



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

Lina Lideikaitė

**EFEKTYVAUS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO KATILINIŲ VANDENS
PARUOŠIMO SISTEMOSE GALIMYBIŲ VERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovė

Doc. dr. Jolanta Dvarionienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

**EFEKTYVAUS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO KATILINIŲ VANDENS
PARUOŠIMO SISTEMOSE GALIMYBIŲ VERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba
(kodas 621H17002)

Vadovė

Doc. dr. Jolanta Dvarionienė

Recenzentas

Dr. Daina Kliaugaitė

Projektą atliko

Lina Lideikaitė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Lina Lideikaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Efetyvaus išteklių naudojimo katilinių vandens paruošimo sistemose galimybių vertinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Linos Lideikaitės**, baigiamasis projektas tema „Efetyvaus išteklių naudojimo katilinių vandens paruošimo sistemose galimybių vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Lideikaitė, Lina. Efektyvaus išteklių naudojimo katilinių vandens paruošimo sistemose galimybių vertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė: doc. dr. Jolanta Dvarionienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, bendroji inžinerija

Reikšminiai žodžiai: vandens paruošimo sistema, atsinaujinantys energijos ištekliai, efektyvus naudojimas. Kaunas, 2016. 69 p.

SANTRAUKA

Lietuvoje centralizuoto šildymo sistema aprūpinama 57 % šilumos vartotojų. Katilinėse, naudojančiose tiek iškastinį kurą, tiek šiuo metu vis plačiau integruojamą biokurą, įrengiamos vandens paruošimo sistemos. Sistemos skirtos šilumos gamybos ar tiekimo įrangos efektyviam ir ilgaamžiam darbui palaikyti. Vandens paruošimo sistemose vandens ir energijos ištekliai ne visuomet panaudojami efektyviai.

Tyrimo objektas – katilinėse įrengtos vandens paruošimo sistemos. Pirmoji ruošia paviršinį vandenį šilumos tinklų papildymui, antroji – ruošia vandentiekio vandenį, skirtą tiekimui į garo katilą.

Darbo tikslas – išanalizuoti ir įvertinti vandens bei jo technologiniam paruošimui reikalingos energijos išteklių panaudojimo galimybes katilinėje siekiant padidinti aplinkosauginį veiksmingumą.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti vandens, naudojimo katilinėje, kokybės ir paruošimo būdų analizę.
2. Išanalizuoti efektyvaus vandens išteklių naudojimo katilinėje būdus.
3. Identifikuoti pasirinktų objektų aplinkosaugines problemas.
4. Remiantis moksliniais straipsniais ir praktika, pateikti efektyvaus vandens išteklių panaudojimo, atsinaujinančių išteklių energijos integravimo pasiūlymus.
5. Įvertinti pateiktų pasiūlymų aplinkosauginę ir ekonominę naudą.
6. Atlikti sistemų būvio ciklo vertinimą.

Darbą sudaro šios dalys: efektyvaus vandens išteklių naudojimo literatūros analizė, tyrimo metodika, tiriamųjų objektų aprašymas ir jų aplinkosauginių problemų sprendimas, būvio ciklo vertinimas, darbo rezultatai, išvados, literatūros sąrašas.

Remiantis efektyvaus vandens išteklių literatūros analize, nustatyta, kad efektyviausi būdai taupyti vandens ir energijos išteklius – pakartotinis vandens panaudojimas bei atsinaujinančių energijos išteklių integracija.

Šilumos tinklų papildymui skirtos vandens paruošimo sistemoje elektros energijos sąnaudų ir nuotekų kiekio sumažinimui įdiegta saulės kolektorių sistema, skirta vandens šildymui iki procesui reikiamos 10°C (elektros energijos sąnaudos sumažinamos 35,4 % (AAI=0,37 kWh/m³)) bei recirkuliacijos sistema, kurioje įrengtas smėlinių filtrų įrenginys (nuotekų kiekis sumažinamas 70,2 % (AAI=0,06 m³/m³)).

Tiekimui į garo katilą skirtos vandens paruošimo sistemoje elektros energijos sąnaudų sumažinimui įdiegta saulės elektrinė, ja vandens paruošimo sistema pilnai aprūpinama elektros energija (271 480 kWh/m.).

Atlikus vandens paruošimo sistemų būvio ciklo vertinimą nustatyta, kad antrinis vandens panaudojimas bei atsinaujinančių energijos išteklių integracija ženkliai sumažintų sistemų poveikį aplinkai.

Lideikaitė, Lina. Assessment of Resource Efficiency in Water Treatment Systems of Boiler Plants: Master's thesis in Environmental Engineering / supervisor doc. dr. Jolanta Dvarionienė. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Science, General Engineering

Key words: water treatment system, renewable energy sources, efficient use.

Kaunas, 2016. 69 p.

SUMMARY

District heating in Lithuania is supplied to 57 % users. Water treatment systems are widely installed in boiler plants where either fossil fuel or biofuel is used to generate the heating energy. These systems are used to keep the heating and energy supply systems more effective and prolong its lifetime. In any case, the water and energy resources are not always used effectively.

Object of analysis – water treatment systems in boiler house. The first one is treating the surface water for supply to heating network, the second one is treating water from central network which is used to feed the steam boiler.

Aim of the paper – to analyze and evaluate the potential and possibilities of water and energy resources used to prepare it in boiler plants either to expand its environmental efficiency.

Master thesis tasks:

1. To perform the analysis of water quality and treatment types used in boiler house.
2. To analyze the effective ways of water resources use in boiler plant.
3. To identify environmental problems of chosen objects.
4. To present the effective methods of water and renewable energy resources usage according scientific articles and practice.
5. To evaluate environmental and economical value of suggested proposals.
6. To perform evaluation of systems life cycle assessment.

The work consists of following parts: literature analysis of effective water resources usage, methodology of investigation, description and solutions of the environmental issues of investigated objects, evaluation of life cycle assessment, work results, conclusions and list of literature.

According the analysis of effective water resources use the most efficient ways to save water and energy is water recycle and integration of renewable energy.

For the system, where treated water is used for supply to heating network, the solar collector system which benefits to heat the surface water up to 10° (expenditures of electric energy are reduced by 35,4 % (EI=0,31 kWh/m³)) is integrated alongside with recycle system (quantity of sewage is reduced by 70,2 % (EI=0,06 m³/m³)).

In the system where treated water is used to feed the steam boiler the photovoltaic energy power plants installed. It generates the energy which fully fulfills the water treatment system demands (271 480 kWh/year).

After performing the assessment of water treatment systems life cycle assessment the results showed that sewage water recycle and integration of renewable energy sources would considerably reduce the systems impact to the environment.

TURINYS

ĮVADAS.....	11
1. Efektyvaus išteklių naudojimo analizė.....	13
1.1. Efektyvus išteklių naudojimas Europos Sąjungoje.....	13
1.2. Atsinaujančių išteklių naudojimas Europoje.....	14
1.3. Centralizuoto šildymo sistema Europos Sąjungoje ir Lietuvoje.....	16
1.4. Vandens išteklių naudojimas.....	17
1.5. Katilinėse naudojamo vandens parametrai.....	19
1.5.1. Katilinėse naudojamo vandens šaltiniai.....	19
1.5.2. Cheminiai vandens rodikliai.....	19
1.5.3. Katilinėse taikomos vandens paruošimo technologijos.....	20
1.6. Efektyvus vandens išteklių naudojimas katilinėje.....	22
1.6.1. Smūginė vandens elektrodializė.....	22
1.6.2. Atsinaujančių energijos išteklių ir vandens ruošimo technologijų derinimas.....	23
1.6.3. Fotovoltinę energiją naudojančios vandens paruošimo technologijos.....	24
1.7. Būvio ciklo vertinimas.....	26
1.8. Vandens ir atsinaujančių išteklių naudojimo teisinis reguliavimas.....	26
2. TYRIMO METODIKA.....	28
2.1. Švaresnės gamybos koncepcija.....	28
2.1.1. Medžiagų ir energijos balansas.....	28
2.1.2. Netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros sąnaudų.....	29
2.2. Aplinkos apsaugos ir ekonominio efektyvumo vertinimas.....	29
2.3. Saulės kolektorių sistemų poreikio skaičiavimo metodika.....	30
2.4. Saulės elektrinės skaičiavimai.....	31
2.5. Smėlinio filtro skaičiavimai.....	32
2.6. Būvio ciklo vertinimas.....	32
3. Tyrimo duomenys ir analizė.....	34
3.1. Pirmasis objektas, paviršinio vandens paruošimo sistema.....	34
3.1.1. Įrangos regeneravimas.....	36
3.1.2. Elektros sąnaudų skaičiavimai.....	36
3.1.3. Medžiagų ir energijos balanso sudarymas.....	38
3.2. Paviršinio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir jų sprendimas.....	39
3.2.1. Saulės kolektorių sistemos įrengimas.....	40
3.2.2. Vamzdynų skaičiavimas vandens šildymo linijoje.....	41
3.2.3. Aplinkosauginio ir ekonominio efektyvumo vertinimas.....	42
3.2.4. Reikiamų investicijų įvertinimas.....	43
3.2.5. Recirkuliacijos linijos įrengimas.....	44
3.2.6. Naudojamų cheminių reagentų kiekio sumažėjimas.....	45
3.2.7. Vamzdynų skaičiavimas vandens grąžinimo linijoje.....	45
3.2.8. Vandens grąžinimo aplinkosauginis vertinimas.....	46

3.2.9.	Reikiamų investicijų įvertinimas	47
3.3.	Antrasis objektas, vandentiekio vandens paruošimo sistema	48
3.3.1.	Elektros skaičiavimai.....	49
3.3.2.	Medžiagų ir energijos balansas	51
3.4.	Vandentiekio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir jų sprendimas.....	52
3.4.1.	Saulės elektrinės diegimo skaičiavimai.....	53
3.4.2.	Aplinkosauginio ir ekonominio efektyvumo vertinimas	55
3.4.3.	Reikiamų investicijų vertinimas	55
3.5.	Vandens paruošimo sistemų būvio ciklo vertinimas	56
3.5.1.	Šilumos tinklams naudojamo vandens paruošimo anglies pėdsako vertinimas	56
3.5.2.	Tiekiamo į garo katilą vandens paruošimo anglies pėdsako vertinimas.....	58
	IŠVADOS	61
	LITERATŪROS SĄRAŠAS	63
	PRIEDAI.....	70

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Pasiūlymo aplinkos apsaugos ir ekonominio efektyvumo įvertinimo lentelė (pavyzdys)	29
2 lentelė. Paviršinio vandens parametrai	34
3 lentelė. Paviršinio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir siūlomi sprendimai	39
4 lentelė. Šiluminė energija pagaminama saulės kolektorių sistema	40
5 lentelė. Aplinkosauginis ir ekonominis saulės kolektorių įdiegimo efektyvumo įvertinimas	42
6 lentelė. Saulės kolektorių sistemai skirtų investicijų planavimas	43
7 lentelė. Aplinkosauginis ir ekonominis vandens gražinimo linijos įdiegimo efektyvumo įvertinimas	46
8 lentelė. Vandens gražinimo linijai skirtų investicijų planavimas	47
9 lentelė. Vandentiekio vandens parametrai	48
10 lentelė. Vandentiekio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir siūlomi sprendimai ..	52
11 lentelė. Aplinkosauginis ir ekonominis saulės elektrinės įdiegimo efektyvumo įvertinimas	55
12 lentelė. Saulės elektrinės sistemai skirtų investicijų planavimas	55

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas. Darnaus augimo siekis (Europos aplinkos agentūra 2015).....	14
2 paveikslas. Energijos gamybos iš AEI procentinė dalis (Eurostat 2014)	14
3 paveikslas. AEI rūšys, jų panaudojimas (Eurostat 2014)	15
4 paveikslas. CŠT, aptarnaujami šalies gyventojai, 2015 metai (Euroheat 2015).....	16
5 paveikslas. Išteklių, naudojami gaminti energiją CŠT, 2015 metai (Euroheat 2015).....	17
6 paveikslas. Paviršinio vandens naudojimas energetikoje, mlrd. m ³ (Statistikos departamentas 2013)	18
7 paveikslas. Į paviršinius vandenį išleistų nuotekų kiekiai, mlrd. m ³ (Statistikos departamentas 2013) ...	18
8 paveikslas. Vandens smūgine ED schema (Deng 2015).....	23
9 paveikslas. AEI ir modernių vandens ruošimo technologijų deriniai (Ghaffour 2015).....	24
10 paveikslas. AO įrenginio ir fotovoltinio modulio sistema (Al-Karaghoulis 2011).....	25
11 paveikslas. ED įrenginio ir fotovoltinio modulio sistema (Sharon 2015)	25
12 paveikslas. Produkto būvio ciklas (Cherif 2016).....	26
13 paveikslas. Proceso būvio ciklo vertinimo eiga.....	33
14 paveikslas. Paviršinio vandens paruošimo sistema.....	35
15 paveikslas. UF plovimo vandeniui naudojamą siurblio darbo kreivę.....	36
16 paveikslas. UF cheminiui plovimui naudojamą siurblio darbo kreivę	37
17 paveikslas. Antro kėlimo siurblių darbo kreivę	37
18 paveikslas. Paviršinio vandens paruošimo medžiagų ir energijos balansas	38
19 paveikslas. Karšto vandens tiekimo siurblio darbo kreivę	41
20 paveikslas. Saulės kolektorių sistemos išdėstymas ant stogo	43
21 paveikslas. Nuotekų siurblio darbo kreivę.....	44
22 paveikslas. Nuotekų gražinimo įranga sistemoje.....	48
23 paveikslas. Vandentiekio vandens paruošimo sistema	49
24 paveikslas. AO pirmos pakopos siurblio darbo kreivę	50
25 paveikslas. AO antros pakopos siurblio darbo kreivę.....	50
26 paveikslas. Siurblio, tiekiančio vandenį į EDI, darbo kreivę.....	51
27 paveikslas. Siurblio, tiekiančio vandenį į katilą, darbo kreivę	51
28 paveikslas. Vandentiekio vandens paruošimo medžiagų ir energijos balansas	52
29 paveikslas. Plotas, skirtas statyti saulės elektrinę	53
30 paveikslas. Saulės elektrine pagaminama elektros energija	54
31 paveikslas. Sumodeliuota saulės elektrinė.....	56
32 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui ruošiamo 1 m ³ vandens anglies pėdsakas	57
33 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui ruošiamo 1 m ³ vandens anglies pėdsakas po pakeitimų	58
34 paveikslas. Tiekimui į garo katilą ruošiamo 1 m ³ vandens anglies pėdsakas	59
35 paveikslas. Tiekimui į garo katilą ruošiamo 1 m ³ vandens anglies pėdsakas po pakeitimų	59

SANTRUMPOS

AAI – aplinkos apsaugos indikatorius;

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai;

AO – atvirkštinė osmozė;

BCV – būvio ciklo vertinimas;

CŠT – centralizuoto šildymo tinklai;

ED – elektrodializė;

EDI – elektrodejonizacija;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

ŠG – švaresnė gamyba;

UV – ultravioletiniai spinduliai.

IVADAS

Moderni visuomenė tampa vis labiau sąmoninga ir susirūpinusi dėl gamtinių išteklių eikvojimo, vykdomų procesų įtakos aplinkai. Pramonės įmonės, paslaugas teikiančios įmonės kreipia dėmesį į veiklas, kurios kelia neigiamą poveikį aplinkai. Poveikis aplinkai tampa pagrindiniu „raktu“ siekiant priimti aplinkai darnesnius sprendimus.

