės temperatūros gali būti naudojamos pramonėje, kai yra atliekinės šilumos arba vidutinės temperatūros šilumos šaltinių.

Kondensatorius: kondensatoriuje amoniako garai kondensuojami į skystį, atiduodant šilumą aplinkai. Darbo temperatūra čia paprastai svyruoja nuo 10 °C iki 30 °C, priklausomai nuo aušinimo terpės (oro arba vandens) ir aplinkos sąlygų.

Garintuvas: garintuve skystas amoniakas absorbuoja šilumą ir išgaruoja, vėlgi, kaip ir desorberyje, panaudojant turimą ŽPAEI. Įprasta garintuvo darbinė temperatūra svyruoja nuo 50 °C iki 70 °C, todėl jis yra nuosekliai sujungtas su desorberio šilumokaičiu.

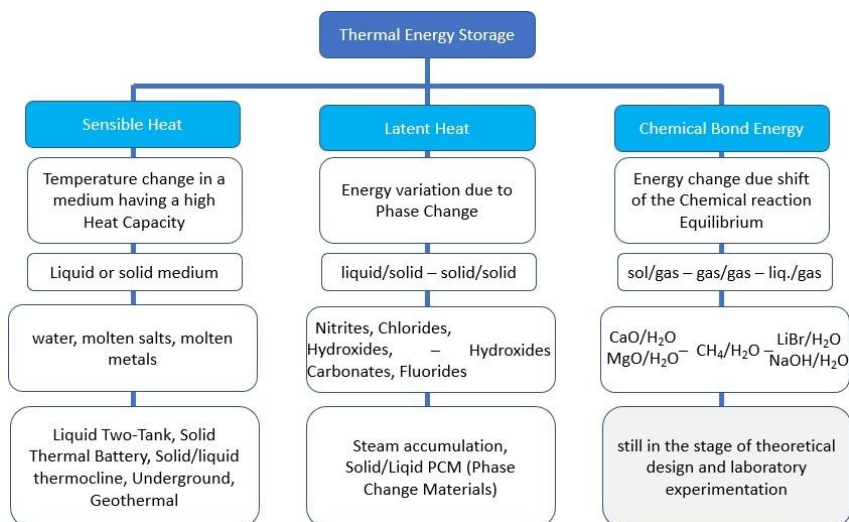
Absorberis: absorberyje amoniako garai absorbuojami atgal į vandenį, išskiriant naudingą šilumą. Absorberio darbinė temperatūra, priklausomai nuo aušinimo terpės ir sistemos konstrukcijos, paprastai gali siekti nuo 100 °C iki 130 °C.

Galima naudoti ir ličio bromido tirpalus, tačiau darbinė temperatūra yra žemesnė dėl kristalizacijos rizikos arba ličio bromido, esančio vandens tirpale, pavojaus.

ŠILUMINĖS ENERGIJOS KAUPIMAS (TES)

Šiluminės energijos saugojimo procesas, kai šiluminė energija vėliau panaudojama kitais pavidalais, pavyzdžiui, kaip šiluma ar šaltis, vadinamas "šiluminės energijos saugojimu". Nors tai nėra energijos atnaujinimo technologija, apie ją čia trumpai pranešama, nes ji dažnai yra esminė visų centralizuoto šilumos tiekimo tinklų, grindžiamų nepastoviais atsinaujinančiais energijos šaltiniais, dalis. TES sistemos kaupia šilumos perteklių mažos paklausos laikotarpiais, išlaisvina jį, kai paklausa yra didelė, prisideda prie apkrovos balansavimo ir užtikrina nuolatinį centralizuoto šilumos tiekimo užtikrinimą.

Šilumos akumuliacijos įrenginiai užtikrina šilumos rezervavimą, kuris padeda veiksmingai valdyti dinamiškus centralizuoto šilumos tiekimo sistemų ypatumus, tokius kaip šilumos ir elektros energijos poreikio kitimas, energijos kainų svyravimai, atsinaujinančiųjų išteklių nepastovumas, nepalankios oro sąlygos ir sistemos gedimai. Rekomenduojama šiluminės energijos kaupiklius įtraukti į centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo sistemas tiek trumpalaikiam, tiek ilgalaikiam kaupimui. Atsižvelgiant į kiekvienos technologijos rūšies mokslinio parengtumo brandą, skatinama jungti juntamosios, latentinės (fazės pokyčio medžiagos) ir cheminės šilumos kaupimo sistemas, kad būtų lengviau pereiti nuo dabartinių energetikos sistemų prie naujos kartos centralizuoto šilumos tiekimo sistemų (Alva ir kt., 2018).



14 paveikslas. Įprasti šilumos saugojimo tipai ir metodai (Unige)

Vasaros šilumos kaupimas šilumos tiekimui žiemą ir dienos šilumos kaupimas šilumos tiekimui naktį – tai du šiluminės energijos kaupimo (TES) sistemų atvejai. Kaupiant šiluminę energiją vyksta medžiagos vidinės energijos pokyčiai, kurie gali pasireikšti kaip juntamoji šiluma, fazės pokyčio latentinė šiluma, termocheminė energija arba šių veiksnių derinys (Gil, et al., 2010), kaip parodyta 14 paveiksle.

Čia pateikiami dažniausiai pasitaikantys įvairių tipų šiluminės energijos kaupimo sistemų darbinės temperatūros intervalai:

1. Juntamosios šilumos kaupimas (JŠK):

- Vandens pagrindu veikiančios sistemos: nuo 30 °C iki 95 °C
- išlydytos druskos sistemos: nuo 150°C iki 600°C
- Kietosios terpės sistemos (pvz., betono, uolienu): nuo 100 °C iki 600 °C

2. Latentinės šilumos kaupimas (LHS):

- Parafino vaškas: nuo 20°C iki 70°C
- Druskų hidratų: nuo 30°C iki 120°C
- Eutektinės druskos: nuo 10°C iki 150°C

Aukštos temperatūros fazės pokyčio medžiagos: (PCM): nuo 150°C iki 600°C

3. Termocheminis energijos kaupimas (TCES):

- Žemos temperatūros sistemos: nuo 20°C iki 150°C
- Vidutinės temperatūros sistemos: nuo 150°C iki 400°C
- Aukštos temperatūros sistemos: nuo 400°C iki 1000°C

Taikymo sritys ir atitinkamos temperatūros:

- Pastatų šildymas ir vėsinimas: Apskritai, naudokite žemesnės temperatūros diapazonus (nuo 20 °C iki 95°C), tinkamus vandens pagrindu veikiančioms juntamosios šilumos kaupimo ir žemos temperatūros fazės pokyčio medžiagoms.
- Pramoniniai procesai: Dažnai reikia vidutinių ir aukštų temperatūrų diapazonų (nuo 150 °C iki 600 °C), kuriuos galima palaikyti išlydytų druskų sistemomis ir aukštatemperatūrėmis fazės pokyčio medžiagomis.
- Koncentruota saulės energija (CSP): paprastai naudojamos aukštos temperatūros saugojimo sistemos (150- 600 °C), pavyzdžiui, išlydytos druskos arba aukštos temperatūros PCM.

Sezoninis saugojimas: Sezoniniam šiluminės energijos saugojimui, priklausomai nuo konkrečios sistemos ir vietos, temperatūra gali svyruoti nuo žemesnės nei užšalimo (0 °C) iki aukštos temperatūros (iki 600 °C).

TES sistemos ir jos darbinės temperatūros diapazono pasirinkimas labai priklauso nuo konkrečių taikymo reikalavimų, medžiagų prieinamumo ir ekonominių sumetimų.

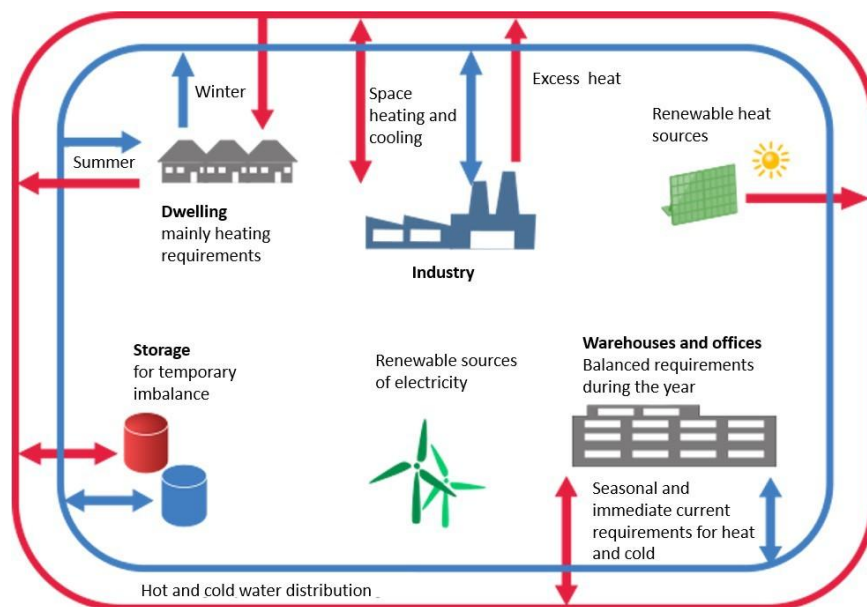
ŽEMOS IR AUKŠTOS TEMPERATŪROS CENTRALIZUOTO ŠILUMOS TIEKIMO TINKLAI

ĮVADAS

Žvelgiant iš centralizuoto šilumos tiekimo tinklų panaudojimo perspektyvos, taigi ir atsižvelgiant į vartotojus, galima išskirti skirtingus temperatūros, kurioje tiekama šiluma, intervalus, priklausomai nuo jos panaudojimo ir tinkamų skysčių, veikiančių kaip šilumnešiai.

Žema temperatūra (LT) - tai temperatūra, kuri paprastai svyruoja nuo maždaug 30 °C iki 70 °C, tinkama patalpoms šildyti per spindulinių grindų sistemas žemesnėje dalyje ir karštam vandeniui ruošti buityje aukštesnėje minėto temperatūros intervalo dalyje. Taip pat prie LT priskiriame sistemas, kurių temperatūra yra aukštesnė nei 60 °C, bet žemesnė nei 90-100 °C ir kurios literatūroje dažnai vadinamos vidutinės temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo sistemomis (MTDH – Medium Temperature District Heating). Šiuo atveju kalbama apie tradicinį pastatų šildymą.

Aukštos temperatūros (AT) terminas vartojamas pramoninėms reikmėms ir centralizuotoms šilumos tiekimo sistemoms, kai šiluma gaminama arba surenkama vienoje didelėje struktūroje ir naudojama keliems pastatams ar rajonams šildyti. Šis centralizuoto šilumos tiekimo tipas, kuriam būdinga nuo 90 °C iki 130 °C ir aukštesnė temperatūra ir kuris buvo būdingas daugumai XX a. technologijų, dabar daugelyje ES šalių jau yra iš esmės pasenęs, tačiau išlieka Rytų Europos šalyse, kuriose centralizuotas šilumos tiekimas dėl istorinių priežasčių yra daug labiau išvystytas nei Vakarų Europos šalyse.



15 paveikslas. DHC sistemos apskritimo pavaizdavimas (kreditas: Jirka DI, CC BY-SA 4.0, per Wikimedia Commons)

LTDH - GRINDINIS ŠILDYMAS, PATALPŲ ŠILDYMAS IR KARŠTO VANDENS RUOŠIMAS

Žema temperatūra yra pagrindinė savybė, leidžianti efektyviau integruoti mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančias technologijas. Didžiausia 70 °C priekinio srauto temperatūra - tai temperatūra, kurios reikia buitinio karšto vandens tiekimo terminiam dezinfekavimui, nors paprastai turėtų pakakti 50 °C, kad būtų

išvengta legionelių bakterijų keliamo pavojaus. Ketvirtosios kartos CŠT tinklų ženklų žymimi centralizuoto šilumos tiekimo tinklai, kurie veikia esant 70 °C maksimaliai tiekiamo srauto temperatūrai (Int_Energy_Agency, 2024).

Tačiau, naudotojų požiūriu, pastatų šildymui naudojami žemesnės temperatūros šilumnešiai. Žemos temperatūros (ŽT) šilumos tiekimo sistemose patalpų šildymo temperatūra paprastai neviršija 35-55 °C ir gali būti šildomos patalpos per žemos temperatūros radiatorius, radiatorines grindų sistemas ar kitus žemos temperatūros šilumos paskirstymo įrenginius.

ŽT CŠT suteikia naujų galimybių didinti energijos vartojimo efektyvumą ir mažinti iškastinio kuro naudojimą bendruomenės mastu. Žemos temperatūros šiluma dažnai yra naudinga paklausos pusei, nes ja remiantis galima efektyviai šildyti patalpas ir ruošti buitinį karštą vandenį. Žematemperatūrės šilumos integravimas į centralizuoto šilumos tiekimo sistemas gali būti pasiektas, be kitų metodų, naudojant efektyvius didelio masto šilumos siurblius, saulės kolektorius ir biomasės kogeneracines jėgaines.

Žemesnė temperatūra paprastai naudojama siekiant sumažinti perdavimo nuostolius vamzdynuose ir pagerinti bendrą šilumos tiekimą naudojamų energijos grandinių efektyvumą. Kad būtų pasiektas optimalus efektyvumas, paklausos pusė turi būti sukonfigūruota taip, kad būtų galima naudoti žemą tinklo tiekiamą temperatūrą (pvz., per paviršinio šildymo sistemas), be to, centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo tinklai ir energijos konversija turi būti kuo geresni. Todėl įgyvendinant sprendimus, kuriuose didelę dalį sudaro atsinaujinantys energijos šaltiniai, būtina keisti architektūrinę ir technologinę infrastruktūrą. Tiek pertekliniai, tiek atsinaujinantys energijos šaltiniai gali tinkamai patenkinti energijos poreikius, ypač jei jie efektyviai pagaminami žemesnėje temperatūroje. Į pastatus ir pastatų tiekimo sistemas žiūrint kaip į neatsiejamas energetikos tinklo sudedamąsias dalis, optimizuojama sinergija, ypač bendruomenės lygmeniu. Norint plėtoti pažangų žemos temperatūros šildymą, reikia išspręsti keletą uždavinių, susijusių su pasiūlos pusės turimos energijos suderinimu su pastato patalpų šildymo ir buitinio karšto vandens poreikiu.

Vartotojų lygmeniu yra trys būdai, kaip panaudoti žematemperatūrinį šilumos tiekimą. Didesni šildantys paviršiai (radiatoriai), geresnė šilumos izoliacija ir žemos temperatūros reguliavimas.

Kiti žemos temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo tinklų naudojimo ir įgyvendinimo privalumai yra galimybė vietoj tradicinių brangesnių metalinių CŠT vamzdžių naudoti plastikinius, lengviau integruoti žemos temperatūros šilumos šaltinius, pavyzdžiui, šiluminius kolektorius, giluminius geoterminius gręžinius ir žemos temperatūros atliekinę šilumą. Kadangi žemos temperatūros CŠT galima pasiekti mažus šilumos nuostolius ir didelį bendrą sistemos našumą, būtų naudojama mažiau išteklių. Kiti praktiniai privalumai: lėtesnė korozija, mažesnis sistemos šiluminis smūgis, švaresnis oras dėl lėto oro judėjimo ties šildančiais paviršiais ir mažesnis triukšmas.

Aukštesniame LTDH temperatūrų diapazone, nuo 60 °C iki 90-100 °C, randame tradicinės naudotojo šildymo metodikas, pavyzdžiui, vidutinės temperatūros šildymo prietaisus. Šilumos šaltiniai pastatų šildymui gali būti žemos temperatūros centralizuotas šilumos tiekimas, šilumos siurbliai, geoterminės sistemos ar kitos technologijos, teikiančios šilumą vidutinėje temperatūroje, su sąlyga, kad ši temperatūra bus pakelta naudojant tinkamą technologiją, atitinkančią įvairioms savybėms būdingą vartotojo poreikį.

Centralizuotas šilumos tiekimas – tai sistema, kai šiluma centralizuotai gaminama dideliame objekte arba šiluminėje elektrinėje ir paskirstoma keliems pastatams ar vartotojams. Centralizuoto šilumos tiekimo temperatūra dažnai svyruoja nuo 90 °C iki 130 °C ir daugiau. Šiluma gali būti paskirstoma vamzdynų tinklu, jungiančiu šiluminę elektrinę su aptarnaujamais pastatais. Tokia sistema gali būti naudojama visam pastatui šildyti miesto teritorijoje arba rajone. Pramonėje kai kuriems procesams efektyviai veikti reikia aukštesnės temperatūros, o centralizuotas šilumos tiekimas gali tiekti šilumos energiją iki 150 °C temperatūroje. Plataus masto centralizuoto šilumos tiekimo tinkluose šilumnešio temperatūra gali būti aukštesnė, kad padengtų šilumos nuostolius tinkle. Kogeneracijos sistemos, kuriose vienu metu gaminama šiluma ir elektros energijos, gali reikėti aukštesnės temperatūros, kad būtų pasiektas maksimalus efektyvumas. Tokiais atvejais naudojamas garas arba aukšto slėgio vanduo gali būti naudojami kaip šilumos perdavimo skysčiai.

Kai kuriuose energetikos rajonuose integruojami įvairūs šilumos šaltiniai ir gamybos technologijos. Derinant kogeneracines jėgaines, pažangius šilumokaičius ir kitas technologijas gali prireikti aukštesnės temperatūros, kad būtų užtikrintas bendras sistemos efektyvumas. Visais šiais atvejais šilumos perdavimo skysčio pasirinkimas dažnai priklauso nuo konkrečių projekto charakteristikų ir vietos reikalavimų. Daugeliu atvejų centralizuotam šilumos tiekimui iki 150 °C temperatūroje kaip pagrindinis šilumnešis naudojamas suslėgtas vanduo ($p < 5$ bar). Tačiau norint pasiekti aukštesnę temperatūrą nepasiekus virimo temperatūros, galima naudoti ir specializuotus skysčius, pavyzdžiui, terminę alyvą ar kitus pažangius šilumos perdavimo skysčius. Kai kuriose centralizuoto šilumos tiekimo sistemose vietoj vandens kaip šilumos paskirstymo terpė naudojamas garas. Taip siekiama pasiekti aukštesnę tiekimo temperatūrą, kuri dažnai reikalinga pramoniniams procesams. Garo pagrindu veikiančių sistemų jau yra daugelyje statinių. Dėl didelio energijos tankio garas ypač gerai veikia pramoniniuose ar didelės apimties pastatuose, kur jis gali efektyviai tiekti reikiamą šilumą.

Net jei naujesnės technologijos yra veiksmingesnės, jos gali būti tinkamos ne visais atvejais. Kai kuriais atvejais tikslingiau naudoti jau esamas garo sistemas, o ne visiškai jas pertvarkyti, kad padidėtų efektyvumas. Taip yra Rytų Europos šalyse šiuo metu eksploatuojamų centralizuoto šilumos tiekimo sistemų atveju (2-3 kartos), kai reikia tikslaus technologinio modernizavimo, siekiant pritaikyti aukštos temperatūros šilumos tiekimą prie tvaresnių žemos temperatūros šaltinių.

DABARTINĖ ŠILUMOS GAMYBOS TECHNOLOGIJA AT-CŠT**ĮVADAS**

Aukštatemperatūriam centralizuotam šilumos tiekimui paprastai naudojamos kelios technologijos, kurių kiekviena turi unikalių privalumų ir pritaikymo galimybių. Daugiausia dėmesio skiriant šilumos gamybos technologijoms, kurios nesiremia atsinaujinančiais šaltiniais, išskiriamos šios:

- 1) Gamtinių dujų ir anglinių katilai
- 2) iškastinio kuro kogeneracinės elektrinės

Istoriškai anglimi kūrenami katilai buvo naudojami, ypač tuose regionuose, kur anglių yra daug ir jos lengvai prieinamos. Akmens anglimi kūrenamuose katiluose ir kogeneracinėse elektrinėse deginamos akmens anglys, kad būtų gaminama šiluma, o kogeneracinėse elektrinėse - elektros energija ir šiluma, kuri vėliau paskirstoma centralizuoto šilumos tiekimo tinklu, kad būtų tiekiama pastatams ir įrenginiams šildyti ir karštam vandeniui ruošti. Tačiau dėl susirūpinimo aplinkosauga, ypač dėl oro taršos ir išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų, pasaulyje atsiskama akmens anglių. Deginant anglis išsiskiria teršalai, įskaitant sieros dioksidą (SO_2), azoto oksidus (NO_x), kietąsias daleles ir anglies dioksidą (CO_2), kurie prisideda prie oro kokybės problemų ir klimato kaitos. Vyriausybėms ir komunalinių paslaugų įmonėms pereinant prie švaresnių ir tvaresnių energijos šaltinių, kai kuriose šalyse, įskaitant Šiaurės Ameriką ir Europą, anglių naudojimas centralizuotam šilumos tiekimui gerokai sumažėjo. Dėl mažesnio išmetamų teršalų kiekio ir galimybės integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius vis dažniau pasirenkamos gamtinės dujos, biomasė ir atliekomis kūrenamos energijos technologijos.

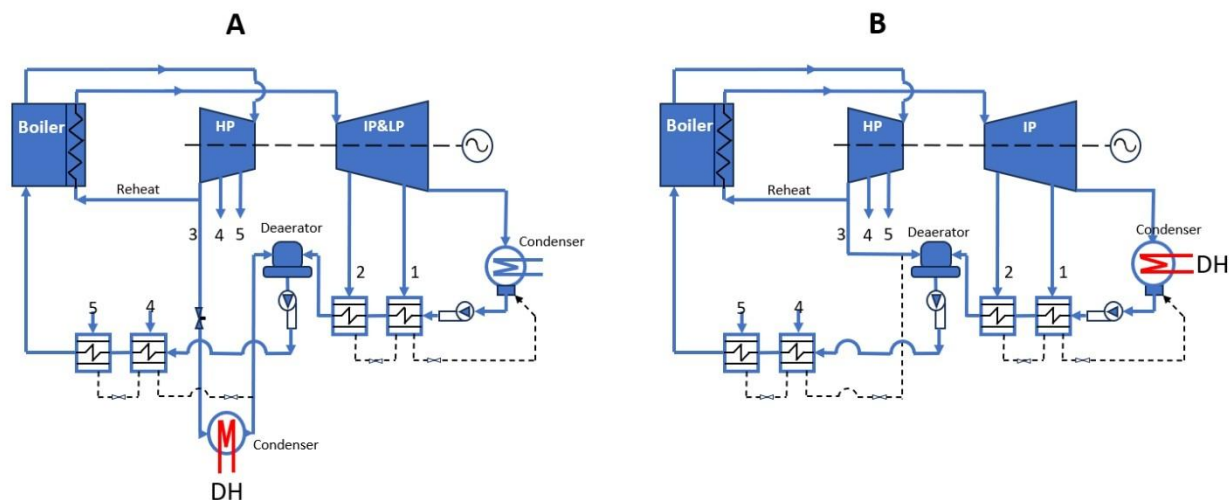
Kai kuriuose regionuose, pavyzdžiui, Rytų Europos šalyse, vis dar naudojami anglių katilai ir kogeneracinės elektrinės, tačiau vis dažniau pripažįstama, kad reikia palaipsniui atsisakyti anglių naudojimo arba bent jau sumažinti jų naudojimą, kad būtų galima naudoti ekologiškesnes šilumos gamybos technologijas. Šį perėjimą skatina aplinkosaugos taisyklės ir didėjantis atsinaujinančiųjų energijos šaltinių prieinamumas ir įperkamumas.

CENTRALIZUOTAS ŠILDYMAS ANGLIMI IR DUJOMIS

Nepaisant skirtingo kuro, šildymo katilų sistemas galima schematiškai pavaizduoti vienodai, taip pat ir tiekiant šilumnešį į CŠT tinklą. Tas pats pasakytina ir apie kogeneraciją. Kalbant apie pastarąsias, 16 paveiksle pavaizduoti du galimi centralizuoto šilumos tiekimo pritaikymo būdai, kurie yra tinkamai supaprastinti. Kairėje pusėje (A), labiau paplitusioje iš šių dviejų, standartinis Rankino ciklas modifikuojamas, kad jame būtų įrengtas specialus kondensatorius, paprastai deaeratoriaus linijoje (3). Garas išgaunamas esant 2,0-2,7 bar slėgio (atitinkančiam 120-130 °C ar aukštesnę šilumos šaltinio temperatūrą) arba didesniai slėgiui. Šaltąjį kondensatoriaus pusę kerta vandens masės srautas, kuris yra centralizuoto šilumos tiekimo tinklo šilumnešis. Šis režimas dar vadinamas "priešlėginio kondensavimo sistema" (Zhao ir kt., 2019). Kitoje sistemoje (B) tarpinio kondensatoriaus išvengiama, tačiau turbinos išmetamas garas tiekiamas į kondensatoriaus bloką maždaug 0,6-1,5 bar slėgio, priklausomai nuo pageidaujamos vandens temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo tinkle. Ši sistema dar vadinama "žemo vakuumo" sistema arba „aukšto priešslėgio“ (HPB) sistema. Tokiu būdu pašalinami išmetamosios šilumos nuostoliai, o bendras našumas yra geresnis. Norint gauti tokią konfigūraciją, paskutinės turbinos priešslėgis padidinamas

pašalinant paskutines menčių pakopas. Lyginant su tradicine kogeneracine sistema, HBP sistema pasižymi gerokai žemesne kaitinamojo garo temperatūra. Dėl to ji labiau tinka žemos temperatūros centralizuotam šilumos tiekimui.

Abiejose sistemose galima efektyviai panaudoti ir panaudoti energiją, gaunamą iš negausių šaltinių, pavyzdžiui, saulės, geoterminės energijos, atliekinės šilumos ir kitų.



16 paveikslas. Dvi kogeneracijos konfigūracijos centralizuotam šilumos tiekimui. Kairėje - klasikinė ištraukiamoji kondensacinė sistema (A) su mažu priešslėgiu prie kondensatoriaus. Dešinėje - aukšto priešslėgio kogeneracinė sistema (B) (UNIGE).

Dažnai centralizuotam šilumos tiekimui naudojamas paprastas iškastiniu kuru kūrenamas katilas. Nepriklausomai nuo konfigūracijos ar tiekiamos temperatūros lygio, šias sistemas visada galima naudingai papildyti žemo potencialo šaltiniais, taip sumažinant iškastinio kuro suvartojimą, o kartu ir taršą. Paprastai šiose sistemose gaminamas daugiau ar mažiau suslėgtas karštas vanduo, o pirminiame kontūre vandens būsena yra skysta. Tačiau kai kurios versijos gamina įvairios temperatūros (ir slėgio) garą, kurį galima naudoti skirtingos temperatūros šilumos tiekimo vamzdynuose. Atlikus reikiamus pritaikymus, tiek kogeneracinės jėgainės, tiek paprasti katilai gali būti kūrenami biodujomis. Pabrėžiama, kad, jei įmanoma, iškastinį kurą pakeisti biokuru (jei jis teisingai gaminamas) yra paprasčiausias būdas sumažinti anglies dioksido pėdsaką.

Kaip pavyzdys 17 paveiksle parodytas garo katilas (taip pat skirtas elektros energijos gamybai ir kogeneraciniams įrenginiams), kuris gali būti pritaikytas naudoti įvairias kuro rūšis, pavyzdžiui, gamtines dujas, suskystintas naftos dujas, biodujas, metano dujas, dyzeliną, mazutą ir kt. Garo našumas svyruoja nuo 500 kg/h iki 20 t/h.



17 paveikslas. Vamzdinis garo katilas Winketel (kreditas: Diemareng, CC BY-SA 4.0< <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

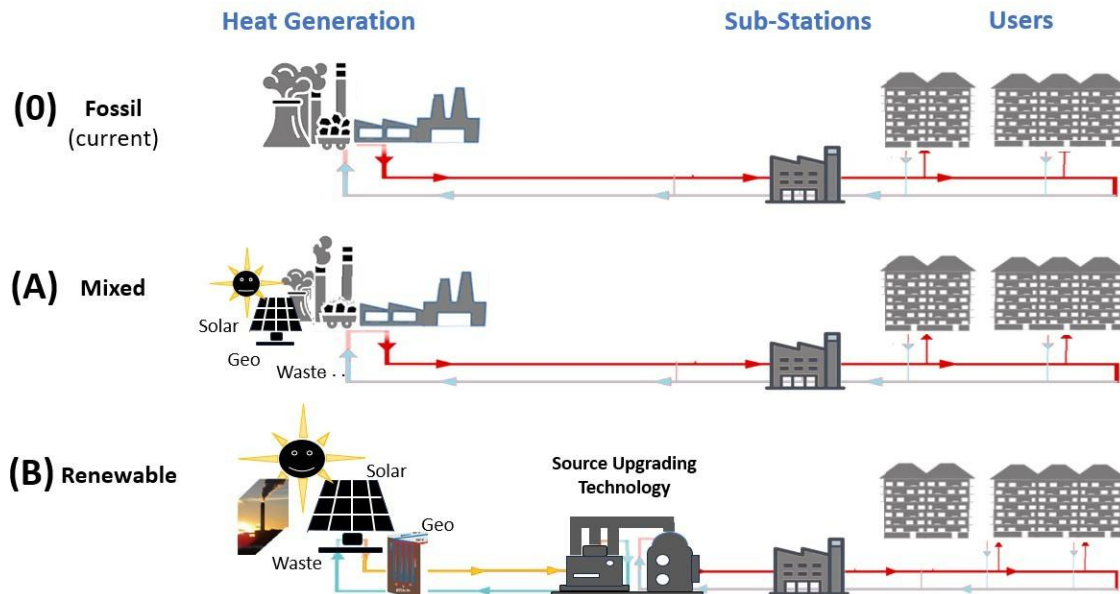
DABARTINIŲ AUKŠTATEMPERATŪRIŲ CŠT MODERNIZAVIMO STRATEGIJOS

ĮVADAS

Atsinaujinančius šaltinius, pavyzdžiui, saulės ir geoterminę energiją, taip pat galima pelningai integruoti ir į senas anglių deginimo sistemas, kad iš dalies pakeistų anglį, arba jie gali būti modernizavimo technologijų, galinčių visiškai pakeisti iškastinį kurą, dalis.

Pirmiausia reikės atskirti intervencijos tipą, pradedant nuo situacijos, kai visiškai priklausoma nuo iškastinių šaltinių (18 pav.). Šio tipo intervencija, taikoma pradedant nuo dabartinio centralizuoto šilumos tiekimo sistemos įgyvendinimo (0), apims arba atsinaujinančiųjų išteklių integravimą į esamus gamybos įrenginius (A), kurie anksčiau buvo varomi tik iškastiniu kuru, pavyzdžiui, kogeneracines sistemas arba paprastus katilus, arba visišką turimų šilumos šaltinių pakeitimą atsinaujinančiaisiais (B). Pastarajam variantui tinkamai integruoti su AT-CŠT greičiausiai reikės vienos ar daugiau modernizavimo technologijų, galinčių pakelti temperatūrą iki reikiamo lygio.

Current and expected HT District Heating Technology



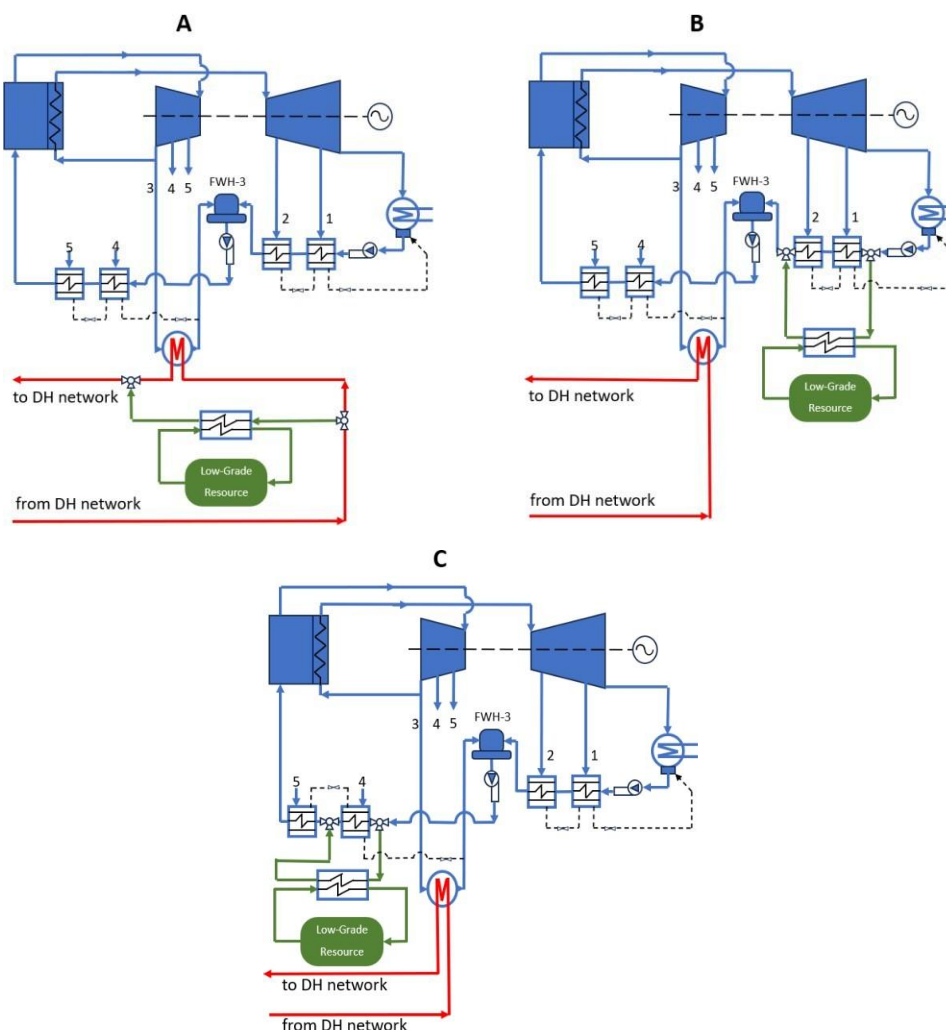
18 paveikslas. Alternatyvūs perėjimo nuo dabartinio iškastinių kuro varomo šilumos ir elektros energijos gamybos būdų keliai (UNIGE)

ŽPAEI PALAIKOMOS KOMBINUOTOSIOS ŠILUMOS IR ELEKTROS ENERGIJOS SISTEMOS INTEGRAVIMO STRATEGIJOS

Anksčiau šiame dokumente daugiausia dėmesio skirta ŽPAEI ir modernizavimo technologijoms. Čia pateikiame sprendimą (A), kuris leidžia išsaugoti senąjį tinklą beveik nepakeičiant. Poveikis bus daromas pakeitimas tik šilumos gamybos įrenginiui. Atsižvelgiant į ankstesniame skirsnyje pateiktą įrenginio projektą, svarstoma paprasta anglimis kūrenama kogeneracinė sistema, teikianti centralizuotą šilumos tiekimą, kaip parodyta 16 paveiksle (A). Siūlomi įvairūs žemo potencialo energijos integravimo būdai (Wu ir Han, 2023).

Pirmoji integravimo strategija - tiesiogiai įtraukti ŽPAEI į CŠT tinklą, kaip parodyta 19 A paveiksle. Mažos galios šaltinis įrengiamas šalia CŠT kondensatoriaus ir naudojamas daliai vandens pirminėje CŠT grandinėje pašildyti. Šią paprastą schemą lengva įgyvendinti, tačiau reikia, kad ŽPAEI temperatūra atitiktų CŠT tinklo temperatūrą. Ji leidžia šiek tiek reguliuoti CŠT tinklą vožtuvų sistema, o išėjimo temperatūra bus tarp ŽPAEI ir CŠT kondensatoriaus.

Antroje integravimo strategijoje, pavaizduotoje 19 paveikslo B dalyje, saulės laukas išdėstytas lygiagrečiai 1 ir 2 maitinimo vandens šildytuvams (FWH). Saulės energija naudojama tiekiamajam vandeniui pašildyti ir pirmosioms dviem priešslėgio garo pakopoms, kurios veikia esant mažiausiam slėgiui, pakeisti. Šioje integravimo strategijoje pabrėžiamas žemos temperatūros šilumos įtraukimas prieš įleidžiant kondensuotą garą į FWH- 3.



19 paveikslas. Pagrindinės ŽPAEI integravimo strategijos jau veikiančiose kogeneracinėse centralizuoto šilumos tiekimo sistemose (UNIGE)

3 integravimo strategijoje, pavaizduotoje 19 paveiksle (C), saulės laukas išdėstytas lygiagrečiai FWH-4. Saulės energija naudojama tiekiamajam vandeniui per alyvos ir vandens šilumokaitį iš anksto pašildyti ir 4-osios pakopos ištraukimo garui pakeisti. Ši integravimo strategija rodo, kad ŽPAEI šiluma įtraukiama po kondensuoto garo įleidimo į FWH-3.