Globaliu mastu poveikį aplinkai siekiama mažinti, naudojant atsinaujinančių išteklių energiją, mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Lietuva – ne išimtis, didžiausias atsinaujinančių išteklių energijos potencialas – biokuro naudojimas. Didžiausia biokuro naudotoja – šalyje tankiai išvystyta – centralizuota šildymo sistema.

Šilumos gamybos įmonėse (katilinėse) dėl techninių reikalavimų, rengiamos vandens paruošimo sistemos, skirtos įrenginių ir vamzdinių ilgaamžiškumui bei tinkamam darbui palaikyti. Efektyvus vandens išteklių panaudojimas katilinėse tiesiogiai susijęs su darniu visos sistemos darbu.

Vandens paruošimo sistemos – iš kelių technologijų susidedantis procesas, reikalaujantis nemažų energijos ir vandens išteklių kiekių. Geriausios vandens paruošimo sistemos pasirinkimas priklauso nuo ekonominių ir techninių sąlygų. Šiuo metu plačiai pripažįstama, jog darnus vystymasis apima tiek, ekonominius, tiek socialinius, tiek aplinkosauginius aspektus. Tai sąlygoja, kad vandens paruošimo pramonė, taip pat atsakinga už poveikį aplinkai. Didžiausios įvardijamos problemos: neatsakingai naudojami vandens ištekliai, didelis energijos ir medžiagų suvartojimas.

Vandens poreikis yra neatsiejamas nuo gyvenimo Žemėje ir gyvavimo moderniaame pasaulyje. Pasauliniai vandens ištekliai siekia 1,4 mlrd. km³ apie 97,5% telkšo vandenynuose. Kiti 2,5 % gėlo vandens yra atmosferoje, ledkalnių viršūnėse, ežeruose, upėse, požeminiame vandenyje (Shatat 2013). Kad ir kokie dideli vandens kiekiai yra Žemėje, susiduriama su rimtu iššūkiu – aprūpinti gyventojus gėlu vandeniu, besivystančios Pasaulio šalys kenčia nuo vandens stygiaus.

Vandens išteklių efektyvus naudojimas Lietuvoje, ne visada vertinamas atsakingai. Šalis nėra susidūrusi su rimtomis vandens trūkumo problemomis. Požeminio vandens ištekliai sudaro 3,72 m³ per parą, kai yra šalių, kurios geriamąjį vandenį ruošia šalinant druskas iš sūraus jūrų ar vandenynų vandens (ši praktika taikoma jau virš 60 metų). Technologiniuose procesuose, katilinėse paprasčiausias būdas efektyviai naudoti vandens išteklius – recirkuliacija – pakartotinis po pirminio proceso susidarančio išleidžiamo vandens panaudojimas. Metodas nėra naujas, bet dažnai į jį būna neatsižvelgta ir dideli vandens kiekiai išleidžiami į nuotekų tinklus ar gamtinę aplinką.

Kitas alternatyvus būdas, kaip sumažinti vandens paruošimo sistemų poveikį aplinkai, atsinaujinančiais energijos ištekliais aprūpinamos vandens paruošimo sistemos. Tai gali būti elektros ar šilumos gavimas iš saulės, vėjo ar geoterminės energijos, ar kelių atsinaujinančių išteklių deriniai. Ši integracija tampa vis populiareesnė ir perspektyvesnė, kadangi kyla tradicinių vandens paruošimo sistemų kainos, norima sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Įtakos turi ir socialinis faktorius – aplinkai „draugiškesnių“ metodų taikymo populiarėjimas.

Dar vienas perspektyvus metodas – kurti naujas technologijas, kurios efektyviai naudotų tiek vandens, tiek infrastruktūrinius išteklius. Šiuo metu, tai vienas svarbiausių vandens paruošimo pramonės klausimų, nes dauguma technologijų jau pritaikyta ir rasti kažką naujo kyla vis didesnių sunkumų.

Kaip didžiausią siekį galima įvardinti, darnios ir efektyvios vandens paruošimo sistemos sukūrimą, kurioje būtų pritaikyti visi šie metodai.

Darbo tikslas – išanalizuoti ir įvertinti vandens bei jo technologiniam paruošimui reikalingos energijos išteklių panaudojimo galimybes katilinėje siekiant padidinti aplinkosauginį veiksmingumą.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti vandens, naudojimo katilinėje, kokybės ir paruošimo būdų analizę.
2. Išanalizuoti efektyvaus vandens išteklių naudojimo katilinėje būdus.
3. Identifikuoti pasirinktų objektų aplinkosaugines problemas.
4. Remiantis moksliniais straipsniais ir praktika, pateikti efektyvaus vandens išteklių panaudojimo, atsinaujinančių išteklių energijos integravimo pasiūlymus.
5. Įvertinti pateiktų pasiūlymų aplinkosauginę ir ekonominę naudą.
6. Atlikti sistemų būvio ciklo vertinimą.

1.EFEKTYVAUS IŠTEKLIŲ NAUDOJIMO ANALIZĖ

Ištekliai, tokie kaip vanduo, oras, dirvožemis, biomasė, svarbūs žmonijos gyvenimo kokybei bei sveikatai. Šie ištekliai supa mus, yra įprasti mūsų kasdieniniame gyvenime, ir ne dažnas susimąsto, jog jie gali išsekti, jei neefektyviai juos naudosime.

Vanduo – Žemėje plačiausiai paplitęs cheminis junginys (Giedraitis 2011). Vandens išteklių pasiskirstymas nėra vienodas. Vienur jaučiamas stygius, ypač gėlo vandens, kitur su vandens išteklių trūkumu nėra susiduriama. Vanduo – neatsiejama kiekvieno proceso dalis, tiek vykstančių kasdieniniame gyvenime, tiek technologinių. Efektyvus vandens išteklių naudojimas tampa šiandienos būtinybe.

Svarbu ne tik efektyviai naudoti vandens išteklius, tačiau, siekiant darnaus vartojimo bei įtakos klimato kaitai sumažinimo, reikia atsižvelgti į vandens ruošimo sistemų ekonomiškumą, tvarų energijos išteklių naudojimą.

1.1.Efektyvus išteklių naudojimas Europos Sąjungoje

Remiantis Europos Komisijos iniciatyvos „Tausiai išteklius naudojanti Europa“ duomenimis (2011), didėjanti išteklių paklausa, tiesiogiai sąlygoja jų stygių. 2050 metais, prognozuojama, kad Žemės gyventojų padidės 30 %, bus apie 9 mlrd. Išteklių stygius atsilieps ir ekonomikai. Dėl šios priežasties, labai svarbu išteklius naudoti kuo efektyviau per visą jų gyvavimo ciklą, nuo išgavimo iki šalinimo.

Vienas iš Europos Sąjungos tikslų – išteklių naudojimas kuo tvaresniu būdu. Užsibrėžtų tikslų įgyvendinimui naudojama strategija „Europa 2020“ bei „Efektyviai išteklius naudojančios Europos veiksmų planas“.

Strategijos „Europa 2020“ (Europos komisija 2011) siekiai, susiję su darniu išteklių naudojimu:

1. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekis turėtų būti sumažintas 20 % (arba net 30 %, jei tam tinkamos sąlygos), palyginti su 1990 m. rodikliais.
2. 20 % energijos turėtų būti gaminama iš atsinaujinančiųjų šaltinių.
3. Energijos vartojimo efektyvumas turėtų būti padidintas 20 %.

Veiksmų plano tikslas – užtikrinti, kad Europos ekonomika iki 2050 m. taptų tvari. Planu siekiama sukurti sąlygas ekonomikoje naudoti kuo mažiau išteklių, sukurti didesnę vertę mažesnėmis sąnaudomis, naudoti išteklius tausiai, taip mažiau paveikiant aplinką.

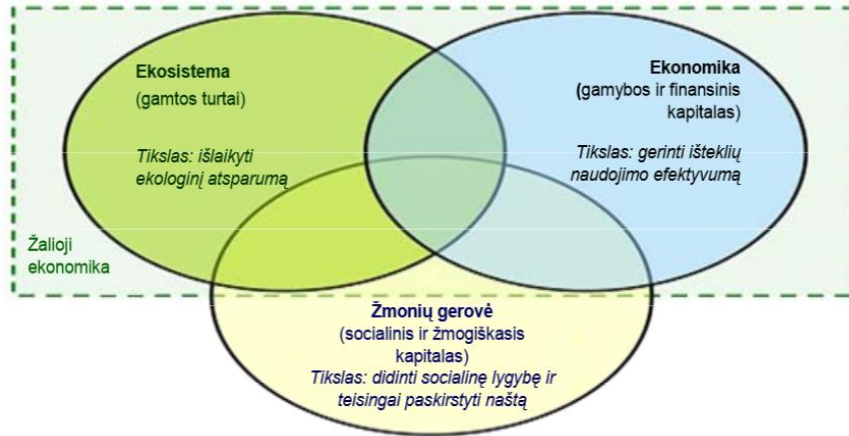
Siekiant 2050 m. vizijos reikia imtis priemonių trijose pagrindinėse srityse:

- Gamtinio kapitalo tausojimas, užtikrinantis ekonominę klestėjimą ir žmonių gerovę.
- Efektyvus išteklių naudojimo, mažą anglies dioksido kiekį išskiriančių technologijų ekonomikos ir socialinės plėtros skatinimas.
- Žmogaus sveikatos nuo aplinkos poveikio apsauga (Europos aplinkos agentūra 2015).

Modernėjančiame pasaulyje prioritetas nėra teikiamas ekonomikos stabdymui, norima, kad ekonomikos augimas žengtų išvien su atsakingu požiūriu į mus supančią aplinką. Itin svarbus išteklių naudojimo efektyvumas. Efektyvumas gali būti pasiekiamas diegiant atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) technologijas kombinuotuose

procesuose, kurios didintų ir pačio proceso efektyvumą, mažintų energijos sąnaudas bei anglies dvideginio emisijas.

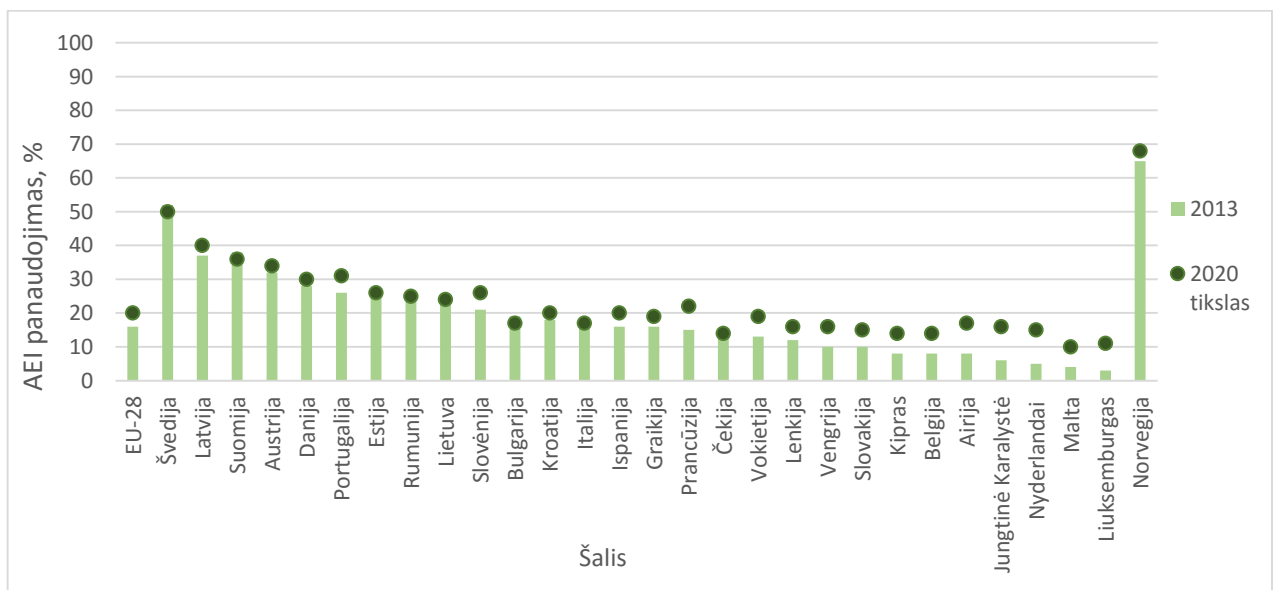
Svarbu pažvelgti į visą sistemą, ne tik į atskirus procesus. 1 paveiksle pateikta Žaliosios ekonomikos sistema, kurios tikslas – gerinant išteklių naudojimo efektyvumą, išlaikyti ekologinį atsparumą, tuo pačiu didinant socialinę lygį.



1 paveikslas. Darnaus augimo siekis (Europos aplinkos agentūra 2015)

1.2. Atsinaujančių išteklių naudojimas Europoje

Igyvendinami Europos siekiai, gaminti kuo daugiau energijos iš atsinaujančių šaltinių. 2020 metų tikslas, jog 20 % energijos bus gaminama iš atsinaujančių išteklių, daugelyje šalių jau pasiektas (Aune 2012). Šalis lyderė Europoje – Norvegija, 65 % energijos pagaminama iš atsinaujančių išteklių. Iš Europos Sąjungos šalių lyderio pozicijas užima Švedija – 52 %. Europos Sąjunga, kurią šiuo metu sudaro 28 šalys, pagamina 16 % energijos iš atsinaujančių išteklių. Lietuva atsinaujančių išteklių naudojimo energijos gamyboje tikslą jau pasiekus, pagaminama 23,1 % energijos (2014 m. „Eur'Observ'ER“ duomenimis). Visų Europos sąjungos šalių duomenys pateikiami 2 paveiksle.



2 paveikslas. Energijos gamybos iš AEI procentinė dalis (Eurostat 2014)

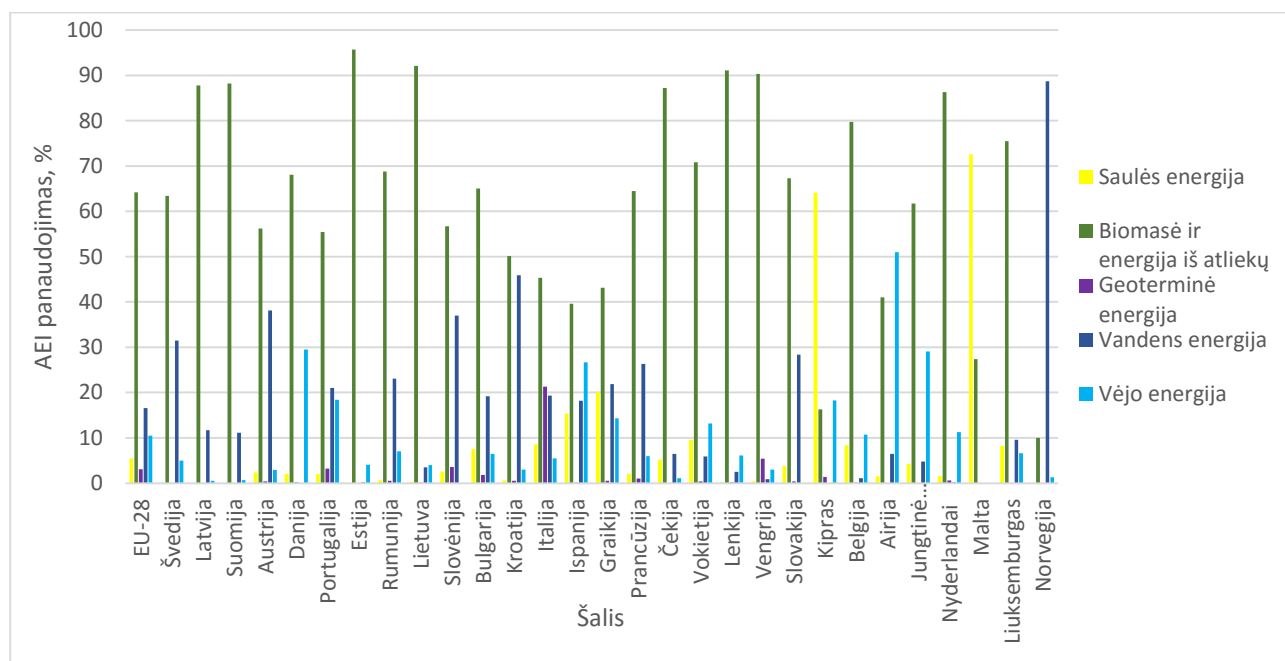
Atsinaujinantys energijos šaltiniai, tai vėjo energija, saulės energija (terminė, fotovoltinė ir koncentruota), hidroelektrinių energija, geoterminė energija, potvynių ir atoslūgių energija, biomasė ir energija išgaunama deginant atliekas (Kytra 2006).

Remiantis Direktyva 2009/28/EB, Europos Sąjungos šalyse nėra vienodų atsinaujinančių išteklių rūšies naudojimo tendencijų. Atsinaujinančių energijos išteklių vystymuisi įtakos turi – šalies geografinė padėtis, resursai, palankus poveikis regionų ir vietos plėtros galimybėms, eksporto perspektyvos, socialinė sanglauda bei užimtumas.

Remiantis „Eurostat“ duomenimis, Europos Sąjungoje 2014 metais iš atsinaujinančių energijos šaltinių buvo pagaminta 192 tūkst. tne (2 233 TWh) energijos. Pietų Europoje vyrauja atsinaujinančios energijos gamyba iš saulės energijos: Graikijoje 20 %, Kipre 64,1 %, Maltoje 72,6 %, Ispanijoje 15,4 %¹. Šalys, kaip Kroatija 45,9 %, Švedija 31,5 %, pasižymi nelygiu reljefu ir tankiu upių tinklu, energiją gamina iš vandens energijos.

Italija naudoja savo geoterminės energijos potencialą (20, 3%). Airija (51 %), Jungtinė Karalystė (29,1 %), Ispanija (26,7 %) energijos iš atsinaujinančių išteklių gamina, naudojant vėjo energiją.

25-iose iš 28 Europos sąjungos šalyse vyrauja energijos gamyba iš biomasės ir deginant atliekas (energijos pagaminimas šiais ištekliais vidurkis – 64,2 %) (3 paveikslas).



3 paveikslas. AEI rūšys, jų panaudojimas (Eurostat 2014)

Lietuvoje, taip pat dominuoja energijos gamyba iš biomasės ir atliekų deginimo, išgaunant energiją. Remiantis Europos Sąjungos (ES) statistikos agentūros „Eurostat“ duomenimis, Lietuvoje 2014 metais buvo deginama atliekų, iš jų atgaunant energiją 105 548 tonų. Tai 2,5 % bendro apdorojamo atliekų srauto. Remiantis šiais duomenimis, galima priimti išvadą, jog Lietuvoje vyraujantis atsinaujinantis išteklius – biomasė.

Biomasė, kaip atsinaujinantis energijos šaltinis, naudojama kietojo kuro ir biodujų pavidalu. Pagrindinius kietosios biomasės išteklius sudaro malkos, medienos atliekos (kirtimų atliekos, medienos pramonės įmonių

¹ T.y. procentinė išraiška, kiek naudojantis tam tikra atsinaujinančių išteklių rūšimi pagamina energijos, skaičiuojant nuo bendro energijos pagaminimo iš atsinaujinančių išteklių.

atliekos, statybų atliekos ir kt.), žemės ūkio atliekos (šiaudai) ir energetiniai želdiniai. Kietasis biokuras naudojamas tiesiogiai arba perdirbtu pavidalu (briketai, granulės, dulkės) (Swaaij 2015).

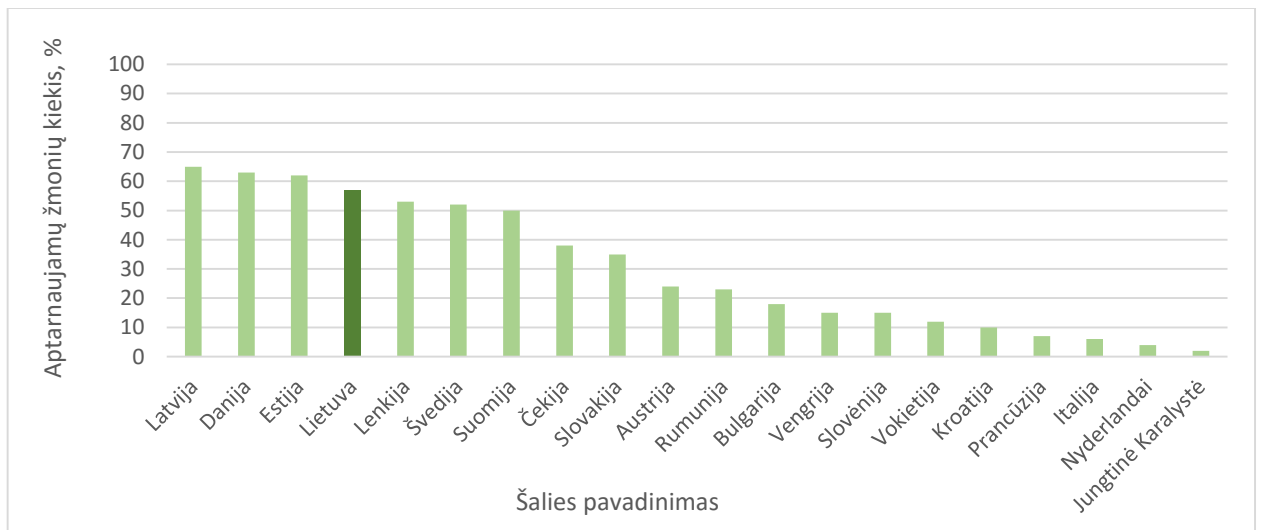
Siekiant naudoti kuo daugiau atsinaujinančių energijos išteklių, vienas iš potencialių, didžiausių atsinaujinančios energijos naudotojų Lietuvoje – centralizuota šildymo sistema.

1.3. Centralizuoto šildymo sistema Europos Sąjungoje ir Lietuvoje

2010 metais šalyje paruoštas Nacionalinis AEI veiksmų planas. Plane numatyta, kad didžiausia atsinaujinančių išteklių plėtra šalyje įmanoma centralizuotos šilumos gamybos sektoriuje (Murauskaitė 2013). Tai viena perspektyviausių priemonių norint realizuoti atsinaujinančių energijos išteklių technologijas, siekiant įgyvendinti aplinkos apsaugos tikslus bei sprendžiant strateginius energetikos klausimus.

Siekiant įgyvendinti strategijos „Europa 2020“ tikslus Lietuvoje, iškastinį kurą naudojančios katilinės aktyviai keičia į biokurą, naudodamos Europos Sąjungos struktūrinių fondų paramą, bei tokiu būdu ženkliai sumažindamos CO₂ emisijas į aplinką (Hendricks 2016). Remiantis šilumos tiekėjų asociacijos duomenimis, 2015 metais iš biokuro buvo pagaminta 34 % šilumos, tiekiamos į centralizuotą šildymo tinklą.

Lietuvoje, naudojant centralizuoto šildymo tiekimo sistemą, šiluma tiekama 57 % šilumos vartotojų. Tai užima didelę rinkos dalį. Ši sistema taip pat paplitusi šalyse, kuriose, kaip ir Lietuvoje, anksčiau buvo taikoma planinės ekonomikos sistema. Tokios šalys yra Latvija (65 %), Estija (62 %), Lenkija (53 %) ir Čekija (38 %). Taip pat, ši sistema plačiai paplitusi Skandinavijos šalyse – Danijoje (62 %), Švedijoje (52 %) ir Suomijoje (50 %) (4 paveikslas).

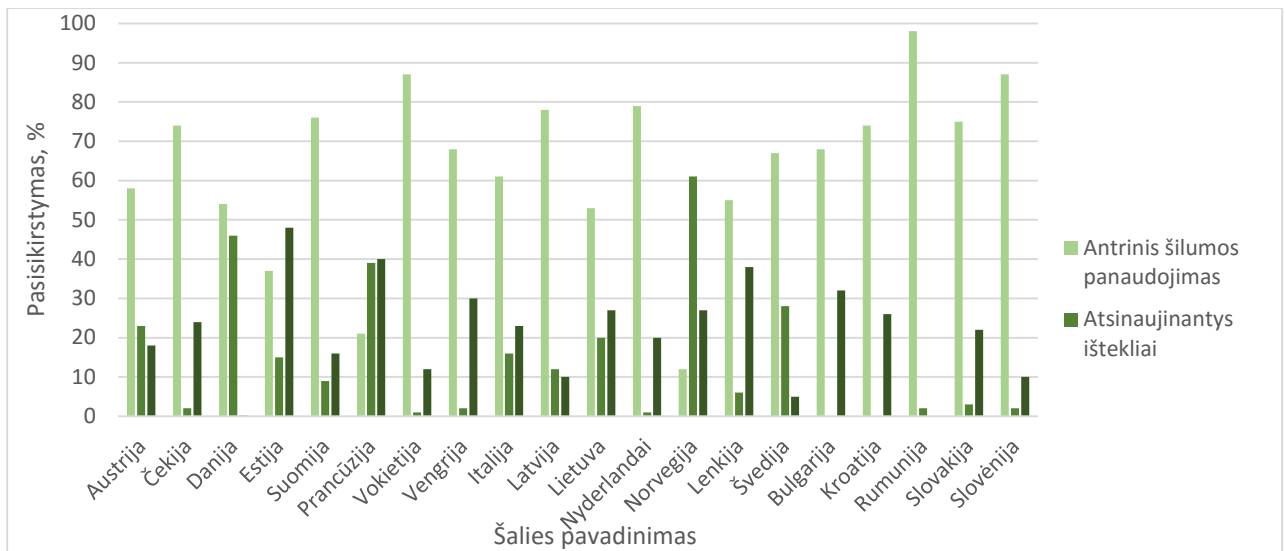


4 paveikslas. CŠT, aptarnaujami šalies gyventojai, 2015 metai (Euroheat 2015)

Siekama, kad 2020 metais atsinaujinantys ištekliai Lietuvos šilumos sektoriuje sudarytų ne mažiau, kaip 39 % (Murauskaitė 2013). Remiantis 2015 metų „Euroheat“ duomenimis, Lietuvoje:

- Atsinaujinantys ištekliai centralizuoto šildymo sistemose sudarė 20 %.
- Antrinis šilumos panaudojimas – 52 % (šilumos energija pagaminta kogeneracinėse jėgainėse).
- 28 % energijos buvo pagaminami kitais būdais (pavyzdžiui, naudojant iškastinį kurą).

Europos Sąjungos šalių, kuriose vyrauja centralizuoto šildymo tiekimo sistema, išteklių pasiskirstymas pateiktas 5 paveiksle.



5 paveikslas. Ištekliai, naudojami gaminti energiją CŠT, 2015 metai (Euroheat 2015)

Efektyviam išteklių panaudojimui CŠT sistemoje yra naudojamos ne tik alternatyvios kuro rūšys. Kogeneracinės jėgainės efektyviai naudoja energiją, kadangi tuo pat metu gali būti gaminama tiek šilumos, tiek elektros energija (Masters 2013). Bendras bruožas, kad ir koks šilumos gamybos būdas taikomas deginant kurą, procesui reikalinga naudojamo vandens paruošimo sistema.

1.4. Vandens išteklių naudojimas

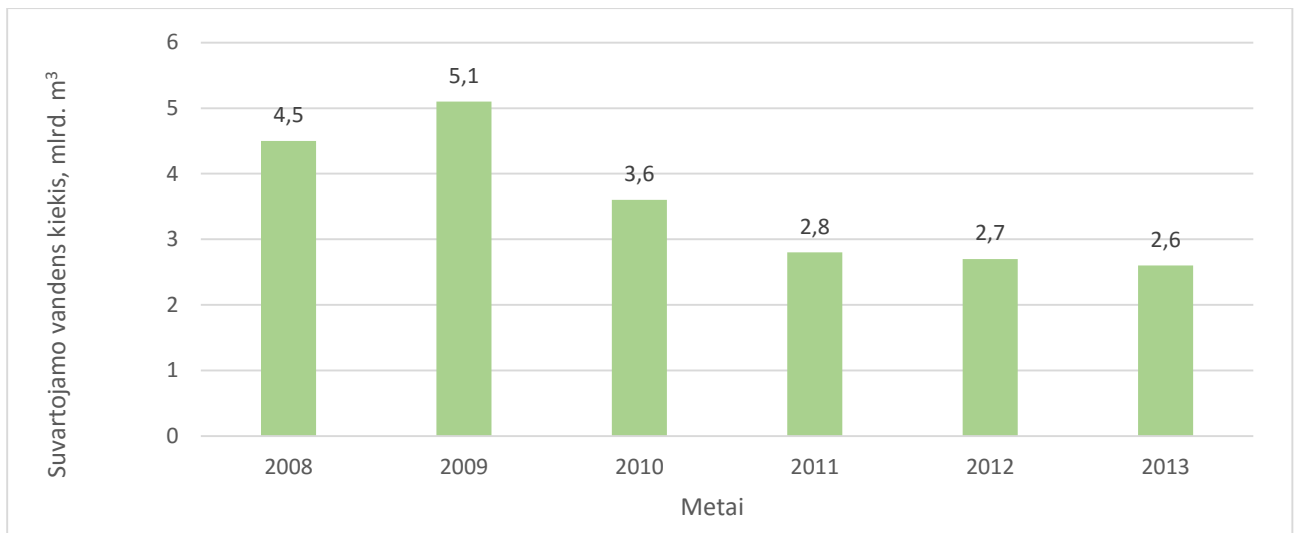
Vandens ištekliai, tai tam tikroje teritorijoje esantis paviršinio ir požeminio vandens kiekis. Vandens atsargas šalyje lemia geografinė padėtis, klimato kitimas, o vandens poreikiai grindžiami – žmogaus veikla (Fogarassy 2014). Moderni visuomenė vandenį naudoja ne tik buityje, gėrimui, bet ir įvairiose ūkio šakose: pramonėje, energetikoje, žemės ūkyje, žuvininkystėje ir kitoms reikmėms (Dapkienė 2008).

Įvairi žmogaus veikla susijusi su vandens tarša. Tarša sąlygoja blogėjančią vandens kokybę, taip ribojamas vandens panaudojimas, keliama grėsmė sveikatai, mažėja vandens funkcionalumas, sumažėja tinkamų naudoti vandens išteklių (Gleick 2014).