Pirmiau nurodytos strategijos buvo parodytos tik kaip ŽPAEI integravimo pavyzdžiai. Įprastos garo kogeneracinės jėgainės turi daugiau paduodamo vandens šildytuvų, o integracinė šiluma gali būti įterpiama įvairiais temperatūros lygiais, atsižvelgiant į turimą šaltinį ir lygiagrečiai su vienu, dviem ar daugiau paduodamo vandens šildytuvų. Aukštos temperatūros integracija taip pat gali būti taikoma pašildymo linijoje.

Atlikus tinkamus pakeitimus, šias strategijas galima taikyti ir tiesioginio šildymo katilo CŠT atveju. Pagal šią koncepciją ŽPAEI šiluma naudojama vandeniui pašildyti, taip sumažinant priklausomybę nuo iškastinio kuro.

TECHNOLOGIJŲ IR (ARBA) STRATEGIJŲ, SKIRTŲ SU ŽPAEI SUSIETAM CENTRALIZUOTAM ŠILUMOS TIEKIMUI, ANALIZĖ

Galima priimti keletą galimų sprendimų, kaip integruoti arba modernizuoti faktinę AT-CŠT technologiją, remiantis toliau nurodytų elementų deriniu:

- etaloninė sistema:
 - o Kogeneracinė jėgainė arba katilas
 - o AT-CŠT tinklo darbinė temperatūra (čia daroma prielaida, kad ji visada yra 110÷130 °C tiekimo ir 60÷80 °C grįžtančioje linijoje).
- pagrindiniai turimi žemos klasės energijos ištekliai (ŽPAEI) arba atsinaujinantys energijos ištekliai (AEI):
 - o saulės energija (vidutinės ir aukštos temperatūros sprendimai)
 - o atliekinė šiluma (žemos, vidutinės ir aukštos temperatūros)
 - o geoterminė energija (konkrečiai kalbant apie grūntinį šilumos šaltinį; karštas garų geoterminis vanduo gali būti naudojamas taip pat kaip ir atliekinė šiluma)
 - o biomasė (kietoji, biodujos, ...)
 - o kita (konkrečūs šaltiniai, kuriuos galima numatyti, šiame dokumente jų nėra)
- konkrečios modernizavimo technologijos, reikalingos ŽPAEI išnaudoti:
 - o TES - šiluminės energijos kaupimas, visada reikalingas, kai naudojami ne nuolatiniai energijos šaltiniai (pvz., saulės energija, su pertrūkiais susidaranti atliekos ar nuotekos ir pan.)
 - o Garų suspaudimo šilumos siurbliai (VC-HP)
 - o Absorbciniai šilumos siurbliai (ABS-HP), dar vadinami "šilumos transformatoriais".
 - o mechaninės garų rekompresijos sistemos (MVR) – atviro ciklo (vandens garams tiekti) arba uždaro ciklo vandens garų suspaudimo šilumos siurbliai (garo VC-HP).
- Kitos technologijos (nurodytos duomenų lape)
- Autonominiai AEI: tai atvejis, kai AEI temperatūra yra pakankamai aukšta, kad patenkintų temperatūrinio šildymo poreikius (pavyzdžiui, aukštos temperatūros koncentracijos kolektoriai).

Kiekviename duomenų lape pateikiamas trumpas sistemos aprašymas, kuriame lyginama senoji sistema su naująja ŽPAEI integruota sistema.

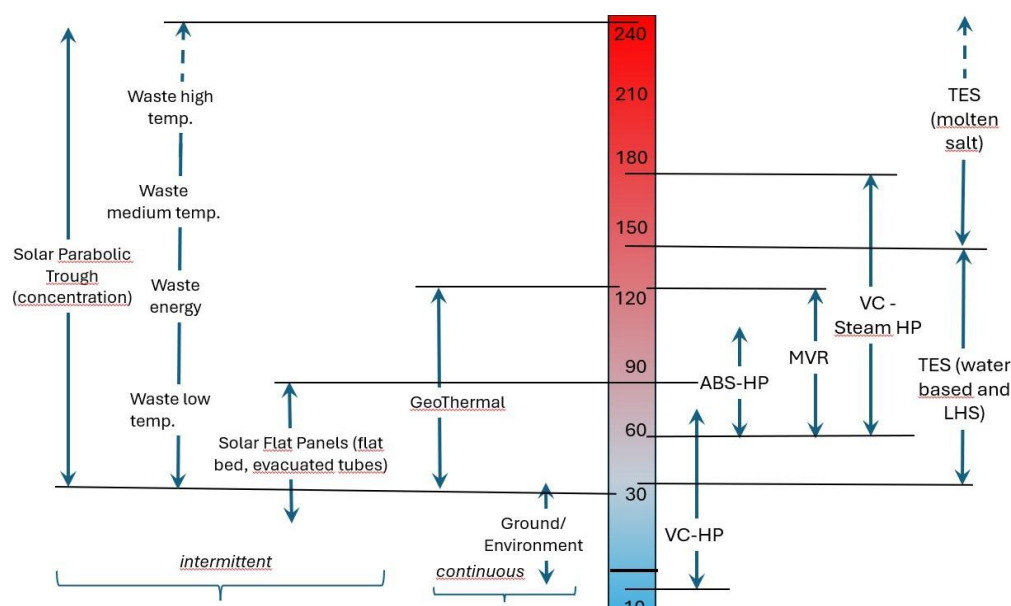
Pateikta kita praktinė alternatyva tarp *centralizuoto* ir *necentralizuoto* ŽPAEI eksploatavimo.

Centralizuotas sprendimas yra visiškai sukurtas centriniame šilumos paskirstyme ir jo privalumas yra tas, kad jį gali įgyvendinti didelės galios elektrinių operatoriai, be to, jame tiesiogiai nedalyvauja savivaldybė ar kitos susijusios suinteresuotosios šalys.

Necentralizuotas sprendimas - tai paskirstytas energijos panaudojimas, kurio privalumas - mažesnis poveikis ir gyventojų įtraukimas į aplinkos tvarumo klausimus. Jo trūkumas yra tas, kad reikia savivaldybės ar vyriausybės susitarimų ir kad gali būti naudojama gana maža vienas įrenginys tenkanti galia (o tai reikšia didesnę įrengimo ir priežiūros sąnaudas). Pastaruoju atveju išsami techninė ir finansinė analizė gali padėti savivaldybei įvertinti paskatas daugeliui privačių, mažų, paskirstytų iniciatyvų.

Siekiant išsamumo, čia išvardyti centralizuoti sprendimai apima ne tik ŽPAEI modernizavimo sistemas, bet ir išeinančių centrinių įrenginių modernizavimą, naudojant ŽPAEI, kurios nebūtinai tiesiogiai taikomos CŠT tinklui.

Norint geriau suprasti vartotojų, ŽPAEI ir modernizavimo technologijų šiluminį ryšį, galima remtis 20 paveikslu, kuriame centrinė temperatūros skalė rodo reikiamą taikymo temperatūrą (tiesiog "vartotojo temperatūrą"), kuri priklauso nuo ŽPAEI įtraukimo į AT-CŠT tinklą taško ir nuo priimto technologinio sprendimo. Tokios temperatūros skalės kairėje pusėje yra pagrindinės galimos ŽPAEI sprendimai su atitinkamais galimais temperatūros intervalais, sugrupuoti pagal nuolatiniai arba nenuolatiniai energijos ištekliai. Pastaruoju atveju visada reikia naudoti šiluminės energijos kaupiklį (TES), kuris būtų tinkamos temperatūros, o nepertraukiamam energijos šaltiniui TES naudojimas gali būti naudingas (reguliavimo ir valdymo galimybių požiūriu), tačiau TES naudojimas nėra privalomas. 20 pav. kairėje pusėje pateiktos pagrindinės iki šiol aprašytos modernizavimo technologijos, nurodant dažnesnę jų taikymo sritį pagal temperatūrą. Nors šis paveikslas kol kas yra kokybinis, neabejotinai naudinga suprasti, kokius LGERS galima naudoti tam tikrai taikymo srities darbinei temperatūrai ir kokią modernizavimo technologiją galima naudoti tam pačiam tiekimo temperatūros lygiui pasiekti. Pavyzdžiui, jei mūsų darbinė temperatūra yra apie 120 °C, iš 20 paveikslėlio eskizo aiškiai matyti, kad vienintelė saulės energijos technologija, galinti užtikrinti tokią aukštą temperatūrą, yra paraboliniai saulės kolektoriai, o jei norime naudoti tik žemės arba išorinės aplinkos (apie 5 ÷ 10 °C) energijos išteklius (orą, upes arba ežerus), reikalingas ne tik garų suspaudimo šilumos siurblys (VC-HP), bet ir nuosekliai sujungta antroji modernizavimo technologija, pavyzdžiui, absorbcinis šilumos siurblys (ABS-HP), kurio dažnai gali nepakakti, arba net garo VP-HP arba MVR.



20 paveikslas. AT-CŠT darbinės temperatūros (centrinė temperatūros skalė) susiejimas su kai kuriomis ŽPAEI (kairėje) ir galimomis modernizavimo technologijomis (dešinėje). Tiesioginiai biomasės ir biodujų deginimo procesai neįtraukti (kreditas: UNIGE).

Toliau keli techninio sprendimo / integravimo strategijos pavyzdžiai apibendrinami supaprastintų duomenų lapų forma.

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 01 (KOGENERACINĖ ELEKTRINĖ+ SAULĖS VIDUTINĖ / AUKŠTA TEMPERATŪRA CŠT GRĮŽTANČIOJE LINIJOJE)

01

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 01 Vidutinės / aukštos temperatūros saulės energijos integravimas (parabolinė saulės energija) su TES į kogeneracines sistemas

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☒ Kogeneracija . ☐ Naujas integravimo taškas / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120°C ☒ Grįžimas/ 60°C
☒ Nėra (kogeneraciniame ekonomizaizeryje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☒ Saulės ☐ Geoth.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

Modernizavimo technologija

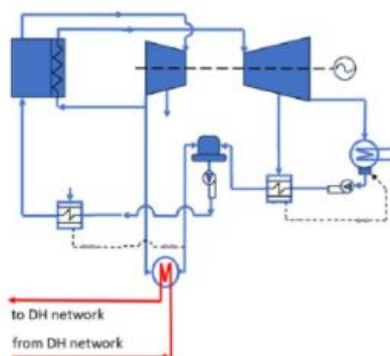
☒ TES ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas tinkle

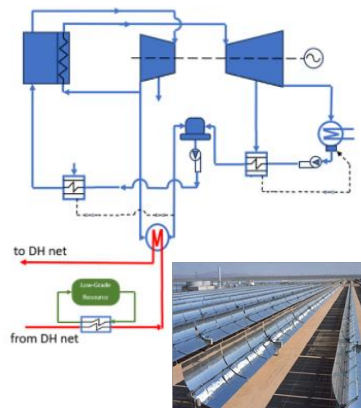
☐ Paskirstytas išilgai CŠT

Bendras sistemos aprašymas

Jau esamo įrenginio koncepcija - ekstrakcinė/kondensacinė kogeneracinė elektrinė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su tiesioginiu saulės energijos integravimu



Nagrinėjamai ŽPAEI nereikia specialios šiluminio patobulinimo technologijos, nes dėl saulės energijos koncentracijos darbinė temperatūra paprastai būna pakankamai aukšta. Norint tinkamai susieti AT-CŠT poreikius su saulės energijos šaltiniu, visada reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį).

Nagrinėjamoje supaprastintoje kogeneracinės jėgainės konfigūracijoje (tradicinis garų ciklas, kūrenamas anglimis, kairėje pusėje) naudojamas garo nuėmimą prieš žemo slėgio turbiną, kad būtų patenkintas HT šilumos poreikis. Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką (dešinėje esančioje schemoje pažymėtas žaliai), kad būtų iš anksto pašildytas CŠT grįžtamasis vamzdynas ir patenkintas pageidaujamas % CŠT šilumos poreikio. Jis gali veikti kaip integracija, perimdama dalį priskirto CŠT poreikio, arba kaip grynasis šiluminės energijos papildymas. Faktinis kiekis (dalis) priklauso nuo naujo šaltinio temperatūros prieinamumo ir nuo to, kiek % sutaupoma įrengtos AEI galios (saulės lauko plotas, paduodamos sąnaudos ir t. t.).

Valdymo strategija lemia faktinį išmetamųjų teršalų kiekį ir iškastinio kuro sutaupymą (FFS), priklausomai nuo galimybės eksploatuoti jėgainę mažesne elektros galia arba turbinos galia turi būti fiksuota. Visada privaloma tinkamai saugoti šiluminę energiją (TES).

Bazinės sistemos FFS galima padidinti 10-15 %. Darant prielaidą, kad iškastinio kuro suvartojimas bus įprastinis, lyginant su bazine sistema, galima sutaupyti 15-20 %, kai įgyvendinama kaip integracija. Veikiant su grynąja pridėtine galia ir todėl teikiant centralizuotam šilumos tiekimui skirtos šiluminės galios didesnės už pradinę, šie rodikliai nebėra labai naudingi.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: Saulės parabolinis kolektorius

TPL: 10 - Gera sukurta ir prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 220 °C.

Integracijos darbinė temperatūra: iki kogeneracinės jėgainės tarpinės temperatūros (ekonomaizerio).

Numatomas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) 15÷ 20 %.

Įrengimo sąnaudos: 3500÷ 6000 €/kWt, maksimali galia (etaloninė maksimali instaliacija 1000 W/m²)

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš parabolinių saulės kolektorių sistemų, kaina gali skirtis priklausomai nuo keleto veiksnių, įskaitant pradines investicijas, sistemos efektyvumą, priežiūros išlaidas ir vietinius saulės energijos išteklius. Paprastai parabolinių lovių saulės energijos sistemų šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija su esamu šilumos gamybos įrenginiu - Galimybė padidinti vartotojams tiekiamą šiluminę galią - Didelė FFS	- „Integravimo“ režimu neleidžia sutaupyti daug iškastinio kuro. - Neleidžia efektyviai išnaudoti aukštos temperatūros šaltinių

Pagrindinės rekomendacijos

- **Pagrįstai rekomenduojama naudoti ir esant vidutinei ŽPAEI temperatūrai (<110 °C).**

- **Rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią.**

- **Nerekomenduojama naudoti su aukštos temperatūros ŽPAEI šaltiniais**

Esant aukštai temperatūrai (ŽPAEI galima naudoti aukštesnėje nei 140 °C temperatūroje) siūloma tiesiogiai prijungti prie AT-CŠT tinklo tiekimo linijos, taip užtikrinant 100 % FFS TŠS ir labai padidinant kogeneracinės elektrinės galią bei efektyvumą (tinkamai įrengus).

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 02 (KOGENERACINĖS JĖGAINĖS VIDUJE: ANTŽEMINĖ HP+ ABS-HP ANT CŠT GRĮŽTANČIOJI LINIJA)

02

Techninis sprendimas / integracijos strategija n. 02 **Vidutinės ir (arba) aukštos temperatūros antžeminė kogeneracinė elektrinė, sujungta su absorbcine šilumos siurbliu su TES pačioje kogeneracinės elektrinės**

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ Kogeneracinė elektrinė ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) CŠT temperatūra
☒ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra (kogeneracinės jėgainės viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės ☒ Geoth.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

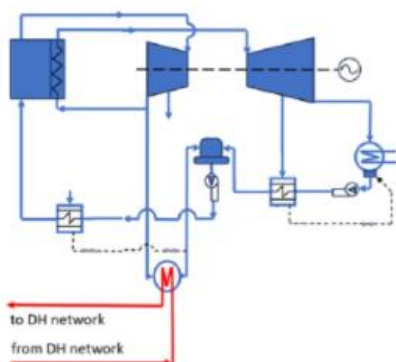
Modernizavimo technologija

- ☐ TES+ ☒ VC-HP
☐ MVR ☒ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

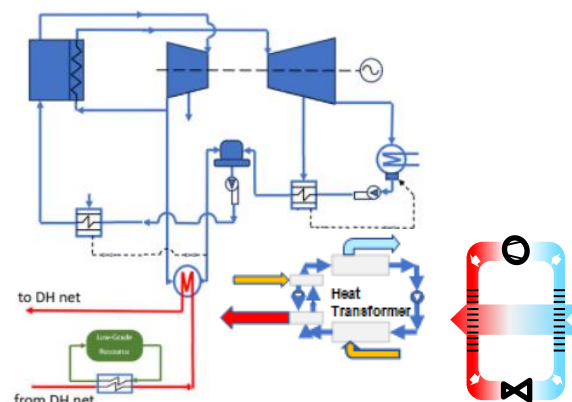
Intervencijos strategija (lokacija): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai šilumos tiekimo tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esama įrenginio koncepcija – Ekstrakinė / kondensacinė kogeneracinė elektrinė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su antžeminės HE integracija



Šilumos transformatorius antžeminė HP

Svarstomas sprendimas panašus į sprendimą Nr. 1 (tradicinis garo ciklas, kūrenamas anglimis, kairėje pusėje), tačiau jame naudojama šiluminio patobulinimo technologijų kaskada, pradedant nuo žemės šilumos šaltinio (temperatūra apie 5÷ 10 °C visus metus) su VC-HP, kad būtų gautas 60÷ 70 °C šilumos šaltinis, kuris gali būti patobulintas naudojant šilumos transformatorių iki maždaug 100÷ 110 °C darbinės temperatūros. Norint tinkamai susieti AT-CŠT poreikius ir ŽPAEI su kogeneracinės jėgainės veikimu, visada reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį).

ŽPAEI eksploatacija yra tokia pati, kaip nurodyta duomenų lape Nr. 1, su žaliai pažymėtu šilumokaičiu, naudojamu CŠT grįžtamajai linijai iš anksto pašildyti, patenkinant pageidaujamą CŠT šilumos poreikių dalį. Dėl temperatūros apribojimų jis gali būti naudojamas kaip integravimo įrenginys, prisiimantis dalį

paskirtojo CŠT poreikio. Faktinis kiekis priklauso nuo naujojo šaltinio (antžeminis HP + ABS-HP) temperatūros prieinamumo ir santykinio įrengtos kaskadinės šilumos siurblių sistemos sutaupymo.

Darant orientacinę prielaidą, kad iškastinio kuro suvartojimas bus įprastas, sutaupymai, palyginti su bazine sistema, gali siekti 15-20 %, kai sistema įdiegta kaip integracija. Eksploatuojant su grynuoju pridėtinu galios, todėl centralizuotam šilumos tiekimui suteikiama didesnė nei pradinė šiluminė galia, išsamioje analizėje turi būti nustatyti tinkami rodikliai.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės šilumos siurblys (žemės VC-HP)+ Absorbcinis šilumos siurblys (ABS-HP).

TPL: 9÷ 10 - Gerai parengta ir prieinama technologija, kurią sunku taikyti realiai. Turėtų būti numatytos ir gerai parengtos bandomosios ABS-HP jėgainės.

ŽPAEI darbinė temperatūra: apatinė grunto VC-HP temperatūra iki 70 °C (COP yra 3,8, o ekserginis efektyvumas - 0,5). viršutinio šilumos transformatoriaus temperatūra - iki 110 °C (ekserginis efektyvumas - 0,35). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamias analizes.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 110 °C, kogeneracinės jėgainės tarpinio slėgio ekonomiaizeryje.

Tikėtinas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) 15÷ 20 % (ribotas dėl kogeneracijos režimo).

Įrengimo išlaidos: 500÷ 900 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiamą esant aukštesnei temperatūrai)+ žemės lauko šilumokaitis (gana skirtingos, priklausomai nuo išdėstymo, dydžio ir žemės pobūdžio).

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš grunto šilumos siurblio, sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana nedidelės, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas, susijusias su palyginti didelėmis kombinuotos sistemos priežiūros išlaidomis. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutines vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija su esama CŠT jėgaine. - Galimybė padidinti vartotojams tiekiamą šiluminę galią. - Geri taupymo rodikliai.	- "Integracijos" režimu negalima sutaupyti daug iškastinio kuro. - Šilumos transformatorių naudojimas ne taip plačiai paplitęs - Jo kainai didelę įtaką daro žemės lauko šilumokaičio konfigūracija.

Pagrindinės rekomendacijos

- **Pagrįstai rekomenduojama naudoti su vidutinės temperatūros ŽPAEI (<110 °C).**
 - **Rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią.**
 - **Neįmanoma pasiekti aukščiausios darbinės temperatūros AT-CŠT tinkle**
- Gali prireikti tam tikro kogeneracinės jėgainės pritaikymo. Galima būtų numatyti vieną bandomąjį įrenginį.**

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 03 (KOGENERACINĖS JĖGAINĖS ANTŽEMINĖ HP+ GARO HP ANT CŠT TIEKIMO LINIJOJE)

03

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 03 geoterminės HP+ aukštos temperatūros garo HP integravimas į kogeneracijos sistemas

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ Kogeneracinė elektrinė ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) CŠT temperatūra
☒ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☒ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

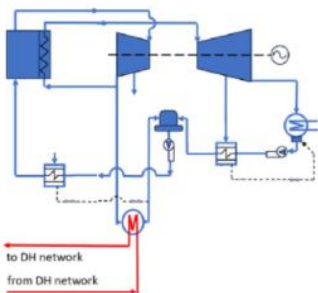
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

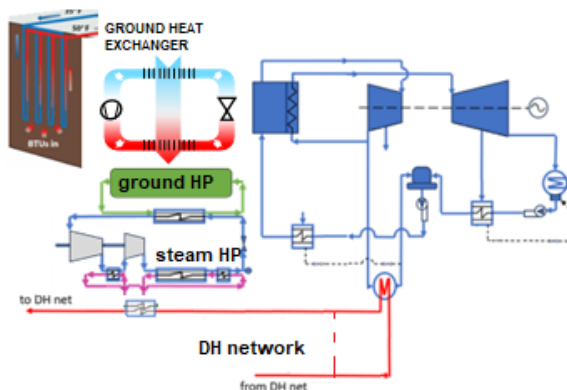
Intervencijos strategija (lokacija): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai šilumos tiekimo tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esama įrenginio koncepcija – Ekstrakcinė / kondensacinė kogeneracinė elektrinė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su antžeminės HE integracija



Kadangi gruntinių šilumos siurblių darbinė temperatūra yra <70 °C, naudojant MVR technologiją uždaro ciklo konfigūracijoje (garo šilumos siurblys) galima pasiekti iki 160 °C temperatūrą, kuri yra pakankama, kad ją būtų galima naudoti karšto vandens tiekimo tinkle. TES (šiluminės energijos kaupiklis) galėtų būti naudingas siekiant pagerinti kontrolės sistemos valdymą prijungiant kogeneracinių jėgainių veiklą prie CŠT poreikių.

Nagrinėjamoje supaprastintoje kogeneracijos konfigūracijoje (tradicinis garų ciklas, kūrenamas anglimis, kairėje pusėje) naudojamas garo išgavimas prieš žemo slėgio turbiną, kad būtų patenkintas šilumos poreikis. Dešinėje esančioje schemoje žaliai pažymėti ŽPAEI, kurie, pasitelkdami integravimo technologiją, palaiko CŠT tiekimo liniją ir padengia pageidaujamą CŠT šilumos kiekį. Užtikrinamas tiksliai sureguliuotas kogeneracinės jėgainės veikimas. Ji gali veikti kaip integracija, perimdama dalį priskirto CŠT poreikio, arba kaip grynasis šiluminės galios papildymas, paliekant CŠT tinklo grįžtamajai linijai tik

CŠT vėsinimo funkciją. Faktinis kiekis priklauso nuo naujojo šaltinio temperatūros prieinamumo ir nuo to, kiek % sutaupoma įrengtos AEI galios (žemės laukas, žemės šilumokaičio lauko sąnaudos ir t. t.). Taip pat galima apeiti kogeneracinę sistemą (punktą raudona linija), padidinant kogeneracinės sistemos efektyvumą ir tiesiogiai naudojant elektros energiją HP kaskados darbui, kad būtų teikiamos 100 % CŠT paslaugos.

Darant prielaidą, kad iškastinio kuro suvartojimas bus įprastas, sutaupoma įgyvendinus integraciją, bazinė sistema gali siekti 15-20 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: geotermiškas šilumos siurblys+ garo suspaudimo šilumos siurblys

TRL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas.

ŽPAEI darbinė temperatūra su integracija: iki 150÷ 170°C°.

Darbinė temperatūra su integracija: iki CŠT tiekimo temperatūros. CŠT grįžtamąją liniją vis dar galima naudoti kogeneracinės jėgainės tarpinės temperatūros ekonomizatoriaus aušinimui (nereikia keisti kogeneracinės jėgainės). Esant apylankos konfigūracijai, kai kurie CHP pakeitimai yra privalomi.

Numatomas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) 15÷ 20 % ar net daugiau, neįskaitant HŠ sistemų elektros energijos sąnaudų, kurių vertinimas turi būti atidžiai apsvarstytas, remiantis faktinėmis darbinėmis temperatūromis (bendra COP_{HP} reikšmė yra iki 2,4).

Įrengimo išlaidos: 350÷ 400 €/kW (HP)+ 400÷ 500 €/kW (garo HP)+ žemės lauko šilumokaitis (labai skiriasi priklausomai nuo konfigūracijos) garo šilumos siurbliams¹.

Energijos sąnaudos: Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vienetų gamybos sąnaudos per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vienetų kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integruoti į esamą šilumos gamybos įrenginį ir gerai susieti su aukštomis temperatūromis. - Galimybė padidinti vartotojams tiekiamą šiluminę galią. - Geri taupymo rodikliai.	- "Integravimo" režimu negalima sutaupyti daug iškastinio kuro.

Pagrindinės rekomendacijos

- Pagrįstai rekomenduojama naudoti ir esant vidutinei ŽPAEI temperatūrai (<110 °C).
- Rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią.
- Taip pat taikytinas ir esant aukštai CŠT tiekimo temperatūrai.

04

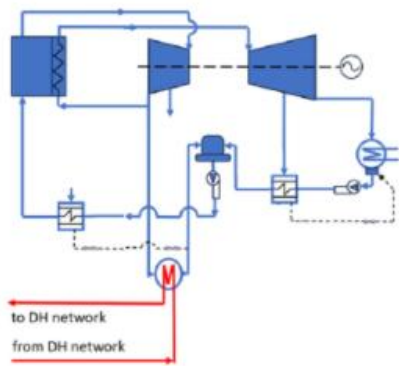
Techninis sprendimas / integravimo strategija N Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 04. Vidutinės temperatūros saulės energijos integravimas (plokščioji, evakuacinė) su TES į kogeneracines sistemas

Pagrindinė etaloninė technologija ☐ Katilas ☒ Kogeneracinė elektrinė ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) ČŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☒ Nėra (kogeneracinės jėgainės viduje)	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☒ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☐ VC-HP ☐ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☒ Nėra
---	---	--

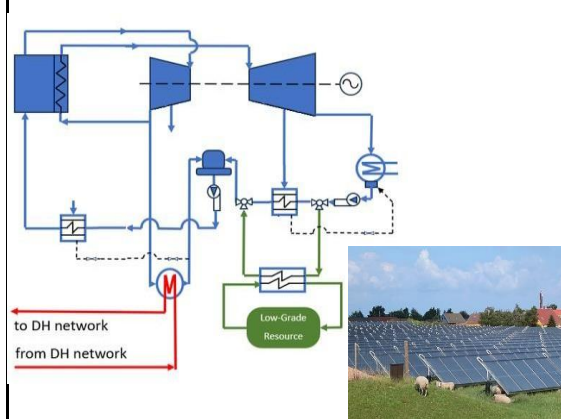
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Jau esamo įrenginio koncepcija - ištraukimo/ kogeneracija (supaprastinta)



Nauja tiesioginio saulės energijos integravimo į kogeneraciją koncepcija



Nagrinėjamai ŽPAEI nereikia specialios šiluminio modernizavimo technologijos, jei kogeneracinės jėgainės kondensatoriaus temperatūra yra žema. Saulės kolektoriaus darbinė temperatūra paprastai būna pakankamai aukšta, o įterpimo taško temperatūra yra palyginti žema. Norint tinkamai susieti kogeneracijos poreikius su saulės energijos šaltiniu, visada reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį).

Nagrinėjamoje kogeneracijos bazinėje konfigūracijoje (tokia pati kaip duomenų lape Nr. 1, 2 ir 3 - tradicinis anglimis kūrenamas kuras, kairėje pusėje) iš mažo slėgio garo turbinos išgaunamas garas naudojamas kondensatoriaus skysčio išėjimui iš anksto pašildyti. Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žaliai, ant vidutinio slėgio linijos, lygiagrečiai su pirmuoju maitinamojo vandens šildytuvų rinkiniu, apimantį norimą (nedidelį) kogeneracinės jėgainės šilumos poreikio. Faktinis integravimo % kiekis yra nedidelis dėl įterpimo taško padėties, be to, ŽIPŠEI šaltinis turi tiekti žemos temperatūros energiją, žemesnės nei 60÷ 80 °C. Faktinis kiekis (dalis) priklauso nuo naujojo šaltinio

temperatūros prieinamumo ir nuo % sutaupyto įrengtos AEI galios (saulės lauko ploto, paduodamų sąnaudų ir t. t.).

Kontrolės strategija lemia faktinį išmetamųjų teršalų ir iškastinio kuro sutaupymą (FFS), tačiau jis paprastai būna gana nedidelis: darant prielaidą, kad įprastinis iškastinio kuro suvartojimas bus toks pat, kaip įprasta, sutaupoma palyginti su bazine sistema, gali siekti 2-3 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: Plokštieji saulės kolektoriai / evakuaciniai vamzdiniai saulės kolektoriai

TPL: 10 - Pigi, gerai žinoma ir prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 60 °C (plokščioji plokštė) ÷ 100 °C (evakuaciniai vamzdžiai).

Integracijos darbinė temperatūra: paprastai iki kogeneracinės jėgainės kondensatoriaus temperatūros ir pirmojo komplekto paduodamo vandens šildytuvų temperatūros.

Numatomas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) 2 ÷ 3 %.

Įrengimo išlaidos: 350 ÷ 700 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiama esant aukštesnei temperatūrai) + TES

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš plokščiųjų saulės kolektorių, sąnaudos nėra tokios didelės, net jei reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas dėl santykinai didelių evakuacinių vamzdžių konfigūracijos techninės priežiūros išlaidų. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, EUR/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Ją galima tiesiogiai įgyvendinti naudojant labai žemos temperatūros šaltinius - iki 35 °C.	- Ribotas iškastinio kuro taupymas. - Ribotas galios integravimo mastas. - Ji neleidžia efektyviai integruoti.
Pagrindinės rekomendacijos	
- - Nerekomenduojama	

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 05 (KOGENERACINĖS JĖGAINĖS VIDUJE: SAULĖS ENERGIJOS KONCENTRACIJA AUKŠTA TEMPERATŪRA AUKŠTO SLĖGIO EKONOMAIZERYJE)

05

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 05. Saulės integravimas (parabolinė saulė per) su TES kogeneracinėse sistemose

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ Kogeneracinė elektrinė ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) ČŠT temperatūra
- ☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
- ☒ Nėra (kogeneracinės jėgainės viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☒ Saulės energija
- ☐ Geoterminė energija.
- ☐ Atliekos ☐ Biomasė
- ☐ Kita

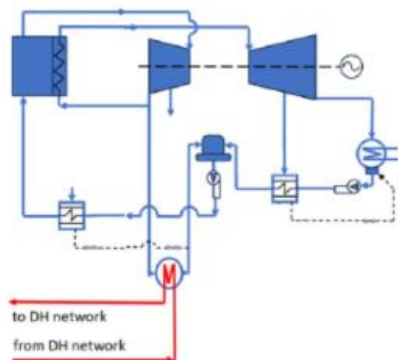
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☐ VC-HP
- ☐ MVR ☐ ABS-HP
- ☐ Kita ☒ Nėra

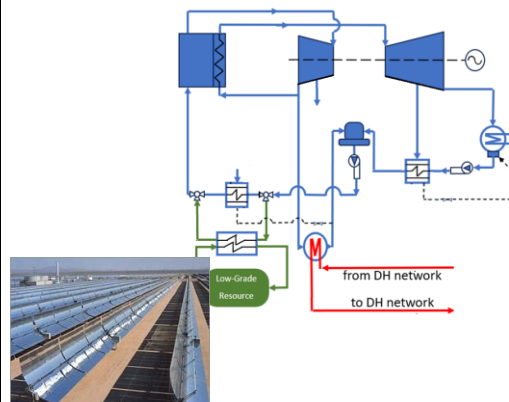
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - ekstrakcinė/kondensacinė kogeneracinė elektrinė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su tiesioginiu saulės energijos integravimu



Nagrinėjamai ŽPAEI nereikia specialios šiluminės modernizacijos technologijos, nes dėl saulės energijos koncentracijos darbinė temperatūra paprastai yra pakankamai aukšta. Visada reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį), kad būtų galima tinkamai susieti jėgainės šiluminius poreikius su saulės energijos šaltiniu.

Nagrinėjamoje kogeneracinės jėgainės konfigūracijoje (tradicinė anglimis kūrenama jėgainė, kairėje pusėje) šilumos poreikiui palaikyti naudojamas garo nuėmimas iš garų garo turbinos prieš patekimą į žemo slėgio turbiną. Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žaliai, ant aukšto slėgio linijos, lygiagrečiai su aukštos temperatūros paduodamo vandens šildytuvų rinkiniu, tenkinant pageidaujamą katilo šilumos poreikio %. Maitinimo vandens šildytuvų indėlio galima visiškai atsisakyti.

Ši konfigūracija gali veikti kaip katilo pašildytuvai, kai naudojama su ŽPAEI šaltiniais, galinčiais užtikrinti temperatūrą nuo 130 °C iki 250 °C, tačiau ji gali iš dalies arba visiškai pakeisti katilą, jei pridėtas šaltinis

gali užtikrinti temperatūrą iki maksimalios jėgainės temperatūros (pvz., 500 °C÷ 600 °C). Taigi integracijos apimtis taip pat gali būti labai didelė.

Faktinis išmetamųjų teršalų kiekis ir iškastinio kuro sutaupymas (FFS), paprastai didelis, priklausys nuo pirmiau minėto veikimo būdo: iškastinio šildymo arba katilo pakeitimo. Jei naudojamas iškastinis šildymas, bazinės sistemos FFS gali padidėti iki maždaug 20 %.

Akivaizdu, kad katilą visiškai pakeitus ŽPAEI, sutaupoma 100 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: Saulės parabolė per

TPL: 10 - Gerai žinoma ir prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 260 °C.

Paduodama darbinė temperatūra: iki 250 °C (iškastinis šildymas)/500 °C (katilo keitimas).

Numatomas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) - apie 20 %, priklausomai nuo integracijos lygio (100 %, jei galima pakeisti katilą).

Įrengimo išlaidos: 3500÷ 6000 €/kWt, maksimali vertė (etaloninė maksimali apkrova 1000W/m²) + Kogeneracijos pakeitimo sąnaudos

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš parabolinių saulės sistemų, sąnaudos gali skirtis priklausomai nuo kelių veiksnių, įskaitant pradines investicijų sąnaudas, sistemos efektyvumą, priežiūros sąnaudas ir vietinius saulės energijos išteklius. Paprastai parabolinių lovių saulės energijos sistemų šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Ji gali visiškai pakeisti iškastinio kuro naudojimą. - Labai geri taupymo rodikliai.	- Nelengvai įgyvendinama, kaip CŠT grįžtamojoje linijoje (dideli pokyčiai kogeneracinėje jėgainėje). - Ji neleidžia eksploatuoti žemos temperatūros šaltinių.

Pagrindinės rekomendacijos

- **Rekomenduojama tiek visiškai, tiek iš dalies pakeisti iškastinį kurą.**
- **Reikalingi vidutinės ir aukštos temperatūros šaltiniai (Netinka naudoti su vidutinės temperatūros šaltiniais, <140 °C).**

06

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 06. Vidutinės aukštos temperatūros ATLIEKINĖS ŠILUMOS integravimas su TES kogeneracinėse sistemose

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ Kogeneracinė
elektrinė ☐ Nauja integravimo taško
ir (arba) CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis
srautas/ 60 °C
☒ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos
ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

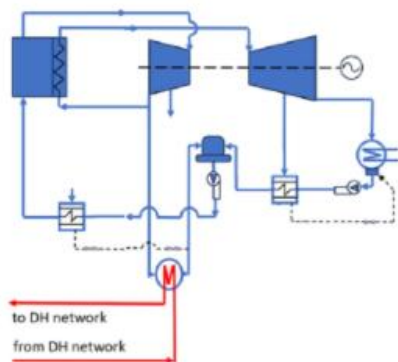
Modernizavimo
technologija

- ☒ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

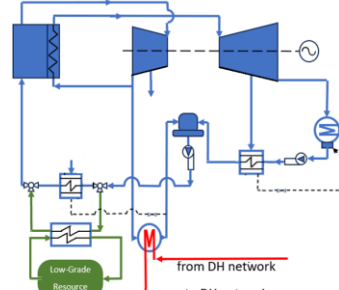
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai šilumos tiekimo tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - kondensacinė kogeneracinė jėgainė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su tiesioginiu šilumos atliekų integravimu



Norint tinkamai susieti kogeneracinės jėgainės šiluminius poreikius su atliekines šilumos šaltiniu, visada reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį).