Lietuvoje, statistikos departamento duomenimis, pagal paskirtį 2013 metais sunaudota 2,75 mlrd. m³ paviršinio vandens ir 113,3 mln. m³ požeminio vandens. Iš viso sunaudota 2,86 mlrd. m³. Vanduo naudojamas:

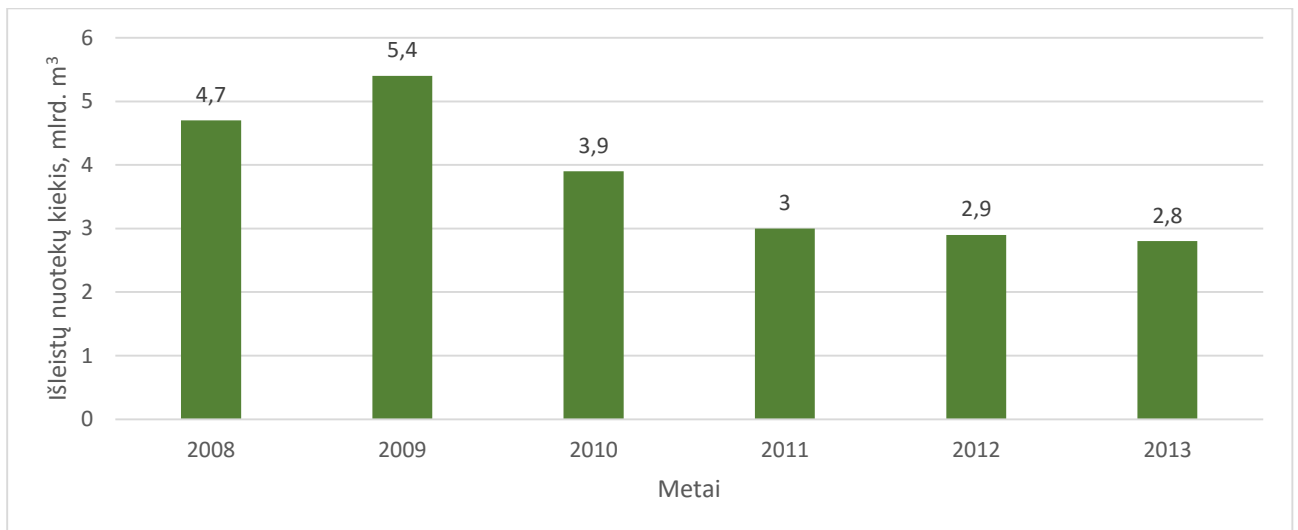
- energetikos reikmėms;
- ūkio ir buitinėms reikmėms;
- žuvininkystės reikmėms;
- pramonės reikmėms.

Didžiausias Lietuvos vandens išteklių naudotojas yra energetikos sektorius, kuris sunaudoja 2,6 mlrd. m³ per 2013 metus, tai sudaro 91,87 % bendro vandens sunaudojimo šalyje (Statistikos departamentas 2013). Priede 1, pateikta lentelė, kurioje nurodomi 2008 – 2013 metų vandens suvartojimo duomenys.



6 paveikslas. Paviršinio vandens naudojimas energetikoje, mlrd. m³ (Statistikos departamentas 2013)

Lietuvoje sunaudojamas vandens kiekis sąlygoja didelius nuotekų kiekius išleidžiamus į paviršinius vandenis. 2013 metais į paviršinius vandenis išleista 2,8 mlrd. m³ nuotekų. Nuo 2011 metų išleidžiamų nuotekų kiekis išlieka pastovus (mažėja nuo 3 iki 2,8 mlrd. m³). Iki 2010 metų buvo sunaudojami ženkliai didesni (2009 m. – 5,4 mlrd. m³), kadangi dar nebuvo uždaryta Ignalinos atominė elektrinė.



7 paveikslas. Į paviršinius vandenis išleistų nuotekų kiekiai, mlrd. m³ (Statistikos departamentas 2013)

Didžiausi vandens išteklių naudotojai Lietuvoje yra Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė bei Lietuvos šiluminė elektrinė. Vandens ištekliai naudojami šiose elektrinėse nemažėja, jie panaudojami ir grąžinami atgal.

Centralizuoto šilumos tiekimo katilinėse ir kogeneracinėse elektrinėse naudojamas vanduo reikalingas šildymo tinklų papildymui (gaminamas karštas vanduo) ir/arba garo gamybai. Vanduo turi būti paruoštas, taip kad nekenktų įrenginiams ir sistemoms bei prailgintų tarnavimo laiką.

Šie vandens ištekliai ne visuomet panaudojami efektyviai, orientuojantis į šilumos gamybą, ne visada atsižvelgiama į kitų išteklių efektyvesnį panaudojimą.

Vandens naudojimo problemos sprendžiamos jungtinių gamtos, ekonomikos ir socialinių mokslo jėgų. Stengiamasi susidoroti su problemomis horizontaliame (žemės ūkio, pramonės, namų ūkių) ir vertikaliame lygmenyje (mikro-, makro-, ir pasauliniame), o ne tik vertinant, kaip vandens inžinerijos problemą (Fogarassy

2014). Problemos sprendimai: naudoti vandens recirkuliaciją vandens paruošimo sistemose, kurti optimizuotas sistemas.

1.5.Katilinėse naudojamo vandens parametrai

Plėtojantis pramonei, iškilo gamybiniais procesams būtino specialios kokybės vandens poreikis. Technologiniuose procesuose naudojamas vanduo, turi atitikti nustatytus reikalavimus. Kai kuriuose procesuose naudojamo vandens nereikia apdoroti, kadangi jam nekeliama aukštesni reikalavimai.

Geriamojo vandens parametrai nurodyti Lietuvos higienos normoje HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“. Toks vanduo tinkamas gėrimui, buitiniams reikmėms, tačiau nėra tinkamas naudoti šilumos tinklų papildymui, bei garo gamybai.

Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos patiria vamzdžių koroziją, tai pasekmė, netinkamai paruošto vandens ar iš viso vandens paruošimo sistemos nebuvimas (Gudzinskas 2011).

Remiantis „Vandens garo ir perkaitinto vandens vamzdyno įrengimo ir saugaus eksploatavimo taisyklėmis“: vandens ruošimo įrenginių eksploatavimą ir vandens chemijos režimą reikia tvarkyti taip, kad nebūtų, žalojami elektrinių, katilinių ir šilumos tinklų įrenginiai ir nesumažėtų jų ekonomiškumas dėl vandens ruošimo, įrenginių vidinių paviršių korozijos, susidarius nuoviroms ir nuoguloms ant šilumą perduodančių paviršių, katilinių ir šilumos tinklų įrenginiuose ir vamzdynuose.

1.5.1.Katilinėse naudojamo vandens šaltiniai

Svarbiausias kriterijus, kokio šaltinio vanduo naudojamas – resursų prieinamumas, kiekis, ir geografinė vieta, kur įrengta vandens paruošimo sistema. Tai lemia, kokie vandens ištekliai bus naudojami. Galimi du variantai – požeminis vanduo arba paviršinis vanduo, nei vienas iš jų nėra chemiškai tinkamas (Bahadori 2013) naudoti šildymo sistemoms.

Požeminiame vandenyje yra ištirpusių neorganinių priemaišų, atsiradusių iš uolienuų ir smėlio per kuriuos vanduo tekėjo. Paviršiniame vandenyje randama suspenduotųjų dalelių ir ištirpusių organinių priemaišų (1.5.2 skyrelyje pateikti cheminiai vandens rodikliai).

1.5.2.Cheminiai vandens rodikliai

Gamtiniame vandenyje yra randama priemaišų, nes vanduo nėra chemiškai grynas. Tai sudėtinga sistema, kurioje yra ištirpusių druskų, dujų, neištirpusių įvairaus smulkumo mineralinės ir organinės kilmės priemaišų, bakterijų bei kitų augalinių ir gyvūninių mikroorganizmų (Sakalauskas 2008).

Kietumas. Kietumą parodo – vandenyje esančių kalcio ir magnio jonų koncentracijų suma. Vandeniui, kuris skirtas garo katilui, pavojingiausias kalcio kietumas (Bahadori 2013). Pagrindinė kietumo jonų atsiradimo priežastis vandenyje yra uolienuų dūlėjimas ir tirpimas.

Iš kalcio junginių pavojingiausias – kalcio karbonatas. Jis ant šilumos paviršių (katilo sienelių bei šilumos tinklų sistemose) sudaro kalcio karbonato nuosėdas. Atsiradusios nuosėdos blogina šilumos perdavimą, dėl to

mažėja sistemos efektyvumas. Vandens, skirto tiekti į katilus bendrasis kietumas, remiantis „Vandens garo ir perkaitinto vandens vamzdyno įrengimo ir saugaus eksploatavimo taisyklėmis“ neturėtų viršyti 0,2 µg-ekv/l .

Suspenduotosios dalelės. Tai vandenyje esančių pakibusių kietųjų dalelių koncentracija (Sakalaukas 2008). Didelė suspenduotųjų dalelių koncentracija – paviršiniame vandenyje. Remiantis „Elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklėmis“, vandens, naudojamo šildymo tinklų papildymui, suspenduotųjų dalelių koncentracija turi būti ne didesnė kaip 5 mg/l.

Šarmingumas. Bendrasis vandens šarmingumas susideda iš silpnų organinių ir neorganinių rūgščių anijonų ir hidroksido koncentracijų sumos. Paviršiniai vandenys dažniausiai priskiriami hidrokarbonatų klasei (Bahadori 2013). Karbonato ir hidrokarbonato jonų koncentracijų santykis priklauso nuo vandens pH rodiklio. Šarmingumas nėra ribojamas šilumos perdavimo vandenyje.

Vandenilio potencialas. Vandenilio (H⁺) jonų koncentracijos matas vandenyje. Vandens pH reikšmė sąlygoja metalų koroziją. Metalų korozijos greitis didžiausias – rūgštinėje, mažiausias – šarminėje terpėje. Vandenilio rodiklio norma uždaroje sistemoje yra 9,0 – 10,0.

Chloridai ir sulfatai. Jų jonai gamtiniuose vandenyse sudaro tirpius junginius. Šie rodikliai suaktyvina plieno korozijos procesus (Jankevičius 2012), todėl koncentracija paruoštame vandenyje negali viršyti 205 mg/l, remiantis HN 24:2003.

Geležis. Vandenyje geležis būna ištirpusi, suspenduotų dalelių ir koloidų pavidalu. Aukštos suspenduotos geležies koncentracijos sukelia nuosėdas (Jankevičius 2012). Jos junginių pusiausvyra priklauso nuo vandens temperatūros ir pH.

Deguonis. Esant vandens ir oro kontaktui, vandenyje tirpsta deguonis. Ištirpusio deguonies koncentracija priklauso nuo vandens temperatūros. Jei vandens temperatūra didėjant, deguonies koncentracija mažėja. Deguonies gausu paviršiniuose vandenyse (Jankevičius 2012). Vandens, naudojamo šilumos tinklų papildymui, koncentracija ne didesnė, kaip 50 µg/l (remiantis „Vandens garo ir perkaitinto vandens vamzdyno įrengimo ir saugaus eksploatavimo taisyklėmis“).

Anglies dioksidas. Vandenyje atsiranda esant kontaktui su aplinkos oru ir nuo dirvožemyje vykstančių procesų. Jo randama visuose gamtiniuose vandenyse. Anglies dioksido koncentracija mažėja, kylant vandens temperatūrai (Jankevičius 2012). Katilinėje naudojamame vandenyje, anglies dioksidas turi būti pašalintas.

Norint pasiekti reikiamus vandens kokybės rezultatus, svarbu parinkti tinkamą vandens paruošimo sistemą. Vandens kokybės parametrų normos pateikiamos 2 priede.

1.5.3. Katilinėse taikomos vandens paruošimo technologijos

Pagrindiniai veiksniai renkantis vandens paruošimo sistemą – naudojamo vandens šaltinis ir vandens cheminė sudėtis.

Pirmiausia taikomas pradinis vandens valymas. Dažniausia taikoma mechaninė filtracija, kuri taip pat skirstoma į tipus:

- smėlinė filtracija (filtrai užpildomi 0,8 – 1,2 mm slėgio įkrova, kurioje nusėda mechaninės dalelės);
- mechaninė kasetinė filtracija;
- diskinė mechaninė filtracija;

- mechaninė maišelinė filtracija.

Vandenyje geležies koncentracijai viršijant nustatytas normas taikomas geležies šalinimas. Veikimo principas toks pats, kaip ir smėlinės filtracijos, tik į sistemą įjungiamas oras, Fe^{2+} paverčiantis į Fe^{3+} . Taip trivalentė geležis nusėda ant įkrovos.

Jei naudojamas paviršinis vanduo, suspenduotųjų dalelių, stambiamolekulinių junginių ir bakterijų šalinimui naudojama ultrafiltracijos sistema. Tai membraninis vandens valymo procesas. Dažnai prieš ultrafiltraciją taikoma koaguliacija. Paskirtis – surišti suspenduotąsias daleles vandenyje, efektyvesniam ultrafiltracijos procesui (Yu 2016).

Vienas seniausių ir svarbiausių vandens, naudojamo katilinėje, paruošimo etapas – vandens minkštinimas. Proceso metu iš vandens pašalinami vandenyje esantys kietumo jonai Ca^{2+} ir Mg^{2+} . Dažniausiai vandens minkštinimo technologijoje naudojami filtrai užpildyti stipriai rūgščia katijonitine įkrova. Įkrova turi ribotą imlumą, todėl turi būti reguliariai regeneruojama natrio chlorido tirpalu.

Vanduo, kuris naudojamas šilumos tinklams papildyti, turi būti paruoštas taip, kad vandenyje ištirpusio deguonies kiekis būtų sumažinamas iki minimumo. Šiuo metu, dėl savo efektyvumo ir kompaktiškumo itin populiarūs – membraniniai deaeratoriai. Vandeniui laidži membrana nepraleidžia jame ištirpusio deguonies molekulių. Dar efektyvesniam deguonies išstūmimui iš vandens įvedamos azoto dujos (Makhloufi 2014).

Garo katilo maitinimui taikomas ir vandenyje ištirpusių druskų šalinimas, naudojamos technologijos:

- Atvirkštinė osmozė (AO) – membraninė technologija, skirta sumažinti vandens druskingumą. Naudojamos membranos nepraleidžia iki 98 % vandenyje esančių druskų (Shrivastava 2015). Slėgiui, didesniai nei tam tikrų parametrų vandens savaiminis osmosinis slėgis sukūrimui, naudojami aukšto slėgio siurbiai. Neprasiskverbęs, didelės druskų koncentracijos vanduo – drenuojamas į nuotekas. Prasiskverbęs ir nuo druskų išvalytas vanduo – tiekiamas vartojimui.
- Elektrodejonizacija (EDI) – itin efektyvus druskų pašalinimas iš vandens. Technologija dažniausiai naudojama toliau apdoroti vandenį po atvirkštinės osmozės proceso. Druskingumas sumažinamas iki $0,1 - 0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$. Tai maišyta technologija, naudojanti anijonitinę, katijonitinę įkrovą, membranas bei elektros srovę. Elektros srovės veikiami anodas ir katodas traukia druskų jonus į atitinkamas puses, kur traukiami įstringa nelaidžiose membranose.
- Vandens druskingumo šalinimas naudojant įkrovas. Filtrai užpildyti anijonitine ir katijonitine įkrovomis šalina vandenyje esančių druskų anijonus ir katijonus. Katijonitinei įkrovai regeneruoti naudojami rūgščių tirpalai, dažniausiai sieros ar druskos rūgštis. Tuo tarpu anijonitinei – šarmo tirpalas, dažniausiai natrio hidroksidas.
- Maišytos įkrovos filtrai (Mix bed filters) dažniausiai naudojami galutiniam vandens „nuglūdinimui“, kai pašalinamos likusios druskos bei CO_2 dujos išsiskyrusios per AO ir EDI procesus. Po šio proceso vanduo dažnai pasiekia minimalų įmanomą vandens laidumą $0,055 \mu\text{S}/\text{cm}$.

1.6. Efektyvus vandens išteklių naudojimas katilinėje

Vandens paruošimo sistemos dažniausiai iš kelių žingsnių susidedantis procesas. Energijos ir infrastruktūros išteklius efektyviai naudojančios vandens paruošimo sistemos – vienas svarbiausių inžinerinių uždavinių (Le 2016).