Nagrinėjamoje kogeneracinės jėgainės konfigūracijoje (tradicinis anglimis kūrenamas įrenginys, kairėje) kogeneracinės jėgainės šilumos poreikiams tenkinti naudojamas garo išgavimas iš garų garo turbinos prieš patekimą į žemo slėgio turbiną. Galima įrengti pramoninių atliekų šiluminę jungtį, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, ant aukšto slėgio linijos, lygiagrečiai su aukštatemperatūrų paduodamo vandens šildytuvų rinkiniu, taip patenkinant pageidaujama katilo šilumos poreikį dalį. Maitinimo vandens šildytuvų indėlio galima visiškai atsisakyti (taip padidinant elektros energijos gamybą).

Ši konfigūracija gali veikti kaip katilo pašildytuvas, kai naudojama su atliekinės šilumos šaltiniais, galinčiais užtikrinti temperatūrą nuo 130 °C iki 250 °C (pvz., variklių ir turbinų išmetamosios dujos, džiovyklų šiluma, cheminiai reaktoriai), tačiau ji gali iš dalies arba visiškai pakeisti katilą, jei pridėtas

šaltinis gali užtikrinti temperatūrą iki maksimalios įrenginio temperatūros (pvz., 500 °C ÷ 600 °C) (pvz., pramoninių krosnių, deginimo krosnių išmetamosios dujos). Taigi, integravimo kiekis taip pat gali būti labai didelis.

Faktinis išmetamųjų teršalų kiekis ir iškastinio kuro sutaupymas (FFS), paprastai didelis, priklausys nuo pirmiau minėto veikimo būdo: išankstinio šildymo arba katilo pakeitimo. Jei naudojamas išankstinis šildymas, bazinės sistemos FFS gali padidėti iki maždaug 10 %.

Akivaizdu, kad katilą visiškai pakeitus ŽPAEI, sutaupoma 100 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: pramoninė atliekinė šiluma

TPL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 400 °C ir daugiau (priklauso nuo pramonės šakos).

Immisijos darbinė temperatūra: iki 250 °C (išankstinis pašildymas)/500 °C (katilo pakeitimas).

Numatomas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) apie 20 % (100 %, jei galima pakeisti katilą).

Įrengimo išlaidos: Jos gali būti nedidelės (kai kurių įrenginių išdėstymas ir nedaug šilumokaičių), tai susiję su konkrečia situacija.

Energijos sąnaudos: turi būti nustatytos konkrečiu atveju, nes jos susijusios su įrengimo sąnaudomis.

Stiprumas	Silpnybė
- Ji gali visiškai pakeisti iškastinio kuro naudojimą. - Labai geri taupymo rodikliai.	- Nelengvai įgyvendinamas, kaip CŠT grįžtamojoje linijoje. - Neleidžia naudoti žemos temperatūros šaltinių.

Pagrindinės rekomendacijos

Rekomenduojama tiek visiškai, tiek iš dalies pakeisti iškastinį kurą.

Reikalingi vidutinės ir aukštos temperatūros šaltiniai (Netinka naudoti su vidutinės temperatūros šaltiniais , <140 °C).

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 07 (SAULĖS ENERGIJA BP-CHP – AUKŠTA TEMPERATŪRA)

07

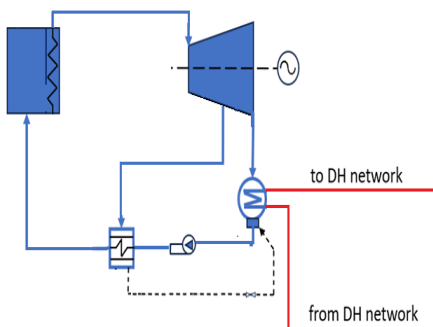
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 07. Vidutinės ir aukštos temperatūros saulės šilumos integravimas (parabolinė saulės energija per) su TES į kogeneracinių jėgainių priešslėgio sistemas

Pagrindinė etaloninė technologija ☐ Katilas ☒ Kogeneracinė elektrinė ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) CŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☒ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☒ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☐ VC-HP ☐ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☒ Nėra
---	---	--

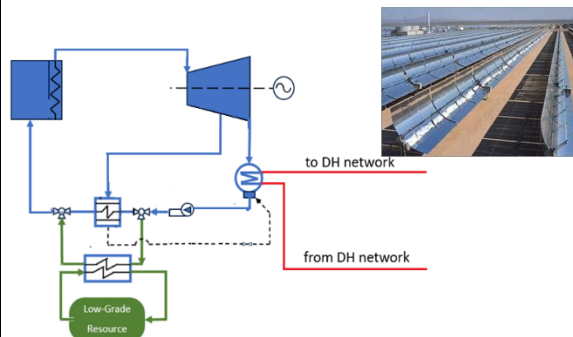
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai šilumos tiekimo tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija – **priešslėgio kogeneracija** (supaprastinta)



Nauja kogeneracijos koncepcija su tiesioginiu saulės energijos integravimu į CŠT tiekiamo vandens šildytuvą



Nagrinėjama kogeneracinės jėgainės konfigūracija (tradicinė, kūrenama anglimis, kairėje) yra priešslėgio sistema su viena turbina, kurioje šilumos poreikiui užtikrinti naudojamas santykinai aukšto slėgio garo kondensatas. Palyginti su ankstesnėmis gavybos ir (arba) kondensavimo konfigūracijomis, priešslėgio sistema neišskirsto šilumos į aplinką, todėl jos bendras energinis naudingumo koeficientas yra lygus vienetui. Kita vertus, jos energijos konversijos (elektros) efektyvumas paprastai būna mažas arba labai mažas dėl aukštos kondensacijos temperatūros ir mažo turbinos izentropinio efektyvumo, kuris dažnai pritaikomas nuimant paskutiniųjų menčių rotorius (be skysčio srauto optimizavimo).

Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, ant aukšto slėgio linijos, lygiagrečiai su paduodamo vandens šildytuvo komplektu, kad būtų patenkintas norimas šilumos poreikio procentas. Maitinimo vandens šildytuvų indėlio galima visiškai atsakyti. Jis gali veikti kaip katilo pašildytuvai, kai naudojamas su ŽPAEI šaltiniais, galinčiais užtikrinti temperatūrą nuo 130 °C iki

250 °C, tačiau jis gali iš dalies arba visiškai pakeisti katilą, jei pridėtas šaltinis gali užtikrinti temperatūrą iki maksimalios jėgainės temperatūros (pvz., 500 °C - 600 °C). Taigi integracijos apimtis taip pat gali būti labai didelė. Faktinis išmetamųjų teršalų kiekis ir iškastinio kuro sutaupymas (FFS), paprastai didelis, priklausys nuo pirmiau minėtas veikimo režimas: papildomas šildymas arba katilo pakeitimas. Išankstinio šildymo atveju FFS bazinės sistemos galia gali padidėti iki maždaug 18 %, t. y. daugiau, palyginti su ekstrakcine / kondensacine kogeneracine sistema. Akivaizdu, kad katilą visiškai pakeitus ŽPAEI, sutaupymas sieks 100 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: Parabolinė saulės energija per TPL: 10 - Gerai žinoma ir prieinama technologija
ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 220 °C

Integracijos darbinė temperatūra: iki kogeneracinės jėgainės tarpinės temperatūros (ekonomaizerio) (apie 200 °C).

Numatomas našumas: FFS (iškastinio kuro taupymas) apie 15÷ 20 %.

Įrengimo sąnaudos: 3500÷ 6000 €/kWt, maksimali galia (etaloninė maksimali saulės spinduliuotė 1000W/m²)

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš parabolinių saulės lovių sistemų, kaina gali skirtis priklausomai nuo keleto veiksnių, įskaitant pradines investicijas, sistemos efektyvumą, priežiūros išlaidas ir vietinius saulės energijos išteklius. Paprastai parabolinių lovių saulės energijos sistemų šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Ji gali visiškai pakeisti iškastinio kuro naudojimą. - Labai geri taupymo rodikliai.	- Nelengvai įgyvendinamas, kaip CŠT grįžtamojoje linijoje. - Neleidžia naudoti žemos temperatūros šaltinių.

Pagrindinės rekomendacijos

- **Rekomenduojama iš dalies pakeisti iškastinį kurą (visiškai pakeisti tik esant aukštomis temperatūroms, pavyzdžiui, koncentruotos saulės energijos technologija).**

- **Reikalingi vidutinės ir aukštos temperatūros šaltiniai (negalima įgyvendinti naudojant vidutinės temperatūros šaltinius (<130 °C)).**

08

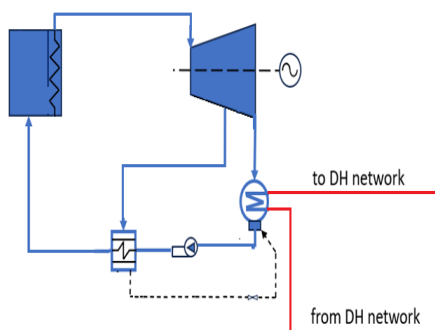
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 08. Gruntinio šilumos siurblio integracija + garo šilumos siurblys su TŠS kogeneracinėse priešslėgio sistemose

Pagrindinė etaloninė technologija ☐ Katilas ☒ BP_CHP ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) ČŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☒ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☐ Saulės energija ☒ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☒ VC-HP ☒ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☐ Nėra
---	---	---

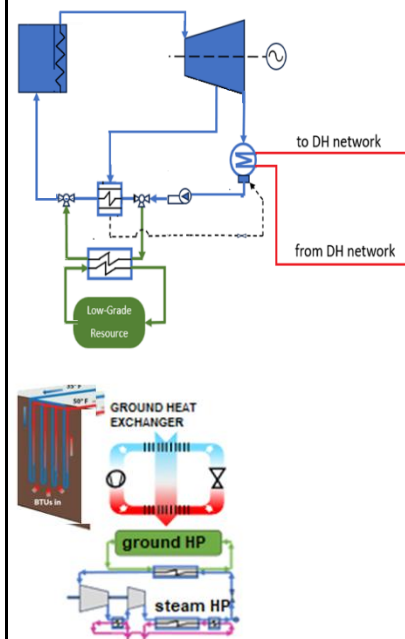
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija – **priešslėgio kogeneracija** (supaprastinta)



Nauja kogeneracijos koncepcija su žemės šaltinio integracija



Nagrinėjama kogeneracinės jėgainės konfigūracija (tradicinė, kūrenama anglimis, kairėje) yra priešslėgio sistema su viena turbina, o šilumos poreikiui užtikrinti ČŠT sistemoje naudojama santykinai aukšto slėgio garo kondensacija. Palyginti su ankstesnėmis gavybos ir (arba) kondensavimo konfigūracijomis, priešslėgio sistema neišskirsto šilumos į aplinką, todėl jos bendras energinis naudingumo koeficientas yra lygus vienetui. Kita vertus, jos energijos konversijos (elektros) naudingumo koeficientas paprastai būna mažas arba labai mažas dėl aukštos kondensacijos temperatūros ir mažo turbinos izentropinio

naudingumo koeficiento, kuris dažnai pritaikomas pašalinant paskutiniųjų menčių rotorius (be skysčio srauto optimizavimo).

Galima įrengti grūntinį geoterminį lauką (dešinėje esančioje schemoje pažymėtą žaliai) ant aukšto slėgio linijos, lygiagrečiai su paduodamo vandens šildytuvo komplektu, kuris patenkintų norimą kogeneracinės jėgainės šilumos poreikio dalį. Maitinimo vandens šildytuvų indėlio galima visiškai atsisakyti. Jis gali veikti kaip katilo pašildytuvas, su garo HP, sujungtas su tradiciniu geoterminiu šilumos siurbliu, galinčiu užtikrinti nuo 130 °C iki 180 °C temperatūrą. Faktinis išmetamųjų teršalų kiekis ir iškastinio kuro sutaupymas (FFS), kuris paprastai būna didelis, priklauso nuo modernizavimo efektyvumo ir išankstinio pašildymo efektyvumo. Bazinės sistemos FFS galima padidinti iki maždaug 20 %, tačiau reikia atsižvelgti į dviejų šilumos siurblių elektros energijos suvartojimą. Norint atlikti išsamią analizę, reikia atlikti galutinius skaičiavimus.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės šilumos siurblys (VC_HP)+ garo suspaudimo šilumos siurblys (MVR) **TPL:** 10 - Gera sukurta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas. **ŽPAEI darbinė temperatūra su integracija:** iki 150÷ 170 °C.

Darbinė temperatūra su integracija: iki kogeneracinės jėgainės išankstinio šildytuvo darbinės temperatūros. (reikalingi kogeneracinės jėgainės pakeitimai).

Numatomas našumas: FFS - 15÷ 20 % ar net daugiau, neskaitant elektros energijos sąnaudų HP sistemose, kurių vertinimas turi būti kruopščiai apsvarstytas, remiantis faktinėmis darbinėmis temperatūromis (bendros COP_{HP} eilės dydis yra 2,5).

Įrengimo išlaidos: 350÷ 400 €/kW_t (VC-HP) + 400÷ 500 €/kW_t (garo VC-HP) + žemės lauko šilumokaitis (labai skiriasi priklausomai nuo konfigūracijos)⁽²⁾.

Energijos sąnaudos: Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos gyvavimo laikotarpį, išreikštas sąnaudomis vienam energijos vienetui (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Jis gali visiškai pakeisti išankstinio šildytuvo poreikius. - Labai geri taupymo rodikliai.	- Gana žemas ciklo efektyvumas, tačiau sistema yra iš anksto įdiegta (tipiška priešslėgio kogeneracinė jėgainė). - Papildomos svarbios elektros energijos sąnaudos.

Pagrindinės rekomendacijos

- **Rekomenduojama iš dalies pakeisti iškastinį kurą (20 proc. sutaupymų), jei šilumos siurblių COP yra didelis.**
- **Reikalingas svarbus elektros energijos suvartojimas.**
- **Reikalingi vidutinės ir aukštos temperatūros šaltiniai (neįmanoma įgyvendinti naudojant vidutinės temperatūros šaltinius (<130 °C)).**

²<https://oilon.com/en-gb/products/oilon-chillheat-s-600-s-2000/>

09

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 09. Pramoninių atliekų integravimas+ su TES kogeneracinės elektrinės priešslėgio sistemose

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ BP_CHP ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☒ Nėra (kogeneracinės jėgainės viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

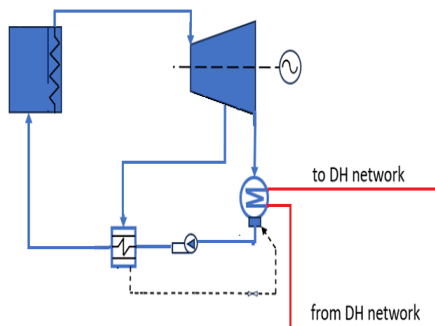
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☒ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

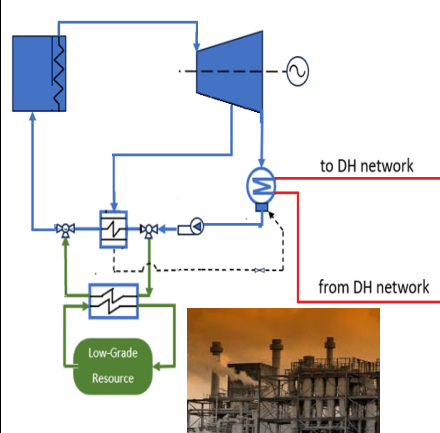
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija – **priešslėgio kogeneracija** (supaprastinta)



Nauja BP-CHP koncepcija su tiesioginiu atliekinės šilumos šaltiniu BP-CHP tiekiamo vandens šildytuve



Nagrinėjama BP-CHP konfigūracija (tradicinė, kūrenama anglimis, kairėje) yra priešslėgio sistema su viena turbina ir naudoja santykinai aukšto slėgio garo kondensaciją, kad užtikrintų ČŠT šilumos poreikį. Palyginti su kitomis gavybos / kondensavimo konfigūracijomis, priešslėgio sistema neišskirsto šilumos į aplinką, todėl jos bendras energinis naudingumo koeficientas yra lygus vienetui. Kita vertus, jos energijos konversijos (elektros) efektyvumas paprastai būna mažas arba labai mažas dėl aukštos kondensacijos temperatūros ir mažo turbinos izentropinio efektyvumo, kuris dažnai pritaikomas nuimant paskutinius rotorius su mentėmis (be skysčio srauto optimizavimo).

Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, schemeje dešinėje pažymėtą žalia spalva, ant aukšto slėgio linijos, lygiagrečiai su paduodamo vandens šildytuvo komplektu, kuris patenkintų norimą BP-CHP šilumos poreikio dalį. Maitinimo vandens šildytuvų indėlio galima visiškai atsisakyti. Jis gali veikti kaip katilo pašildytuvas, kai naudojamas su atliekinės šilumos šaltiniais, galinčiais užtikrinti nuo 130 °C iki 250 °C temperatūrą, tačiau jis gali iš dalies arba visiškai pakeisti katilą, jei pridėtas šaltinis gali užtikrinti

temperatūrą iki maksimalios jėgainės temperatūros (pvz., 500°C - 600°C). Taigi integracijos apimtis taip pat gali būti labai didelė. Faktinis išmetamųjų teršalų ir iškastinio kuro sutaupymas (FFS) paprastai yra didelis ir priklausys nuo pirmiau minėto veikimo būdo: iškastinio šildymo arba katilo pakeitimo. Iškastinio pašildymo atveju (tai turėtų būti labiausiai paplitęs atliekinės šilumos sprendimas) bazinės sistemos FFS gali būti padidintas iki maždaug 18 %, t. y. daugiau, palyginti su ištraukimo ir (arba) kondensavimo kogeneracine jėgaine. Akivaizdu, kad katilą visiškai pakeitus ŽPAEI, sutaupymas sieks 100%. Norint tinkamai sujungti kogeneracinės jėgainės šiluminę energiją su šilumine energija, visada reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį) su atliekinės šilumos šaltiniu.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: pramoninė atliekinė šiluma

TPL: 10 - Gera sukurta ir prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 400 °C ir daugiau (priklauso nuo pramonės šakos). Dauguma faktinių galimų temperatūrų yra žemesnės nei 205 °C.

Immisijos darbinė temperatūra: iki 250 °C (išankstinis pašildymas)/500 °C (katilo pakeitimas).

Numatomas našumas: FFS 15-20 % (100 %, jei galima pakeisti katilą).

Įrengimo sąnaudos: labai mažos (kai kurių įrenginių išdėstymas ir kelių šilumokaičių įrengimas).

Stiprumas	Silpnybė
- Gali visiškai pakeisti iškastinio kuro naudojimą - Labai geri taupymo rodikliai	- Gana žemas ciklo efektyvumas (būdinga anksčiau egzistavusios BP- CHP savybė). - Paprastai užtikrinama žemesnė karšto vandens temperatūra (<100 °C) nei - ištraukimo kogeneracijos

Pagrindinės rekomendacijos

- **Rekomenduojama tiek visiškai, tiek iš dalies pakeisti iškastinį kurą.**
- **Reikalingi vidutinės ir aukštos temperatūros šaltiniai (negalima naudoti su vidutinės temperatūros šaltiniais (<130 °C)).**

10

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 10 . Bendroji ŽPAEI ant kogeneracinių jėgainių priešslėginės grįžtamosios linijos

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ BP_CHP ☐ Nauja integravimo taško ir (arba) ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☒ Kita

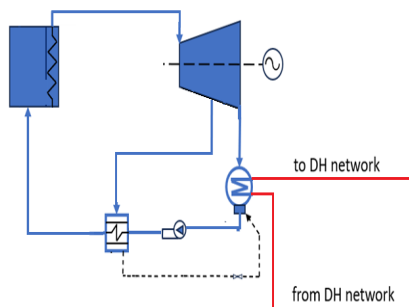
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

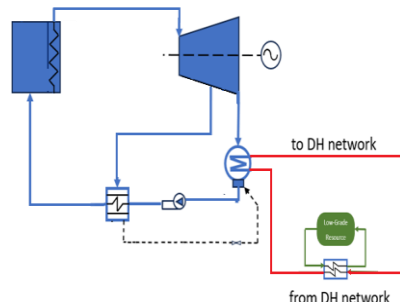
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija – priešslėgio kogeneracija (supaprastinta)



Nauja kogeneracijos koncepcija su tiesioginiu ŽPAEI šilumos šaltiniu ant ČŠT grįžtamosios linijos



Nagrinėjama kogeneracinės jėgainės konfigūracija (tradicinė, kūrenama anglimis, kairėje) yra priešslėgio sistema su viena turbina, kurioje garų kondensacija vyksta esant santykinai aukštam slėgiui, kad būtų užtikrintas 120 °C šilumos poreikis. Palyginti su kitomis gavybos ir (arba) kondensacijos konfigūracijomis, priešslėgio sistema neišsklaido šilumos į aplinką, todėl jos visuotinis energinis naudingumo koeficientas yra lygus vienetui (išnaudojama visa degimo energija). Kita vertus, jos energijos konversijos (elektros) efektyvumas paprastai būna mažas arba labai mažas dėl aukštos kondensacijos temperatūros ir mažo turbinos izentropinio efektyvumo, kuris dažnai pritaikomas nuimant paskutiniųjų menčių rotorius (be skysčio srauto optimizavimo).

Galima įrengti bendrą ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Deja, grįžtamojo slėgio sistema iš prigimties yra mažiau lanksti nei ištraukimo / kondensavimo sistemos. Kondensatorius suprojektuotas taip, kad duotų tam tikrą

šilumos kiekį, ir jei jis mažėja, nes ŽPAEI didina grįžtamosios linijos temperatūrą CŠT įrenginyje, kondensatorius negali tinkamai kondensuotis, todėl galima tik šiek tiek reguliuoti keičiant

iš turbinos išgaunamą masės srautą. Be to, negalima mažinti šilumos atidavimo kondensate, nebent atitinkamai sumažėtų elektrinės elektrinė galia, ir net tokiu atveju išlieka didelių reguliavimo problemų.

Todėl ŽPAEI gali tiekti labai mažą integracinę šiluminę galią. Taupymo rodikliams tai turi labai nedidelės įtakos.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: bet kokia, kai temperatūra siekia 130 °C

TPL: 10 - Gerai žinoma ir prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 130 °C

Integracijos darbinė temperatūra: iki kogeneracinės jėgainės kondensatoriaus temperatūros (apie 130 °C). **Tikėtinas našumas:** FFS 2÷ 3 % (nesumažinant elektros energijos gamybos arba ją sumažinant nežymiai) **Įrengimo sąnaudos:** priklauso nuo naudojamos ŽPAEI

Energijos sąnaudos: ŽPAEI sistemų šiluminės energijos sąnaudos gali skirtis priklausomai nuo kelių veiksnių, įskaitant pradinės investicijų sąnaudas, sistemos efektyvumą, priežiūros sąnaudas ir vietinius išteklius. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH),

t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį,

išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Nėra	- Labai mažas indėlis ir taupymas
Pagrindinės rekomendacijos	
- Nerekomenduojama, nebent sutinkama su dideliu elektros energijos sumažinimu.	

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 11 (KOGENERACIJA: PLOKŠČIAS SAULĖS KOLEKTORIUS+ GARO VC-HP ANT CŠT GRĮŽTAMOSIOS LINIJOS)

11

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 11 Vidutinės temperatūros plokščiasis saulės kolektorius, sujungtas su garo HP su TES prijungta prie CŠT grįžtamąsios linijos einančios į kogeneracijos sistemos šilumokaitį

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☒ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

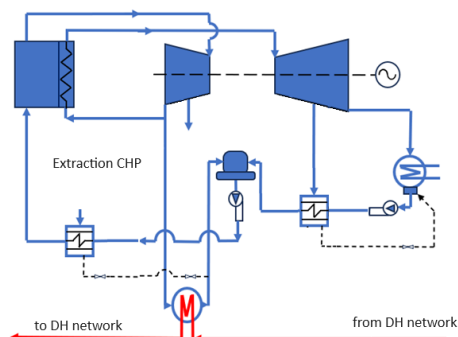
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

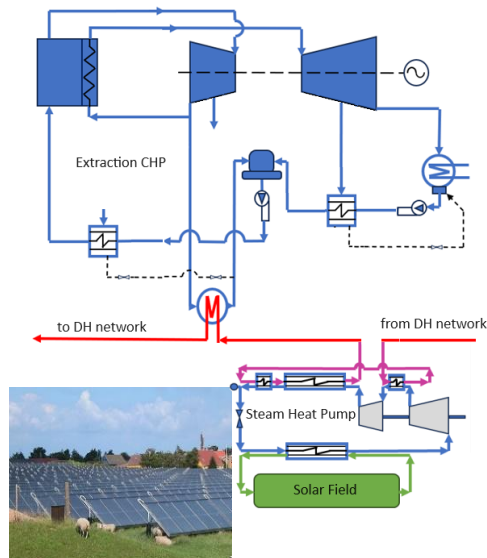
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai CŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esama įrenginio koncepcija - ekstrakcinė/kondensacinė kogeneracinė elektrinė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su saulės lauku+ garo šilumos siurblys



Nagrinėjamoje kogeneracijos konfigūracijoje (tradicinis anglimis kūrenamas katilas, kairėje pusėje) šilumos poreikiui tenkinti naudojamas garo išgavimas iš garų garo turbinos prieš patekimą į žemo slėgio turbiną. Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, pavyzdžiui, žemos temperatūros (50 °C) plokščiųjų saulės kolektorių lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žaliai, kuris iš anksto pašildo CŠT grįžtamąją liniją ir patenkina pageidaujamą CŠT šilumos poreikio dalį.

Dėl žemos ŽPAEI tiekiamo vandens temperatūros, kuri yra žemesnė nei grįžtamąsios linijos temperatūra, vandens temperatūrai pakelti iki 80°C - 100°C ar aukštesnės naudojama garo šilumos siurblio technologija. Tokiu būdu dalį centralizuoto šildymo energijos tiekia saulės energijos šaltinis, dalį – šilumos siurblio kompresoriaus galia, o likusią dalį - kogeneracinės jėgainės kondensatorius. Sumažinus

kogeneracinės jėgainės išgaunamą šiluminę galią, padidėja numatoma elektros galia, taip iš dalies kompensuojant siurblio kompresoriaus elektros sąnaudas.

Šio tipo šilumos siurbliuose naudojamo ašinio srauto garo kompresoriaus naudingumo koeficientas paprastai būna apie 0,8, todėl COP vertė yra nuo 3,5 iki 4. Modernizavimo sistema taip pat gali užtikrinti visą šilumos siurblio poreikį su nuolat taupant kurą. Šiuo atveju sistemos FFS yra didelis, tačiau atsižvelgiant tik į šildymo poreikį, 80 % tenkina žalieji šaltiniai, o likusią dalį – šilumos siurblys. Dėl vandens garo šilumos siurblio modernizavimo galimybių, CŠT sistemą galima įgyvendinti ir kaip atskirą ŠD sprendimą, neapdarnaujant anksčiau veikiančios kogeneracinės jėgainės.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: plokšti arba vamzdeliniai saulės kolektoriai + garo šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR)

+ Šiluminės energijos kaupimas (TES)

TPL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: saulės lauko temperatūra - iki 60÷ 70 °C, garo HP - iki 120-140 °C (standartinio įrenginio COP - 4,5, ekserginis naudingumas - 0,5). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamias analizes.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 120°C (gali būti naudojama integruojant kogeneracinį ekonomizerį arba kaip atskiras sprendimas).

Numatomas našumas: 50÷ 60 % (ribotas dėl kogeneracinės jėgainės darbo režimo). Iki 75 %, jei naudojamas atskiras sprendimas.

Įrengimo sąnaudos: 1500÷ 3000 €/kWt (šiluminė galia, tiekama esant aukštesnei temperatūrai). Tai yra šiluminio lauko + garo HP sąnaudos.

Energijos sąnaudos: Šilumos siurblių šiluminės energijos sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana mažos, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas išlaidas, susijusias su santykinai didelėmis kombinuotos sistemos priežiūros išlaidomis. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutines vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija su esama CŠT įranga ir galimybė įrengti kaip atskirą programą CŠT tinkle - Galimybė padidinti vartotojams tiekiamą šiluminę galią - Geri taupymo rodikliai (ypač atskira konfigūracija)	- Reikia papildomo elektros šaltinio kompresoriui. - Turi būti sujungtas su žemomis temperatūromis.
Pagrindinės rekomendacijos	
- Pagrįstai rekomenduojama naudoti žemoje temperatūroje (<60 °C). - Taip pat rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią	

12

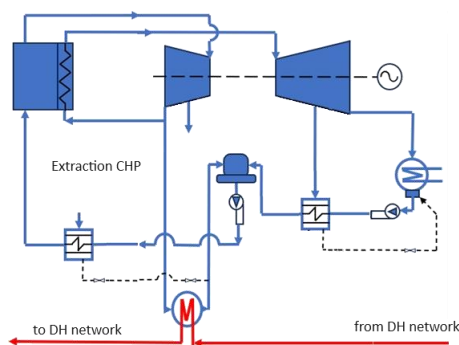
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 11 Vidutinės temperatūros plokšti saulės kolektoriai, sujungti su absorbciniu šilumos siurbliu su TES ant ČŠT grįžtamosios linijos einančios į kogeneracinę jėgainę

Pagrindinė etaloninė technologija ☐ Katilas ☒ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☐ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☒ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☐ VC-HP ☐ MVR ☒ ABS-HP ☐ Kita ☐ Nėra
---	---	--

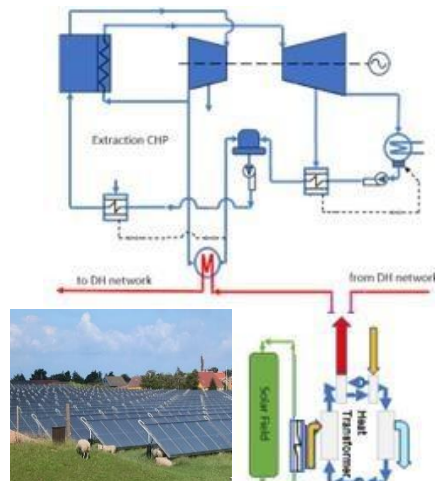
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Jau esamo įrenginio koncepcija - ekstrakcinė/kondensacinė kogeneracinė elektrinė (supaprastinta)



Nauja koncepcija su saulės lauku+ garo šilumos siurblys



Nagrinėjamoje kogeneracijos konfigūracijoje (tradicinis anglimis kūrenamas katilas, kairėje pusėje) šilumos poreikiui tenkinti naudojamas garo išgavimas iš garų garo turbinos prieš patekimą į žemo slėgio turbiną. Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, pavyzdžiui, žemos temperatūros (60 °C) plokščiųjų saulės kolektorių lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žaliai, kad būtų iš anksto pašildoma ČŠT grįžtamoji linija ir patenkintas norimas % ČŠT šilumos poreikio.

Dėl žemos šios ŽPAEI tiekimo linijos temperatūros, kuri yra žemesnė nei grįžtamosios linijos temperatūra, vandens temperatūrai pakelti iki 80 °C - 100 °C yra įdiegta patobulinimo technologija - šilumos transformatorius (absorbcinis šilumos siurblys). Tokiu būdu saulės energijos šaltinio tiekiamą šildymo energiją naudojama ir šilumos tiekimo tinklui šildyti, ir BAS-HP veikti (desorbcijos procese), nenaudojant didelių elektros energijos sąnaudų. Sumažinus šiluminės galios ištraukimą iš kogeneracinės jėgainės ekonomizerio, padidėja grynoji elektros energijos galia, taigi padidėja ir kogeneracinės jėgainės efektyvumas bei FFS.

Trūkumas yra tas, kad reikia daug šiluminės energijos 60 °C temperatūroje, todėl labai padidėja saulės lauko paviršius. Šiuo atveju sistemos FFS viršija 45 %. Autonominė konfigūracija nėra taip lengva įgyvendinti, nes ABS-HP viršutinė temperatūra gali būti nepakankama aukštos temperatūros (120 °C) CŠT.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: plokščioji saulės lauko plokštelė+ Absorbcinis šilumos siurblys (ABS-HP) + TES

TPL: 9÷ 10 - Gerai žinoma ir prieinama saulės energijos technologija, kurią su ABS-HP sunku pritaikyti realiai. ABS-HP bandomosios jėgainės galėtų būti numatytos ir gerai veiktų.

ŽPAEI darbinė temperatūra: saulės kolektoriaus dugno **temperatūra** iki 60 °C. Viršutinis šilumos transformatorius - iki 110 °C (ekserginis efektyvumas - 0,35). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 110 °C, esant kogeneracinės jėgainės ekonomizerio tarpiniam slėgiui.

Tikėtinas našumas: FFS 35÷ 45% (ribotas dėl kogeneracijos režimo).

Įrengimo išlaidos: 2500÷4000 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiamą esant aukštesnei temperatūrai)+ (gana skirtingos, priklausomai nuo išdėstymo, dydžio ir saulės lauko pobūdžio).

Energijos sąnaudos: Absorbcinių šilumos siurblių šiluminės energijos sąnaudos ilguoju laikotarpiu turėtų būti gana nedidelės, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas, susijusias su santykinai didelėmis kombinuotos sistemos priežiūros išlaidomis ir dideliais reikalingais lauko plotais. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija su esamu šilumos gamybos įrenginiu - Galimybė padidinti vartotojams tiekiamą šiluminę galią - Geri taupymo rodikliai ir labai mažas elektros energijos suvartojimas	- Didelis šiluminės energijos kiekis, reikalingas esant 60 °C temperatūrai (didelis saulės kolektorių paviršius) - Šilumos transformatorių naudojimas ne taip plačiai paplitęs - Jo kainai didelę įtaką daro saulės kolektorių lauko sąnaudos

Pagrindinės rekomendacijos

- **Rekomenduojama naudoti su vidutinės temperatūros šaltiniais (<60°C).**
- **Rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią**
- **Neįmanoma pasiekti aukščiausių AT-CŠT tinklo darbinių temperatūrų**

TECHNINIS SPRENDIMAS/INTEGRACIJOS STRATEGIJA NR. 13 (KATILO IŠANKSTINIS PAŠILDYMAS ARBA PAKEITIMAS ,
INTEGRUOJANT SAULĖS LOVIUS)

13

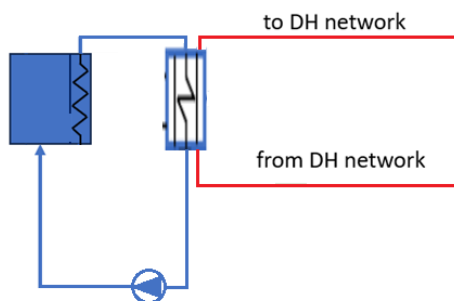
**Techninis sprendimas / integravimo strategija n. 13 Aukštos temperatūros
paraboliniai saulės kolektoriai ir katilas, sujungti su TES**

Pagrindinė etaloninė technologija ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☒ Nėra (katilo sistemos viduje)	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☒ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☐ VC-HP ☐ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☒ Nėra
--	---	--

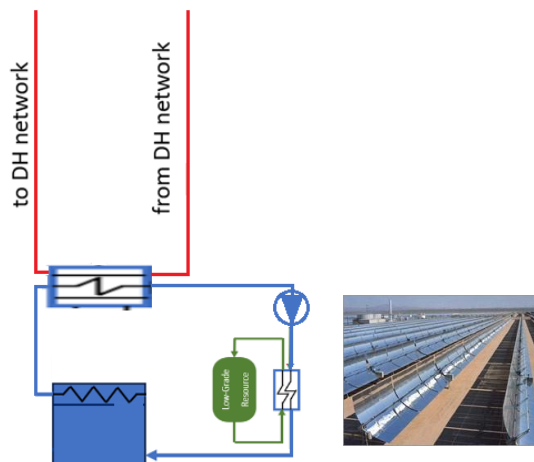
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilas su aukštos temperatūros saulės laukų (parabolinis)



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina šilumos poreikį šildymui maždaug 110 °C ÷ 120

°C. Kogeneracinių jėgainių konfigūracijų atžvilgiu elektros energija negaminama, todėl šildymo sistemą lengviau valdyti. Be to, naudojamos žemesnės temperatūros ir slėgiai.

Galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kaip išankstinį šildytuvą (ekonomaizerį), patenkinantį pageidaujamą CŠT šilumos poreikio %. Kad taip veiktų, ŽPAEI šaltiniai turi užtikrinti 90 °C ÷ 110 °C temperatūrą, pvz., iš tipinio plokščiojo saulės energijos šaltinio, tačiau jis gali visiškai pakeisti katilą, jei papildomas šaltinis gali užtikrinti apie 130 °C temperatūrą. Taigi, iškastinės energijos pakeitimo kiekis gali būti labai didelis.

ŽPAEI šaltinio dydis negali viršyti pradinės sistemos dydžio, jis negali viršyti šilumokaičio talpos. Iškastinio kuro sutaupymas (FFS) arba pirminio katilo sutaupymas padidėja iki 100 %, priklausomai nuo pirmiau minėto veikimo būdo: išankstinio šildymo arba katilo pakeitimo. Akivaizdu, kad kai katilas visiškai pakeičiamas (saulės energijos atveju tai padaryti nėra lengva, tačiau tam tikras pramonės atliekinės šilumos sprendimas galėtų būti įmanomas) ŽPAEI, sutaupymai ir išmetamųjų teršalų kiekio sumažėjimas pasieks 100 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: koncentruoti paraboliniai saulės kolektoriai+ aukštos temperatūros TES

TPL: 10 - Gera žinoma ir prieinama saulės energijos technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 220 ÷ 240 °C

Integracijos darbinė temperatūra: iki 200 °C, priklausomai nuo pagrindinio šilumokaičio konfigūracijos.

Numatomas našumas: FFS 40 ÷ 50 % (riba dėl TES dydžio ir katilo integravimo poreikių).

Įrengimo sąnaudos: 2000 ÷ 4000 €/kW_t (šiluminė galia, tiekama esant aukštesnei temperatūrai) + (gana skirtingos, priklausomai nuo išdėstymo, dydžio ir saulės lauko pobūdžio). Reikėtų pridėti papildomas išlaidas (vamzdynai, šilumokaičiai).

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš parabolinių saulės sistemų, kaina gali skirtis priklausomai nuo keleto veiksnių, įskaitant pradines investicijas, sistemos efektyvumą, priežiūros išlaidas ir vietinius saulės energijos išteklius. Paprastai parabolinių saulės energijos sistemų šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vienetų gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija su esama CŠT įėgaine - gali pakeisti daugiau kaip 50 % iškastinio kuro naudojimo. - Labai geri taupymo rodikliai	- Nedidelis darbinės temperatūros diapazonas - TES ir katilo (bent jau nedidelio) integracijos valdymas yra labai svarbus - Reikia geros techninės priežiūros

Pagrindinės rekomendacijos

- **Rekomenduojama tiek iš dalies pakeisti iškastinį kurą.**
- **Reikalingi vidutinės temperatūros šaltiniai (neįmanoma įgyvendinti naudojant vidutinės temperatūros šaltinius (<80 °C)).**

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 14 (KATILAS IŠ ANKSTO ŠILDOMAS BIOMASE ARBA BIODUJOMIS)

14

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 14 Išankstinis katilo pašildymas šildymas arba pakeitimas biomasės deginimu

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☒ Nėra (katilo sistemos viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☒ Biomasė
☐ Kita

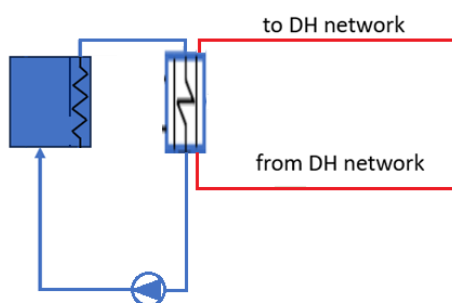
Modernizavimo technologija

- ☐ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

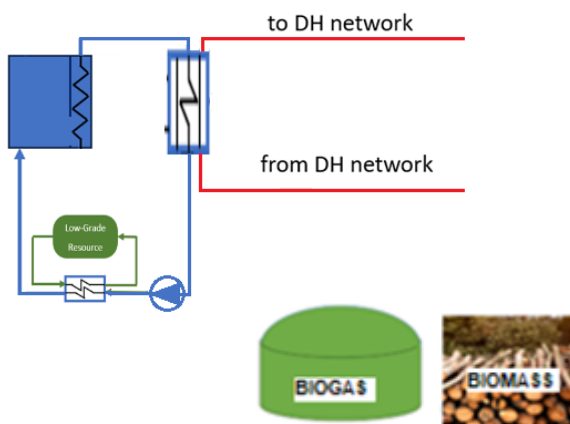
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integravimas arba pakeitimas biomasės arba biodujų degikliu



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) - tai slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandens tiekimą pagrindiniam ČŠT šilumokaičiui (pvz., vamzdiniam šilumokaičiui "shell&coil"), o antrinis kontūras užtikrina maždaug 110 °C ÷ 120 °C temperatūros ČŠT šilumos poreikį.

Nagrinėjama tradicinė iškastinį kurą naudojanti konfigūracija integruojama arba visiškai pakeičiama ekologiška sistema. Anglys, nafta ir gamtinės dujos pakeičiamos biodujomis arba biomase. Pagrindinis privalumas - neekologiškų šaltinių atsisakymas ir nulinė CO₂ emisija. Kadangi degimo procesas yra panašus ir jo metu susidaro panašus CO₂ kiekis, kad šis metodas būtų veiksmingas, naudojamas biokuras turi būti gaminamas ekologinėje sistemoje, galinčioje pašalinti tokį patį CO₂ kiekį iš aplinkos.

Pavyzdžiui, deginimui skirta mediena negali būti tiesiog atvežta iš jau esamo miško, bet pats miškas turi būti pasodintas ir tvarkomas taip, kad, palyginti su scenarijumi, kai nesiimama jokių veiksmų, būtų pašalintas papildomas CO₂ kiekis (praktiškai reikia dvigubai didesnio miško ploto: pusė miško skirta kirsti

ir deginti, kita pusė – CO₂ apriboti). Tokiu atveju nagrinėjama sistema užtikrina 100 % CO₂ emisijų sumažėjimą, palyginti su pradiniu planu, ir tai pasiekama mažai arba beveik visai nekeičiant plano.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: biomasės arba biodujų degiklis

TPL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama deginimo technologija

Darbinė temperatūra: iš esmės gana aukšta, pakanka iki 220÷ 240°.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 200°, priklausomai nuo katilo ir pagrindinio šilumokaičio konfigūracijos.

Numatomas veikimas: - FFS iki 100 % (su grynąja nuline emisija, jei laikomasi iki šiol aprašytų apribojimų).

Įrengimo sąnaudos: 50÷ 100 €/kW_t (šiluminė galia, tiekama esant aukštesnei temperatūrai).

Energijos sąnaudos: Biodujų ir biomasės degiklių šiluminės energijos sąnaudos yra labai mažos, nors ir didesnės nei naftos. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh). Ji taip pat apima įrengimo ir finansines sąnaudas.

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integruoti į esamą CŠT įrenginį. - Gali visiškai pakeisti iškastinio kuro naudojimą. - Labai geri taupymo rodikliai ir labai pigus įrengimas.	- Biokuras brangesnis už iškastinį kurą. - Biomasės auginimui reikia didelių laukų plotų.
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama, jei tinkamai taikoma	

15

**Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 15. Išankstinis katilo pašildymas
arba pakeitimas pramonės atliekine šiluma**

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☒ Nėra (katilo sistemos viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

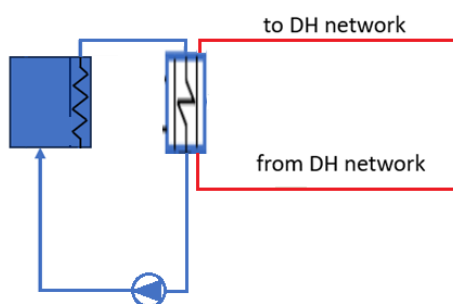
Modernizavimo technologija

- ☐ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

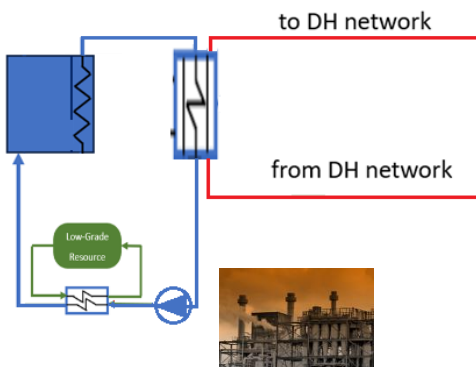
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integravimas su vidutinės aukštos temperatūros pramonine atliekine šiluma



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildymo katilas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina ČŠT šilumos poreikį maždaug 110 °C÷ 120 °C temperatūroje.

Galima įrengti ŽPAEI šilumos šaltinį, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kaip išankstinį šildytuvą (ekonomaizerį), kuris patenkina pageidaujamą katilo šilumos poreikio dalį. Kad taip veiktų, ŽPAEI šaltiniai turi užtikrinti 90 °C÷ 110 °C temperatūrą, būdingą vidutinės aukštos temperatūros pramonės atliekinei šilumai (pvz., variklių ir turbinų išmetamosios dujos, džiovyklų, cheminių reaktorių šiluma ir vidutinio slėgio garo kondensatas), tačiau jie gali visiškai pakeisti katilą, jei papildomas šaltinis gali užtikrinti apie 130 °C temperatūrą, o prijungtos pramonės šakos galios lygis yra pakankamas. Taigi, iškastinės energijos pakeitimo apimtis gali būti labai didelė.

ŽPAEI šaltinio dydis negali viršyti pradinės sistemos dydžio, jis negali viršyti šilumokaicio talpos. Pirminio katilo iškastinio kuro sutaupymas padidėja iki 100 %, priklausomai nuo minėto veikimo būdo: išankstinio

šildymo arba katilo pakeitimo. Akivaizdu, kad visiškai pakeitus katilą (tai nėra taip paprasta, jei energijos šaltinis yra nepastovus, tačiau naudojant tam tikrą pramoninių atliekų sprendimą tai įmanoma), iškastinio kuro sutaupymas ir išmetamųjų teršalų kiekio sumažėjimas pasieks 100 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: atliekinės šilumos šaltiniai, pramoninė atliekinė šiluma

TPL: 10 - Paprasta ir nusistovėjusi prieinama technologija

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 220 ÷ 240 °C (priklauso nuo atliekinės šilumos šaltinio).

Integracijos darbinė temperatūra: iki 200 °C, priklausomai nuo pagrindinio šilumokaičio konfigūracijos.

Numatomas našumas: FFS iki 100 %, atsižvelgiant į prijungto atliekinės šilumos šaltinio šiluminės galios prieinamumo ribas.

Įrengimo sąnaudos: 500 ÷ 1500 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiama esant aukštesnei temperatūrai). Iš esmės priklauso nuo atstumo tarp šaltinių.

Energijos sąnaudos: Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh). Ji taip pat apima įrengimo ir finansines sąnaudas.

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integruoti į esamą CŠT įrenginį - Jis gali pakeisti iki 100 proc. iškastinio kuro naudojimo. - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia pramoninių susitarimų - Nelengva rasti didelės galios ir aukštos temperatūros atliekinės šilumos šaltinių - Atstumas tarp šilumos tiekimo tinklo ir atliekinės šilumos šaltinio

Pagrindinės rekomendacijos

- Rekomenduojama tiek iš dalies, tiek visiškai pakeisti iškastinį kurą.
- Reikalingi vidutinės temperatūros atliekinės šilumos šaltiniai (neįmanoma įgyvendinti naudojant vidutinės temperatūros šaltinius (<90 °C)).

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 16 (KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS
PLOKŠČIAIS SAULĖS KOLEKTORIAIS SU GARO SUSPAUDIMO ŠILUMOS SIURBLIU)

16

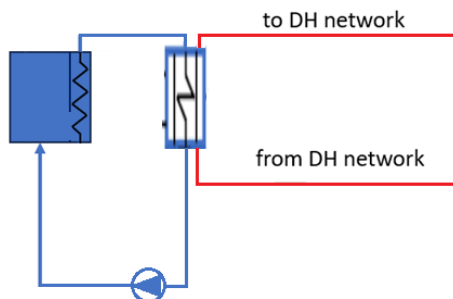
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 16 Katilo išankstinis pašildymas arba pakeitimas plokščiaisiais saulės kolektoriais + garo kompresoriaus HP (MVR) + TES

Pagrindinė etaloninė technologija ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☐ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☒ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☐ VC-HP ☒ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☐ Nėra
---	---	--

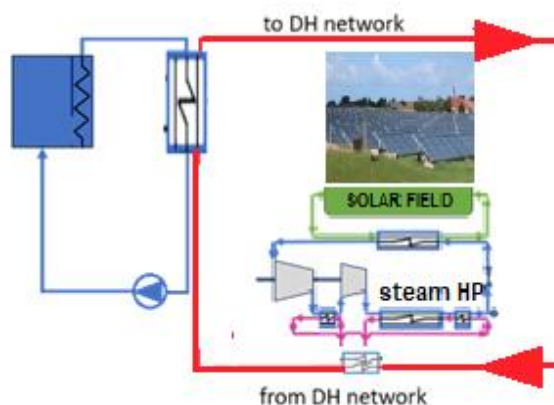
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integravimas su vidutinės žemos temperatūros saulės energijos lauku + garo HE + TES



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvai, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina maždaug 110 °C šilumos poreikį ČŠT ÷ 120 °C.

Galima įrengti ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Jei sprendimas būtų paprasčiausias plokščias saulės laukas, šiluminė integracija būtų labai maža, todėl reikalinga tinkama modernizavimo technologija. Šiuo atveju - garų suspaudimo garo šilumos siurblys (didžiausia darbinė temperatūra - apie 150 °C). TES yra privalomas.

Bazinės sistemos FFS galima padidinti iki 100 %. Katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Katilas gali būti ne daugiau kaip išjungtas.

Priešingu atveju sistemos gali prisidėti prie bendros galios, o prireikus - padidinti bendrąją HP galią. Šis sprendimas gali būti taikomas ir vietoje, decentralizuotose šilumos punktuose.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: plokšti arba evakuaciniai saulės kolektoriai+ garinis šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR) + šiluminės energijos kaupiklis (TES).

TPL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: saulės lauko dugno temperatūra iki 60÷ 70 °C, garinis HP iki 120- 140 °C (COP 4,5 su standartinė mašina - darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas yra 0,5). Konkretūs našumo parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 120 °C (gali būti naudojama kaip degiklio integracija arba kaip atskiras sprendimas su nedidele degiklio integracija).

Tikėtinas našumas: FFS 45 ÷ 50% (ribotas dėl kogeneracijos režimo). Iki 100 %, jei naudojamas autonominis sprendimas.

Įrengimo sąnaudos: 1500 ÷ 3000 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiamą esant aukštesnei temperatūrai). Tai yra saulės kolektorių lauko + garo HP sąnaudos.

Energijos sąnaudos: Šilumos siurblių šiluminės energijos sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana nedidelės, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas, atsižvelgiant į palyginti didelės kombinuotos sistemos priežiūros išlaidas. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integruoti į esamą CŠT įrenginį - Gali pakeisti iškastinį kurą iki 100 proc. - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Netinka modernizuoti, pridėdant kogeneracijos sistemą

Pagrindinės rekomendacijos

- Rekomenduojama tiek iš dalies, tiek visiškai pakeisti iškastinį kurą.
- Rekomenduojama, kai norima padidinti šiluminę galią.

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 17 (KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS KONCENTRUOTAIS SAULĖS KOLEKTORIAIS (PARABOLINIAI SU AUKŠTOS TEMPERATŪROS TES))

17

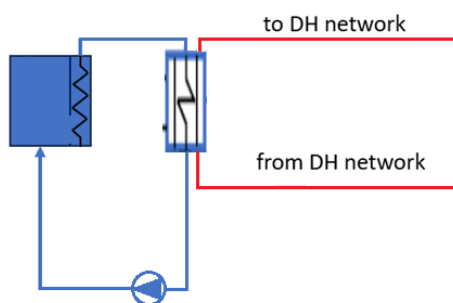
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 17 Katilo pašildymas arba pakeitimas koncentruojančiais saulės kolektoriais (paraboliniai) su aukštos temperatūros TES

Pagrindinė etaloninė technologija ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☐ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☒ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☒ TES+ ☐ VC-HP ☐ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☒ Nėra
---	---	--

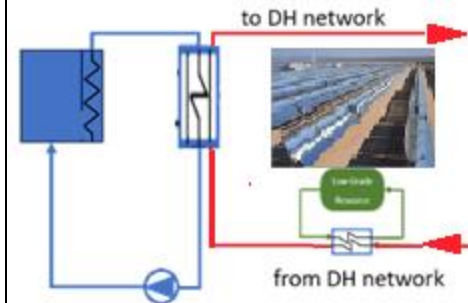
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integravimas su paraboliniu saulės kolektoriais + aukštos temperatūros TES



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina maždaug 110 °C šilumos poreikį ČŠT÷ 120 °C temperatūroje.

Galima įrengti ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Jei sprendimas yra koncentruotas saulės lovio saulės laukas, šiluminė integracija gali būti labai didelė, jei įrengiama CO₂ aukštos temperatūros šiluminės energijos saugykla (TES).

Bazinės sistemos FFS galima padidinti iki 100 %. Katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Daugiausia katilas gali būti išjungtas, naudojamas tik kaip nedidelė šiluminė integracija. Saulės šildymo sistemos gali prisidėti prie bendros galios, o bendra šilumos tiekimo galia, jei reikia, netgi padidėti.

Šį sprendimą galima taikyti ir vietoje, decentralizuotose šilumos punktuose.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: koncentruoti paraboliniai loviniai saulės kolektoriai+ Šiluminės energijos kaupimas (TES)

TPL: Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 180-240 °C. Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamias analizes.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 240 °C (gali būti naudojama kaip degiklio integracija arba kaip atskiras sprendimas su nedidele degiklio integracija).

Numatomas našumas: FFS paprastai iki 45÷ 55 %, kai naudojamas atskiras sprendimas su nedideliu degikliu.

Įrengimo sąnaudos: 3500÷ 6000 €/kWt, maksimali vertė (etaloninė maksimali insoliacija 1000 W/m²)

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš parabolinių saulės lovių sistemų, kaina gali skirtis priklausomai nuo keleto veiksnių, įskaitant pradines investicijas, sistemos efektyvumą, priežiūros išlaidas ir vietinius saulės energijos išteklius. Paprastai parabolinių lovių saulės energijos sistemų šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integruoti į esamą CŠT įrenginį - Gali pakeisti iki 80 % iškastinio kuro naudojimo - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - TES ir katilo (bent jau mažo) integravimo valdymas yra labai svarbus - Reikalinga didelė techninė priežiūra

Pagrindinės rekomendacijos

- Rekomenduojama tiek iš dalies, tiek visiškai pakeisti iškastinį kurą.
- Rekomenduojama, kai norima padidinti šiluminę šiluminę galią.

18

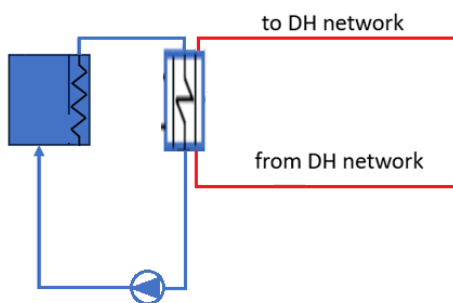
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 18 Katilo integravimas su gruntuiniu HP + ABS-HP ant ČŠT grįžtamosios linijos

Pagrindinė etaloninė technologija ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☐ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☐ Saulės energija ☒ Geoterminė energija. ☐ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☐ TES+ ☒ VC-HP ☐ MVR ☒ ABS-HP ☐ Kita ☐ Nėra
---	---	--

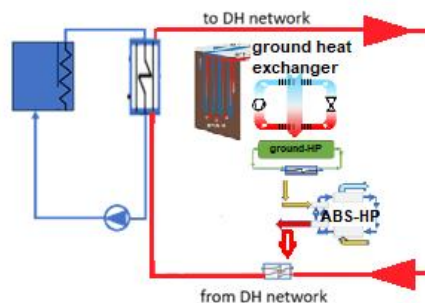
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integracija su antžemine HP+ ABS-HP



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina šilumos poreikį ČŠT maždaug 110 °C ÷ 120 °C.

Galima įrengti ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Jei sprendimas yra žemės grunto šilumos siurblys (maksimali temperatūra apie 70 °C), šiluminė integracija būtų labai maža dėl HP darbinių temperatūrų, todėl reikia tinkamos modernizavimo technologijos. Šiuo atveju absorbcinis šilumos transformatorius (didžiausia darbinė temperatūra apie 100÷ 110°C). TES yra neprivalomas, šikšnosparnis galėtų padėti reguliuoti sistemą. Tokiu būdu saulės energijos šaltinio tiekiama šildymo energija naudojama ir ČŠT tinklui šildyti, ir ABS-HP veikti (desorbcijos procese), nenaudojant didelių elektros energijos sąnaudų. Sumažinus šiluminę galią deginant katilą, gaunamas labai geras bendras FFS. Trūkumas yra tas, kad ABS-HP veikti reikia daug šiluminės energijos 60 °C temperatūroje, todėl labai padidėja saulės lauko plotas. Autonominę

konfigūraciją (be katilo) nėra taip lengva įgyvendinti, nes viršutinė ABS-HP temperatūra gali būti nepakankama aukštos temperatūros (120 °C) CŠT.

Bazinės sistemos FFS galima padidinti iki 100 %. Katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Sistemos gali prisidėti prie bendros galios ir, jei reikia, galima padidinti bendrą CŠT galią.

Šis sprendimas gali būti taikomas ir vietoje, decentralizuotuose šilumos punktuose.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės šilumos siurblys (žemės grunto VC-HP)+ Absorbcinis šilumos siurblys (ABS-HP)

TPL: 9 ÷ 10 - Gerai parengta ir prieinama technologija, tačiau ją sunku pritaikyti realiuose modernizavimo sprendimuose. Turėtų būti numatytos ir gerai parengtos bandomosios ABS-HP jėgainės.

ŽPAEI darbinė temperatūra: apatinė grunto VC-HP temperatūra iki 70 °C (COP yra 3,8, o ekserginis efektyvumas - 0,5). viršutinio šilumos transformatoriaus temperatūra - iki 110 °C (ekserginis efektyvumas - 0,35). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamias analizes.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 110 °C, todėl sumažėja temperatūros kritimas katile.

Numatomas našumas: FFS iki 45 % ÷ 50 %.

Įrengimo sąnaudos: 500 ÷ 900 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiama esant aukštesnei temperatūrai)+ žemės gruntas šilumokaitis (gana skirtingos, priklausomai nuo išdėstymo, dydžio ir žemės pobūdžio).

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš grunto šilumos siurblio, sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana mažos, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas išlaidas, atsižvelgiant į palyginti dideles kombinuotos sistemos priežiūros sąnaudas. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh), įskaitant įrengimo ir kapitalo sąnaudas.

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija į esamą šilumos gamybos įrenginį - Jis gali pakeisti iki 85 % iškastinio kuro. - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Šilumos transformatorių naudojimas nėra taip plačiai paplitęs - Jo kainai didelę įtaką daro žemės lauko šilumokaičio konfigūracija.

Pagrindinės rekomendacijos

- Pagrįstai rekomenduojama daliniam kuro pakeitimui.
- Rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią
- Norint eksploatuoti ABS-HP, reikia labai didelės įrengtos žemės-HP šiluminės galios

19

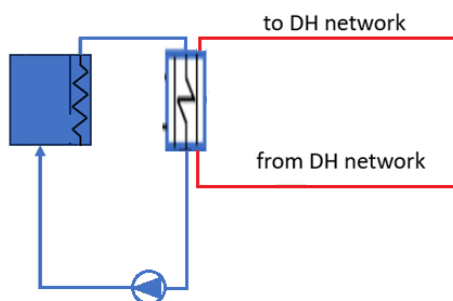
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 19. Išankstinis katilo šildymas arba pakeitimas vidutinės ir (arba) žemos temperatūros ATLIEKŲ šiluma + garo HP (MVR) + TES (pasirinktinai)

Pagrindinė etaloninė technologija ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☐ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☐ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☒ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☐ TES+ ☒ VC-HP ☐ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☐ Nėra
---	---	---

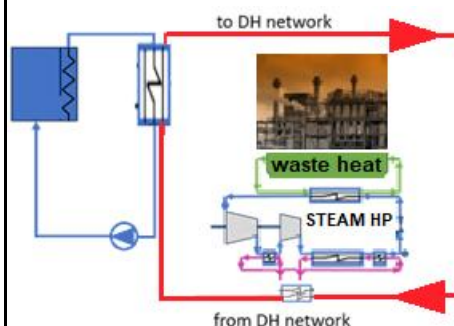
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integracija su vidutinės ir (arba) žemos temperatūros saulės energijos lauku + garo HP + TES (pasirinktinai)



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina šilumos poreikį ČŠT maždaug 110 °C ÷ 120 °C.

Galima įrengti ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Kad taip veiktų, ŽPAEI šaltiniai turi užtikrinti 90 °C ÷ 110 °C temperatūrą, būdingą vidutinės aukštos temperatūros pramonės atliekinei šilumai (pavyzdžiui, variklių ir turbinų išmetamosios dujos, džiovyklų, cheminių reaktorių šiluma ir vidutinio slėgio garo kondensatas), tačiau jie negali visiškai pakeisti katilo, jei papildomas šaltinis negali pasiekti maždaug 130 °C temperatūros. Be to, sujungtos pramonės šakos galios lygis turi būti pakankamas. Jei sprendimas yra žemos ir (arba) vidutinės temperatūros (pramonės) atliekinė šiluma, šiluminė integracija būtų labai maža, todėl reikia tinkamos modernizavimo technologijos. Šiuo atveju - garų suspaudimo šilumos siurblys (maksimali

darbinė temperatūra iki maždaug 150 °C). TES yra neprivalomas, priklausomai nuo to, ar atliekinės šilumos šaltinio režimas yra nuolatinis, ar pertraukiamas.

FFS galima didinti iki 100 %, tas pats pasakytina ir apie kuro taupymą, katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Daugiausia katilą galima išjungti. Priešingu atveju sistemos gali prisidėti prie bendros galios, o prireikus - padidinti bendrąją ŠG galią. Šį sprendimą galima taikyti ir vietoje, decentralizuotame šilumos punkte, netoli atliekinės šilumos šaltinio.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: atliekinės šilumos šaltiniai+ garo šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR)+ Šiluminės energijos kaupimas (TES)

TRL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: atliekinės šilumos šaltinio temperatūra 60÷ 90 °C, garo HP - iki 120-140 °C (COP 4,5 su standartiniu įrenginiu - darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas yra 0,5). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 120 °C (gali būti naudojama kaip degiklio integracija arba kaip atskiras sprendimas su nedidele degiklio integracija). Pagrindiniai duomenys, lemiantys galimą taikymą, grindžiami atliekinės šilumos šaltinio temperatūra ir galios lygiu.

Numatomas našumas: FFS paprastai apie 50 %, tačiau reikia atsižvelgti į MVR naudojimą ir jo sunaudojamą elektros energiją. Mažesnio FFS tikimasi, jei atliekinės šilumos šaltinis yra su pertrūkiais.

Įrengimo sąnaudos: 500÷ 1500 €/kW_t (viršutinėje temperatūroje tiekiamą šiluminę galią). Tai garo HP + skysčių linijų, skirtų prijungti atliekinės šilumos įrenginį, kaina.

Energijos sąnaudos: Šilumos siurblių šiluminės energijos sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana mažos, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas dėl santykinai didelių kombinuotos sistemos priežiūros išlaidų. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutines vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integruoti į esamą CŠT įrenginį - Gali pakeisti iškastinį kurą iki 100 proc. - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Nelengva rasti didelės galios ir aukštos temperatūros atliekinės šilumos šaltinius - Atstumas tarp CŠT tinklo ir atliekinės šilumos šaltinio

Pagrindinės rekomendacijos

- Rekomenduojama tiek iš dalies, tiek visiškai pakeisti iškastinį kurą.

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 20 (KATILO PAKEITIMAS VIDUTINĖS TEMPERATŪROS ŽPAEI IR VANDENS GARO HP)

20

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 20 Katilo išankstinis pašildymas arba pakeitimas vidutinės temperatūros ŽPAEI + garinių HP (MVR) + TES

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☒ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

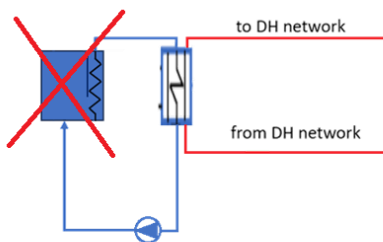
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☐ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

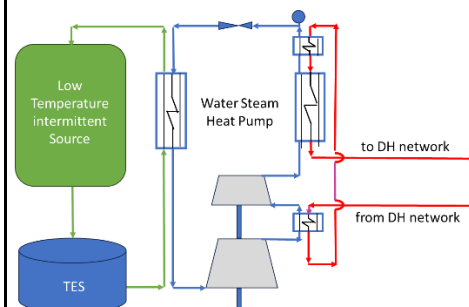
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamos gamyklos koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurį reikia pašalinti (supaprastinta)



Katilo integravimas su vidutinės temperatūros ŽPAEI + steam HP + TES



Šiame duomenų lape apibendrinama tradicinių degiklių galimas pakeitimas visiškai ŽPAEI vidutinės temperatūros (ne žemesnės kaip 50÷60 °C) katilu.

Nagrinėjama tradicinė anglimis kūrenama konfigūracija visiškai pakeičiama ŽPAEI šaltiniu. Galima įrengti žemo potencialo šilumos šaltinį, pavyzdžiui, žemos temperatūros (50÷60 °C) saulės lauką (dešinėje esančioje schemoje pažymėtą žaliai), kuris šildytų CŠT grįžtamąją liniją ir patenkintų pageidaujamą CŠT šilumos poreikio dalį. Dėl žemos ŽPAEI tiekiamo vandens temperatūros, kuri yra žemesnė nei grįžtamosios linijos temperatūra, siekiant padidinti grįžtamojo vandens temperatūrą iki 110-120 °C, kai jis tiekiamas į CŠT tinklą, naudojama patobulinta technologija - garo šilumos siurblys. Tokiu būdu dalį centralizuoto šildymo energijos tiekia saulės energijos šaltinis, kitą dalį - kompresoriaus galia. ŽPAEI užtikrinamas temperatūros pakėlimas garantuoja gerą MVR veikimą ir efektyvumą. Šio tipo šilumos siurbliuose naudojamo ašinio srauto garo kompresoriaus naudingumo koeficientas paprastai būna apie 0,8, todėl COP vertė yra nuo 3,5 iki 4. Toks modernizavimo būdas užtikrina visus šilumos tiekimo poreikius, o kuro sąnaudos, priklausomai nuo įgyvendinimo, nuolat mažėja 70- 100 % (reikia atidžiai atsižvelgti į HP ciklo elektros sąnaudas). Sistema taip pat gali veikti su kitais žemo potencialo šaltiniais, pavyzdžiui, su pertrūkiais iš prekybos centro gaunama atliekine šiluma.

Šis sprendimas taip pat gali būti taikomas lokaliai, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas CŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: vidutinės temperatūros ŽPAEI + garinis šilumos siurblys (uždaro kontūro MVR) + šiluminės energijos kaupiklis (TES).

TPL: Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: ne mažesnė kaip 50÷ 60 °C, garinis HP - iki 120-140 °C (standartinio įrenginio COP - 4,5, darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas yra 0,5). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Modernizavimo darbinė temperatūra: iki 140 °C. Privaloma naudoti aukštos temperatūros TES.

Numatomas našumas: FFS 80 % tradicinio katilo atžvilgiu, iki 100 % katilo visiško pakeitimo atveju.

Įrengimo išlaidos: 1500÷ 3000 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiamą esant aukštesnei temperatūrai). Tai turėtų būti ŽPAEI + garo HP + TES sąnaudos.

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš šilumos siurblių, sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana mažos, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas, kad būtų pasvertos palyginti didelės kombinuotos sistemos priežiūros sąnaudos ir didelės aukštos temperatūros TES sąnaudos. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh), įskaitant įrengimo ir kapitalo sąnaudas.

Stiprumas	Silpnybė
- Lengva integracija į esamą šilumos gamybos įrenginį - Jis gali pakeisti iki 80 proc. iškastinio kuro. - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Reikia elektros energijos (kompresoriams) - Geras aukštos temperatūros TES
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama plačiai pakeisti iškastinį kurą.	

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 21 (KATILO PAKEITIMAS AEROBINIU FERMENTATORIUMI IR VANDENS GARO HP)

21

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 21. Katilo pakeitimas aerobiniu skaidytoju + gariniu HP (MVR) + TES (pasirinktinai)

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☒ Biomasė
☐ Kita

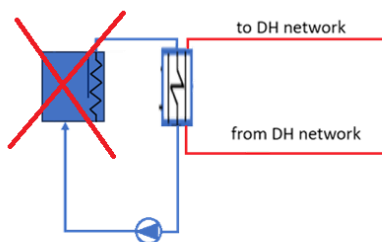
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

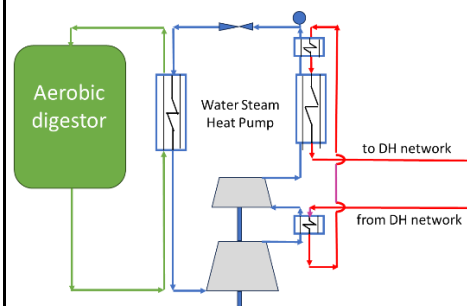
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamos gamyklos koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurį reikia pašalinti (supaprastinta)



Nauja koncepcija: Katilas pakeistas vidutinės temperatūros aerobiniu reaktoriumi+ garo jėgainė+ TES



Nagrinėjama tradicinė anglimis kūrenama konfigūracija visiškai pakeičiama ŽPAEI šaltiniu, kurį atstovauja aerobinis skaidytojas, kuris yra žemo potencialo šilumos šaltinis, kurio temperatūra yra apie 70 °C. Dėl žemos ŽPAEI tiekiamo vandens temperatūros, panašios į grįžtamojo vamzdžio temperatūrą, vandens temperatūrai pakelti iki 110 °C-120 °C yra įdiegta patobulinimo technologija - garinis šilumos siurblys. Tokiu būdu dalį centralizuoto šildymo energijos tiekia digestorius, kitą dalį - kompresorius (elektros energija). Šio tipo šilumos siurbliuose naudojamų ašinio srauto garo kompresorių naudingumo koeficientas paprastai būna apie 0,8, todėl COP reikšmės yra nuo 3,5 iki 4. Toks modernizavimo būdas užtikrina visus šilumos tiekimo poreikius, nuolat taupant kurą, paprastai nuo 80 % iki 100 % (visiškas pakeitimas), tačiau reikia atsižvelgti į HP sistemų elektros energijos sąnaudas, kurių vertinimas turi būti atidžiai apsvarstytas, remiantis faktinėmis darbinėmis temperatūromis. Paprastai integruojamas nedidelis degiklis, taip pat skirtas reguliavimui. Dėl oksidacijos procesų susidaro dioksidas (CO₂) ir azoto oksidas (N₂O), o CO₂ taip pat išmetamas gaminant sistemos veikimui reikalingą energiją. Galbūt reikia stengtis sumažinti šių išmetamų teršalų kiekį ir jį surinkti

Šis sprendimas taip pat gali būti taikomas lokaliai, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas CŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žematemperatūris aerobinis skaidytojas + garo šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR) + šiluminės energijos kaupiklis (TES), pasirinktinai.

TPL: Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: digestorius 50÷70 °C, garo HP - iki 120÷140 °C (COP 4 su standartine mašina, darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas yra 0,5). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Atnaujinimo darbinė temperatūra: iki 140 °C. Geros aukštos temperatūros TES naudojimas nėra privalomas (ir paveikslėlyje neparodytas), tačiau yra sveikintinas.

Numatomas našumas: FFS nuo 70 % iki 100 % (visiškas pakeitimas), palyginti su tradiciniu katilu.

Įrengimo išlaidos: 500÷1000 €/kW_t (šiluminė galia, tiekiamą esant aukštesnei temperatūrai). Daroma prielaida, kad aerobinis virškinimo įrenginys jau egzistuoja arba bet koku būdu remiamas savivaldybės lėšomis.

Energijos sąnaudos: Šiluminės energijos, gaunamos iš šilumos siurblių, sąnaudos ilguoju laikotarpiu yra gana mažos, tačiau reikia pridėti tam tikras papildomas sąnaudas, atsižvelgiant į palyginti dideles kombinuotos sistemos priežiūros išlaidas. Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh), įskaitant įrengimo ir kapitalo sąnaudas.