Membraninės technologijos yra svarbios ruošiant vandenį. Nemažai technologijų, kurios pagrįstos membraniniu vandenyje ištirpusių druskų šalinimu, jau pritaikytos (Le 2016). Remiantis Desaldata (2015) duomenimis apie 63,7 % viso nudruskinto vandens yra paruošiama naudojantis membraniniais procesais.

Pagrindiniai uždaviniai – pagerinti šiuo metu taikomų technologijų efektyvumą, diegti technologijų derinius, kurti ir pritaikyti naujas technologijas siekiant padidinti efektyvumą, sistemas jungti į kuo uždaresnį kontūrą, AEI integracija sistemose.

AEI integracija vandens gryninimo procesuose tampa vis perspektyvesnė, tai sąlygoja kylančios įprastų vandens paruošimo sistemų kainos, siekis sumažinti ŠESD emisijas, užsibrėžtas tikslas naudoti, kuo daugiau AEI (Shatat 2013).

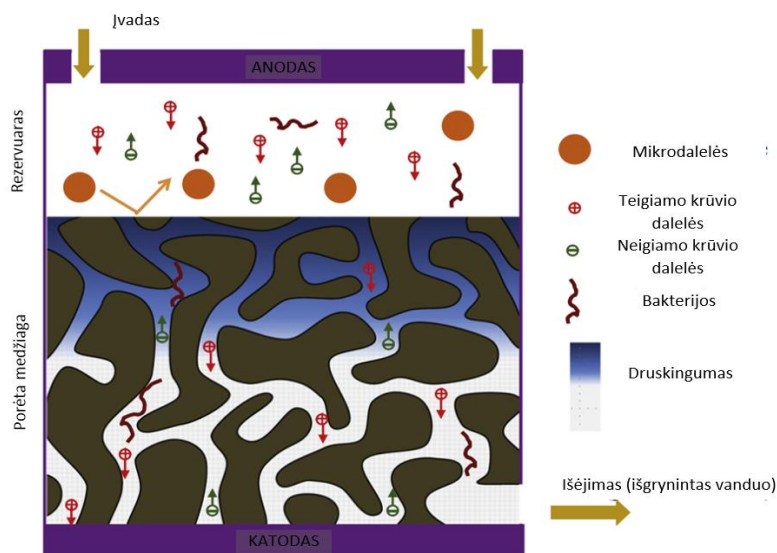
1.6.1. Smūginė vandens elektrodializė

Vandens paruošimas (gryninimas) – daugiapakopis procesas, apimantis tokius žingsnius kaip filtracija, druskingumo mažinimas ir dezinfekcija. Smūginė vandens elektrodializė (smūginė ED) – nauja ir itin efektyvi vandens druskingumą mažinanti technologija, taikoma vandenyje ištirpusių druskų šalinimui (Bazant 2014). Masačusetso technologijos instituto profesoriaus Martino Bazanto (Martin Z. Bazant) nuomone (2014), tai vienas įdomiausių elektrochemijos dinamikos atradimų. Aktyviai vykdomi moksliniai tyrimai, teoriniai skaičiavimai grindžiami atliekamais eksperimentais. Taip pat, kuriami smūginės elektrodializės prototipai (Deng 2013).

Smūginės vandens elektrodializės veikimo principas pagrįstas jonų koncentracijos pasiskirstymo (poliarizacijos) zonų formavimu (Deng 2015). Ši technologija gali būti naudojama ne tik kaip efektyvus vandens druskų šalinimo metodas, bet ir kaip dezinfekcinė priemonė, leidžianti sulaikyti 99 % matomų bakterijų.

Smūginės elektrodializės elementas susideda iš dviejų jonams laidžių elementų (tai jonų mainų membranos arba elektrodai), tarp kurių nudruskinamas vanduo teka per įelektrintą, porėtą medžiagą (Deng 2015). Medžiaga sudaryta iš dviejų, plonų sluoksnių, kurie veikia kaip membrana (Dydek 2013).

Kaip ir įprastoje elektrodializėje, į smūginės ED elementą padavus elektros srovę, jonams laidaus elemento kryptimi (8 paveikslas) susidaro jonų išsieikvojimo zona. Taip sukuriamas natūralus barjeras, kuris skiria ruošiamą vandenį į dvi sroves.



8 paveikslas. Vandens smūginė ED schema (Deng 2015)

Padidinus įtampą, jonų koncentracija šalia jonams laidaus elemento pasiekia 0, tuomet sistema pasiekia difuzijos ribojamą srovę. Smūginėje ED paviršiaus krūvio atsiradimas porėtos medžiagos vidinio paviršiaus kryptimi įgalina jonus keliauti greičiau nei esant difuzijai (Deng, 2013). Tai sąlygoja šie aspektai: dėl elektriškai įkrautų dvisluoksnių porėtų membranų paviršinio laidumo ir paviršiaus konvekcijos susidarancios dėl elektro-osmosinių sūkurinių išsieikvojusioje zonoje.

Kaip rezultatas, šios susidarancios „viršsrovės“, išsieikvojusi zona ima plisti per membraninį (porėtąjį) paviršių kaip smūginė banga. Susidaro ryškus skirtumas tarp išsieikvojusios ir neišsieikvojusios zonų (Yaroshchuk 2012). Taip tekėdamas per išsieikvotą zoną vanduo yra perskiriamas ir iš elemento išteka – sumažinto druskingumo vanduo. Smūginėje ED didelės jonų koncentracijos (druskos) zona susiformuoja priešingame jonams laidžiame elemente.

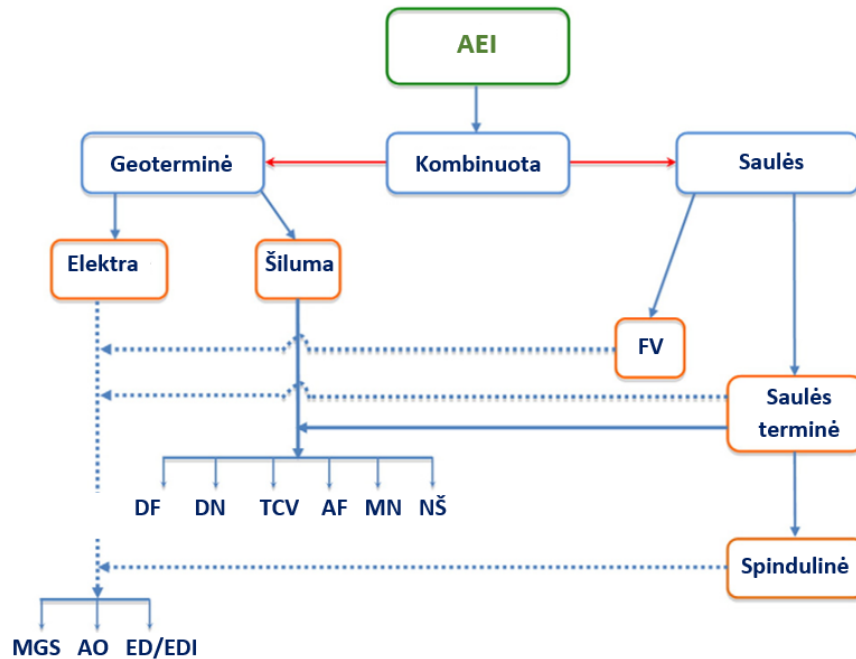
Išsieikvojusių ir jonų pilnų zonų susiformavimas priešingose pusėse lemia stiprią jonų koncentracijos poliarizaciją.

Metodas ypatingas tuo, kad priešingai negu įprastos vandenyje ištirpusių druskų šalinimo sistemos, laikui bėgant neužsikemša, taip pat nenaudoja didelių energijos kiekių (McGovern 2014).

Įvertinus visas technologijos funkcijas – filtracija, dezinfekcija ir vandenyje ištirpusių druskų šalinimą – smūginė elektrodializė turi didelį potencialą tapti kompaktiška ir itin efektyvia vandens išgryninimo sistema.

1.6.2. Atsinaujinančių energijos išteklių ir vandens ruošimo technologijų derinimas

Alternatyvių energijos šaltinių naudojimas svarbus siekiant užpildyti technologinio vandens paruošimo paklausą. Per pastaruosius dešimtmečius pastangos skiriamos siekiant technologiniams procesams skirtu vandens ruošime panaudoti skirtingų rūšių AEI (Ghaffour 2015). Galimi metodų deriniai pateikti 9 paveiksle.



9 paveikslas. AEI ir modernių vandens ruošimo technologijų deriniai (Ghaffour 2015)

Pateiktas paveikslas iliustruoja, kokie galimi AEI šaltiniai, vandens paruošimo sistemose, tai geoterminė energija, saulės energija arba integruotas šių išteklių ciklas.

Saulės energija gali būti naudojama gaminant elektros energiją arba šilumą. Saulės energiją naudojant sušildyti vandenį yra aplinkosauginiu požiūriu patikima, sistemai palaikyti reikia minimalių energijos kiekių bei išlaikymo kaštų, lyginant su kitais saulės energijos panaudojimo būdais (Shukla 2013). Geoterminė energija taip pat gali būti naudojama ir elektros ir šilumos gamybai. Sprendimas, kokią energijos rūšį pasirinkti, sąlygojamas ekonominių, aplinkosauginių ir saugumo svarstymų (Shatat 2013).

Norint sujungti atvirkštinės osmozės ar elektrodializės technologiją su saulės energija plačiausiai pritaikoma elektros energijos gamyba iš fotovoltinės saulės energijos.

Tinkamiausias, AEI energija pagrįsto, vandens paruošimo metodo pasirinkimas priklauso nuo toliau išvardintų veiksnių:

1. Vandens paruošimo sistemos dydžio.
2. Įvadinio vandens parametrų.
3. Reikiamų pasiekti vandens parametrų.
4. Techninės infrastruktūros.
5. AEI prieinamumo.
6. Eksploatacijos kainos (Ghaffour 2015).

1.6.3. Fotovoltinę energiją naudojančios vandens paruošimo technologijos

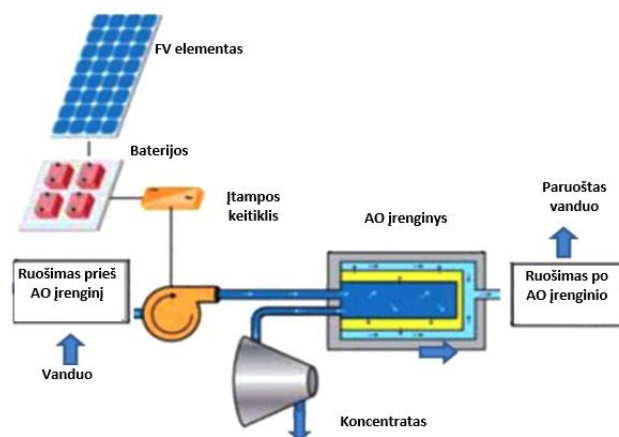
Remiantis Bryso Ričardso (Bryce Richards) tyrimo duomenimis (2015), atvirkštinės osmozės technologija priskiriama prie efektyviausių ir patikimiausių vandens druskų šalinimo metodų. Atliekami tyrimai norint rasti metodų, kurie sumažintų energijos poreikį atvirkštinės osmozės technologijoje (Elshafei 2013). Technologija,

kaip energijos šaltinį naudojant fotovoltinę energiją, taptų ne tik patikima ir efektyvi, bet ir aplinkosauginiu požiūriu tinkamesnė.

Saulės fotovoltinės sistemos tiesiogiai paverčia saulės šviesą į elektros energiją, naudojant saulės elementus, kurie pagaminti iš silicio ar kitos puslaidininkinės medžiagos (Shatat 2013).

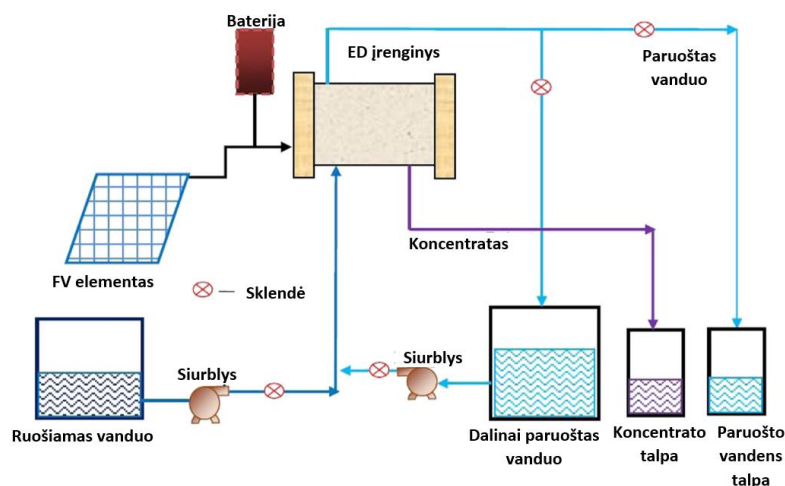
Naujoji sistema susideda iš modulio gaminančio energiją ir vandens ruošimo modulio. Fotovoltinis saulės modulis susideda iš fotovoltinių saulės elementų ir gaminamos nuolatinės elektros energijos. Elementai sujungiami į fotovoltinės saulės modulį, kuris tiekia elektros energiją į vandens paruošimo įrenginį (10 paveikslas).

Procesui reikiama energija, pagaminta fotovoltinėse sistemose, gali būti tiekiami naudojantis baterijomis arba be jų (Sharon 2015).



10 paveikslas. AO įrenginio ir fotovoltinio modulio sistema (Al-Karaghoulī 2011)

Ši sistema gali būti sujungta tiek su atvirkštinės osmozės, tiek su elektrodializės vandens paruošimo technologijomis (Shatat 2013).



11 paveikslas. ED įrenginio ir fotovoltinio modulio sistema (Sharon 2015)

Fotovoltinę energiją naudojančio vandens ruošimo modulio privalumai – geresni socialiniai, ekonominiai ir aplinkosauginiai rodikliai, lyginant su įprastu vandens ruošimo moduliui.

Jeigu yra galimybė, galima pritaikyti fotovoltinių modulių gaminamą elektros energiją, ne tik atskiriems įrenginiams, bet ir visai vandens paruošimo sistemai.

1.7. Būvio ciklo vertinimas

Būvio ciklo vertinimas (BCV), kaip nustatyta ISO 14040:2007 standarte, susideda iš keturių pagrindinių etapų:

1. Tikslų ir taikymo srities apibrėžimo.
2. Būvio ciklo aprašymo ir inventorizacijos.
3. Poveikio įvertinimo.
4. Gautų rezultatų interpretavimo (Gerber 2014).

Šie keturi etapai yra svarbūs viso BCV tyrimo metu. BCV yra įrankis, skirtas nustatyti ir apskaičiuoti produkto ir proceso, kurio metu jis pagaminamas, poveikį aplinkai.

Dažniausiai, tinkamiausios vandens paruošimo sistemos pasirinkimas būna pagrįstas ekonominių ir techninių apribojimų. Tačiau ir vandens paruošimo pramonė gali būti atsakinga už neigiamą poveikį aplinkai. Tai gali būti: gamtos išteklių eikvojimas, cheminių medžiagų išleidimas į gamtinę aplinką, didelis energijos suvartojimas. Produkto būvio ciklo vertinimas pateiktas 12 paveiksle.



12 paveikslas. Produkto būvio ciklas (Cherif 2016)

Remiantis BCV galima įvertinti vandens paruošimo sistemų poveikį aplinkai. Kaip minėta, svarbu tinkamai pasirinkti funkcinį vienetą, kuris bus vertinamas. Norint įvertinti unikalų vandens paruošimo sistemų funkcinį vienetą, dažniausiai imamas 1 m³ paruošto vandens (Bonton 2012). Jeigu yra poreikis, sistemas galima lyginti ir tarpusavyje arba tą pačią sistemą lyginti prieš pakeitimus ir po.