Stiprumas	Silpnybė
- Labai geri taupymo rodikliai - Iš esmės nereikia šilumos kaupimo sistemos.	- Reikia elektros energijos (kompresoriams) - Susidaręs CO₂ turėtų būti sugaunamas
Pagrindinės rekomendacijos	
Rekomenduojama tik su jau veikiančiu aerobiniu skaidytoju	

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 22 (KATILO PAKEITIMAS GEOTERMINIU ŠILUMOS KATILU)
SIURBLIU+ GARO SUSPAUDIMO ŠILUMOS SIURBLYS (MVR UŽDARO CIKLO))

22

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 22. Katilo pakeitimas žemės grunto šilumos siurbliu + gariniu šilumos siurbliu (MVR uždaro ciklas)

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☒ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

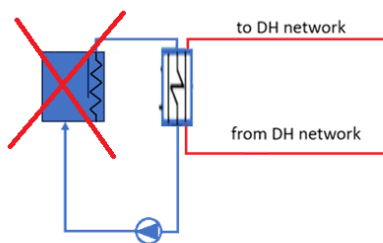
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

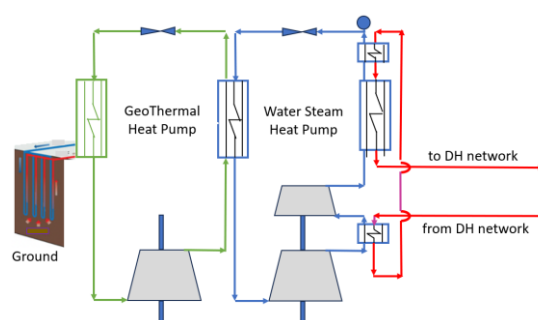
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamos gamyklos koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurį reikia pašalinti (supaprastinta)



Nauja koncepcija: katilo pakeitimas žemės šilumos siurbliu+ garo šilumos siurblio (MVR uždaro ciklo) integravimas



Šiame duomenų lape apibendrinama tradicinių degiklių pakeitimo visiškai ŽPAEI žemoje temperatūroje (iki 5÷10 °C) galimybė.

Nagrinėjama tradicinė anglimis kūrenama konfigūracija visiškai pakeičiama ŽPAEI šaltiniu, kurį sudaro žemė, padedama geotermio šilumos siurblio. Ši sistema transformuoja ir pagerina aplinkos šilumą iš žemės, kurios temperatūra yra apie 10 °C, iki lengviau valdomos ir vertingesnės 50-60 °C temperatūros, tačiau tai vis dar yra žemo potencialo šilumos šaltinis. Taigi, šio pirmojo etapo našumą reikia toliau didinti naudojant tam tikrą technologiją: absorbcinį šilumos siurbį, MVR arba vandens garo šilumos siurbį (paveikslėlyje), kad būtų pasiekta aukštesnė temperatūra, reikalinga šilumos tiekimo tinklui, iki 110 °C÷120°C

°C. Dalį centralizuoto šildymo galios suteikia žemė, kitą dalį - kompresorių sunaudojama elektros energija. Nors naudojami šiuolaikiniai šilumos siurbiai pasižymi aukštu COP, derinant abu patobulinimus, bendrasis COP paprastai būna ne didesnis kaip 2,5. Pateikta tvarka leidžia sutaupyti nuo 70 % iki 100 % degalų visiško pakeitimo atveju. Norint atlikti išsamią analizę, reikia atlikti tikslius skaičiavimus.

Šis techninis sprendimas gali būti taikomas ir vietoje, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas CŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės grunto šilumos siurblys (VC_HP)+ garinis šilumos siurblys (MVR uždaro ciklo).

TPL: TRL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas.

ŽPAEI darbinė temperatūra su integracija: pirmosios pakopos geoterminis šilumos siurblys pasiekia 50÷60 C°, kitos pakopos MVR uždaro ciklo - iki 150÷ 170 C°.

Darbinė temperatūra su integracija: iki prieš CŠT buvusios darbinės temperatūros.

Numatomas našumas: FFS iki 100 %, tačiau reikia atsižvelgti į HP sistemų elektros energijos sąnaudas, kurių vertinimą reikia atidžiai apsvarstyti, remiantis faktinėmis darbinėmis temperatūromis (bendro COPHP dydžio eilės tvarka yra 2,5).

Įrengimo išlaidos: 350÷ 400 €/kW_t (VC-HP)+ 400÷ 500 €/kW_t (garo VC-HP)+ žemės lauko šilumokaitis (labai skiriasi priklausomai nuo konfigūracijos)⁽³⁾.

Energijos sąnaudos: Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutines vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreiškiamas energijos vieneto kaina (pvz., eurai už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Geri taupymo rodikliai - Konsoliduota technologija - Nereikia šilumos kaupimo sistemos, nebent būtų naudojami skirtingi nepastovūs šaltiniai (saulės energija, atliekos)	- Reikia išorinio elektros šaltinio kompresoriams. - Sudėtinga modernizavimo technologija (reikalingas išsamus inžinerinis projektas).
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama naudoti su labai žemos temperatūros šaltiniais (10 °C)	

³<https://oilon.com/en-gb/products/oilon-chillheat-s-600-s-2000/>

23

Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 23. Iškastinio kuro pakeitimas biomasės arba biodujų kuru katiluose

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☒ Nėra (tik degalų keitimas)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☒ Biomasė
☐ Kita

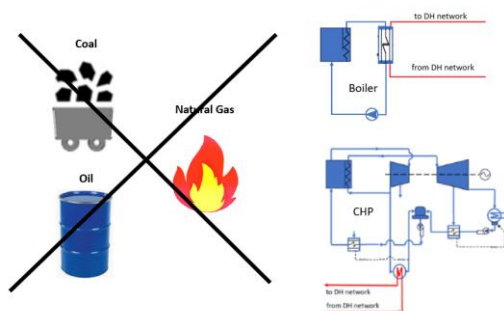
Modernizavimo technologija

- ☐ TES+ ☒ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

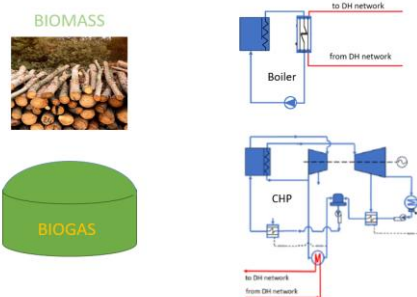
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esama įrenginio koncepcija - iškastinis kuras, kurio reikia atsisakyti (supaprastinta, pvz., dėl iškastinio kuro)



Nauja koncepcija: kuro pakeitimas biomasė arba biodujomis (supaprastinta, pvz.)



Šiame duomenų lape apibendrinamos kuro pakeitimo galimybės tradiciniuose katiluose (degikliuose).

Nagrinėjama tradicinę iškastiniu kuru varomą konfigūraciją - paprastą katilą arba kogeneracinę sistemą - visiškai pakeičia ekologišku kuru varoma sistema. Anglys, nafta ir gamtinės dujos pakeičiamos biodujomis arba biomasė. Pagrindinis dalykas, dėl kurio šis įgyvendinimas yra palankus, yra neekologiškų šaltinių pašalinimas ir visiškai grynojo CO₂ išmetimo panaikinimas. Kadangi degimo procesas yra panašus ir jo metu susidaro panašus CO₂ kiekis, kad šis metodas būtų veiksmingas, naudojamas biokuras turi būti gaminamas taip, kad iš aplinkos būtų pašalinamas toks pat CO₂ kiekis. Pavyzdžiui, panaudota mediena negali būti paprasčiausiai gaunama iš jau esamo miško, bet pats miškas turi būti pasodintas ir tvarkomas taip, kad būtų pašalintas papildomas CO₂ kiekis, palyginti su scenarijumi "jokių veiksmų". Tokiu atveju nagrinėjama sistema užtikrina 100 % CO₂ emisijos sumažėjimą, palyginti su pradinio mišku, ir tai pasiekama atlikus nedidelius arba visai neatlikus jokių miško pakeitimų.

Šis techninis sprendimas gali būti taikomas ir vietoje, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas ČŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės grunto šilumos siurblys (VC_HP) + garinis šilumos siurblys (MVR uždaro ciklas).

TPL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas.

ŽPAEI su integracija darbinė temperatūra: pirmosios pakopos geoterminis šilumos siurblys pasiekia 50÷60 °C, kitos pakopos MVR uždaro ciklo - iki 150÷ 170 °C°.

Darbinė temperatūra su integracija: iki iki prieš CŠT buvusios darbinės temperatūros.

Numatomas našumas: FFS siekia 60 % ar net daugiau, įskaitant HP sistemų elektros energijos sąnaudas, kurių vertinimas turi būti atidžiai apsvaistytas, remiantis faktinėmis darbinėmis temperatūromis (bendro COP_{HP} dydžio eilės tvarka yra 2,5).

Įrengimo išlaidos: 350÷ 400 €/kW_t (VC-HP) + 400÷ 500 €/kW_t (garo VC-HP) + žemės lauko šilumokaitis (labai priklauso nuo konfigūracijos)⁽⁴⁾.

Energijos sąnaudos: Paprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutinės vieno šilumos vieneto gamybos sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreiškiamas energijos vieneto kaina (pvz., euros už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Labai geri taupymo rodikliai - Konsoliduota technologija - Ji praktiškai neturi sistemos modifikacijų)	- Biokuras turi būti gaunamas laikantis tinkamos procedūros. - biokuras yra brangesnis už iškastinį kurą
Pagrindinės rekomendacijos	
Rekomenduojama, jei tinkamai taikomas	

⁴<https://oilon.com/en-gb/products/oilon-chillheat-s-600-s-2000/>

TECHNINIS SPRENDIMAS / INTEGRAVIMO STRATEGIJA NR. 24 (KATILO PAKEITIMAS ŠILUMA IŠ VANDENS NUOTEKŲ + VC- HP SISTEMA + GARO SUSPAUDIMO ŠILUMOS SIURBLYS (MVR UŽDARAS CIKLAS))

24

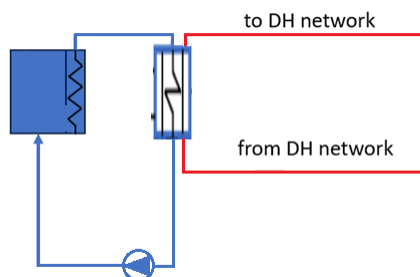
Techninis sprendimas / integravimo strategija Nr. 24. Katilo integravimas su vandens nuotekų atliekinė šiluma + šilumos siurblys + garo šilumos siurblys (MVR uždaras ciklas)

Pagrindinė etaloninė technologija ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra ☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C ☐ Nėra	Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI ☐ Saulės energija ☐ Geoterminė energija. ☒ Atliekos ☐ Biomasė ☐ Kita	Modernizavimo technologija ☐ TES+ ☒ VC-HP ☒ MVR ☐ ABS-HP ☐ Kita ☐ Nėra
--	---	--

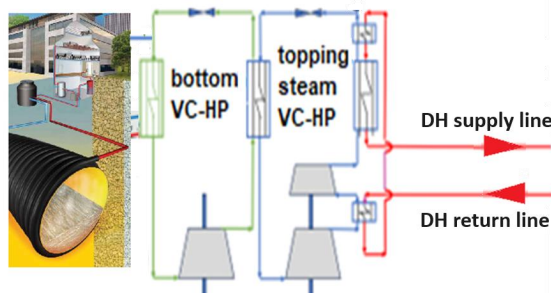
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamos gamyklos koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurio reikia atsisakyti (supaprastinta)



Nauja koncepcija: katilo pakeitimas nuotekų atliekinė šiluma+ šilumos siurblys+ garo šilumos siurblio (MVR uždaro ciklo) integravimas



Šiame duomenų lape apibendrinama tradicinių degiklių pakeitimo visiškai ŽPAEI žemoje temperatūroje (iki 15÷20 °C) galimybė.

Nagrinėjama integracija pagrįsta nuotekų vandens panaudojimo vamzdiniu šilumokaičiu (paprastai vietiniuose rajonuose arba pastatuose), sujungtu su VC-HP sistema (nuotekų vanduo paprastai yra aukštesnės aplinkos temperatūros, tarkime, vidutiniškai 15 °C, o VC-HP gali pasiekti apie 60 °C temperatūrą). Kai vietinė temperatūra yra tokia pati kaip ir ČŠT tinklo grįžtančioje linijoje, galima prijungti iki 150 °C temperatūros papildomo garo VC-HP (MVR uždaro ciklo), tiek centrinėje stotyje, tiek vietoje. Numatoma, kad nuotekų atliekinė šiluma sudarys 15 % ČŠT šildymo galios. Didesnės vertės mažai tikėtinos.

Nepaisant to, kad nuotekų šilumokaičio šiluminė galia yra "nemokama", modernizavimas

procesas reikalauja daug energijos ir kiekvienai vartotojui tiekiamai MW_{th} reikia nuo 0,3 iki 0,5 MW_{th} elektros energijos reikia įrenginių kompresoriams.

Norint padidinti našumą, būtina šiek tiek modernizuoti įrenginius. Naudoti būtina dėl nutrūkstamo aplinkos energijos iš nuotekų vandens prieinamumo.

Kadangi reikia elektros energijos, iškastinio kuro taupymas svyruoja nuo 20 % iki 30 %, bet gali būti ir didesnis jei kompresorių darbui naudojama elektros energija yra "žalioji".

Šis techninis sprendimas gali būti taikomas ir vietoje, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas CŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: šilumos siurblys (VC_HP)+ garinis šilumos siurblys (MVR uždaro ciklo)

TPL: 10 - Gerai parengta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas.

ŽPAEI su integracija darbinė temperatūra: pirmosios pakopos geoterminis šilumos siurblys pasiekia 50÷60°C, kitos pakopos MVR uždaro ciklo - iki 150÷ 170 C°.

Darbinė temperatūra su integracija: iki prieš CŠT buvusios darbinės temperatūros.

Numatomas našumas: FFS iki maždaug 30 %, įskaitant HP sistemų elektros energijos sąnaudas, kurių vertinimą reikia atidžiai apsvarstyti, remiantis faktinėmis darbinėmis temperatūromis (bendro COPHP dydžio eilės tvarka yra 2,5).

Įrengimo išlaidos: 350÷ 400 €/kW_t (VC-HP)+ 400÷ 500 €/kW_t (garo VC-HP)+ nuotekų atliekų šilumokaitis.

Energijos sąnaudos: Įprastai šiluminės energijos sąnaudos vertinamos pagal išlyginamąsias šilumos sąnaudas (LCOH), t. y. vidutines vieno šilumos vieneto pagaminimo sąnaudas per visą sistemos eksploatavimo laikotarpį, išreikštas energijos vieneto kaina (pvz., eros už megavatvalandę, €/MWh).

Stiprumas	Silpnybė
- Geri taupymo rodikliai - Konsoliduota technologija - Nereikia šilumos kaupimo sistemos, nebent būtų naudojami skirtingi nepastovūs šaltiniai (saulės energija, atliekos).	- Kompresoriams reikia išorinio elektros šaltinio. - Sudėtinga modernizavimo technologija (reikalingas išsamus inžinerinis projektas).
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama naudoti su labai žemos ir vidutinės temperatūros šaltiniais (10 °C-20°)	

ANALIZĖS KRITERIJAI IR ENERGETINIAI BEI FINANSINIAI KPI

ĮVADAS

Šiame skyriuje siekiama nurodyti metodiką, taikomą įgyvendinant supaprastintus centralizuoto šilumos tiekimo tinklų šilumos šaltinių energijos modelius, pradedant nuo vartotojų poreikių, susijusių su šilumine galia ir temperatūra, ir baigiant energijos šaltiniu, kurio dydį reikia nustatyti, t. y. apibūdinti šiluminę šaltinio galią ir darbinę temperatūrą. Šis šaltinis gali būti žemo potencialo arba esamas tradicinis šaltinis, jei atliekamas modernizavimas, kurio metu iš dalies arba visiškai išsaugomas pirminis šilumos ir (arba) energijos šaltinis. Kogeneracinės jėgainės - tai labai efektyvūs sprendimai, leidžiantys vienu metu gaminti elektros ir šiluminę energiją iš vieno kuro šaltinio. Taigi, mažai tikėtina, kad centralizuoto šilumos tiekimo įmonėje, kurią reikia spręsti, kaip šilumos šaltinis yra kogeneracinė jėgainė arba, bent jau ankstyvosiose įmonėse, paprastas katilas, kurio laukia nemažai aktyvios eksploatacijos metų. Kaip išsamiai parodyta ankstesniuose skyriuose ir Low2HighDH WP2 ataskaitoje D2.1, trijose tikslinėse šalyse - Lietuvoje, Lenkijoje ir Slovakijoje, net ir esant labai skirtingai CŠT situacijai, jų CŠT tinkluose yra maždaug 50 % kogeneracinių ir 50 % katilinių šilumos šaltinių.

Be šaltinio ir naudotojų, tinkle gali būti dviejų tipų sistemos: energijos integravimo sistemos ir temperatūros gerinimo sistemos. Tolesnėse pastraipose pristatomi tinklo energetinio modeliavimo aspektai ir toliau aprašomi energetiniai ir ekonominiai/finansiniai parametrai, naudojami jam apibūdinti. Nors šis energetinis modelis yra gana supaprastintas ir iš esmės pagrįstas pasaulinėmis lyginamosiomis sistemų ir komponentų charakteristikomis, jis yra pakankamai išsamus, kad būtų galima susidaryti vaizdą apie pagrindinius kiekvieno galimo sprendimo pagrindinius efektyvumo rodiklius (KPI), kad vadovai ir projekto partneriai galėtų priimti sprendimus dėl geriausio pasirinkimo savo šalyje ir dėl to, kurį konkretų sprendimą verta pagilinti ir taikyti.

Modelis bus taikomas 10 konkrečių atvejų, kad būtų galima įvertinti jų bendrą veiksmingumą.

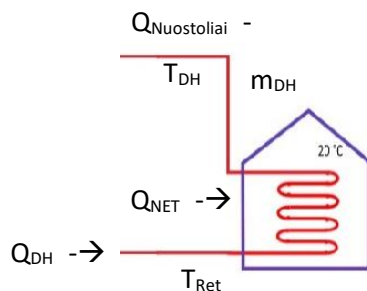
CŠT TINKLO BAZINIS ŠILUMINIS MODELIAVIMAS

Metodika atliekama pagal toliau nurodytus etapus:

- Pagal 21 pav. daroma prielaida, kad vartotojai suvartoja žinomą šiluminę galią $\dot{Q}_{DH}$ ir šilumos nuostolius iš tinklo. Pradedant nuo gautos galios ir sumuojant išsklaidytą galią, $\dot{Q}_{Loss}$, šiame lygyje (tarkime, paklausos pusėje) reikiamą galią, kuri bus šiek tiek didesnė, galima gauti kaip $\dot{Q}_{NET}$. Tuo pat metu, nustačius žinomą tiekimo ir grįžimo temperatūras (T_{DH} ir T_{Ret}), galima gauti srauto greitį, kaip matyti iš pastovios būsenos energijos balanso lygčių.

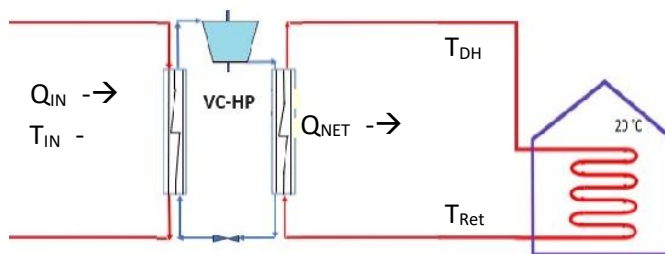
$$\dot{Q}_{DH} = \dot{m}(T_{DH} - T_{Ret}) \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{DH} = \dot{Q}_{NET} - \dot{Q}_{Loss} \quad (2)$$



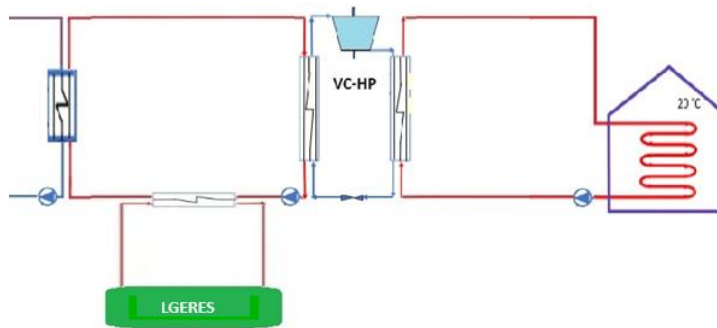
21 paveikslas. CŠT tinklo paklausos pusė. Šiluminės galios, temperatūros ir CŠT masės srautas (kreditas: Unige)

- Toliau sekdami tinklu atgal link energijos šaltinio, susidursime su temperatūros gerinimo sistemomis, kaip parodyta 22 paveiksle, ir energijos integravimo sistemomis. Priklausomai nuo įvairių veiksnių, temperatūros gerinimo sistema gali būti įrengta prieš arba po energijos integravimo sistemų (žr. toliau). Temperatūros gerinimo sistemos būdingos LOW2HIGH sistemai, kai žemo potencialo šilumos šaltinis, paprastai žemos temperatūros, turi būti pakeltos, kad vartotojui būtų tiekiamas aukštos temperatūros šildymas. Kita vertus, galios integravimas naudojamas tada, kai vadinamasis „pirminis“ šaltinis nepajėgus patenkinti vartotojų energijos poreikių, tenkinančių 100 proc. šildymo poreikių. Tokiu atveju reikalinga vieno ar kelių papildomų šaltinių veikimo. Be to, ŽPAEI integracija yra kryptinga siekiant sumažinti iškastinio kuro suvartojimą. Taip pat galima įsivaizduoti, kad šilumos ir karšto vandens sistema yra suprojektuota naudoti kelis šaltinius, integruojant kelis skirtingus šaltinius, kurie jau gali būti prieinami ir tinkami naudoti būtent tomis faktinėmis aplinkybėmis.



22 paveikslas. CŠT tinklo dalis, kurioje išryškėja temperatūros gerinimo įrenginys, šiuo atveju šilumos siurblys (kreditas: Unige)

Norėdami sutelkti dėmesį į konkrečią konfigūraciją, darysime prielaidą, kad pirmiausia susiduriama su temperatūros kėlimo sistema. Vėlgi integracija bus atliekama grįžtamoje arba tiekimo linijoje, visų pirma priklausomai nuo santykinų temperatūrų. Tai neturi įtakos modeliavimo procedūrai ir konfigūracijai. Taigi, kaip jau aptarta anksčiau, žinome temperatūras pas vartotojus ir turėsime vidutinę temperatūrą, šiuo metu nežinomą, kurią galėtume nustatyti kaip bandomąją vertę modernizavimo įrankio įvestyje. Šią priemonę paprastai sudaro šilumos siurbliai, mechaninė garų rekompresija arba absorbciniai šilumos siurbliai. Skirtingai nei T_{DH} ir T_{Ret} , vidutinė grįžtama ir (arba) paduodama temperatūra bus priimta šilumokaičių sąsajoje, visada nurodant išorinę šildymo liniją. Šiluminė, Q_{in} , ir mechaninė (jei yra) galia, tiekama modernizavimo įrangai, priklausys nuo dar nežinomų dydžių, pavyzdžiui, mašinos COP ir įėjimo temperatūros, T_{in} , kurią laikėme spėjama verte. Vėliau gilinsimės į metodiką, kuria grindžiamas COP skaičiavimas.



23 paveikslas. Dalis CŠT tinklo su ŽPAEI integracija prieš modernizavimą ir pritaikyta grįžtamajai linijai (kreditas: Unige)

- Po to atliekame šiluminį integravimą, žr. 23 paveikslą. Jei yra, jis dažnai taikomas centralizuoto šilumos tiekimo tinklo grįžtamajai linijai. Taikymas ant grįžtamosios ar tiekimo linijos iš esmės priklauso nuo integracijos temperatūros šaltinio temperatūros atžvilgiu. Be to, integracija gali būti prieš arba už temperatūros gerinimo įrenginių, taip pat dėl vietos apribojimų. Ši integracija gali apimti atsinaujinantį šilumos šaltinį, pavyzdžiui, saulės kolektorių lauką, geotermišką šaltinį arba pramoninių ar kitų procesų atliekinę šilumą. Integracija gali būti tiesioginė, kaip parodyta 23 paveiksle, arba ji gali būti specialiai atnaujinta naudojant, kaip anksčiau minėto tipo šilumos siurblio įrenginį. Integracijos galios ir tiekimo temperatūros charakteristikos paprastai yra žinomos. Pirminio šaltinio temperatūra taip pat žinoma, tačiau galia – ne. Šiuo požiūriu darome prielaidą, kad T_{integ} ir Q_{integ} yra žinomos (arba kaip nors apskaičiuotos), todėl, norint tęsti darbą, priimama spėjama T_{in} vertė ir bus išvesta Q_{in} , kuri leis apskaičiuoti reikiamą Q_{source} . Jei reikia, "Excel" lentelėje automatiškai taikomas iteracinis procesas, nes kartais ne visus kintamuosius galima išvesti paeiliui, vieną po kito. Pastaruoju atveju reikės dviejų ar trijų iteracijų, kad skaičiavimo algoritmas konverguotų.

Kaip minėta, modelyje naudojamos temperatūros yra vidutinės įleidimo ir išleidimo šilumokaičių temperatūros vandens pusėje, t. y. CŠT tinklo pusėje.

Temperatūros didinimo sistemų modeliavimas

Kiekvienas modernizavimo elementas modeliuojamas apibrėžiant COP (našumo koeficientą) ir apskaičiuojant įvairius energijos elementus, kurie gali apimti šiluminę galią įėjime ir išėjime ir galbūt mechaninę ir (arba) elektrinę galią, kaip tradicinių garų suspaudimo šilumos siurblių atveju. Be to, tokiose sistemose, kaip šilumos transformatoriai (absorbciniai įrenginiai), galime turėti šilumos jėgą esant tarpinei temperatūrai ir aukštatemperatūrę šiluminę išėjimo galią, bet taip pat ir didelį šilumos kiekį, išsiskiriantį esant aplinkos temperatūrai. Į šį faktą visada reikia atsižvelgti aptariant galimą absorbcinių šilumos siurblių taikymą, nes vienas iš svarbiausių šių įrenginių aspektų yra žemos temperatūros šilumos išsklaidymas, dėl kurio būtina padidinti prieš srovę esančių šaltinių dydį.

Norint modeliuoti šias sistemas, reikia nustatyti visus energijos kiekius - tiek šiluminę, tiek mechaninę galią. Atsižvelgiant į 24 paveikslą, šiuos dydžius sieja pirmasis termodinamikos dėsnis ir šių tipų prietaisų našumo koeficientai, naudingumo koeficientai arba COP. Kaip matysime, šiuos koeficientus galima išreikšti kaip įvairių temperatūrų funkciją. Šie COP, kurie bus modernizavimo įrankio modelis, galima apibrėžti atsižvelgiant į idealaus Karno ciklo, veikiančio tarp tų pačių vidinių (ne šaltinio) temperatūrų, našumą.

Pavyzdžiui, paprasto šilumos siurblio COP bus apibūdinamas mechaninės galios sąnaudų ir vėsinimo galios sąnaudų (šaldymo efekto) arba šildymo galios stiprinimo koeficientu galia (šildymo efektas). Nustačius energijos mainų elementus, taip pat turėsime visus būtinus komponentus, kad būtų galima susieti pirminės energijos suvartojimą su nagrinėjamu prietaisu.

COP apibrėžimas ir naudojimas

Visada remiamasi idealiuoju Karno mašinos COP - ciklu, kuris T - S diagramoje (darbinio skysčio temperatūros ir entropijos termodinaminėje plokštumoje) atrodo kaip stačiakampio formos, kuris bus efektyviausias įmanomas, duotos temperatūros, pagal antrąjį termodinamikos dėsnį. Šį ciklą apibūdinančias atskaitos temperatūras visada galima pasirinkti savo nuožiūra, visų pirma dėl numatyto COP naudojimo siekiant naudingo palyginimo su tikruoju ciklu. Griežtai termodinaminio požiūriu Karno ciklo temperatūros turėtų atitikti tikrojo ciklo šiluminių šaltinių temperatūras. Tačiau šiuo atveju nustatant santykį tarp Karno COP vertės ir tikrojo COP taip pat atsižvelgiama į mainų procese vykstančią eksergijos sklaidą, kuri ypač priklauso nuo šilumokaičių kokybės.

Jei norima sutelkti dėmesį į garų suspaudimo ciklą, šios savybės galima, nors ir šiek tiek netinkamai, išvengti tiesiogiai nurodant skysčio fazinio virsmo temperatūras garintuve ir kondensatoriuje, atitinkamai T_{eva} ir T_{cond} . Faktinio COP ir Karnoto COP santykis suteikia parametą, vadinamą antrojo dėsnio efektyvumu (η_{II}), kuris veiksmingai apibūdina mašinos našumą (Scarpa ir kt., 2013) (Scarpa ir kt., 2013) (Scarpa ir kt., 2013) (Tagliafico ir kt., 2014). Konkretaus įrenginio atveju šis parametras, jei jis išreikštas, kaip nurodyta pirmiau, yra santykinai pastovus įrenginio veikimo metu. Taigi COP galime išreikšti kaip η_{II} , padauginant iš Karnoto COP, kaip:

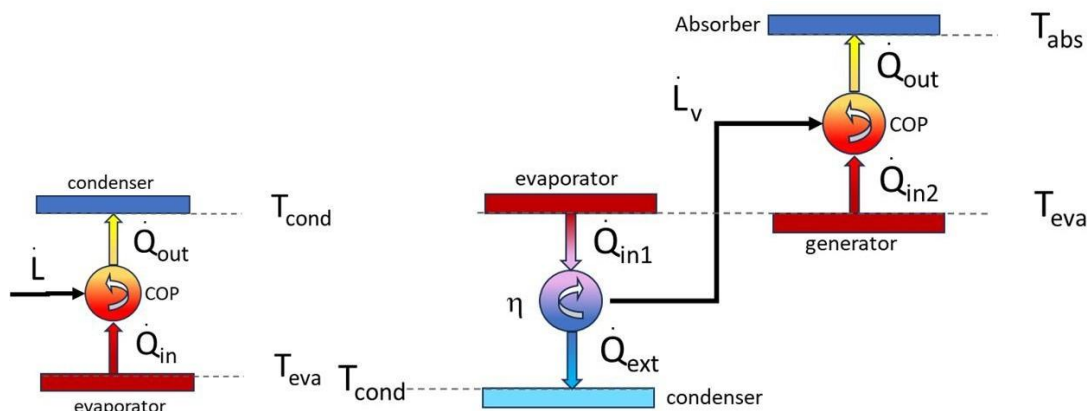
$$COP_{Refrig} = \eta_{II} \cdot COP_{Carnot} \quad (3)$$

Tačiau kadangi laikomės "šilumos siurblio" požiūrio, rašysime:

$$COP = 1 + \eta_{II} \cdot COP_{Carnot} \quad (4)$$

$$COP = 1 + \eta_{II} \cdot \frac{T_{eva}}{T_{cond} - T_{eva}} \quad \text{su temperatūra kelvinais} \quad (5)$$

$$COP = 1 + \chi\rho_c \cdot \frac{T_{eva}}{T_{cond} - T_{eva}} \quad (6)$$



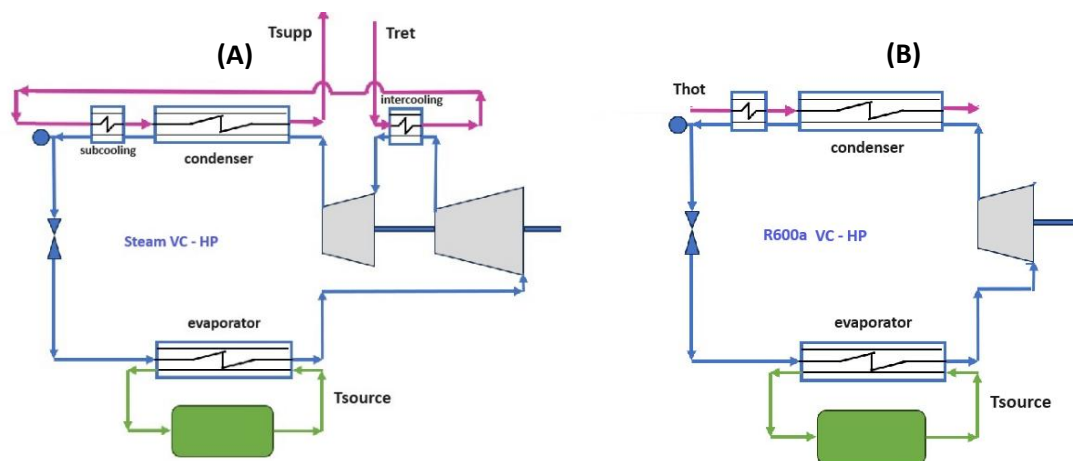
24 paveikslas. Kairėje - paprasto garų suspaudimo šilumos siurblio schema, o dešinėje - trijų temperatūrų absorbcinio šilumos siurblio, sudaryto iš dviejų prietaisų, schema (kreditas: Unige)

Labiausiai kintama dalis bus Karno COP, o η_{II} , kaip nurodyta 6 lygtyje, visų pirma priklausys nuo kompresoriaus izentropinio naudingumo koeficiento (ρ_c), skysčio savybių, ciklo konfigūracijos ir darbo sąlygų. Bet kokių atveju η_{II} batai kinta nedaug, apie 0,5, tačiau jis didesnis dideliems kompresoriams su dideliu ρ_c ir, žinoma, priklauso nuo įrenginio dydžio, kuris susijęs su kompresoriaus efektyvumu.

Patvirtinimas

Toks vaizdavimo būdas, toks modeliavimas buvo patvirtintas palyginus rezultatus, gautus taikant šį supaprastintą modelį, įdiegtą „Excel“ skaičiuoklėje, su rezultatais, gautais naudojant specializuotą termodinaminę programinę įrangą, skirtą tiesioginiams ir atvirkštiniais ciklams spręsti. Naudotas modelis parodytas 25 paveiksle. Kairiajame paveikslėlyje (A) pavaizduota vandens (garo) garų suspaudimo šilumos siurblio, veikiančio esant įvairioms temperatūroms, schema.

Šio tipo šilumos siurbliai tinka aukštoms temperatūroms ir paprastai naudojami kaip antroji kaskadinės sistemos pakopa. Be to, našumui pagerinti buvo naudojamas dviejų pakopų kompresorius, taip pat tarpinis aušinimas ir pakartotinis aušinimas naudojant grįžtamąjį srautą iš centralizuoto šildymo sistemos.



25 paveikslas. Kairėje - paprasto garų suspaudimo šilumos siurblio schema, o dešinėje - trijų temperatūrų absorbcinio šilumos siurblio, sudaryto iš dviejų prietaisų, schema (kreditas: Unige)

Susijusioje lentelėje matome COP (našumo koeficiento) verčių, gautų atlikus abu modeliavimus, palyginimą: modeliavimas, atliktas naudojant "Excel" programoje įdiegtą modelį, ir sudėtingesnis modeliavimas, atliktas naudojant visą termodinaminį modelį. Išlaikant pastovią tiekimo temperatūrą (T_{supply}) 120 °C ir grįžimo iš šildymo tinklo temperatūrą (T_{RET}) 60 °C, COP apatinė šaltinio temperatūra T_{source} buvo keičiama nuo 50 °C iki 70 °C. Nustatyta, kad procentinės paklaidos buvo mažesnės nei 3 %.

Antroje lentelėje pateikiami žemos temperatūros šilumos siurblio, naudojančio R600a, rezultatai (25 pav., B dalis). Šio tipo įrenginys naudojamas esant žemai temperatūrai, paprastai kaip pirmoji pakopa prieš tolesnę garo HP, šilumos transformatoriaus arba MVR pakopą. Šiuo atveju šaltinio temperatūra (T_{source}) buvo pastovi - 20 °C, o karštojoje pusėje (paprastai kitos pakopos garintuve) temperatūra svyravo nuo 50 °C iki 70 °C. Procentinė paklaida blogiausiu atveju viršijo 7 %.

Abiejų mašinų kompresoriaus izotropinis naudingumo koeficientas buvo lygus 0,7. Buvo daroma prielaida, kad šilumokaičių temperatūrų skirtumai atitinka "Excel" modelio temperatūrų skirtumus, o šaltinio įleidimo ir išleidimo skirtumas yra 15 °C. Siekiant subalansuoto našumo, buvo pakoreguotos η_{II} vertės.

T_{source} [°C]	COP	COP Supaprastintas	Skirtumas
50	3.15	3.23	2.6%
55	3.37	3.41	1.2%
60	3.61	3.60	-0.2%
65	3.89	3.82	-1.6%
70	4.20	4.07	-3.0%

Lentelė 2 Patvirtinimo procesas. Paprasto modelio pagal 5 lygtį ir išsamaus termodinaminio modelio palyginimas. Lentelėje nurodomas 25 pav. 25(A) pav. pateiktas aukštos temperatūros garo šilumos siurblys. $T_{\text{supply}} = 120$ °C, $T_{\text{return}} = 60$ °C.

T_{hot} [°C]	COP	COP Supaprastintas	Skirtumas
50	4.09	3.82	-6.6%
55	3.68	3.56	-3.3%
60	3.34	3.34	0.0%
65	3.05	3.16	3.6%
70	2.79	3.00	7.4%

Lentelė 3 Patvirtinimo procesas. Tas pats, kas 1 lentelėje, atsižvelgiant į 25 paveikslo B dalyje pavaizduotą R600a šilumos siurblių, naudojamą kaip pirmojo etapo temperatūros padidinimą. $T_{\text{source}} = 20$ °C

Absorbcinis šilumos siurblys

Absorbcinio šilumos siurblio arba šilumos transformatoriaus atveju bus taikomas trijų temperatūros lygių aprašymas, derinant galios ciklą, susijusį su virtualiu darbu $_{\text{LV}}$ (kurio fiziškai nėra absorbciniame šilumos siurblyje, tačiau idealiai atliekamas absorbcijos / desorbcijos procesų metu), ir aušinimo ciklą, kaip parodyta 24 paveiksle (dešinėje).

Kad būtų paprasčiau, laikydami vieną tarpinę temperatūrą T_{eva} , galime aiškiai užrašyti anksčiau apibrėžtus kiekvieno iš dviejų ciklų (tiesioginio ir atvirkštinio) parametrus.

$$\dot{L}_v = \eta \dot{Q}_{in1} \quad \eta = \eta_{mII} \left(1 - \frac{T_{cond}}{T_{eva}} \right) \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{out} = \dot{L}_v + \dot{Q}_{in2} = (1 + COP_F) \cdot \dot{L} \quad COP_F = \eta_{II} \left(\frac{T_{eva}}{T_{abs} - T_{eva}} \right) \quad (8)$$

$$\dot{Q}_{in2} = COP_F \cdot \dot{L}_v \quad (9)$$

Apibrėžiant toliau pateiktą absorbcinio šilumos siurblio privalumų parametą:

$$\eta_{ABS} = \frac{Q_{out}}{Q_{in1} + Q_{in2}} \quad (10)$$

Šilumos transformatoriui (HT) bus

$$\eta_{HT} = \frac{(1 + COP_F) \cdot L_v}{L / \eta + COP_F \cdot L_v} = \frac{\eta(1 + COP_F)}{1 + \eta COP_F} \quad \eta < \eta_{ABS} < 1 \quad (11)$$

Fizikinė šio rezultato interpretacija pabrėžia tai, kad šilumos transformatorius išnaudoja didelį šilumos kiekį tarpiniame lygyje (T_{eva} , t. y. temperatūroje, kurioje galima naudoti žemo potencialo energijos išteklius), kad jį padidintų iki aukštesnio temperatūros lygio T_{abs} , tačiau su mažesniu bendru prieinamu kiekiu. Daug žemo potencialo energijos išteklių išleidžiama į žemiausią aplinkos temperatūrą (24 pav. dešinėje pusėje žymima T_{cond}).

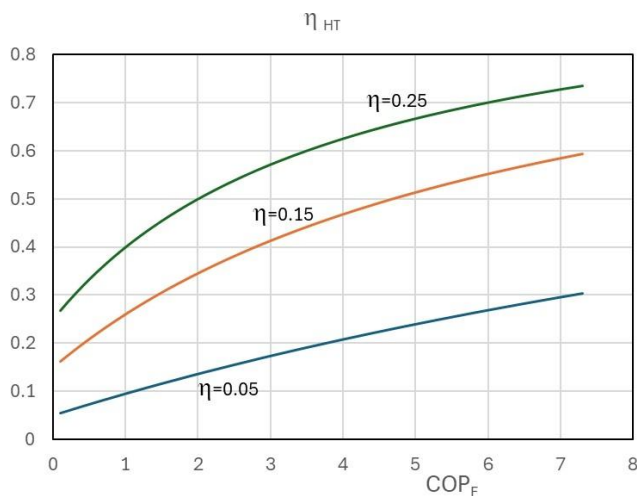
Pastebėkime, kad 24 paveikslėlyje pateiktose schemose stengiamasi išlaikyti termodinaminių procesų supratimui reikalingą nomenklatūrą, tačiau keičiamos darbinių temperatūrų taikymo reikšmės. Iš tiesų tame pačiame paveiksle T_{eva} reiškia žemo potencialo energijos išteklių temperatūrą, tačiau garų suspaudimo šilumos siurblio kairėje pusėje T_{cond} reiškia šilumos temperatūrą po modernizavimo (t. y. centralizuoto šilumos tiekimo darbinę temperatūrą), o dešinėje - žemutinę šilumos transformatoriaus temperatūrą (t. y. aplinkos temperatūrą). Dešinėje esančioje schemoje centralizuoto šildymo darbinę temperatūrą vaizduojama T_{abs} .

Tendencija, priklausanti nuo COP_F , parodyta 26 paveiksle, rekomenduoja dideles COP_F vertes ir

efektyvumą. Iš tiesų, kalbant apie temperatūras, norint pasiekti *aukštas* η_{HT} (dalis $1 - \eta_{HT}$ bus išsklaidoma į aplinką) ir atsižvelgiant į tai, kad šaltinio temperatūra T_{in} ir T_{out} paprastai yra fiksuotos, akivaizdu, kad reikės didelių T_{in} verčių, todėl temperatūra padidės (padidės) nedaug. Bet kokiu atveju, atsižvelgiant į virtualioje mašinoje esančias temperatūras, η reikšmės yra labai mažos, kartais mažesnės nei 0,1, todėl išsisklaido didelis šilumos kiekis į aplinką - nuo 50 % iki 80 %. Todėl praktinis šilumos transformatorių

naudojimas gali būti labai problemiškas, nebent tarpinėje šilumos transformatoriaus temperatūroje (T_{eva} 24 pav., dešinėje) yra labai pigios (arba nemokamos) ir didelės energijos atsargos.

Absorbcinio šilumos transformatoriaus atveju modelis, išreikštas 7-11 lygtimis, bus ne toks tikslus dėl transformacijų sudėtingumo ir dėl to, kad fazių kaitos temperatūros esant pastoviai slėgis nebėra pastovios temperatūros, bet pasižymi dideliu gradientu, vadinamu slinkimu. Dėl šio slinkimo sunku taikyti anksčiau naudotus paprastus modelius, kurie tradiciniams šilumos siurbliams duoda priimtinus rezultatus.



26 paveikslas. Absorbcinio šilumos siurblio bendrojo naudingumo koeficiento priklausomybė nuo η (virtualios mašinos naudingumo koeficiento) ir COP_F (atvirkštinio ciklo šilumos transformatoriaus naudingumo koeficiento), t. y. nuo trijų atitinkamų temperatūrų. Nagrinėja

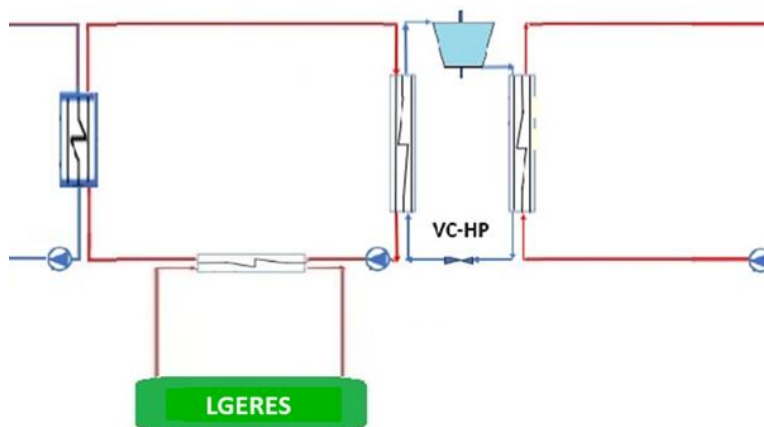
Kadangi kalbėsime apie temperatūrą tinklo pusėje, o ne apie vidinio ciklo temperatūrą, naudosime tokį užrašą kaip, pavyzdžiui, standartinio šilumos siurblio atveju:

$$COP_{HP} = 1 + \eta_{II} \cdot \frac{T_{in} - \Delta T_{eva}}{T_{out} - \Delta T_{cond} - (T_{in} - \Delta T_{eva})} \quad (12)$$

Kai šilumokaičių temperatūrų skirtumo dydis, paprastai apie $5 \div 10$ °C, bus atvirkščiai proporcingas įrengtų šilumokaičių kokybei (ir kapitalo sąnaudoms, naudojant UA).

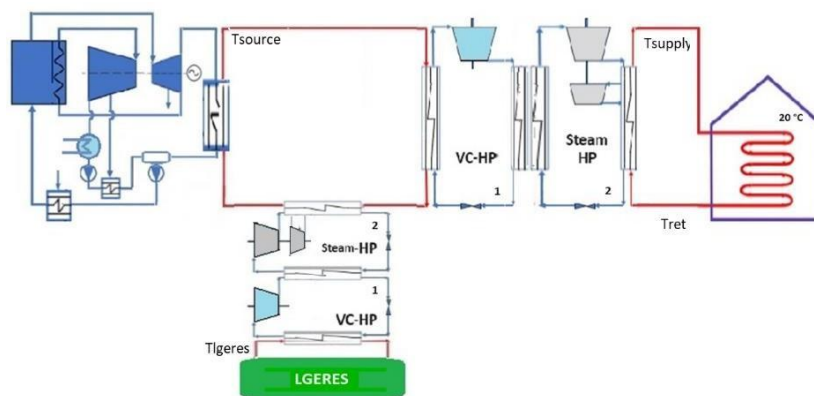
Paprastai temperatūros kritimas HEX sistemoje (esant šilumos perdavimo pareigai Q) priklauso nuo dviejų pagrindinių charakteristikų: šilumos perdavimo efektyvumo U (W/m²K) (kuris nustatomas atsižvelgiant į technologiją ir naudojamą skystį) ir dydžio A(m²). Kuo didesnis UA, tuo mažesnis temperatūros kritimas. Norint pasiekti labai mažus temperatūros kritimus (o tai lemia gerą HEX kokybę), reikia priimti dideles A vertes, o tai reiškia didesnius ir brangesnius HEX.

Tuo atveju, kai yra integravimo šaltinis, paremtas ŽPEAI, kaip trumpai parodyta 27 paveiksle, įėjimo temperatūra, reikalinga COP apskaičiuoti, nustatoma, kaip minėta anksčiau.



27 paveikslas. Pabrėžkite su procesu susijusį kiekį. Apskaičiuoti kiekiai pažymėti raudonai (kreditas: UNIGE)

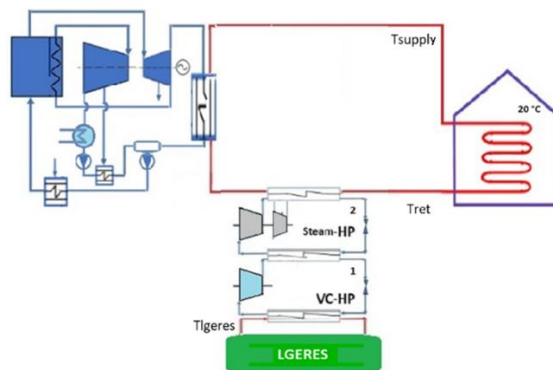
Visas modelio įgyvendinimas vyksta pagal 28 paveiksle pateiktą schemą, kuri apima galimą dviejų modernizavimų vienu metu buvimą pagrindinėje linijoje ir dviejų galimoje integracijoje.



28 paveikslas. CŠT tinklo schema, kai modernizuojama kogeneracinė jėgainė. Galimi temperatūros padidėjimai yra pateikti tik tam, kad būtų pilnas vaizdas (kreditas: UNIGE)

Gavus visų įrenginių energijos indėlį, galima apskaičiuoti įvairius įrenginio našumo rodiklius - tiek našumo, tiek suvartotos pirminės energijos ir išmetamo CO₂ kiekio.

Iki šiol pateiktas modelis, apibendrintas 28 paveiksle, leidžia aprašyti įvairius atvejus, pavyzdžiui, pavaizduoti dviejų skirtingų atsinaujinančiųjų išteklių sujungimą. Konkrečiai analizuojant toliau pateiktus dešimt atvejų, galima naudoti supaprastintą modelį, į kurį neįtraukiami modernizavimai pagrindinėje CŠT linijoje, o tik lokaliai mažo galingumo šaltinyje. Šis modelis pavaizduotas 29 paveiksle ir gali būti taikomas tiek naudojant esamą šiluminę elektrinę (katilą arba kogeneracinę jėgainę), tiek naudojant tik žemo potencialo šaltinį kaip vienintelį šaltinį.



29 paveikslas. Supaprastinta CŠT tinklo schema kogeneracinės jėgainės modernizavimo atveju. Temperatūros padidinimas taikomas tik žemo potencialo šaltiniams (kreditas: UNIGE)

ENERGINIO NAUDINGUMO RODIKLIS

Skiriami iškastinio kuro šaltiniai ir kiti šaltiniai. Pirmuosius vadiname neatsinaujinančiais energijos ištekliais (**NRES**), o antruosius, įskaitant branduolinius šaltinius, - atsinaujinančiais energijos ištekliais (**AEI**).

Siekiant įvertinti ŠD sistemų efektyvumą ir veiksmingumą, nustatyti tobulintinas sritis ir užtikrinti, kad sistema veiktų optimaliais parametrais, įvedami kai kurie pagrindiniai energetinio efektyvumo rodikliai (EPI):

- Šiluminis efektyvumas
- Šilumos pirminės energijos koeficientas NRES
- AEI energijos dalis
- Iškastinio kuro sutaupyta energija
- NRES iškastinio kuro taupymas
- Anglies dioksido intensyvumas

Kadangi aptariame netikrą modelį, kai kurie čia paminėti parametrai tampa nereikšmingi ir bus pašalinti. Literatūroje naudojami įvairūs šių rodiklių apibrėžimai, taip pat priklausantys nuo šalies vietinių teisės aktų. Šiuo atveju savarankiškai priėmėme šias apibrėžtis:

E_p – tai pirminė energija, susijusi su šaltiniu, prieš paverčiant ją į antrines ar naudingas energijos formas, pavyzdžiui, elektrą ar šilumą. Pirminė ir antrinė energija siejamos perskaičiavimo koeficientais, kurie paprastai nurodomi naudojant simbolį f .

Jei šiluma yra naudingoji energijos forma, priimami šie koeficientai:

$$\text{AEI} \quad f_H = 1$$

$$\text{NRES} \quad f_H = 1/\eta_H = 1/0.9$$

Kur $\eta_H = 0.9$ bendras degiklio konversijos efektyvumas

Jei elektros energija yra naudingoji energijos forma, tuomet:

$$\text{AEI} \quad f_{el\ i} = 1 \text{ išskyrus branduolinę energiją, kuriai } f_{el} = 1/\eta_{nuke}$$

$$\text{NRES} \quad f_{el\ i} = 1/(\eta_{el\ i} \cdot \eta_H)$$

kur η_H atitinka pirmąją šilumos energijos konversiją, o $\eta_{(el)\ (i)}$ - šilumos energijos konversiją į Elektros energiją. Tai reiškia, kad $\eta_{(el)\ (i)}$ yra vidutinis i-ojo neatsinaujinančiojo šaltinio tipo elektrinės efektyvumas (susijęs su i-tuoju kuru: anglimis, dujomis, nafta).

Tai perskaičiavimo koeficientai, susiję su vienu šaltiniu arba tos pačios rūšies šaltinių grupe. Pavyzdžiui, norint apskaičiuoti bendrą pirminį šalies elektros energijos gamybos konversijos koeficientą PEF, reikia atsižvelgti į kiekvienam šaltiniui tenkančią elektros energijos dalį (sh). Tai yra

$$f_{el} = \sum_i (sh_i \cdot f_{el\ i})$$

Šie koeficientai paprastai taikomi ir grupuojant to paties pobūdžio šaltinius, pvz.

$$f_{el} = sh_{RES} \cdot f_{el\ RES} + sh_{NRES} \cdot f_{el\ NRES}$$

f_{el} yra vidutinis **elektros energijos** pirminės energijos koeficientas (PEF) toje šalyje,

sh_{RES} yra **elektros energijos**, gaunamos iš atsinaujinančių šaltinių, **dalis** konkrečioje šalyje, o

Su

$$f_{el\ RES} = \frac{\sum_i (sh_i \cdot f_{el\ i})_{RES}}{\sum_i (sh_i)_{RES}} \quad f_{el\ NRES} = \frac{\sum_i (sh_i \cdot f_{el\ i})_{NRES}}{\sum_i (sh_i)_{NRES}}$$

Ir

$$sh_{RES} = \sum_i (sh_i)_{RES} \quad sh_{NRES} = \sum_i (sh_i)_{NRES} \quad sh_{RES} + sh_{NRES} = 1$$

Jei branduolinės energijos dalis nesusidarys, ji bus

$$f_{el} = sh_{RES} + (1 - sh_{RES}) \cdot f_{el\ NRES}$$

Kartais literatūroje galima rasti tokią formulę

$$f_{el} = f_{el\ RES}^* + f_{el\ NRES}^*$$

Tačiau šiuo atveju atvirkštiniai terminai f^* nebėra vidutiniai efektyvumai.

Šiluminis efektyvumas - juo matuojamas įeinančios energijos pavertimo naudingąja šiluma efektyvumas. Paprastai jis išreiškiamas kaip naudingosios šilumos ir visos į sistemą patiektos energijos (iš išorės) santykis. Paprasčiausiu atveju atsižvelgiama tik į šilumos nuostolius šilumos gamybos įrenginyje ir šilumos tiekimo

tinkle. Jei šildymo sistemos dalis yra kiti įrenginiai ar posistemiai, reikia atsižvelgti į kitas sąlygas. Jei šaltinio id "ištraukimo-kondensacijos" kogeneracinė jėgainė, tuomet didelis šilumos kiekis į aplinką išsklaidomas žemo slėgio kondensatorius. Jei kaip temperatūros gerinimo įrenginys naudojamas absorbcinis šilumos siurblys, vėlgi daug šilumos išsisklaido aplinkoje. Tiek energijos integravimo, tiek modernizavimo sistemos prisidės prie bendro sistemos šiluminio efektyvumo šilumos arba mechaninės energijos sąnaudomis.

Toliau atsižvelgiama tik į elektros ir (arba) mechaninį indėlį, gaunamą ne iš šilumos šildymo sistemos. Simboliai:

$$\eta_{th} = \frac{Q_{DH}}{\sum_i Q_{in\ i} + \sum_j L_{in\ j}}$$

Neatsinaujinančios pirminės energijos koeficientas (NRPEF) šilumos energijai - nurodo neatsinaujinančios pirminės energijos kiekį (neįskaitant branduolinės energijos), kurio reikia vienam **šilumos energijos** vienetui **galutiniam vartotojui patiekti**. Mažesnės NRPEF vertės rodo, kad sistema yra tvaresnė, nes reikia mažiau neatsinaujinančios (iškastinės) pirminės energijos reikiamai šiluminei energijai pagaminti.

$$f_{p,DH} = \frac{\sum_i Ep_{NRES} \dot{Q}_{in\ i} + \sum_j Ep_{NRES} \dot{L}_{in\ j}}{Q_{DH}}$$

Kur terminai $Ep()$ rodo pirminę energiją, susijusią su neatsinaujinančios energijos sąnaudomis

$\dot{Q}_{in}$ and $\dot{L}_{in}$.

$$f_{p,DH} = \frac{f_H Q_{NRES} + sh_{NRES} f_{el,NRES} \sum_j L_{in\ j}}{Q_{DH}}$$

f_H ir $f_{el,NRES}$ kur apibrėžta

Atsinaujinančiųjų išteklių energijos dalis - iš atsinaujinančiųjų išteklių pagamintos energijos sąnaudų dalis. Didesnė atsinaujinančiosios + branduolinės energijos dalis rodo, kad centralizuoto šilumos tiekimo sistema yra tvaresnė. Pasirinktas rodiklis atspindi atsinaujinančiosios energijos dalį elektros energijos gamyboje konkrečioje šalyje.

$$R_{sh} = \frac{\sum_i Q_{RES\ i} + sh_{RES} \sum_j L_{in\ j}}{\sum_i Q_{in\ i} + \sum_j L_{in\ j}} = \eta_{th} \frac{\sum_i Q_{RES\ i} + sh_{RES} \sum_j L_{in\ j}}{Q_{DH}}$$

Atliekų šaltiniai laikomi atsinaujinančiais šaltiniais.

Iškastinio kuro sutaupymas (FFS) - vietinis rodiklis, kuriuo išreiškiamas iškastinio kuro dalies sutaupymas, gaunamas lyginant nagrinėjamą sistemą su etalonine sistema. Jei faktinė sistema naudoja jau esamą iškastinio kuro šaltinį, pavyzdžiui, katilą arba kogeneracinę jėgainę, palyginimas atliekamas su tuo šaltiniu

kartu su paprastu CŠT tinklu, be jokių integravimų ar modernizavimų. Priešingu atveju etaloninė sistema yra centralizuoto šilumos tiekimo tinklas, šildomas paprastu katilu. Tai susiję su vietiniu išmetamo CO₂ kiekio sumažėjimu, tačiau yra geresnių konkrečių rodiklių.

$$FFS = \frac{Q_{NRES_ref} - Q_{NRES}}{Q_{NRES_ref}} = 1 - \frac{Q_{NRES}}{Q_{NRES_ref}}$$

Pirminės iškastinio kuro energijos taupymas (PFFES) - pasaulinis indeksas. Kaip ir ankstesnis, jis išreiškia Pirminės kuro dalies sutaupymą kaip pirminės energijos, susijusios su iškastiniu kuru, sutaupyto sistemoje, palyginti su tos sistemos baziniu atskaitos rodikliu, santykį, padalytą iš pirminės kuro energijos, suvartotos bazinėje sistemoje. Formulėse:

$$PFFES = \frac{Ep_{NRES_ref} - Ep_{NRES}}{Ep_{NRES_ref}}$$

Skirtingai nuo ankstesnių, taip pat atsižvelgiama į konversiją, kad būtų pagaminta elektros energija, reikalinga modernizavimo įrenginiams veikti.

$$PFFES = 1 - \frac{f_H \cdot Q_{NRES} + sh_{NRES} f_{el,NRES} \sum_j L_{in\ j}}{f_H \cdot Q_{NRES_ref}}$$

Anglies dioksido intensyvumas – išmetamas CO₂ kiekis, t/MWh: Matuojamas CO₂ kiekis, išmetamas vienam patiektos šiluminės energijos vienetui. Šis rodiklis padeda įvertinti centralizuoto šilumos tiekimo sistemos poveikį aplinkai. Atsinaujinantys energijos šaltiniai, tokie kaip saulės šiluminė energija, beveik neišskiria CO₂, todėl jų anglies dioksido intensyvumo reikšmė yra labai maža, todėl laikome, kad ji lygi nuliui. Vertiname vietinį išmetamųjų teršalų rodiklį, kuris apima tik šilumos gamybos įrenginyje naudojamą iškastinį kurą (minima anglis), kuris gali būti susijęs su galimomis CO₂ mokesčio ir (arba) obligacijų išlaidomis, ir visuotinį rodiklį, taip pat apimantį išmetamą CO₂ kiekį, susijusį su elektros energija, kuri galbūt naudojama temperatūros gerinimo įrenginiuose, pvz. Pastarasis rodiklis labiau susijęs su visu poveikiu aplinkai. Šie du indeksai gaunami taip:

$$CI_{local} = \frac{f_H e_{CO_2\ x} \cdot Q_{NRES}}{Q_{DH}}$$

$$CI_{global} = \frac{f_H e_{CO_2\ x} \cdot Q_{NRES} + \left(\sum_k e_{CO_2\ k} \frac{sh_{NRES\ k}}{\eta_{el\ k} \cdot \eta_H} \right) \left(\sum_j L_{in\ j} \right)}{Q_{DH}}$$

$e_{CO\ k}$ yra kuro, susijusio su k-uogu neatsinaujinančiu šilumos šaltiniu, išmetamo CO₂ faktorius, naudojamas elektros energijos gamyboje, o $e_{(CO)\ (x)}$ reiškia kurą, naudojamą šildymo sistemos degiklyje, jei toks yra.

Šiame kontekste analizės rezultatai apsiribos šiais parametrais:

- Šiluminis naudingumo koeficientas
- AEI energijos dalis
- Iškastinio kuro sutaupyta energija
- Anglies dioksido intensyvumas

Tai yra:

$$\eta_{th} = \frac{Q_{DH}}{\sum_i Q_{in\ i} + \sum_j L_{in\ j}} \quad (13)$$

$$R_{sh} = \eta_{th} \frac{\sum_i Q_{RES\ in\ i} + sh_{RES} \sum_j L_{in\ j}}{Q_{DH}} \quad (14)$$

$$FFS = 1 - \frac{Q_{NRES}}{Q_{NRES_ref}} \quad (15)$$

$$CI_{local} = \frac{f_H e_{CO_2\ x} \cdot Q_{NRES}}{Q_{DH}} \quad (16)$$

$$CI_{global} = \frac{f_H e_{CO_2\ x} \cdot Q_{NRES} + \left(\sum_k e_{CO_2\ k} \frac{sh_{NRES\ k}}{\eta_{el\ k} \cdot \eta_H} \right) \left(sh_{NRES} \sum_j L_{in\ j} \right)}{Q_{DH}} \quad (17)$$

Be to, bus nurodomas elektros energijos suvartojimas (iš AEI / NES šaltinių).

Atliekant skaičiavimus skirtingose nagrinėjamosiose šalyse atsižvelgiama į šiuos skaitinius duomenis⁽⁵⁾:

Elektros energijos dalis	Lietuva	Lenkija	Slovakija
Iškastinis kuras (sh_{NRES})	0.24	0.73	0.15
Branduolinė energija	0.00	0.00	0.62
Atsinaujinantys energijos ištekliai (sh_{RES})	0.76	0.27	0.85

lentelė 4 Elektros energijos gamybos šaltinių dalis

Neatsinaujinančiųjų išteklių dalis sh_{NRES}	Lietuva	Lenkija	Slovakija
anglis	0.000	0.786	0.224
dujos	0.321	0.110	0.386
nafta	0.354	0.039	0.128
biodujos	0.007	0.002	0.008
mediena	0.318	0.062	0.255

lentelė 5 Kuro dalis elektros energijos gamyboje

Emission factor	e _{CO2} [t/MWh]
Coal	0.354
CH ₄	0.20196
Oil	0.249
Biogas	0.197
Wood	0.403

lentelė 6 Vidutiniai anglies dioksido išmetimo iš įvairių šaltinių rodikliai.

Average Efficiency	η _i
Coal	0.34
CH ₄	0.50
Oil	0.40
Biogas	0.50
Wood	0.34

lentelė 7 Vidutinis elektrinės efektyvumas pagal nagrinėjamą pirminės energijos šaltinį.

EKONOMINIŲ REZULTATŲ RODIKLIS

Centralizuoto šildymo sistemos tiekia šiluminę energiją įvairių tipų pastatams izoliuotų vamzdžių tinklu. Šiose sistemose naudojami įvairūs šilumos šaltiniai, pavyzdžiui, saulės, biomasės, geoterminė energija, atliekinė šiluma ir iškastinis kuras, ir jos gali labai padidinti energijos vartojimo efektyvumą bei sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Norint sėkmingai įgyvendinti ir eksploatuoti centralizuoto šilumos tiekimo įmones, būtina atlikti išsamią ekonominę ir finansinę analizę. Šiame kontekste apsiribosime pagrindinių veiklos parametrų, naudojamų ekonominiam ir finansiniam sistemos apibūdinimui, išdėstymu. Modelis bus taikomas 10 konkrečių atvejų, kad būtų galima įvertinti jų bendrą pagrįstumą.

Standartiniai centralizuoto šilumos tiekimo įrenginių ekonominės ir finansinės analizės metodai apima keletą pagrindinių etapų ir priemonių, įskaitant:

- **Kapitalo išlaidų išlaidos (C₀) [CAPEX]:** Apskaičiuojamos pradinės investicijos, reikalingos jau esamai centralizuoto šildymo sistemai modernizuoti, integruoti ir atnaujinti, įskaitant įrangos, projektavimo, statybos, žemės įsigijimo (pvz., saulės energijos integracija) ir prijungimo prie skirstomojo tinklo išlaidas. Šioms išlaidoms didelę įtaką daro pasirinktas ŽPAEI šaltinis, be to, jos gali būti ypač mažos, jei įėgainėje naudojamas jau egzistuojantis iškastinis šaltinis, kurį iš dalies integruos kiti šaltiniai. Jei šalia elektrinės yra pramoninis ar gyvenamosios paskirties šilumos šaltinis (su tinkama tiekimo temperatūra), galima dar labiau sumažinti investicijų sąnaudas.
- **Eksploatavimo ir priežiūros sąnaudos [OPEX]:** Norint suprasti ilgalaikius finansinius reikalavimus, labai svarbu įvertinti einamąsias išlaidas, susijusias su kuru, darbo jėga, technine priežiūra, administracinėmis pridėtinėmis išlaidomis ir kita eksploatacine veikla.
- **Pajamų prognozavimas:** Galimų pajamų iš šiluminės energijos pardavimo klientams prognozavimas. Tai apima įvairių tarifų struktūrų, galimų subsidijų ir vyriausybių ar reguliavimo institucijų teikiamų paskatų svarstymą. Konkrečiais rengiamais atvejais šios pajamos nebus svarstomos, nes analizės tikslas - apskaičiuoti išlyginamosios vertės eiliškumą. šiluminės energijos

kaina (LCOH), o kiti rodikliai, kurie toliau nurodomi siekiant išsamumo, nebus pateikiami, nes jiems didelę įtaką daro faktiniai rinkos parametrai ir galimos paskatos, kurios turi būti nurodytos išsamesnėje finansinėje analizėje. Šie duomenys bus reikalingi konkrečiuose sprendimuose, kurie bus priimti kiekvienoje šalyje. Be to, daroma prielaida, kad etaloninė elektrinė gaminamas toks pat šilumos kiekis, todėl bus skaičiuojamas tik LCOH.

- **Grynoji dabartinė vertė (NPV) ir vidinė grąžos norma (IRR):** Šie finansiniai rodikliai yra labai svarbūs vertinant projekto pelningumą. NPV apskaičiuoja pinigų įplaukų ir išmokų dabartinės vertės skirtumą. Reikia atsižvelgti į investicines išlaidas ir išmontavimo išlaidas. Kadangi apskaičiuojant NPV atsižvelgiama į pinigų laiko vertę, reikia diskontuoti būsimas išmontavimo sąnaudas iki dabartinės vertės taikant atitinkamą diskonto normą.

IRR nustato diskonto normą, kuriai esant NPV lygi nuliui, o tai rodo tikėtiną projekto grąžą.

Naudojamos šios formulės

$$NPV = -C_0 + \sum_{k=1}^N \frac{C_k}{(1+r)^k} \quad , \text{M€} \quad (18)$$

$$0 = -C_0 + \sum_{k=1}^N \frac{C_k}{(1+IRR)^k} \quad (19)$$

Kur C_0 yra projekto pradinės investicinės išlaidos, o C_k yra pinigų srautai, palyginti su k metais. r - diskonto norma.

- **Pelningumo indeksas (PI):** jis apibrėžiamas kaip būsimųjų pinigų srautų dabartinė vertė, padalyta iš pradinių projekto sąnaudų, ir yra naudinga priemonė projektams klasifikuoti, nes leidžia kiekybiškai įvertinti, kiek vertės sukuria vienam investicijų vienetui. Pelningumo indeksas, lygus 1, reiškia, kad projektas yra pelningas. Bet kokia reikšmė, mažesnė už 1, rodo, kad projekto būsimųjų pinigų srautų dabartinė vertė yra mažesnė už pradines investicijas. Didėjant pelningumo indekso vertei, didėja ir siūlomo projekto finansinis patrauklumas.

$$PI = \frac{\sum_{k=1}^N \frac{C_k}{(1+r)^k}}{C_0} \quad (20)$$

- Diskontuotas atsipirkimo laikotarpis (DPP): Apskaičiuojama trukmė, kurios reikia, kad investicija sukurtų pakankamą pinigų srautą, kad atsipirktų pradinės kapitalo išlaidos. Diskontuojant būsimus pinigų srautus, taip pripažįstama pinigų laiko vertė. DPP nerekomenduojama taikyti renkantis viena kitą išskiriančias alternatyvas, nes neatsižvelgiama į skirtingus investicijų dydžius.

$$0 = -C_0 + \sum_{k=1}^{DPP} \frac{C_k}{(1+r)^k} \quad , \text{metų.} \quad (21)$$

- Levelizuotos šilumos sąnaudos (LCOH): LCOH yra aktualus ir dažnai naudojamas centralizuoto šilumos tiekimo sistemų rodiklis. Jis parodo vidutines sąnaudas, tenkančias vienam šilumos vienetui, pagamintam per visą šildymo sistemą, atsižvelgiant į visas su jos įrengimu, eksploatavimu, priežiūra ir, galbūt, išmontavimu susijusias išlaidas. Toks išsamus požiūris padeda suprasti tikrąsias

šilumos tiekimo sąnaudas per visą sistemos gyvavimo laikotarpį. LCOH leidžia nuosekliai palyginti skirtingas šilumos gamybos technologijas ir kuro šaltinius. Suinteresuotosios šalys gali įvertinti centralizuoto šilumos tiekimo projekto ekonominį gyvybingumą, nes LCOH padeda nustatyti, ar projektas gali tiekti šilumą konkurencinga kaina, palyginti su alternatyviais šildymo sprendimais.

$$LCOH = \frac{-C_0 + \sum_{k=1}^N \frac{S_k}{(1+r)^k}}{\sum_{k=1}^N \frac{H_k}{(1+r)^k}} \quad , \text{€/MWh}_{\text{Th}} \quad (22)$$

Kur C_0 yra projekto pradinės investicinės išlaidos, o S_k yra išlaidos, susijusios su k metais, o H_k yra per metus pagamintas šilumos kiekis. Tuo pačiu metu gaminant elektros energiją (pvz., kogeneracinis šaltinis), naudojami įvairūs metodai išlaidoms paskirstyti ir priskirti. Paprastai LCOH matuojamas €/MWh_{Th} ir parodo 1 į tinklą patiektos šiluminės MWh kainą eurai. Priklausomai nuo šalies, energetikos politikos, pagrindinių šilumos šaltinių ir t. t., LCOH dydis svyruoja nuo 30 iki 100 EUR/MWh.

Šiame kontekste analizės rezultatai apsiribos šiais parametrais:

- CAPEX
- LCOH

Atliekant CAPEX skaičiavimus buvo remiamasi šiais skaitiniais duomenimis, darant prielaidą, kad Lietuvoje, Lenkijoje ir Slovakijoje vidutinės vertės yra vienodos. Visi duomenys yra specifiniai, atsižvelgiant į įrenginio galią, šiluminę galią, tiekiamą visoms šildymo sistemoms, ir elektros energiją, tiekiamą kogeneracinėms elektrinėms.

Į CAPEX įskaičiuotos į įrenginius įeinančių komponentų išlaidos ir projektavimo bei statybos išlaidos. Daroma prielaida, kad CAPEX dalis sudaro atitinkamai 60 % ir 40 % visų CAPEX. Be to, apskaičiuota, kad metinės techninės priežiūros sąnaudos sudaro 2 proc.

Atliekant siūlomus skaičiavimus atsižvelgta į 8 lentelėje nurodytas CAPEX vertes (Europos Komisija, JRC GD, 2017 m.).

Nagrinėta sistema	CAPEX (€/kW)
<i>ŽPAEI</i>	
Saulės parabolinis kolektorius	2000
Saulės plokščias kolektorius	560
Žemės geoterminė energija	1200
Giluminė geoterminė energija	3000
Atliekos	400
<i>Etaloninė šildymo sistema</i>	
Katilas	100
Kogeneracija-Ex (išplėtimas)	1350
CHP -Bp (priešslėgis)	1000
<i>Modernizavimo technologija</i>	
VC-HP	600
Garo-HP	700
ABS-HP	400
MVR	550

lentelė 8 Įvairių analizuotų technologijų CAPEX.

Nagrinėjamas OPEX sudaro techninės priežiūros sąnaudos, degalų sąnaudos, elektros energijos sąnaudos ir CO₂ sąnaudos. Priklausomai nuo konkretaus atvejo, gali būti tik kai kurios iš jų. Nustatyta **fiksuota 5 % metinė** diskonto norma, o **degalų ir CO₂ sąnaudų metinis padidėjimas - 0,5 %**. Atsižvelgiant į hipotezę apie sąnaudų didėjimą, finansiniai rezultatai gali keistis.