1.8. Vandens ir atsinaujinančių išteklių naudojimo teisinis reguliavimas

Vandens paruošimo sistemos naudojamos paruošti vandenį, skirtą biokuro katilų garo gamyboje bei centralizuoto šildymo tinklų papildymui. Reikiami vandens parametrai nurodomi Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2009 m. birželio 10 d. įsakymu Nr.1-82 „Vandens garo ir perkaitinto vandens vamzdinių įrengimų ir saugaus eksploatavimo taisyklėse“. Taisyklės privalomos asmenims, kurie projektuoja, gamina, montuoja ir eksploatuoja garo ir perkaitinto vandens paruošimo sistemas.

Įrangos regeneracijos metu naudojamas vanduo išleidžiamas į gamtinę aplinką ir/arba nuotekų tinklus. Nuotekų kiekius ir jų koncentraciją reglamentuoja Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 m. gegužės 17

d. įsakymu Nr. D1-236 „Nuotekų tvarkymo reglamentas“, kuris nustato pagrindinius aplinkosaugos reikalavimus nuotekų surinkimui, valymui ir išleidimui siekiant apsaugoti aplinką nuo taršos.

Europos aplinkos agentūros iniciatyva įgyvendinama nauja vandens politika Europos Sąjungoje. Rengiamos duomenų bazės vandens išsaugojimo klausimais. 2012 metais buvo parengtos ataskaitos, kurios skirtos įvertinti Europos vandenų būklę. Pagrindiniai aspektai yra vandens išteklių naudojimo efektyvumas, cheminė būklė ir vandens ūkis.

Europos parlamento ir tarybos direktyva dėl prioritetinių medžiagų vandens politikos srityje 2013/39/ES priimta 2013 m. rugpjūčio 12 d. Iš dalies pakeitė 2000/60/EB vandens politikos direktyvą ir 2008/105/EB aplinkos standartų vandens politikos srityje direktyvą. Svarbiausios nuostatos susijusios su išleidžiamomis nuotekomis:

- Paviršinio vandens cheminė tarša kelia grėsmę vandens aplinkai, jos padariniai gali būti ūmus ir ilgalaikis toksinis poveikis vandens organizmuose, teršalų kaupimasis ekosistemoje ir buveinių bei biologinės įvairovės nykimas, taip pat pavojus žmonių sveikatai. Pirmiausia turėtų būti nustatytos taršos priežastys, ir taršos klausimas turėtų būti sprendžiamas teršalų išmetimo vietoje ekonomiškiausiu ir aplinkos požiūriu veiksmingiausiu būdu.
- Nuotekų valymas gali būti labai brangus procesas. Siekiant sudaryti palankesnes sąlygas pigiau ir ekonomiškai efektyviau valyti nuotekas, galėtų būti skatinama kurti novatoriškas nuotekų valymo technologijas.

Norint skatinti atsinaujinančių išteklių naudojimą, galima juos integruoti ir vandens paruošimo sistemose. 2009 metais priimta Direktyva dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją 2009/28/EB. Direktyva priimta Europos parlamento ir Tarybos. Svarbios nuostatos:

- Energijos vartojimo Europoje valdymas ir didesnis atsinaujinančių išteklių energijos naudojimas bei energijos taupymas ir didesnis energijos vartojimo efektyvumas yra vienos iš svarbių priemonių, reikalingų sumažinti išmetamųjų ŠESD kieki ir įvykdyti JT bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolą ir kitus bendrijos bei tarptautinius įsipareigojimus mažinti ŠESD kieki. Svarbu skatinti energijos tiekimo saugumą, technologijų plėtrą, naujoves.
- Naujovių diegimas ir tvari bei konkurencinga energetikos politika gali skatinti ekonomikos augimą.
- Siekiant sumažinti Bendrijoje ŠESD kieki ir sumažinti jos priklausomybę nuo energijos importo, reikėtų AEI plėtojimą glaudžiai susieti su didesniu energijos naudojimo efektyvumu.

2014 metais sausio 22 d. Europos komisija pateikė 2030 metų klimato ir energetikos politikos strategiją. Komunikato tikslas – pradėti diskusijas, kaip tęsti klimato ir energetikos politikas, kuomet baigsis 1.1 poskyryje minėtos „Europa 2020“ strategijos laikotarpis.

2.TYRIMO METODIKA

Skyriuje pateikiamos metodikos bei programinė įranga, kuriomis remiantis buvo atliktas efektyvus vandens išteklių panaudojimo katilinėje galimybių vertinimas.

Tyrimė remtasi švaresnės gamybos koncepcija siekiant identifikuoti vandens paruošimo sistemų, naudojamų katilinėse aplinkosaugines problemas, bei atrasti galimus problemų sprendimo būdus, atlikti ekonominį bei aplinkosauginį vertinimą.

Tyrimo tikslui pasiekti naudotos metodikos:

- Medžiagų ir energijos balansas.
- Netiesioginio poveikio aplinkai dėl elektros sąnaudų skaičiavimo metodika.
- Saulės kolektorių skaičiavimo metodika.
- Saulės elektrinės integravimo skaičiavimas.
- Būvio ciklo vertinimas.

2.1.Švaresnės gamybos koncepcija

Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcija pirmą kartą pristatyta JT aplinkos programos 1989 metais. Ja buvo atsakyta, kokių principų laikantis siekiama darnios plėtros (Staniškis 2004).

ŠG – tai sisteminis aplinkos apsaugos problemų sprendimo būdas, kurio pagrindinis tikslas yra atliekų, teršalų prevencija bei neefektyvus energijos resursų ir medžiagų sąnaudų mažinimas (Staniškis 2002).

Taikant ŠG metodiką, atskleidžiamos galimybės diegti prevencinius procesų valdymo metodus, stengiamasi išspręsti aplinkos apsaugos problemas, didinamas technologinių procesų efektyvumas ir ekonomiškumas.

Metodikos taikymo objektas – katilinėse naudojamos vandens paruošimo sistemos.

ŠG strategijoje numatomi prevenciniai būdai: geras ūkininkavimas, žaliavų pakeitimas, patobulinta vadyba, įrangos pakeitimas, technologijos pakeitimai, gaminio pakeitimas, efektyvus energijos vartojimas, atliekų perdirbimas arba antrinis panaudojimas (Staniškis 2002).

Efektyvus vandens išteklių panaudojimo vandens paruošimo sistemose, naudojamomis katilinėje, galimybių vertinime didžiausias dėmesys skiriamas:

- Efektyviam energijos vartojimui, nes sunaudojami dideli energijos kiekiai paveikia dirvožemį, vandenį, orą. Energijos poveikis aplinkai mažinamas efektyviai, atsakingai ją naudojant, taikant AEI energiją (saulės, vėjo, geoterminę, vandens energiją) (Staniškis 2002).
- Antriniam vandens panaudojimui – atliekų (vandens paruošimo sistemų atžvilgiu – nuotekų) panaudojimas tame pačiame procese, kuriame jos susidarė arba panaudoti kitiems tikslams toje pačioje sistemoje (Staniškis 2002).

2.1.1. Medžiagų ir energijos balansas

Medžiagų ir energijos balanso tikslas – nustatyti, kiek žaliavų naudojama, kiek ir kokių atliekų susidaro, kokia aplinkos tarša sukeliama, kokie proceso nuostoliai.

Remiantis „Gamtos išteklių taupymo ir atliekų mažinimo planų rengimo metodinėmis rekomendacijomis“ (patvirtinta įsakymu 2009 m. gegužės 5 d. Nr. D1-252), medžiagų ir energijos balansų sudarymui naudojami duomenys paremti buhalterinės apskaitos duomenimis, matavimo prietaisų rodmenimis. Jei parametrai nematuojami tiesiogiai, apskaičiuojama remiantis skaičiavimų metodikomis.

Atliekant vandens paruošimo sistemų vertinimą svarbu teisingai paskirstyti srautus (medžiagų ir energijos). Sudarant medžiagų ir energijos balansą, svarbu išanalizuoti, kokie medžiagų srautai patenka į pagaminamą produktą, kokie į atliekas (nuotekas), įvertinti susidarančius vykstančio proceso nuostolius. Būtina atkreipti dėmesį, kad ne visada medžiagų ir energijos balanse gaunama lygybė tarp įėjimo ir išėjimo srautų.

Balanso sudaryme naudojami faktiniai 2015 metų duomenys. Naudojami natūriniai vienetai – proceso įėjime ir išėjime – tonos (t), kubiniai metrai (m³), kilovatvalandės (kWh), išskirtiniais atvejais naudojami vienetai (vnt.).

2.1.2. Netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros sąnaudų

Netiesioginio poveikio aplinkai dėl elektros sąnaudų skaičiavimai atliekami, remiantis Lietuvos Respublikos aplinkos ministro. Klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašu (žin. 2010-04-12, Nr. 42 – 2040) ir LAAIF metodika apskaičiuojamas CO₂ emisijų kiekis, didinantis šiltnamio efektą. CO₂ emisijų kiekis apskaičiuojamas sunaudojamą elektros energijos kiekį (MWh), dauginant iš taršos faktoriaus (t CO₂/MWh). Taršos faktorius – 0,2762 t CO₂/MWh (apskaičiuojamas metinės šalies CO₂ išlakas dalinant iš metinio, pagaminamo elektros energijos kiekio).

2.2. Aplinkos apsaugos ir ekonominio efektyvumo vertinimas

Norint teisingai ir pagrįstai įvertinti pateiktų pasiūlymų aplinkos apsaugos ir ekonominį efektyvumą pildoma 1 lentelė.

1 lentelė. Pasiūlymo aplinkos apsaugos ir ekonominio efektyvumo įvertinimo lentelė (pavyzdys)

Iki pasiūlymo diegimo			AAI _{iki}	Po pasiūlymo įdiegimo			AAI _{po}	Sutaupoma (sumažėja)	
Vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.		Vnt /m.	EUR/vnt.	EUR/m.		Vnt /m.	EUR/m..
Proceso įėjimo srautai ir jų kaštai									
Proceso išėjimo srautai ir jų kaštai									

Sistemos aplinkos apsaugos veiksmingumą laike, padeda įvertinti aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI). Jie taikomi įvertinti vandens paruošimo sistemų aplinkos apsaugos veiksmingumą bei pateikti informaciją sprendimams priimti.

Kaip santykinis aplinkos apsaugos indikatorius yra naudojama vandens ir elektros energijos poreikio, bei susidariusių nuotekų kiekis tenkantis produkcijos vienetui (remiantis „Gamtos išteklių taupymo ir atliekų mažinimo planų rengimo metodinėmis rekomendacijomis“).

Santykinų AAI apskaičiavimo formulė (2.1) prieš pasiūlymo įdiegimą:

$$AAI_{prieš} = \frac{Kn_{prieš}}{G_{prieš}} \quad (2.1)$$

Čia: $Kn_{prieš}$ – esamos sunaudotos elektros energijos, vandens, susidariusių nuotekų kiekis per metus ($m^3/m.$, kWh/m.);

$G_{prieš}$ – per metus sistemoje gaminamos produkcijos kiekis ($m^3/m.$, kWh/m.);

Santykiinių AAI apskaičiavimo formulė (2.2) po pasiūlymo įdiegimo:

$$AAI_{po} = \frac{Kn_{po}}{G_{po}} \quad (2.2)$$

Čia: Kn_{po} – planuojamas sunaudoti elektros energijos, vandens, susidariusių nuotekų kiekis per metus ($m^3/m.$, kWh/m.);

G_{po} – per metus sistemoje planuojamos pagaminti produkcijos kiekis ($m^3/m.$, kWh/m.);

Taip pat įvertinama pateikto pasiūlymo atsipirkimo trukmė, tai laikas per kurį pasiūlymo įdiegimui skirtas kapitalas visiškai atsiperka (Staniškis 2002). Apskaičiuojama remiantis formule (2.3):

$$AL = \frac{I}{S}, \text{ metai} \quad (2.3)$$

Čia: AL – atsipirkimo laikas, metais;

I – kapitalo investicijos, Eur;

S – metiniai sutaupymai įdiegus pasiūlymą, EUR/m.

2.3. Saulės kolektorių sistemų poreikio skaičiavimo metodika

Šiame poskyryje pateikiamos pagrindinės formulės, kuriomis remiantis buvo apskaičiuotas saulės kolektorių sistemos diegimas, bei parenkamas akumuliacinės talpos dydis (Perednis 2007, Hasan 2004, Streckienė 2012).

Saulės energijos paruošta šiluma, apskaičiuojamas pagal formulę (2.4):

$$Q_s = F \cdot E \cdot k, \text{ m}^2 \quad (2.4)$$

Čia: Q_s – saulės energijos poreikis sušildyti vandenį, J;

F – įrengtos saulės kolektorių sistemos plotas, m^2 ;

E – daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija kWh/ m^2 , tenkanti horizontaliam paviršiui kiekvieną mėnesį (4 priedas).

k – kolektoriaus saulės energijos konversijos parametras (plokščiajam saulės kolektoriui – 0,8 (Perednis 2007)).

Energijos poreikis sušildyti vandenį saulės kolektoriais, apskaičiuojamas pagal (2.5) formulę:

$$Q = c \cdot V \cdot \Delta t, \text{ J} \quad (2.5)$$

Čia: Q – saulės energijos poreikis sušildyti vandenį, J;

c – savitoji vandens šiluma, (4 200 J/kg· $^{\circ}C$);

V – reikiamo sušildyti vandens kiekis, l;

Δt – temperatūrų skirtumas (kokia tiekiamo vandens temperatūra ir kokią reikia pasiekti), $^{\circ}C$.

Akumuliacinės talpos tūris apskaičiuojamas pagal (2.6) formulę:

$$V_{talp} = \frac{F \cdot E_p \cdot 859}{\Delta T}, \text{ ltr} \quad (2.6)$$

Čia: V_{talp} – akumuliacinės talpos tūris, ltr;
 F – saulės kolektorių sistemos plotas, m^2
 E_p – daugiametė didžiausia saulės paros ekspozicija kWh/m^2 ;
 859 – 1 kWh yra lygi 859 kcal;
 ΔT – didžiausias galimas temperatūrų skirtumas, kad sistemoje vanduo neužvirtų.

2.4. Saulės elektrinės skaičiavimai

Atliekami saulės elektrinės, kuri rengiama siekiant pasigaminti elektros energiją vandens paruošimo sistemos reikmėms (Phovovoltaic 2016, Sunny 2016). Saulės elektrinės sistemos galia paskaičiuojama pagal formulę (2.7):

$$P_{sist} = \frac{E_{sist}}{E_{el}}, \text{ W} \quad (2.7)$$

Čia: P_{sist} – statomos saulės elektrinės galia, W;
 E_{sist} – sistemos sunaudojamas elektros energijos kiekis, kWh
 E_{el} – 1 kW galios saulės elektrinės pagaminama elektros energija, kWh.

Saulės elektrinės elementų kiekis, reikalingas pagaminti nustatytą elektros energijos kiekį, apskaičiuojamas remiantis (2.8) formule:

$$N_{mod} = \frac{P_{sist}}{P_{mod}}, \text{ vnt.} \quad (2.8)$$

Čia: N_{mod} – saulės elektrinei reikiamų elementų kiekis, vnt;
 P_{sist} – saulės elektrinės galia, W;
 P_{mod} – vieno saulės elemento galia, W.