Duomenys apie energijos, kuro ir CO₂ sąnaudas gauti ir pritaikyti iš (ENERDATA, 2023) ir Eurostato. Kalbant apie iškastinį kurą, atsižvelgta tik į anglį arba dujas, nes jos labiausiai paplitusios šilumos tiekimo sistemose. Kaip parodyta ankstesnėse lentelėse, galima naudoti ir kitą kurą.

ENERGIJOS SĄNAUDOS	Lietuva	Lenkija	Slovakija
elektros energija [€/kWh _{El}]	0.15	0.18	0.19
žalioji elektros energija RECS [€/kWh _{El}]	0.18	0.216	0.228
Anglis [€/kWh _{TH}]	0.025	0.025	0.025
Dujos [€/kWh _{TH}]	0.0357	0.0413	0.0634
Išmetamo CO ₂ kiekis [EUR už toną]	70	70	70

lentelė 9 Energijos sąnaudos skirtingose tikslinėse rinkose.

IŠSAMŲ MODELIŲ, SKIRTŲ SU ŽPAEI SUSIETAM CENTRALIZUOTAM ŠILUMOS TIEKIMUI, SUKŪRIMAS

ĮVADAS

Iš pradinio rinkinio, kurį sudarė 24 galimos esamų centralizuoto šilumos tiekimo tinklų integravimo strategijos, dėl įdomių energetinių ir ekonominių aspektų toliau nagrinėta 10 atvejų. Konkrečiai šie išsamūs atvejai yra susiję su šiais sprendimais:

5, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22 ir 24.

Pirmieji **du** sprendimai - tai modernizavimas, naudojant esamą kogeneracinę jėgainę, naudojamą centralizuoto šilumos tiekimo tinkle. Kiti **keturi** sprendimai tinkami naudoti sistemose, kuriose naudojami paprasti katilai, o paskutiniai **keturi sprendimai** apima dalinį arba visišką pirminio šaltinio pakeitimą ŽPAEI (žemo potencialo energijos šaltiniais).

Šiems 10 atvejų buvo atlikta išsamesnė energetinė ir ekonominė analizė, taikant ankstesniame skyriuje aprašytą modeliavimo metodą. Daugiausia dėmesio buvo skiriama sprendimams, kuriais būtų galima sutaupyti iškastinio kuro (%) ir pasiekti kuo mažesnį LCOH (EUR/MWh_{TH}), kartu sumažinant tiesioginį išmetamo CO₂ kiekį (apibūdinamą anglies dioksido intensyvumo parametru, tona/GWh_{TH}/metus). Be to, buvo nagrinėjamas išorinio elektros energijos poreikio, reikalingo temperatūros gerinimo sistemoms, poveikis, nes šis parametras turi tiesioginės įtakos elektros energijos suvartojimui, taigi ir išmetamo anglies dioksido kiekio parametrams bei eksploatavimo sąnaudų parametrams. Taip pat apsvairstyta galimybė naudoti "ekologišką sertifikuotą elektros energijos tiekimą", turintį tiesioginį poveikį išmetamo anglies dioksido kiekio mažinimui ir sąskaitų už elektros energiją padidėjimui (o tai reiškia, kad padidėja modernizuotų sprendimų eksploatavimo sąnaudos). Dėl šio šilumos siurbliams būdingo elektros energijos poreikio būtina išplėsti analizę, kad būtų atsižvelgta į skirtingas energijos rūšių derinio charakteristikas trijose nagrinėjamose šalyse ir atitinkamą padėtį jų rinkoje: Lietuvoje, Lenkijoje ir Slovakijoje.

Kiekvienoje suvestinėje lentelėje pateikiami bendrieji konkretaus atvejo CŠT duomenys (CŠT vartotojo poreikis, ŽPAEI darbinė temperatūra, šiluminis indėlis, reikalingas ŽPAEI - sertifikuotos žaliosios elektros energijos tiekimo procentinė dalis - REC% - vietinis kuras - gamtinės dujos arba standartinės anglys - vidutinis darbo valandų skaičius per metus ir šiluminės energijos kaupyklos dydis, išreikštas šilumos galia MWh, jei yra).

IŠSAMIAI ANALIZĖ NR. 1 (TECH.SPR. NR. 05) - **GAMYBA CHP**: SAULĖS KONCENTRACIJOS AUKŠTOS TEMPERATŪROS ŠILUMOS GAMYBA IR DALINIS ARBA VISIŠKAS AUKŠTO SLĖGIO EKONOMAIZERIO PAKEITIMAS

1 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija
☐ Katilas ☒ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☐ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☒ Nėra (katilo sistemos viduje)

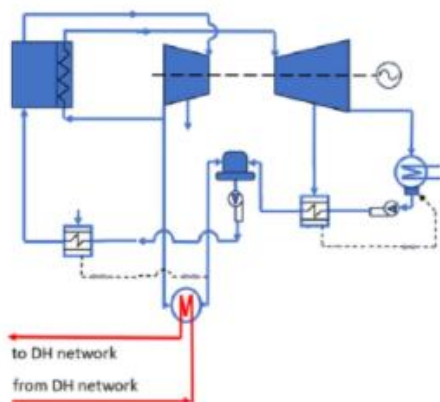
Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI
☒ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

Modernizavimo technologija
☒ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

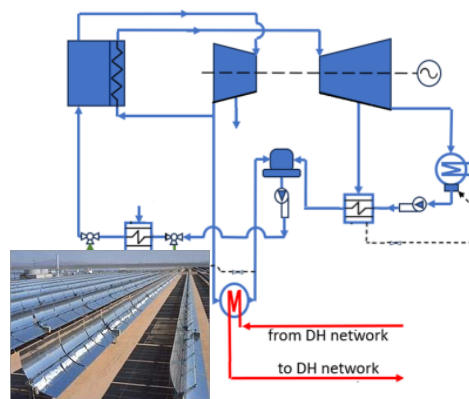
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - ekstrakcinė/kondensacinė kogeneracija (supaprastinta)



Nauja koncepcija su tiesioginiu saulės energijos integravimu



Modernizuojamoje bazinėje sistemoje garas išgaunamas prieš žemo slėgio turbiną, kad būtų patenkintas šilumos poreikis. Naujajame sprendime lygiagrečiai su aukštatemperatūrių paduodamo vandens šildytuvų rinkiniu naudojamas aukštos temperatūros saulės laukas, taip patenkinant pageidaujamą kogeneracinio katilo šilumos poreikio dalį (katilo pirminis pašildymas). Sprendimas gali užtikrinti paprastą katilo išankstinį šildymą, jei turima ŽPAEI temperatūra yra iki 150 °C, tačiau gali užtikrinti giluminį šildymą esant aukštesnei temperatūrai. Šiuo tikslu kogeneracinės jėgainės garintuvo slėgis turi atitikti soties temperatūrą 230-240 °C (30-35 bar), kad ŽPAEI karštas skystis galėtų sukelti fazės pokytį katile. Esant tokioms sąlygoms, kuro sutaupymas gali siekti 50 % ir daugiau.

Panašių rezultatų galima pasiekti, jei yra aukštos temperatūros atliekų. Pagrindinis skirtumas yra galimas šiluminės energijos kaupiklis, jei šaltinis yra nepastovus.

Nagrinėjamam ŽPAEI nereikia specialios šiluminio modernizavimo technologijos, nes dėl saulės energijos koncentracijos darbinė temperatūra paprastai yra pakankamai aukšta. Jei šaltinis yra nepastovus (pvz.,

saulės energijos šaltinis), reikia naudoti TES (šiluminės energijos kaupiklį), kad būtų galima tinkamai suderinti elektrinės šiluminius poreikius.

Nagrinėjamoje kogeneracijos konfigūracijoje (tradicinis anglimis kūrenamas katilas, kairėje pusėje) šilumos poreikiui tenkinti naudojamas garo išgavimas iš garų garo turbinos prieš patekimą į žemo slėgio turbiną. Tai yra galima įrengti ŽPAEI šiluminį lauką (dešinėje esančioje schemoje pažymėtą žalia spalva) ant aukšto slėgio linijos, lygiagrečiai su aukštos temperatūros paduodamo vandens šildytuvų rinkiniu, kad būtų patenkintas norimas katilo šiluminių poreikių procentas. Maitinimo vandens šildytuvų indėlio galima visiškai atsisakyti.

Ši konfigūracija gali veikti kaip katilo pašildytuvas, kai ji įgyvendinama su ŽPAEI šaltiniais, galinčiais užtikrinti temperatūrą nuo 130 °C iki 250 °C, tačiau ji gali iš dalies arba visiškai pakeisti katilą, jei pridėtas šaltinis gali užtikrinti temperatūrą iki maksimalios jėgainės temperatūros (pvz., 500 °C÷ 600 °C). Taigi integracijos apimtis taip pat gali būti labai didelė.

Faktinis išmetamųjų teršalų kiekis ir iškastinio kuro sutaupymas (FFS), kuris paprastai būna didelis, priklausys nuo pirmiau minėto veikimo būdo: išankstinio šildymo arba katilo pakeitimo. Jei naudojamas išankstinis šildymas, bazinės sistemos FFS gali padidėti iki maždaug 30 %.

Akivaizdu, kad katilą visiškai pakeitus ŽPAEI, sutaupoma 100 %.

Į finansinę sąmatą neįtrauktos su saulės elektrinių įrengimu susijusios žemės išlaidos.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: Saulės parabolė per

TRL: ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 260 °C.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 250 °C (išankstinis šildymas)/500 °C (katilo pakeitimas).

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.0	200	5	0%	gamtinės dujos	4380	15

KPI	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
AEI dalis (%)	19.7%	0	19.7%	0	19.7%	0
FFS (%)	19.7%	0	19.7%	0	19.7%	0

Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	457.9	570.1	457.9	570.1	457.9	570.1
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	457.9	570.1	457.9	570.1	457.9	570.1
CAPEX (M€/MW _t)	1.03	1.35	1.03	1.35	1.03	1.35
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų.	60	51	63	54	78	71

(*) įskaitant ekologišką sertifikuotą elektros energijos tiekimą
ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis
BAU = įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Gali visiškai pakeisti iškastinio kuro naudojimą - Labai geri taupymo rodikliai	- Nelengvai įgyvendinamas kaip CŠT grįžtamojoje linijoje (dideli pokyčiai kogeneracinėje jėgainėje) - Ji neleidžia naudoti žemos temperatūros šaltinių.

Pagrindinės rekomendacijos
- Rekomenduojama visiškai arba iš dalies pakeisti iškastinį kurą. - Reikalingi vidutinės ir aukštos temperatūros šaltiniai (Netinka naudoti su vidutinės temperatūros šaltiniais , < 140 °C).

IŠSAMI ANALIZĖ NR. 2 (TECH. SPR. NR. 11) - KOGENERACIJA CHP: PLOKŠČIA SAULĖS BATERIJA+ GARO VC- HP ANT CŠT GRĮŽTAMOSIOS LINIJOS IR GRĮŽTAMOJI/ TIEKIMO APYLANKOS

2 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☐ Katilas ☒ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra (katilo sistemos viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☒ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

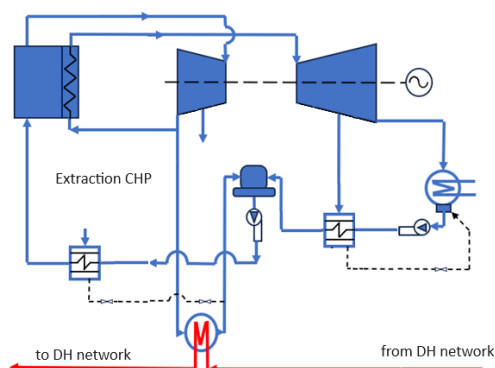
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

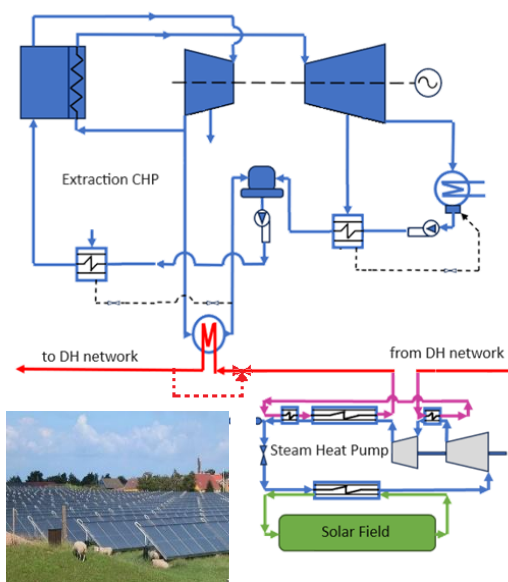
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai CŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - ištraukimo/kondensavimo kogeneracija (supaprastinta)



Nauja koncepcija su saulės lauku+ garo šilumos siurblys



Nagrinėjamoje kogeneracijos konfigūracijoje (tradicinis anglimis kūrenamas katilas, kairėje pusėje) garų ištraukimas iš garų garo turbinos prieš patekdamas į žemo slėgio turbiną naudojamas šilumos poreikiui palaikyti. Naujajame sprendime naudojamas plokščiųjų saulės kolektorių laukas (vidutinė temperatūra apie 50 °C) su garo VC-HP (uždarojo ciklo MVR) iki maždaug 100÷ 120 °C darbinės temperatūros CŠT grįžtančioje linijoje. Galimi ir atskiri sprendimai (garo VC-HP iki 140 °C), naudojant grįžtančio ir (arba) tiekiamo garo aplinkkelio valdymą. Modernizavimo technologijos poreikį lemia žema šio ŽPAEI tiekimo temperatūra, žemesnė už grįžtamosios linijos temperatūrą.

Tokiu būdu dalį centralizuoto šildymo energijos tiekia saulės šaltinis, dalį - kompresoriaus galia, o likusią dalį - kogeneracinės jėgainės ištraukimo kondensatorius. Sumažinus kogeneracinės jėgainės išgaunamą šiluminę galią padidėja numatoma elektros galia, taip iš dalies kompensuojant kompresoriaus elektros energijos suvartojimą. Šio tipo šilumos siurbliuose naudojamo ašinio srauto garo kompresoriaus

naudingumo koeficientas paprastai yra apie 0,8, todėl COP vertė yra nuo 3,5 iki 4. Modernizavimo sistema galėtų užtikrinti net visą šilumos energijos poreikį, nuolat taupant kurą. Šiuo atveju (5 MW saulės lauko integracija) sistemos FFS viršija 65 % Atsinaujinančiųjų išteklių energijos dalį galima dar padidinti atsižvelgiant į ekologiško sertifikuoto tiekimo galimybes (šiuo atveju REC = 50 %). Dėl vandens garo šilumos siurblio modernizavimo galimybių ŠS sistema gal būti įgyvendinta ir kaip atskiras ŠS sprendimas, neaptarnaujant jau esamos kogeneracinės jėgainės. Tiesą sakant jei ŽPAEI naudoja apeinamąjį valdymą, sistemas galima laikyti atskiromis, o jų našumas gali būti panašus į šių 7 ir 8 atvejų našumą. Pagal šį scenarijų maksimalus ŽPAEI sistemos pajėgumas nebepriklauso nuo kogeneracinės jėgainės pajėgumo ir gali būti tiekiamas į papildomą CŠT tinklą.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: plokšti arba vakuuminių vamzdžių saulės kolektoriai+ garinis šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR)

+ Šiluminės energijos kaupimas (TES)

TPL: Gera sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: saulės lauko dugno temperatūra iki 50÷ 60 °C, garo HP - iki 120-140 °C (COP 4 eilės su standartiniu įrenginiu – ekserginis efektyvumas 0,5). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Integracijos darbinė temperatūra: iki 120°C (gali būti naudojama kaip kogeneracinio ekonomizerio integracija arba kaip atskiras sprendimas).

Į finansinę sąmatą neįtrauktos su saulės elektrinės įrengimu susijusios žemės išlaidos.

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Eksplotavimo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.0	55	5	50%	gamtinės dujos	4380	21

KPI	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	7.57	0	5.46	0	7.96	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	1.03	0	3.14	0	0.65	0
AEI dalis (%)	42.2%	0	35.9%	0	43.4%	0
FFS (%)	66.9%	0	66.9%	0	66.9%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	189.0	570.1	189.0	570.1	189.0	570.1
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	208.1	570.1	265.6	570.1	201.6	570.1

CAPEX (M€/MW _t)	0.51	1.35	0.51	1.35	0.51	1.35
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	70	51	80	54	87	71

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą
ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis
BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Lengva integracija su esama CŠT jėgaine ir galimybė įrengti kaip atskirą programą CŠT tinkle - Galimybė padidinti vartotojams tiekiamą šiluminę galią - Geri taupymo rodikliai (ypač dėl atskiros konfigūracijos)	- Kompresoriui reikia papildomo elektros šaltinio. - Jis turi būti sujungtas su žema temperatūra.

Pagrindinės rekomendacijos
- Pagrįstai rekomenduojama naudoti žemoje temperatūroje (<60 °C). - Taip pat rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią

IŠSAMI ANALIZĖ NR. 3 (TECH. SPR. NR. 13) - KATILO IŠANKSTINIS PAŠILDYMAS ARBA
PAKEITIMAS PARABOLINIAIS SAULĖS KOLEKTORIAIS

3 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

- ☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☒ Nėra (katilo sistemos viduje)

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

- ☒ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

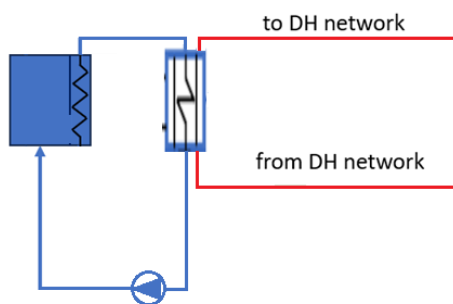
Modernizavimo technologija

- ☒ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

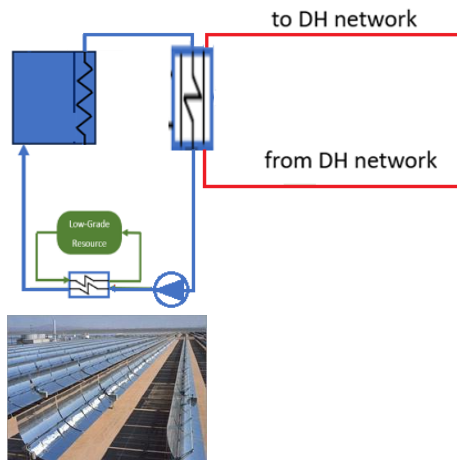
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilas su aukštos temperatūros saulės lauku (per parabolę)



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) - tai slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina maždaug 110 °C šilumos poreikį šildymui ÷ 120 °C temperatūroje. Kogeneracinių jėgainių konfigūracijų atžvilgiu elektros energija negaminama, todėl šildymo sistema yra paprastesnė ir lengviau valdoma. Be to, naudojamos žemesnės temperatūros ir slėgiai.

Naujajame sprendime naudojamas aukštos temperatūros saulės laukas (parabolinis saulės lovis - potencialiai iki 250 °C), kad iš anksto pašildytų vandenį boilerioje ir patenkintų pageidaujamą šilumos poreikio dalį. Kad taip veiktų, ŽPAEI šaltiniai turi užtikrinti 90 °C÷110 °C temperatūrą, tačiau jie gali visiškai pakeisti katilą, jei papildomas šaltinis gali užtikrinti apie 140 °C temperatūrą. Taigi, iškastinės energijos pakeitimo kiekis gali būti labai didelis. Tokiu atveju reikalinga TES sistema. Jei integracija veikia tik kaip išankstinis šildytuvas, TES galima nenaudoti, o katilas gali būti moduluojamas taip, kad užtikrintų reikiamą šilumos energiją, gaunamą ne iš saulės energijos šaltinio. Pasirinkta konfigūracija daugiausia

priklausys nuo ekonominių priežasčių. Tokia integracija gali būti įgyvendinta ir katilo kontūre, ir HD tinklo linijoje (žr. 4 atvejį).

ŽPAEI šaltinio dydis negali viršyti pradinės sistemos dydžio, jis negali prisotinti šilumokaičio našumo. Iškastinio kuro sutaupymas (FFS) arba originalaus katilo sutaupymas padidėja iki 100 %, priklausomai nuo minėto veikimo būdo: išankstinio šildymo arba katilo pakeitimo. Akivaizdu, kad visiškai pakeitus katilą (saulės energijos atveju tai padaryti nėra lengva, tačiau tam tikras pramoninių atliekų sprendimas galėtų būti įmanomas) ŽPAEI, sutaupymai ir išmetamųjų teršalų kiekio sumažėjimas pasieks 100 %.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: koncentruoti paraboliniai saulės kolektoriai+ aukštos temperatūros TES TRL:10 - gerai žinoma ir prieinama saulės energijos technologija.

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 220÷ 240 °C

Šios integracijos darbinė temperatūra: iki 140 °C, tačiau priklausomai nuo pagrindinio šilumokaičio konfigūracijos. Į finansinius skaičiavimus neįtrauktos žemės išlaidos, susijusios su saulės energijos lauko įrengimu.

LCOH skaičiavimams didelę įtaką daro kiekvienos šalies energetikos ir kuro politika

CŠT duomenys

CŠT vartotojo paklausa(MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.0	140	5	0%	gamtinės dujos	4380	15

	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
KPIs	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
AEI dalis (%)	48.0%	0	48.0%	0	48.0%	0
FFS (%)	48.0%	0	48.0%	0	48.0%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	121.6	233.8	121.6	233.8	121.6	233.8
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	121.6	233.8	121.6	233.8	121.6	233.8
CAPEX (M€/MW _t)	1.03	0.1	1.03	0.1	1.03	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	51	53	54	59	68	81

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą

ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)	
Stiprumas	Silpnybės
- Lengva integracija su esamu šilumos gamybos įrenginiu - Gali pakeisti daugiau kaip 50 % iškastinio kuro naudojimo - Labai geri taupymo rodikliai	- Nedidelis darbinių temperatūrų diapazonas - TES ir katilo (bent jau mažo) integravimo valdymas yra labai svarbus - Reikia geros priežiūros
Pagrindinės rekomendacijos	
- - Rekomenduojama iš dalies pakeisti iškastinį kurą. - Reikalingi vidutinės temperatūros šaltiniai (negalima naudoti su vidutinės temperatūros šaltiniais (<80 °C)).	

IŠSAMI ANALIZĖ NR. 4 (TECH. SPR. NR. 17) - KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS NAUDOJANT AUKŠTOS TEMPERATŪROS PARABOLINIS SAULĖS KOLEKTORIUS SU AUKŠTOS TEMPERATŪROS TES

4 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☒ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

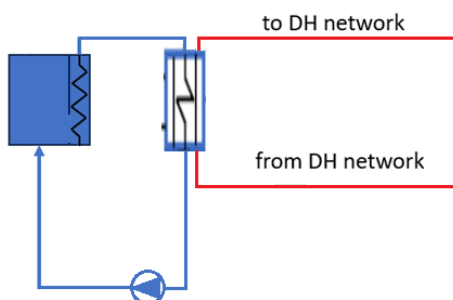
Modernizavimo technologija

☒ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☒ Nėra

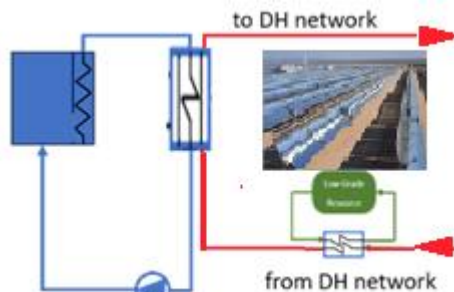
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas (supaprastintas)



Katilo integravimas su paraboliniu saulės kolektorių lauku + aukštos temperatūros TES



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildymo katilas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) yra slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina maždaug 110 °C šilumos poreikį ČŠT ÷ 120 °C.

Galima įrengti ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Jei sprendimas yra koncentracijos lovio saulės laukas, šiluminė integracija gali būti labai didelė, jei įrengta aukštos temperatūros šiluminės energijos saugykla (TES).

FFS galima didinti iki 100 %. Katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Katilas gali būti išjungtas ir naudojamas tik kaip nedidelė šiluminė integracija. Saulės sistemos gali prisidėti prie bendros galios, o bendra šilumos tiekimo galia, jei reikia, netgi padidėti.

Šį sprendimą galima taikyti ir vietoje, decentralizuotuose šilumos punktuose.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: koncentruoti paraboliniai loviniai saulės kolektoriai+ Šiluminės energijos kaupimas (TES) TPL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: iki 180-240 °C. Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti apibrėžti atliekant išsamias analizes.

Šios integracijos darbinė temperatūra: iki 140 °C (gali būti naudojama kaip degiklio integracija, kaip 3 atveju, arba kaip atskiras sprendimas su nedidele degiklio integracija).

Į finansinį vertinimą neįtrauktos žemės ploto išlaidos, susijusios su saulės energijos lauko įrengimu. LCOH skaičiavimams didelę įtaką daro kiekvienos šalies energetikos ir kuro politika.

Naudojant akmens anglį kaip iškastinį kurą, priešingai nei 3 atveju naudojant dujas, labai sumažėja eksploatacinės išlaidos ir gaunami tokie patys rezultatai trijose šalyse (atsižvelgiant į tai, kad anglies sąnaudos laikomos vienodomis).

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.0	140	5	0%	anglis	4380	15

KPI	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
AEI dalis (%)	48.0%	0	48.0%	0	48.0%	0
FFS (%)	48.0%	0	48.0%	0	48.0%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	213.1	409.7	213.1	409.7	213.1	409.7
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	213.1	409.7	213.1	409.7	213.1	409.7
CAPEX (M€/MW _t)	1.03	0.1	1.03	0.1	1.03	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	51	53	51	53	51	53

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą

ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis

BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Lengva integracija su esama šilumos tiekimo įmone - Gali pakeisti iškastinį kurą iki 80 proc.	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - TES ir katilo (bent jau mažo) integracijos valdymas yra labai svarbus

- Labai geri taupymo rodikliai	- Būtina gera priežiūra
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama iš dalies arba visiškai pakeisti iškastinį kurą. - Rekomenduojama, kai norima padidinti šiluminę šilumos energiją.	

IŠSAMI ANALIZĖ NR. 5 (TECH. SPR. NR. 18) - KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS
PRAMONINĖ ATLIEKINĖ ŠILUMA + ABS-HP GRĮŽTANČIOJE ČŠT LINIJOJE

5 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

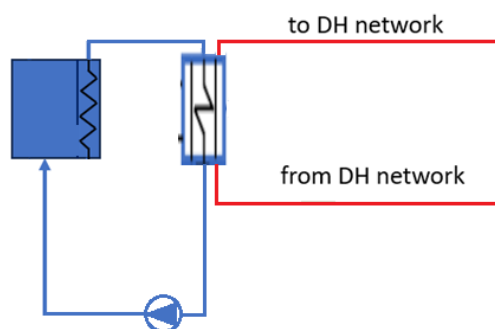
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☐ VC-HP
☐ MVR ☒ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

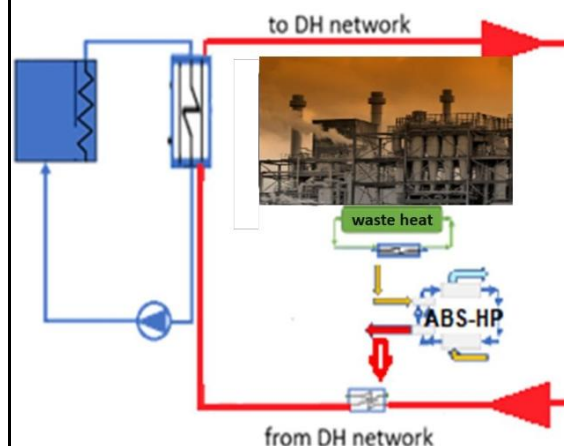
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - paprastas katilas



Katilo integravimas su **pramoninėmis atliekomis+ ABS-HP**



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildymo katilas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) - tai slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina maždaug 110 °C÷120 °C šilumos poreikį ČŠT.

Naujajame sprendime naudojama pramoninė atliekinė šiluma ČŠT grįžtamajai linijai pašildyti. Esant tokiai integracijai (temperatūra apie 70 °C), reikalinga tinkama modernizavimo technologija. Šiuo atveju galima naudoti absorbcinį šilumos transformatorių (didžiausia darbinė temperatūra apie 100÷115 °C). TES yra neprivalomas, tačiau gali padėti reguliuoti sistemą. Tokiu būdu atliekų šaltinio teikiama šildymo galia naudojama ABS-HP (desorbcijos procese) veikti be didelių elektros energijos sąnaudų, tačiau reikia didelio kiekio pagalbinės šilumos. Sumažinus šiluminę galią deginant katilą, gaunamas labai geras našumas. Trūkumas yra tas, kad ABS-HP veikti reikalingas didelis šiluminės energijos kiekis 60 °C temperatūroje, todėl reikia didelių pramoninių atliekų. Iš tikrųjų, esant pirmiau nurodytai temperatūrai,

sistemos COP yra 0,35-0,5, o tai reiškia, kad jei reikia, pavyzdžiui, 1 MW_{th} galios, šaltinis turės tiekti maždaug 5 MW_{th} šilumos, iš kurių 4 bus išmestos į aplinką. Vis dėlto, jei būtų naudojamas didelis pramoninių atliekų šaltinis, tai technologija labai pigiai užtikrins temperatūrinį šilumos pagerinimą. Autonominė konfigūracija (be katilo) nėra taip lengva įgyvendinti, nes ABS-HP viršutinė temperatūra gali būti nepakankama aukštos temperatūros (120 °C) CŠT.

Sistemos FFS galima padidinti iki 100 %. Katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Sistemos gali prisidėti prie bendros galios ir prireikus galima padidinti bendrą CŠT galią.

Šis sprendimas gali būti taikomas ir vietoje, decentralizuotose pastotėse.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: atliekinės šilumos šaltiniai+ Absorbcinis šilumos siurblys (ABS-HP)

TRL: 9÷ 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija, kurią sunku pritaikyti realiuose modernizavimo sprendimuose. Turėtų būti numatytos ir gerai parengtos bandomosios ABS-HP įėgainės.

ŽPAEI darbinė temperatūra: daroma prielaida, kad atliekas galima naudoti 70 °C temperatūroje, kad būtų galima naudoti 110-115 °C temperatūros šilumos transformatorių (ekserginis efektyvumas - 0,15).

Integracijos darbinė temperatūra: iki 110 °C, sumažinant katilo temperatūros prieaugį.

Eksploatuojant ABS-HP, į aplinką reikia išmesti daug šilumos (šiuo konkrečiu atveju 51,6 % šilumos sąnaudų). Todėl reikia padidinti ŽPAEI dydį.

Numatomas 10 MW atliekinės šilumos galingumas esant 70 °C temperatūrai sumažėja iki tik 4,8 MW naudingojo efekto, esant 115 °C temperatūrai, CŠT tinkle.

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.00	70	10	0%	gamtinės dujos	4380	0

Lietuva			Lenkija		Slovakija	
KPIs	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	0.00	0	0.00	0	0.00	0
AEI dalis (%)	64.2%	0	64.2%	0	64.2%	0
FFS (%)	46.4%	0	46.4%	0	46.4%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	125.2	233.8	125.2	233.8	125.2	233.8
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	125.2	233.8	125.2	233.8	125.2	233.8

CAPEX (M€/MW _t)	0.59	0.1	0.59	0.1	0.59	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	43	53	47	59	60	81
(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą						
ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis						
BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)						
Stiprumas			Silpnybės			
- Lengva integracija su esama šilumos gamybos jėgaine - Gali pakeisti iki 85 % iškastinio kuro naudojimo - Labai geri taupymo rodikliai			- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Šilumos transformatorių naudojimas nėra taip gerai išplitęs - Jo kainai didelę įtaką daro žemės lauko ploto šilumokaičio konfigūracija.			
Pagrindinės rekomendacijos						
- Pagrįstai rekomenduojama daliniam kuro pakeitimui. - Rekomenduojama, kai norima padidinti CŠT šiluminę galią - ABS-HP eksploatuoti reikalinga labai didelė instaliuota atliekų šaltinio šiluminė galia						

6 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☐ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

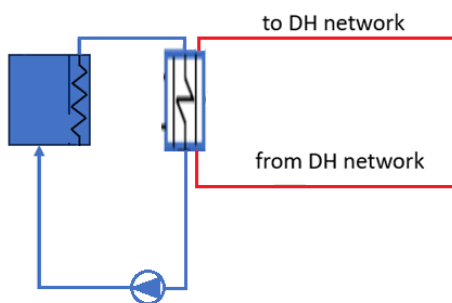
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☒ VC-HP
☐ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

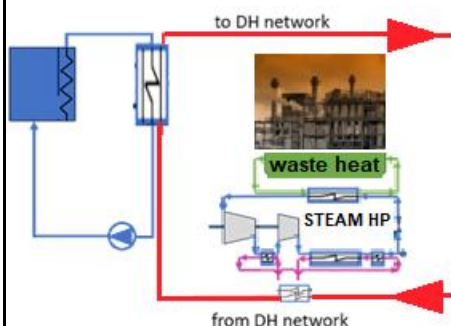
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija – paprastas katilas (supaprastintas)



Vidutinės ir žemos temperatūros katilo integravimas **pramoninės atliekos+ garų HP+ TES (pasirinktinai)**



Nagrinėjama katilo konfigūracija (tradicinis šildytuvas, kūrenamas dujomis arba anglimis, kairėje pusėje) - tai slėginė vandens sistema, užtikrinanti maždaug 130 °C temperatūros vandenį pagrindiniame šilumokaityje (pvz., apvalkalinis vamzdinis šilumokaitis), o antrinis kontūras užtikrina šilumos poreikį ČŠT, kurio temperatūra yra maždaug 110 °C÷ 120 °C.

Galima įrengti ŽPAEI terminį lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kad būtų galima iš anksto pašildyti ČŠT grįžtamąją liniją. Kad taip veiktų, ŽPAEI šaltiniai turi užtikrinti 90 °C÷ 115 °C temperatūrą, būdingą vidutinės aukštos temperatūros pramonės atliekinei šilumai (pavyzdžiui, variklių ir turbinų išmetamosios dujos, džiovyklų, cheminių reaktorių šiluma ir vidutinio slėgio garo kondensatas), tačiau jie negali visiškai pakeisti katilo, jei papildomas šaltinis negali pasiekti maždaug 130 °C temperatūros. Be to, sujungtos pramonės šakos galios lygis turi būti pakankamas. Jei sprendimas yra žemos ir (arba) vidutinės temperatūros (pramonės) atliekinė šiluma, šiluminė integracija būtų labai maža, todėl reikia tinkamos modernizavimo technologijos. Šiuo atveju - garų suspaudimo garo šilumos siurblys (maksimali

darbinė temperatūra iki maždaug 150 °C). TES yra neprivalomas, priklausomai nuo to, ar atliekinės šilumos šaltinio režimas yra nuolatinis, ar pertraukiamas.

Sistemos FFS galima padidinti iki 100 %. Katilo indėlis proporcingai mažėja, o ŽPAEI galia didėja. Galiausiai katilą galima išjungti. Priešingu atveju, jei reikia, sistemų indėlis gali prisidėti prie bendros galios ir padidinti bendrą CŠT galią.

Šį sprendimą galima taikyti ir vietoje, decentralizuotuose šilumos punktuose, esančiose netoli atliekinės šilumos šaltinio.

Pagrindiniai duomenys

ŽPAEI technologija: atliekinės šilumos šaltiniai+ garo šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR)+ Šiluminės energijos kaupimas (TES)

TRL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: atliekų šaltinio šiluma - 60÷ 90 °C, garo HP - iki 120-140 °C (COP 4,5 su standartine mašina - darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas yra 0,5).

Integravimo galia, kurios reikia atliekų šaltiniui, yra mažesnė nei 5 atveju (3,8 MW vietoj 10 MW), kad būtų galima eksploatuoti su ta pačia šilumine galia, tiekama į CŠT tinklą (4,8 MW). Šiuo 6 atveju, naudojant garo VŠK- ŠG, dėl elektros energijos suvartojimo atsiranda papildomos šiluminės galios (1 MW).

Reikšmingus skirtumus tarp šalių lemia skirtinga energetikos politika.

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietiniai degalai	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.00	70	3.8	0%	natural gas	4380	0

KPI	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	3.41	0	1.21	0	3.81	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	1.08	0	3.27	0	0.67	0
AEI dalis (%)	44.0%	0	39.1%	0	44.8%	0
FFS (%)	46.3%	0	46.3%	0	46.3%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	125.5	233.8	125.5	233.8	125.5	233.8
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	145.4	233.8	205.4	233.8	138.7	233.8
CAPEX (M€/MW _t)	0.49	0.1	0.49	0.1	0.49	0.1

LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	62	53	71	59	84	81
(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą						
ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis						
BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)						
Stiprumas			Silpnybės			
- Lengva integracija su esama šilumos tiekimo įmone - Gali pakeisti iškastinį kurą iki 100 proc. - Labai geri taupymo rodikliai			- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Nelengva rasti didelės galios ir aukštos temperatūros atliekinės šilumos šaltinius - Atstumas tarp CŠT tinklo ir atliekinės šilumos šaltinio			
Pagrindinės rekomendacijos						
- Rekomenduojama tiek iš dalies, tiek visiškai pakeisti iškastinį kurą.						

7 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

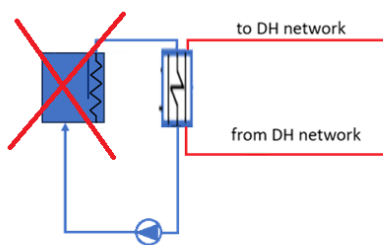
Modernizavimo technologija

☒ TES+ ☐ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

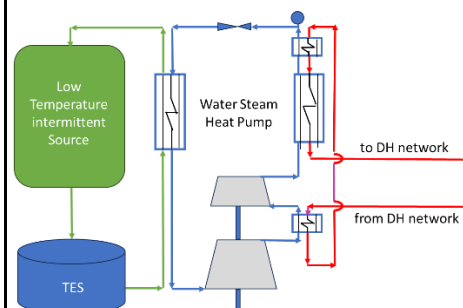
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esama įrenginio koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurį reikia pašalinti (supaprastinta)



Katilo pakeitimas vidutinės temperatūros katilu ŽPAEI+ garo HP+ TES



Šiame duomenų lape apibendrinama tradicinių degiklių pakeitimo visiškai ŽPAEI galimybe, esant vidutinei temperatūrai (ne žemesnei kaip 60÷70 °C).

Nagrinėjama tradicinė anglimis kūrenama konfigūracija visiškai pakeičiama ŽPAEI šaltiniu. Galima įrengti žemo potencialo šilumos šaltinį, pavyzdžiui, žemos temperatūros (60÷70 °C) saulės kolektorių lauką, schemoje dešinėje pažymėtą žalia spalva, kuris šildytų CŠT grįžtamąją liniją ir patenkintų pageidaujamą % CŠT šilumos poreikių. Dėl žemos ŽPAEI tiekiamo vandens temperatūros, kuri yra žemesnė nei grįžtamosios linijos temperatūra, siekiant padidinti grįžtamojo vandens temperatūrą iki 110-120 °C, kai jis tiekiamas į CŠT tinklą, naudojama patobulinta technologija – garo šilumos siurblys. Tokiu būdu dalį centralizuoto šildymo energijos tiekia saulės energijos šaltinis, kitą dalį - kompresoriaus galia. ŽPAEI užtikrinamas temperatūros pakėlimas garantuoja gerą MVR veikimą ir efektyvumą. Šio tipo šilumos siurbliuose naudojamo ašinio srauto garo kompresoriaus naudingumo koeficientas paprastai būna apie 0,8, todėl COP vertė yra nuo 3,5 iki 4. Nepaisant galimybės gauti „nemokamos“ energijos iš atliekų šaltinio, modernizavimo procesas reikalauja daug energijos, ir kiekvienai vartotojui tiekiamai MW_{šil} įrenginio kompresoriui reikia apie 0,3 MW_e elektros energijos.

Naudojant nutrūkstamus atliekinės šilumos šaltinius, būtina naudoti gerą aukštos temperatūros TES.

Sistema gali veikti ir su kitais mažo našumo šaltiniais, tokiais kaip saulės energija arba nutrūkstamai iš prekybos centro gaunama atliekinė šiluma. Šį sprendimą galima taikyti ir vietoje, decentralizuotame šilumos punkte, veikiančiame kaip nepriklausomas CŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: vidutinės temperatūros ŽPAEI+ garo šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR)+ šiluminės energijos kaupiklis (TES)

TPL: 10 - gerai žinoma ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: ne mažesnė kaip 60÷ 70 °C, garo HP - iki 110-130 °C (standartinio įrenginio COP - 4,0, darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas yra 0,5).

CŠT duomenys

CŠT vartotojo duomenys (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.00	65	7.75	0%	gamtinės dujos	4380	250

	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
KPI	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	9.06	0	3.22	0	10.13	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	2.86	0	8.70	0	1.79	0
AEI dalis (%)	93.8%	0	81.0%	0	96.1%	0
FFS (%)	100.0%	0	100.0%	0	100.0%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	0.0	233.8	0.0	233.8	0.0	233.8
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	52.9	233.8	212.3	233.8	35.1	233.8
CAPEX (M€/MW _t)	1.31	0.1	1.31	0.1	1.31	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	83	53	96	59	95	81

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą

ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis

BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Lengva integracija su esama šilumos tiekimo įmone - Gali pakeisti iki 80 % iškastinio kuro naudojimo - Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia tikslaus inžinerinio projekto - Reikia elektros energijos (kompresoriams) - Geras aukštos temperatūros TES

Pagrindinės rekomendacijos

- Rekomenduojama plačiai pakeisti iškastinį kurą.

8 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☒ Biomasė
☐ Kita

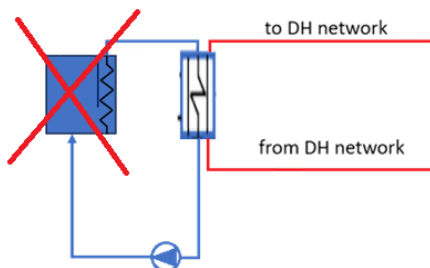
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

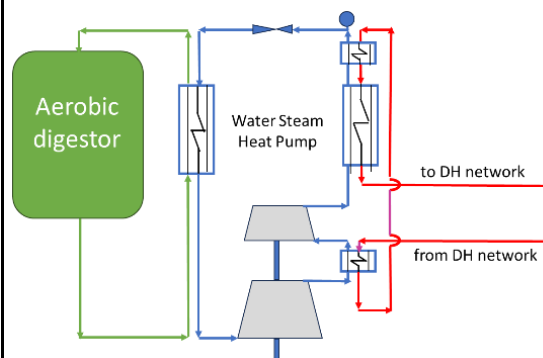
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamos gamyklos koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurį reikia pašalinti (supaprastinta)



Nauja koncepcija: Katilas pakeistas vidutinės temperatūros **aerobinio skaidytojo katilu+ garo HP+ TES**



Nagrinėjama tradicinė anglimis kūrenama konfigūracija visiškai pakeičiama ŽPAEI šaltiniu, kurį sudaro aerobinis skaidytojas, kuris yra žemo potencialo šilumos šaltinis, kurio temperatūra yra apie 60-70 °C. Dėl žemos ŽPAEI tiekiamo vandens temperatūros, panašios į grįžtamojo vamzdžio temperatūrą, vandens temperatūrai pakelti iki 110 °C-120 °C yra įdiegta patobulinimo technologija - garinis šilumos siurblys. Tokiu būdu dalį centralizuoto šildymo energijos tiekia digestorius, kitą dalį - kompresorius (elektros energija). Šio tipo šilumos siurbluose naudojamų ašinio srauto garo kompresorių naudingumo koeficientas paprastai būna apie 0,8, todėl COP reikšmės yra nuo 3,5 iki 4. Dėl santykinai aukštos šaltinio temperatūros elektros energijos poreikis, reikalingas modernizavimui, yra maždaug 0,25 MW_e 1 MW_{šil.}

Dėl oksidacijos procesų susidaro anglies dioksidas (CO₂) ir azoto oksidas (N₂O), o sistemos veikimui reikalingai energijai gaminti taip pat išmetamas CO₂. Galbūt reikia dėti pastangas, kad būtų sumažintas šių išmetamų teršalų kiekis ir jis būtų sugaunamas.

Visuotinį CO₂ išmetimą, atsirandantį dėl elektros energijos vartojimo, galima sumažinti naudojant ekologišką sertifikuotą elektros energijos tiekimą, kuris apima didesnes eksploatacines ir LCOH sąnaudas. Šiuo konkrečiu atveju numatoma, kad REC procentinė dalis yra 50 %.

Šis sprendimas taip pat gali būti taikomas lokaliai, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas CŠT tinklas. TES gali būti nereikalingas dėl nuolatinio skaidytojo veikimo.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI žemos temperatūros: aerobinis reaktorius+ garinis šilumos siurblys (uždaro ciklo MVR)+ šiluminės energijos kaupiklis (TES), pasirinktinai.

TRL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija. Reikia tikslaus inžinerinio projekto.

ŽPAEI darbinė temperatūra: digestorius 60÷ 70 °C, garo HP iki 110÷130 °C (COP 4. su standartine įranga, darant prielaidą, kad ekserginis efektyvumas 0,5). Konkretūs eksploataciniai parametrai turi būti nustatyti atliekant išsamią analizę.

Atnaujinimo darbinė temperatūra: iki 130 °C. Geros aukštos temperatūros TES naudojimas nėra privalomas (ir paveikslėlyje neparodytas), tačiau yra sveikintinas.

CŠT duomenys

CŠT vartotojo duomenys (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.00	65	7.75	50%	anglis	4380	250

	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
KPIs	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	10.49	0	7.57	0	11.03	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	1.43	0	4.35	0	0.89	0
AEI dalis (%)	93.8%	0	81.0%	0	96.1%	0
FFS (%)	100.0%	0	100.0%	0	100.0%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	0.0	409.7	0.0	409.7	0.0	409.7
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	26.5	409.7	106.2	409.7	17.5	409.7
CAPEX (M€/MW _t)	1.31	0.1	1.31	0.1	1.31	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	80	53	91	53	92	53

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą

ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis

BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Labai geri taupymo rodikliai	- Reikia elektros energijos (kompresoriams)

- Iš esmės nereikia šiluminės saugyklos sistemos.	- Susidaręs CO2 turėtų būti sugaunamas
Pagrindinės rekomendacijos	
Rekomenduojama naudoti tik su jau veikiančiu aerobiniu reaktoriumi	

IŠSAMI ANALIZĖ NR. 9 (TECH. SPR. NR. 22) - KATILO **PAKEITIMAS** SU GEOTERMINIU ŠILUMOS SIURBLIU + GARO SUSPAUDIMO ŠILUMOS SIURBLIU (MVR UŽDARAS CIKLAS))

9 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / CŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☒ Geoterminė energija.
☐ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

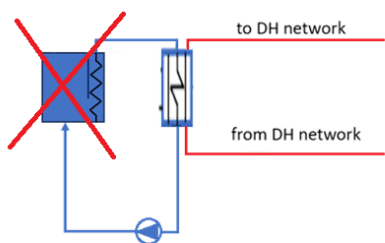
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

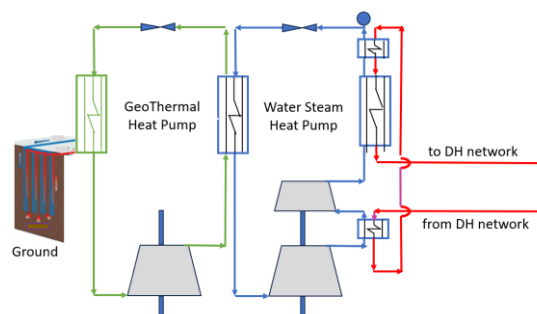
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esamo įrenginio koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurio reikia atsisakyti (supaprastinta)



Nauja koncepcija: katilo pakeitimas **žemės grunto šilumos siurbliu+ garo šilumos siurblio** (MVR uždaro ciklo) integravimas



Šiame duomenų lape apibendrinama tradicinių degiklių pakeitimo visiškai ŽPAEI žemoje temperatūroje (iki 5÷10 °C) galimybė.

Nagrinėjama tradicinė anglimis kūrenama konfigūracija visiškai pakeičiama ŽPAEI šaltiniu, kuriuo yra žemės gruntas, padedant geoterminiam šilumos siurbliui. Ši sistema transformuoja ir pagerina aplinkos šilumą, gaunamą iš maždaug 10 °C žemės, iki lengviau valdomos ir vertingesnės 50÷60 °C temperatūros, o vidutinė sezoninė žemės paviršiaus temperatūra yra 10 °C, tačiau tai vis dar yra žemo potencialo šilumos šaltinis. Taigi šio pirmojo etapo galia toliau didinama **naudojant vandens garo šilumos siurblij** (paveikslėlyje), kad būtų pasiekta aukštesnė temperatūra, reikalinga šilumos tiekimo tinklui, iki 120 °C÷130 °C. Dalį centralizuoto šilumos tiekimo galios suteikia žemė, kitą dalį - kompresorių sunaudojama elektros energija. Nors naudojami šiuolaikiniai šilumos siurbLIAI pasižymi aukštu COP, derinant abu patobulinimus, bendrasis COP paprastai būna ne didesnis kaip 2,5. Dvigubo patobulinimo naudojimas labai žemai šaltinio temperatūrai (10°) pakelti reiškia didelę LCOH vertę.

Šį techninį sprendimą galima taikyti ir vietoje, decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip nepriklausomas CŠT tinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės šilumos siurblys (VC_HP)+ garo suspaudimo šilumos siurblys (MVR close dcycle) TRL: 10 - Gerai sukurta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas.

ŽPAEI darbinė temperatūra su integracija: pirmosios pakopos geoterminis šilumos siurblys pasiekia 50÷60 °C, kitos pakopos MVR uždarojo ciklo temperatūra gali siekti 120÷ 130 °C°.

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.00	10	5.49	0%	anglis	4380	0

	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
KPI	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	16.43	0	5.84	0	18.37	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	5.19	0	15.78	0	3.24	0
AEI dalis (%)	88.6%	0	65.4%	0	92.9%	0
FFS (%)	100.0%	0	100.0%	0	100.0%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	0.0	409.7	0.0	409.7	0.0	409.7
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	96.0	409.7	385.0	409.7	63.6	409.7
CAPEX (M€/MW _t)	1.86	0.1	7.78	0.1	7.78	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	140	53	164	53	162	53

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą

ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis

BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Geri taupymo rodikliai - Konsoliduota technologija - Nereikia šilumos kaupimo sistemos, nebent naudojami įvairūs nepastovūs šaltiniai (saulės energija, atliekos)	- Kompresoriams reikia išorinio elektros šaltinio. - Sudėtinga modernizavimo technologija (reikalingas išsamus inžinerinis projektas)
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama naudoti su labai žemos temperatūros šaltiniais (10 °C)	

IŠSAMI ANALIZĖ NR. 10 (TECH. SPR. NR. 24) - ČŠT INTEGRACIJA SU VANDENS NUOTEKŲ ATLIEKINE ŠILUMA+ VC-HP SISTEMA+ GARO KOMPRESIJOS ŠILUMOS SIURBLYS (MVR UŽDARAS CIKLAS)

10 atvejis

Pagrindinė etaloninė technologija

☒ Katilas ☐ Kogeneracija ☒ Nauja integravimo taško / ČŠT temperatūra
☐ Tiekimas/ 120 °C ☒ Grįžtamasis srautas/ 60 °C
☐ Nėra

Pagrindinės eksploatuojamos ŽPAEI

☐ Saulės energija
☐ Geoterminė energija.
☒ Atliekos ☐ Biomasė
☐ Kita

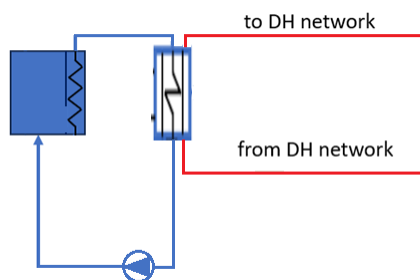
Modernizavimo technologija

☐ TES+ ☒ VC-HP
☒ MVR ☐ ABS-HP
☐ Kita ☐ Nėra

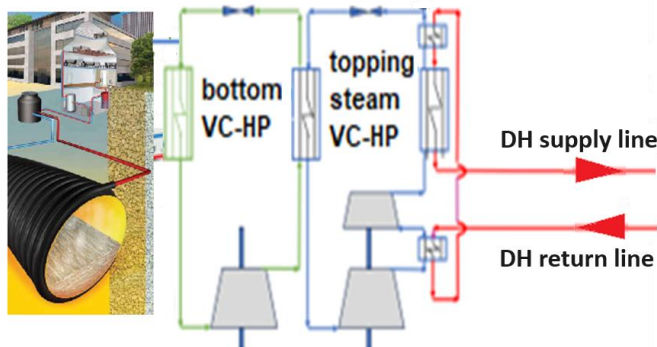
Intervencijos strategija (vieta): ☒ centrinis šilumos punktas ☐ Paskirstytas išilgai ČŠT tinklo

Bendras sistemos aprašymas

Esama įrenginio koncepcija - iškastinio kuro katilas, kurio reikia atsisakyti (supaprastinta)



Nauja koncepcija : ČŠT integracija su **nuotekų atliekine šiluma + šilumos siurblys + garo šilumos siurblys** (MVR uždaro ciklo) integracija



Šiame duomenų lape apibendrinami rezultatai, gauti integravus tradicinį anglimis kūrenamą degiklį su nuotekų ŽPAEI žemoje temperatūroje (iki 15÷20 °C).

Nagrinėjama integracija pagrįsta nuotekų vandens naudojimo vamzdiniu šilumokaičiu (paprastai vietiniuose rajonuose arba pastatuose), sujungtu su VC-HP sistema (nuotekų vanduo paprastai yra aukštesnės aplinkos temperatūros, vidutiniškai 20 °C, o VC-HP gali pasiekti maždaug 70 °C temperatūrą). Kai vietinė temperatūra yra tokia pati kaip ir ČŠT tinklo grįžtančioje linijoje, galima prijungti iki 120 °C temperatūros papildomo garo VC-HP (MVR uždaro ciklo), tiek centrinėje stotyje, tiek vietoje. Numatoma, kad nuotekų atliekinė šiluma sudarys 15 % ČŠT šildymo galios.

Nepaisant "nemokamos" nuotekų šilumokaičio šiluminės energijos, modernizavimo procesas reikalauja daug energijos, o kiekvienam vartotojui tiekiamam MW_{th} įrenginio kompresoriams reikia nuo 0,3 iki 0,4 MW_e elektros energijos.

Norint pasiekti maksimalų našumą, būtina tam tikra įrenginių modernizacija. Būtina naudoti didelį TES, nes nuotekų vandens nuotekų energija gaunama su pertrūkiais.

Kadangi reikia elektros energijos, iškastinio kuro sutaupymas svyruoja nuo 20 % iki 30 %. Atsinaujančiųjų energijos išteklių dalis galėtų būti didesnė, jei kompresoriams eksploatuoti naudojama elektros energija būtų "žalia".

Šis čia taikomas techninis sprendimas paprastai įgyvendinamas decentralizuotoje pastotėje, veikiančioje kaip CŠT subtinklas.

Pagrindiniai parametrai

ŽPAEI technologija: žemės grunto šilumos siurblys (VC_HP)+garinis šilumos siurblys (MVR uždaro ciklo)

TPL: 10 - Gerai parengta ir prieinama technologija, tačiau reikalingas išsamus inžinerinis projektas.

ŽPAEI darbinė temperatūra su integracija: pirmosios pakopos geoterminis šilumos siurblys pasiekia 50÷60 °C, kitos pakopos MVR uždaro ciklo temperatūra gali siekti 100÷ 120 °C°.

CŠT duomenys

CŠT vartotojo poreikis (MW)	T _{ŽPAEI} (°C)	Q _{ŽPAEI} (MW)	RECs %	Vietinis kuras	Darbo valandos (h/metus)	TES pajėgumas (MWh)
10.0	20	1.5	0%	anglis	4380	61

	Lithuania		Poland		Slovakia	
KPIs	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
El _{RES_in} (*) (GWh/metus)	3.49	0	1.24	0	3.90	0
El _{NRES_in} (*) (GWh/metus)	1.10	0	3.35	0	0.69	0
AEI dalis (%)	22.0%	0	17.1%	0	22.9%	0
FFS (%)	24.5%	0	24.5%	0	24.5%	0
Cl _{loc} (tCO ₂ /GWh _{th})	309.5	409.7	309.5	409.7	309.5	409.7
Cl _{glob} (*) (tCO ₂ /GWh _{th})	329.9	409.7	391.2	409.7	323.0	409.7
CAPEX (M€/MW _t)	0.43	0.1	0.43	0.1	0.43	0.1
LCOH (€/MWh _t) – 20 metų	74	53	79	53	79	53

(*) įskaitant sertifikuotą ekologišką elektros energijos tiekimą

ŽPAEI= Žemo potencialo energijos šaltinis

BAU= Įprastinė veikla (etaloninė)

Stiprumas	Silpnybės
- Geri taupymo rodikliai - Konsoliduota technologija - Nereikia šilumos kaupimo sistemos, nebent naudojami	- Reikia išorinio elektros šaltinio kompresoriams. - Sudėtinga modernizavimo technologija (reikalingas išsamus inžinerinis projektas)

- įvairūs nepastovūs šaltiniai (saulės energija, atliekos)	
Pagrindinės rekomendacijos	
- Rekomenduojama naudoti su labai žemos temperatūros šaltiniais (10 °C)	
IŠVADA	

Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos atlieka svarbų vaidmenį užtikrinant tvarų centralizuotą šildymą miestų bendruomenėms, ypač atsižvelgiant į Europos perėjimą prie mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomikos. Kaip nagrinėjama šioje ataskaitoje, žemo potencialo energijos ištekliai (angl. ŽPAEI) yra geras būdas mažinti pavyzdžiui, saulės šiluminę energiją, geotermine energiją, biomasę ir pramonės atliekų šilumą. Tačiau, nors šių atsinaujinančiųjų išteklių potencialas yra svarbus, visiškai pakeisti tradicinį iškastinį kurą atsinaujinančiais ištekliais yra didelių techninių, finansinių ir eksploatacinių sunkumų.

Perėjimas prie atsinaujinančiais energijos ištekliais grindžiamų centralizuoto šilumos tiekimo sistemų nėra paprastas procesas, ypač aukštos temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo (AT-CŠT) sistemų, kurios tradiciškai naudojo anglį ir gamtines dujas. Todėl kaip praktinė strategija šioms šalims artimiausiu metu rekomenduojama taikyti mišrų požiūrį, kuris suderintų nuolatinį iškastinio kuro naudojimą ir didėjančią atsinaujinančiųjų išteklių integravimą. Toks laipsniškas perėjimas leidžia palaipsniui atnaujinti infrastruktūrą, kartu išlaikant šilumos tiekimo patikimumą ir efektyvumą.

#	Apsvarstyti atvejai
1	KOGENERACINĖ ELEKTRINĖ CHP: SAULĖS KONCENTRACIJA AUKŠTOJE TEMPERATŪROJE DALINĖ ARBA VISIŠKA AUKŠTO SLĖGIO EKONOMAIZERIO PAKEITIMAS
2	KOGENERACINĖ ELEKTRINĖ CHP: PLOKŠČIA SAULĖS BATERIJA + GARO VC-HP ANT CŠT GRĮŽTAMOSIOS LINIJOS IR GRĮŽTAMOJO / TIEKIAMOJO VAMZDYNO APLINKKELIS
3	KATILO IŠANKSTINIS PAŠILDYMAS ARBA PAKEITIMAS PARABOLINIŲ SAULĖS LOVIU
4	KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS AUKŠTOS TEMPERATŪROS KATILU. PARABOLINIŲ SAULĖS KOLEKTORIUMI SU AUKŠTOS TEMPERATŪROS TES
5	KATILO INTEGRAVIMAS ARBA PAKEITIMAS PRAMONINĖ ATLIEKINĖ ŠILUMA+ ABS-HP ANT CŠT GRĮŽTAMOJI LINIJA
6	KATILO INTEGRAVIMAS ARBA KEITIMAS SU ŽEMOS TEMPERATŪROS ATLIEKINĖ ŠILUMA + GARAIŠ (KOMPRESINIS ŠILUMOS SIURBLYS))
7	KATILO PAKEITIMAS BENDRINIAIS VIDUTINĖS TEMPERATŪROS LGERIAIS IR VANDENS GARAIŠ HP
8	KATILO PAKEITIMAS AEROBINIU FERMENTATORIUMI IR VANDENS GARU HP
9	KATILO PAKEITIMAS GEOTERMINIU ŠILUMOS SIURBLIU+ GARO SUSPAUDIMO ŠILUMA SIURBLYS (MVR UŽDARAS CIKLAS)
10	CŠT INTEGRAVIMAS SU NUOTEKŲ ATLIEKINĖ ŠILUMA+ VC-HP SISTEMA+ GARO SUSPAUDIMO SISTEMA ŠILUMOS SIURBLYS (MVR UŽDARAS CIKLAS)

lentelė 10 parengtų atvejų tyrimų santrauka.

Išryškėjo poreikis atskirti intervencijų tipus, skirtus perėjimui nuo iškastinio kuro prie atsinaujinančių energijos šaltinių šilumos ir karšto vandens sistemose. Apibrėžti du pagrindiniai požiūriai: atsinaujinančiųjų

išteklių integravimas į esamas iškastinio kuro sistemas arba visiškai jų pakeitimas atsinaujinančiomis alternatyvomis. Pasirinkus pastarąjį variantą gali prireikti pagalbinių technologijų, kad būtų laikomasi temperatūros reikalavimų, ypač integruojant į aukštos temperatūros centralizuoto šilumos tiekimo sistemą.

Pagrindinė šio perėjimo dalis yra tokių technologijų, kaip šilumos siurbiai, mechaninė garų rekompresija (MVR) ir šiluminės energijos kaupimas (TES), kurios yra labai svarbios siekiant žemos temperatūros atsinaujinančius šaltinius paversti aukštesnės temperatūros, reikalingos šilumos tiekimo tinklams, modernizavimas. Ataskaitoje pateikiama išsami 24 technologijų ir strategijų, skirtų integruoti ŽPAEI į esamas CŠT sistemas, analizė, iš kurių 10 atvejų buvo išnagrinėti išsamiau, kaip apibendrinta 10 lentelėje.

Atvejo Nr.	Rodiklis	Lietuva		Lenkija		Slovakija	
		ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU	ŽPAEI	BAU
1	AEI dalis (%)	19.7%	0	19.7%	0	19.7%	0
	LCOH (€/MWh _t)	60	51	63	54	78	71
2	AEI dalis (%)	42.2%	0	35.9%	0	43.4%	0
	LCOH (€/MWh _t)	70	51	80	54	87	71
3	AEI dalis (%)	48.0%	0	48.0%	0	48.0%	0
	LCOH (€/MWh _t)	51	53	54	59	68	81
4	AEI dalis (%)	48.0%	0	48.0%	0	48.0%	0
	LCOH (€/MWh _t)	51	53	51	53	51	53
5	AEI dalis (%)	64.2%	0	64.2%	0	64.2%	0
	LCOH (€/MWh _t)	43	53	47	59	60	81
6	AEI dalis (%)	44.0%	0	39.1%	0	44.8%	0
	LCOH (€/MWh _t)	62	53	71	59	84	81
7	AEI dalis (%)	93.8%	0	81.0%	0	96.1%	0
	LCOH (€/MWh _t)	83	53	96	59	95	81
8	AEI dalis (%)	93.8%	0	81.0%	0	96.1%	0
	LCOH (€/MWh _t)	80	53	91	53	92	53
9	AEI dalis (%)	88.6%	0	65.4%	0	92.9%	0
	LCOH (€/MWh _t)	140	53	164	53	162	53
10	AEI dalis (%)	22.0%	0	17.1%	0	22.9%	0
	LCOH (€/MWh _t)	74	53	79	53	79	53

lentelė 11. preliminarų įverčių apie AEI dalį ir LCOH, kuriuos galima pasiekti taikant kiekvieną iš siūlomų ŽPAEI sprendimų, santrauka.

Šie atvejai atskleidžia įvairius integracijos būdus, pradedant saulės ar geoterminės šilumos derinimu su kogeneracinėmis sistemomis ir baigiant atliekinės šilumos panaudojimu sistemos efektyvumui didinti. 11 lentelėje apibendrinti du pagrindiniai veiklos rodikliai, t. y. AEI dalis ir levelizuotos šilumos sąnaudos.

Finansiniu požiūriu išlygintos šilumos tiekimo sąnaudos (angl. Levelized Cost of Heat, LCOH) yra labai svarbus rodiklis vertinant šių sprendimų įgyvendinamumą. Nors atsinaujinantys šaltiniai, pavyzdžiui, atliekinė šiluma, yra ekonomiškai efektyviausios galimybės, dėl kitų technologijų, pavyzdžiui, geoterminės ir tam tikrų kogeneracinių jėgainių modernizavimo, sąnaudos gali gerokai išaugti, kartais net iki 300 proc. Nepaisant šių sąnaudų iššūkių, atsinaujinančiosios energijos sprendimų LCOH išlieka konkurencinga platesnėje Europos energijos rinkoje, ypač atsižvelgiant į ilgalaikę naudą, pavyzdžiui, mažesnę šiltnamio

efektą sukeliančių dujų (ŠESD) išmetimą ir priklausomybę nuo iškastinio kuro. Be to, siekiant parengti išsamesnę analizę, būtų galima apsvarstyti galimybę atlikti tolesnį ekonominį vertinimą, pagrįstą išorinių veiksnių taupymu.

Šios ataskaitos išvadose taip pat pabrėžiama, kaip svarbu technologinius patobulinimus suderinti su konkrečiais kiekvienos šalies šilumos tiekimo sistemų poreikiais. Pavyzdžiui, viename kontekste gerai veikiančios strategijos gali būti mažiau veiksmingos ar ekonomiškai efektyvios kitame kontekste dėl vietos klimato sąlygų, energijos rinkos struktūros ir infrastruktūros parengtumo. Todėl labai svarbūs individualūs sprendimai, kuriuose atsižvelgiama ir į energinį naudingumą, ir į finansines galimybes. Norint pateikti išsamias nuorodas, reikėtų išanalizuoti konkrečias šilumos ūkio vietas ir išnagrinėti įvairias technologijas ir (arba) strategijas.

Apibendrinant galima daryti išvadą, kad ŽPAEI integravimas į šildymo sistemas yra perspektyvus būdas siekti tvarios energetikos tikslų. Tačiau šiam perėjimui reikia įvairiapusio požiūrio, kuris derintų technologines naujoves, strateginį planavimą ir finansines investicijas. Nors padaryta didelė pažanga, visiškas šilumos tiekimo tinklų dekarbonizavimas priklausys nuo nuolatinės pažangos šilumos modernizavimo srityje, technologijų ir laipsniško, konkrečiam regionui pritaikyto požiūrio į iškastinio kuro pakeitimą energija iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Iki priimant lankstų ir laipsnišką perėjimo planą, Europa gali veiksmingai pereiti prie ekologiškesnių ir ekonomiškai efektyvesnių šilumos tiekimo sistemų, taip padėdama švelninti klimato kaitą ir kartu išlaikyti energijos tiekimo atsparumą ir patikimumą.

.

Literatūra

Alva, G., Lin, Y. & Fang, G., 2018. An overview of thermal energy storage systems. *Energy*, 144(February), pp. 341-378. DOI: 10.1016/j.energy.2017.12.037.

Atienza-Márquez, A., Brun, J. C. & Coronas, A., 2020. Recovery and Transport of Industrial Waste Heat for Their Use in Urban District Heating and Cooling Networks Using Absorption Systems. *Applied Science*, 10(291), pp. 1-20. DOI: 10.3390/app10010291.

Camia, A. et al., 2020. *The use of woody biomass for energy production in the EU, EUR 30548 EN*, Luxembourg: Publication Office of the European Union.

Cudok, F. et al., 2021. Absorption heat transformer - state-of-the-art of industrial applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141(110757), pp. 1-18. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110757.

ENERDATA, 2023. *carbon price forecast under the EU ETS*. [Online]
Available at: <https://www.enerdata.net/publications/executive-briefing/carbon-price-projections-eu-ets.html>
[Accessed 28 July 2024].

EU_Parliament, 2009. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*, pp. 16-62.

EU_Parliament, 2018. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*, Volume L 328, pp. 82-205.

European Commission, DG JRC,, 2017. *Long term (2050) projections of techno-economic performance of large-scale heating and cooling in the EU*, s.l.: Joint Research Centre.

Gil, A. et al., 2010. State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1—Concepts, materials and modellization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), pp. 31-55. DOI: 10.1016/j.rser.2009.07.035.

Int_Energy_Agency, 2024. *IEA DHC - District heating network generation definitions*, s.l.: IEA DHC, 1-3..

Koch, K., Alt, B. & Gaderer, M., 2020. Dynamic Modeling of a Decarbonized District Heating System with CHP Plants in Electricity-Based Mode of Operation. *Energies*, 13(4134), pp. 1-14. DOI: 10.3390/en13164134.

Lund, H. et al., 2014. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68(April), pp. 1-11. DOI: 10.1016/j.energy.2014.02.089.

Lund, R. & Persson, U., 2016. Mapping of potential heat sources for heat pumps for district heating in Denmark. *Energy*, 110(September, Supplement C), pp. 129-138. DOI: 10.1016/j.energy.2015.12.127.

Ommen, T., Thorsen, J. E., Markussen, W. B. & Elmegaard, B., 2017. Performance of ultra low temperature district heating systems with utility plant and booster heat pumps. *Energy*, 137(October), p. 544–555. DOI: 10.1016/j.energy.2017.05.165.

Østergaard, P. & Andersen, A., 2016. Booster heat pumps and central heat pumps in district heating. *Applied Energy*, 184(December), p. 1374–1388. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.02.144.

Persson, U. & Münster, M., 2016. Current and future prospects for heat recovery from waste in European district heating systems: A literature and data review. *Energy*, 110(September, Supplement C), p. 116–128. DOI: 10.1016/j.energy.2015.12.074.

Ramboll, 2020. *WEdistric - D2.3 District Heating and Cooling Stock at EU level*, s.l.: EU Commission - EU Horizo 2020 n. 857801.

Rasmussen, J. F., 2024. *The role of district heating in the energy system*, s.l.: Danish District Heating Association.

Scarpa, F., Tagliafico, L. A. & Bianco, V., 2013. Inverse cycles modeling without refrigerant property specification. *International Journal of Refrigeration*, 6(36), pp. 1716-1729. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2013.04.003.

Scarpa, F., Tagliafico, L. & Bianco, V., 2013. A novel steady-state approach for the analysis of gas-burner supplemented direct expansion solar assisted heat pumps. *Solar Energy*, Issue 96, pp. 227-238. DOI: 10.1016/j.solener.2013.07.016.

Sipra, A. T., Gao, N. & Sarwar, H., 2018. Municipal solid waste (MSW) pyrolysis for bio-fuel production: A review of effects of MSW components and catalysts. *Fuel Processing Technology*, 175(June), pp. 131-147. DOI: 10.1016/j.fuproc.2018.02.012.

Sokolovs, A. et al., 2015. Heat Recovery Technologies from Aerobic Bio-degradation: From Theoretical Finding to Modeling Results. *Procedia Computer Science*, Volume 77, pp. 141-150. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.371.

Tagliafico, L., Scarpa, F. & Valsuani, F., 2014. Direct expansion solar assisted heat pumps - A clean steady state approach for overall performance analysis. *Applied Thermal Engineering*, 66(1-2), pp. 216-226. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2014.02.016.

Toppi T, Aprile, M., Abrami, G. & Motta, M., 2021. *Compressor-assisted heat transformer for waste-heat powered district*. ISHPC 2021, Berlin, August 22nd to 25th, s.n.

Werner, S., 2006. *Possibilities with more district heating in Europe, WP4 report from the IEE Ecoheatcool project*, Brussels: s.n.

Wu, J. & Han, Y., 2023. Integration strategy optimization of solar-aided combined heat and power (CHP) system. *Energy*, 263(125875), pp. 1-17. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125875.

Zeh, R. et al., 2021. Large-Scale Geothermal Collector Systems for 5th Generation District Heating and Cooling Networks. *Sustainability*, 13(6035), pp. 1-18. DOI: 10.3390/su13116035.

Zeng, Z. et al., 2021. Parametric analysis and system optimization of a novel steam production system by synthetic cascade utilization of industrial waste heat. *Energy Reports*, Volume 7, p. 5909–5921. DOI: 10.1016/j.egy.2021.08.178.

Zhao, S., Wang, W. & Ge, Z., 2019. Energy and Exergy Evaluations of a Combined Heat and Power System with a High Back-Pressure Turbine under Full Operating Conditions. *Energies*, 13(4484), pp. 1-18. DOI: 10.3390/en13174484.

Zhu, T. et al., 2023. Integration of booster heat pumps in ultra-low temperature district heating network: Prototype demonstration and refrigerant charge investigation. *Energy and Buildings*, 298(113516), pp. 1-14. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113516.