Pasirinktame plote galimas montuoti saulės elektrinės modulių kiekis apskaičiuojamas remiantis (2.9) formule:

$$N_{pl} = \frac{F_{pl}}{F_{mod}}, \text{ vnt.} \quad (2.9)$$

Čia: N_{pl} – galimų montuoti saulės elektrinės modulių kiekis, vnt;
 F_{pl} – saulės elementams skirtas plotas, m^2
 F_{mod} – vieno saulės elemento užimamas plotas, m^2 .

Saulės elektrinės generuojamas elektros energijos kiekis per metus apskaičiuojamas remiantis (2.10) formule:

$$E_{sist} = P_{sist} \cdot E_{el}, \text{ kWh} \quad (2.10)$$

Čia: E_{sist} – sugeneruojamas elektros energijos kiekis per metus, kWh/m.;
 P_{sist} – saulės elektrinės galia, W;
 E_{el} – 1 kW galios saulės elektrinės pagaminama elektros energija, kWh.

2.5. Smėlinio filtro skaičiavimai

Šiame skyrelyje pateikiama smėlinių filtrų sistemos skaičiavimo metodika. Smėlinio filtro filtravimo ploto apskaičiavimo formulė (2.11):

$$S = \pi \cdot r^2, \text{ m}^2 \quad (2.11)$$

Čia: S – filtro filtravimo plotas, m²;
r – pasirinktas smėlinio filtro spindulys, m.

Vandens, tiekiamo į filtrą, debitas apskaičiuojamas remiantis formule (2.12):

$$Q = S \cdot v, \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.12)$$

Čia: Q – valymui tiekiamo vandens debitas, m³/h;
v – vandens filtravimo greitis smėliniame filtre (filtravimo greitis 12 m/h, skalavimo greitis 15 m/h, greitojo skalavimo greitis 30 m/h), m/h.

Smėlinio filtro, užpildyto graveliu, įkrovos tūris apskaičiuojamas, remiantis (2.13) formule:

$$V = S \cdot h, \text{ m}^3 \quad (2.13)$$

Čia: V – filtro įkrovos tūris, m³;
S – filtravimo plotas, m²;
h – įkrovos aukštis filtre (priimama 1 metras (Sakalauskas 2008)), m.

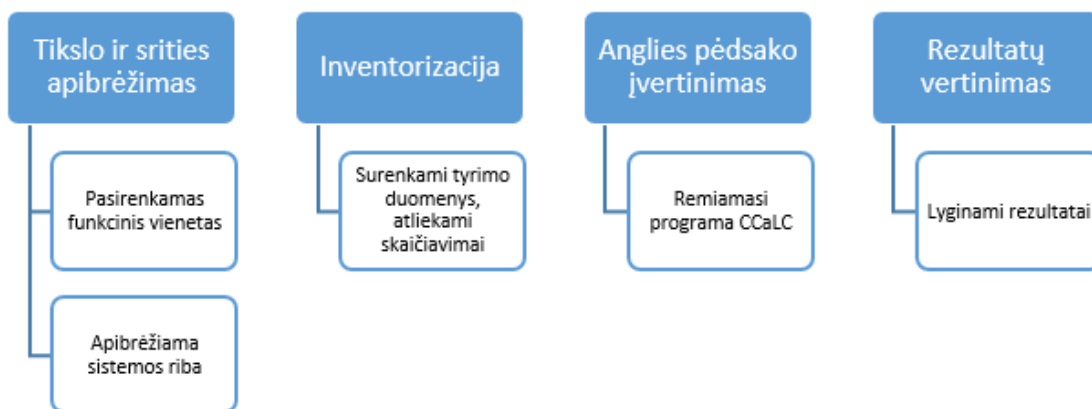
2.6. Būvio ciklo vertinimas

Vandens paruošimo sistemų vertinime taikytas būvio ciklo požiūris. Pasirinkta būvio ciklo požiūriu pagrįsta CCaLC2 programa (CCaLC2 2016). Taikant šią programą galima įvertinti, kontroliuoti ir valdyti vandens paruošimo sistemos sukeliama poveikį aplinkai, įvertinamas procesų anglies pėdsakas. Programoje naudojamas sisteminis požiūris, taikant būvio ciklo metodiką siekiama integruoti įvairių sistemų anglies intensyvumo aplinkosauginę analizę.

Būvio ciklo analizei pritaikyta pasauliniu mastu priimta būvio ciklo metodika pateikta ISO 14040 standarte (LST EN ISO 14040:2007) ir PAS 2050 prekių ir paslaugų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų įvertinime (PAS 2050:2011).

Būvio ciklo vertinimas atliekamas, naudojantis CCaLC programine įranga, naudojamos CCaLC ir Ecoinvent duomenų bazės.

Pasirinktų sistemų įvertinimui taikant būvio ciklo požiūrį, laikomasi keturių etapų. Etapai pateikti 13 paveiksle.



13 paveikslas. Proceso būvio ciklo vertinimo eiga

Sistemos ribos – 1 m³ vandens paruošiamo vandens paruošimo sistemoje.

Siekiant detaliai įvertinti vykstantį procesą pateiktos procesų technologinės schemos, sudaryti medžiagų ir energijos balansai.

Atskirai lyginamos dvi skirtingos vandens paruošimo sistemos, prieš pasiūlymų įdiegimą ir po. Siekiant išsiaiškinti tiriamų vandens paruošimo sistemų anglies pėdsaką, įvertinamas sistemų:

- sunaudojamas vandens kiekis;
- sunaudojama elektros energijos;
- sunaudojamas cheminių medžiagų kiekis;
- išleidžiamų nuotekų kiekis;
- plotas, kurį užima vandens paruošimo sistema.

Atkreipiamas dėmesys, ne tik į naudojamas ar šalinamas medžiagas bei jų kiekius. Anglies pėdsako tyrimui įtakos taip pat turi:

- kokio šaltinio vandeniu naudojamas;
- kaip pagaminta elektros energija naudojama;
- kokio tipo žemės plotas naudojamas sistemos infrastruktūrai.

3. TYRIMO DUOMENYS IR ANALIZĖ

Tyrimo objektas – katilinėse naudojamo cheminio vandens paruošimo sistemos, naudojančios skirtingų rūšių gamtinių vandenį.

Pirmasis objektas – UAB „Kauno energija“ valdoma katilinė. Įmonėje įrengti du biokuru kūrenami katilai, kurių galia po 12 MW ir kondensacinis ekonomizeris, kurio galia 6 MW. Bendra įrenginių galia 30 MW. Per metus pagaminama 130 GWh šiluminės energijos, kasmet sunaudojama apie 115 tūkst. tonų medienos biokuro. Biokuro frakcijos dydis SM2 (skiedra 35 – 50 %). Pagaminta šiluma tiekama į CŠT, katilinėje pagaminama šiluma sudaro apie 12 % Kauno CŠT šilumos kiekio. Šilumos tinklams papildyti naudojamas Nemuno vanduo. Kad vanduo būtų tinkamas šilumos tinklų papildymui, naudojama vandens paruošimo sistema.

Antrasis objektas – UAB „Utenos šilumos tinklai“ valdoma katilinė. Įmonėje įrengtas biokuru kūrenamas katilas, kurio galia 5 MW. Per metus pagaminama 45 GWh šiluminės energijos, kasmet sunaudojama apie 60 tūkst. tonų medienos biokuro. Pagaminta šiluma taip pat tiekama į CŠT. Katilo vandens maitinimui naudojamas vandentiekio vanduo. Kad vanduo atitiktų keliamus reikalavimus, įrengta vandens paruošimo sistema.

Lietuvoje CŠT išplėtoti, intensyviai pereinama prie biokuro. Kad ir kokią kuro rūšį naudoja katilinės, jų efektyviai veiklai būtinos vandens paruošimo sistemos. Projektuojant šias sistemas privalu atsižvelgti į efektyvų vandens išteklių panaudojimą, galimybę integruoti AEI, ieškoti kitų, modernesnių technologijų.

3.1. Pirmasis objektas, paviršinio vandens paruošimo sistema

UAB „Kauno energija“ katilinėje, šilumos tinklams papildyti naudojamas Nemuno upės vanduo. Norint naudoti Nemuno upės vandenį, reikia jį tinkamai paruošti. Vandens ruošimas skirtas efektyviam ir ilgaamžiam visos sistemos darbui, kad nesusidarytų nuosėdos, korozija vamzdynuose. Analizuojama vandens paruošimo sistema įrengta 2014 metais. Įrangos našumas – 292 020 m³ per metus. Žemiau, 1 lentelėje, pateikti vandens parametrai prieš patekimą į vandens paruošimo sistemą.

2 lentelė. Paviršinio vandens parametrai

Nr.	Rodiklio pavadinimas	Mato vienetas	Reikšmė
1.	BDS ₇	mg/l	2,1
2.	Suspenduotos medžiagos	mg/l	3
3.	Bendras druskų kiekis	mg/l	296
4.	Naftos produktai	mg/l	0,04
5.	Bendras azotas	mg/l	2,126
6.	Bendras fosforas	mg/l	0,146
7.	Chloridai	mg/l	21
8.	Sulfatai	mg/l	29

Vandens parametrai, kurios reikia pasiekti (visi parametrai pateikti 2 priede):

- ištirpusio deguonies <50 µg/l;
- suspenduotos medžiagos <0,5 mg/l;
- naftos produktai <1,0 mg/l;

- karbonatinis indeksas <1,0 mg-ekv/l.

Atsižvelgiant į įvadinčius ir reikiamus pasiekti vandens parametrus, katilinėje įrengta vandens paruošimo sistema. Sistemą sudarančios technologijos:

- Mechaninė filtracija (suspenduotoms dalelėms iki 200 μm pašalinti).
- Ultra-filtracija (smulkesnėms suspenduotoms dalelėms pašalinti).
- Vandens minkštinimas (vandens kietumui (Ca^{2+} ir Mg^{2+}) sumažinti).
- Membraninė deaeracija (deguonies ir CO_2 pašalinimui).

Be šių technologijų dar vykdomas cheminių reagentų dozavimas prieš UF įrenginį:

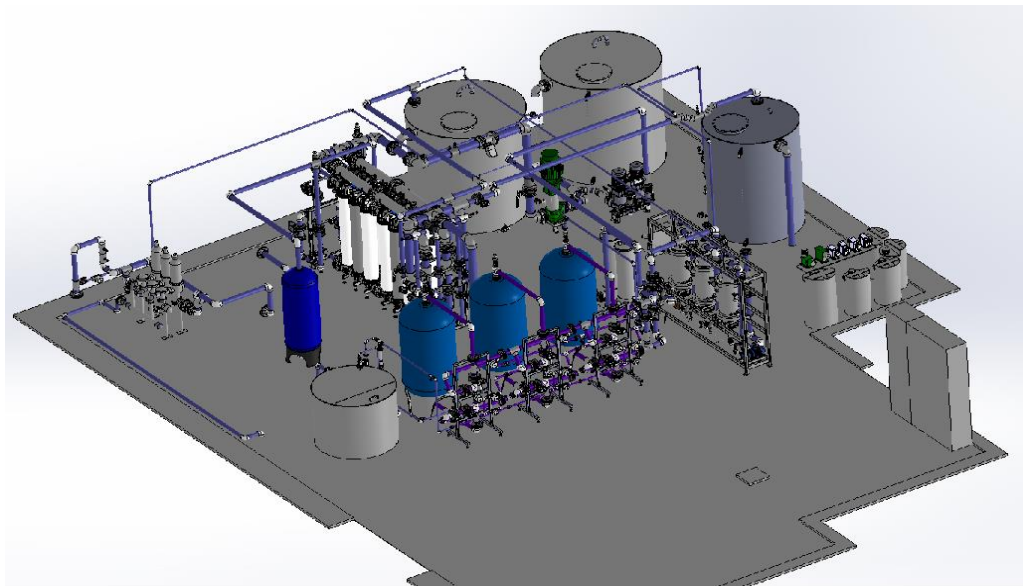
- Koaguliavimas, naudojamas reagentas – polialiuminio hidroksilo chloridas ($\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}$) skirtas suspenduotoms dalelėms sujungti į didesnius junginius, tai pagerina UF proceso efektyvumą.
- Natrio hipochloritas – dozavimas vykdomas esant vandens dezinfekavimo poreikiui.

Taip pat įrangos regeneravimui naudojamos cheminės medžiagos:

- UF – natrio hipochloritas, natrio šarmas ir druskos rūgštis.
- Vandens minkštinimui – natrio chloridas.

Sistemos technologinė schema pateikta 3 priede.

Vandens paruošimo sistema įrengta atskiroje, 152,1 m^2 ploto patalpoje. Ilgis 14,5 m., plotis 11,8 m. Patalpos aukštis 4 m. Stogo plotas – 250 m^2 . 14 paveiksle pateiktas sistemos išdėstymas patalpoje.



14 paveikslas. Paviršinio vandens paruošimo sistema

Linijos pradžioje vanduo patenka į automatiškai išsiplaunančių diskinių filtrų įrenginį, kuriame yra išvalomas nuo vandenyje pakibusių dalelių, kurių dydis $\geq 200 \mu\text{m}$. Mechanškai išvalytas vanduo tiekiamas į UF įrenginį, kur sulaikomos smulkesnės suspenduotos dalelės, stambiamolekuliniai junginiai bei bakterijos. Vanduo po UF kaupiamas dviejose susisiekiančiose talpose, kurių tūris po 6 m^3 , iš kurių siurblių pagalba tiekiamas į vandens minkštinimo filtrus. Šis etapas skirtas pašalinti vandenyje ištirpusius kietumo jonus (Ca^{2+} ir Mg^{2+}). Suminkštintas vanduo tiekiamas į deaeratorių, kuriame iš vandens šalinamas deguonis. Į deaeratorių tiekiamo vandens temperatūra negali būti žemesnė nei 10°C, taip efektyviau iš vandens pašalinamas deguonis. Pasiiekti reikiamą temperatūrą, vanduo šildomas šildytuve, kuris įrengtas vandens tiekimo linijoje.

3.1.1. Įrangos regeneravimas

UF membranos užnešamos dalelėmis, kad įrenginys veiktų efektyviai, vykdoma regeneracija. Vykdomi plovimai vandeniu ir naudojant chemines medžiagas. Cheminiai plovimai vykdomi naudojant rūgštinių, šarminių ir dezinfekcinių tirpalus. Plovimai vandeniu vyksta kas 45 minutes ($42\,000\text{ m}^3/\text{m.}$), cheminiai plovimai ($2\,800\text{ m}^3/\text{m.}$) – 4 kartus per parą (NaOCl – $0,2\text{ t/m.}$, NaOH – $3,8\text{ t/m.}$, HCl – $5,8\text{ t/m.}$). 14 kartų iš eilės vykdomi plovimai vandeniu, tuomet seka regeneracija rūgštiniu tirpalu, plovimo vandeniu ciklas vėl kartojamas ir vykdoma regeneracija šarminiu ir dezinfekciniu tirpalu. Naudojamas vanduo iš talpos po UF įrenginio. Nuotekos po plovimo vandeniu išleidžiamos į bendrą nuotekų surinkimo kanalą. Po cheminių plovimų nuotekos surenkamos neutralizacijos talpoje, neutralizuojamos ir išleidžiamos į kanalizaciją. Neutralizacija vykdoma, kol nuotekų pH pasiekia neutralią vertę.

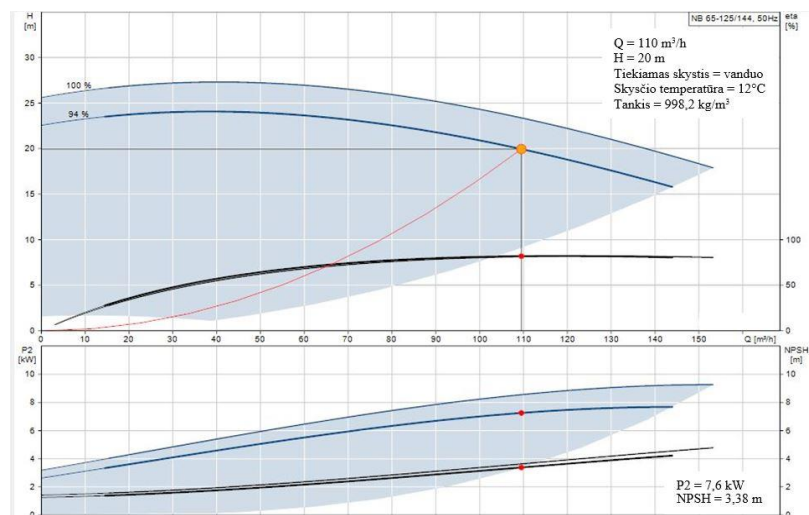
Minkštinimo įrangos regeneravimui naudojamas natrio chlorido 10 % tirpalas. Regeneracijos stadijos:

- Atbulinis plovimas (sunaudojamas vandens kiekis – $1\,820\text{ m}^3/\text{m.}$).
- Filtro užpildymas 10 % NaCl tirpalu (vandens kiekis – $1\,680\text{ m}^3/\text{m.}$, druskos kiekis – 164 t/m.).
- Lėtas skalavimas (sunaudojamas vandens kiekis – $3\,780\text{ m}^3/\text{m.}$).
- Greitas skalavimas (sunaudojamas vandens kiekis – $6\,300\text{ m}^3/\text{m.}$).

3.1.2. Elektros sąnaudų skaičiavimai

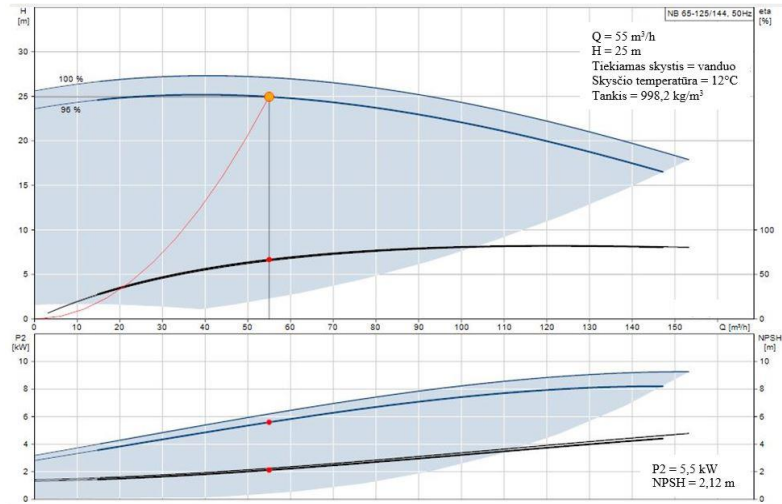
Kadangi vandens paruošimo sistema yra prijungta prie bendro elektros tinklo, jos sunaudojama energija yra apskaičiuojama atsižvelgiant į įrenginių galią ir veikimo laiką. Duomenys gauti naudojantis „WINCAPS by Grundfos“ programa.

UF įrenginio plovimo siurblys Grundfos NB 65-125/144. Siurblio parametrai: našumas yra $110\text{ m}^3/\text{h}$, slėgis – $3,5\text{ bar}$, galia – 11 kW . Siurblys dirba su dažnio keitikliais. Įrenginio plovimas vyksta kas 45 minutes. Plaunama $110\text{ m}^3/\text{h}$ srautu, palaikomas slėgis 2 bar . Iš 15 paveikslo matyti, jog tame taške (P2) siurblio naudojama galia $7,6\text{ kW}$. Plovimo laikas – 1 min . Vienam plovimui sunaudojama $0,127\text{ kW}$ elektros energijos. Per parą (24 h) siurbliai plaunami 32 kartus, sunaudoja $4,05\text{ kW}$ elektros energijos ($0,127 \cdot 32 = 4,05$). Esant $40\text{ m}^3/\text{h}$ režimui abu UF blokai yra darbo režime, tai reiškia, kad per parą plovimams suvartojama $8,1\text{ kW}$ elektros energijos.



15 paveikslas. UF plovimo vandeniu naudojamo siurblio darbo kreivė

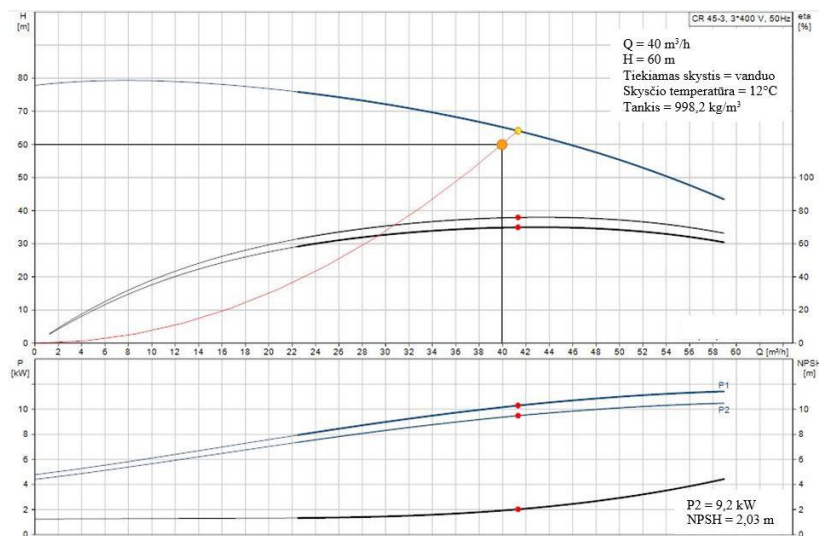
UF cheminiams plovimams naudojamas tas pats siurblys NB 65-125/144. Siurblio parametrai, tokie patys, bet naudojamas mažesnis vandens srautas – 55 m³/h, slėgis – 2,5 bar. Iš 16 paveikslo matyti, jog tame taške (P2) siurblio galia yra 5,5 kW. Plovimo laikas – 1 min. Vienam cheminiam plovimui sunaudojama 0,092 kW elektros energijos. Per parą UF blokas chemiškai plaunamas 4 kartus (2 kartus šarminis plovimas ir 2 kartus rūgštinis plovimas). Parai sunaudojama 0,368 kW elektros energijos (0,092·4=0,368). Dirbant 2 blokams 0,736 kW.



16 paveikslas. UF cheminiam plovimui naudojamo siurblio darbo kreivė

UF cheminio plovimo nuotekų neutralizavimo talpos siurblys Grundfos CR 5-5. Siurblio parametrai: našumas – 5 m³/h, slėgis – 2,2 bar, galia – 0,75 kW. Nuotekos neutralizuojamos 2 kartus per parą (po 1 rūgštinio ir 1 šarminio plovimo). Siurblys veikia be dažnio keitiklio, tai reiškia, kad naudojama maksimali siurblio galia – 0,75 kW. Neutralizacijos procesas trunka apie pusę valandos. Jo metu nuotekos cirkuliuojamos, kol pasiekiamas neutralus pH. Tokiu atveju siurblio naudojama elektros energija parai – 0,75 kW.

Antro kėlimo siurbliai, tiekiantys vandenį į vandens minkštinimo įrangą, Grundfos CR 45-3. Siurblio parametrai: našumas – 40 m³/h, slėgis – 6 bar, galia 11 kW. Gali dirbti vienas arba du siurbliai, priklausomai nuo vandens poreikio. Siurbliai dirba su dažnio keitikliais. Esant 40 m³/h vandens poreikiui, vienas siurblys dirba 40 m³/h našumu, palaikomas 4 bar slėgis. Iš 17 paveikslo matyti, sunaudojama galia (P2) yra 9,2 kW. Per parą sunaudojama 220 kW elektros energijos.



17 paveikslas. Antro kėlimo siurblių darbo kreivė

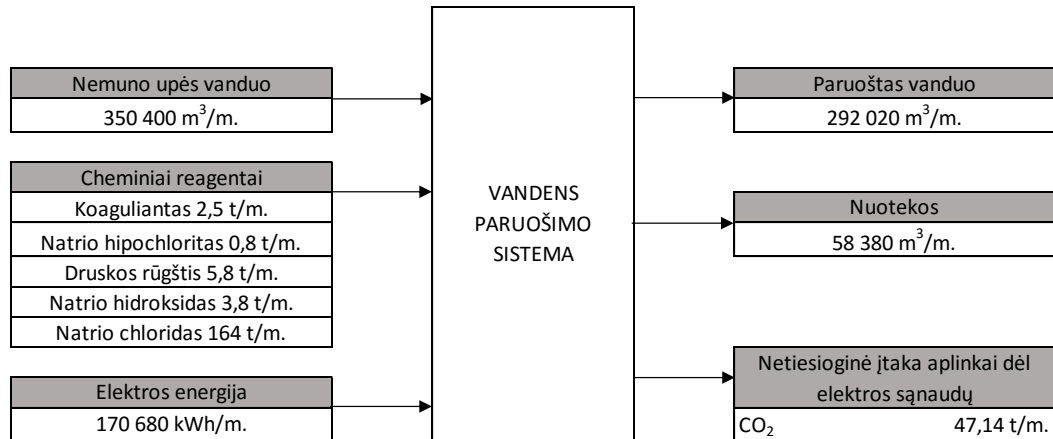
Vandeniui prieš deaeratorių šildyti iki 10°C naudojamas šildytuvas, kurio galia 20 kW. Šildytuvas įmontuotas vandens tiekimo linijoje. Vandeni reikia šildyti, tik šaltuoju metų laiku (gegužę, birželį, liepą, rugpjūtį, rugsėjį, spalį – nenaudojamas 184 dienas per metus).

Per metus vandens paruošimo sistema sunaudoja 170 680 kWh elektros energijos. 83 800 kWh naudoja visi siurbliai, o likusias 86 880 kWh tik šaltuoju metų laiku naudojamas šildytuvas.

3.1.3. Medžiagų ir energijos balanso sudarymas

Duomenys paviršinio vandens paruošimo sistemos medžiagų ir energijos balanso sudarymui:

- Vandens kiekis.
- Elektros kiekis.
- Naudojami cheminiai reagentai.
- Paruošto vandens kiekis.
- Nuotekų kiekis.
- Apskaičiuojamas netiesioginis poveikis aplinkai dėl naudojamos elektros sąnaudų.



18 paveikslas. Paviršinio vandens paruošimo medžiagų ir energijos balansas

18 paveiksle pateiktas šilumos tinklų papildymui naudojamo paviršinio vandens medžiagų ir energijos balansas. Atliekant skaičiavimus remtasi 2015 metų duomenimis.

Paviršinio vandens sąnaudos yra 350 400 m³/m. Elektros energija naudojama siurblių darbui ir vandens sušildymui (170 680 kWh/m.). Vandens ruošimo metu susidaro 58 380 m³/m. nuotekų, nėra įrengta paviršinių vandens valymo įrenginių. Nevalytos nuotekos išleidžiamos į Nemuno upės kairįjį krantą. Leidžiamų išleisti nuotekų užterštumas ir išleidžiamų nuotekų užterštumas pateiktas 4 priede.

Cheminiai reagentai, naudojami vandens paruošimo sistemoje, laikomi didmaišiuose po 1 t (druska), arba plastikinėje taroje po 20 l (polialiuminio hidroksilo chloridas, natrio hipochloritas) ir 200 l (druskos rūgštis, natrio hidroksidas). Cheminių reagentų pakuotės atliekos nesusidaro, kadangi užterštos pakuotės grąžinamos tiekėjui.

Šilumos tinklų papildymui pagaminamo vandens kiekis – 292 020 m³/m.

Remiantis netiesioginio poveikio aplinkai dėl elektros sąnaudų skaičiavimo metodika, apskaičiuotas vandens paruošimo sistemos, skirtos šilumos tinklų papildymui, poveikis aplinkai.

3.2. Paviršinio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir jų sprendimas

Išanalizavus vandens paruošimo sistemoje taikomas technologijas, įvertinus medžiagų ir energijos balansą, įvertintos pagrindinės aplinkosauginės problemos, kurių sprendimui teikiami pasiūlymai (3 lentelė).

3 lentelė. Paviršinio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir siūlomi sprendimai

Nr.	Aplinkosauginė problema	Atsiradimo priežastis	Siūlomas sprendimas
1.	Cheminių reagentų naudojimas	Būtinai esamoms technologijoms	Technologijų keitimas
2.	Dideli nuotekų kiekiai	Įrenginių plovimo vanduo išleidžiamas į gamtinę aplinką	Antrinis vandens panaudojimas
3.	Dideli sunaudojamo vandens kiekiai	Didelis įrangos našumas (292 020 m ³ /m.)	Vandens kiekį sumažinti, pakartotinai naudojant vandenį
4.	Didelės elektros energijos sąnaudos	Naudojamas vandens šildytuvas veikia neefektyviai	Saulės kolektorių sistemos įrengimas
			Termofikaciniu vandeniu šildyti ruošiamą vandenį

Atlikus pradinį vertinimą, įvardintos keturios vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos. Pirmoji aplinkosauginė problema – cheminių reagentų naudojimas. Cheminiai reagentai yra dozuojami, kaip nustatyta, jų naudojimo kiekiai nėra viršijami, tačiau jie yra būtini siekiant užtikrinti tinkamą sistemos darbą. Norint išvengti reagentų naudojimo, būtų galima taikyti naujas technologijas, tačiau šioje vandens paruošimo sistemoje visos taikomos technologijos yra ganėtinai naujos, jas pakeisti kitomis, nebūtų naudinga.

Viena didžiausių problemų, matoma medžiagų ir energijos balanse – dideli nuotekų kiekiai. Nuotekos susidaro įrenginių regeneravimo metu. Iš viso 17 % viso sunaudojamo vandens išleidžiama į gamtinę aplinką. Vienam kubiniam metrui reikiamos kokybės vandeniui paruošti susidaro 0,19 m³ nuotekų, tai palyginti didelis kiekis, lyginant su Senos upės vandens paruošimo sistemos duomenimis, kur susidaro 0,05 m³/m³ nuotekų (Igos 2013). Norint išspręsti šią problemą reikia įvertinti vandens srautus, kuriuos būtų galima panaudoti pakartotinai. Nagrinėjamoje sistemoje, tai galėtų būti UF plovimo vandens (skirtas skendinčioms dalelėms, sulaikytoms UF membranų, nuplauti, kad įrenginys vėl efektyviai sulaikytų smulkesnes skendinčias daleles) ir minkštinimo filtrų greito plovimo vandens (šis vandens srautas regeneracijos procese naudojamas paskutinis, skirtas filtre esančią įkrovą grąžinti į darbinę padėtį tiesioginiu vandens srautu) antrinis panaudojimas. Vanduo negali būti grąžinamas tiesiai į linijos pradžią, kadangi UF plovimo vandens suspenduotųjų dalelių koncentracija yra padidėjusi, to pasekmė – pirmieji sistemoje esantys diskiniai filtrai, gali būti užkimšti. Todėl vandens grąžinimo linijoje reikėtų numatyti skendinčių dalelių šalinimo etapą. Ta pačia linija būtų grąžinamas ir vandens minkštinimo filtrų greito plovimo vanduo. Tokiu būdu vandens paruošimo sistemoje būtų mažinami išleidžiamų į aplinką nuotekų kiekiai.

Nuotekų grąžinimas išspręstų didelio naudojamo vandens kiekio problemą, kadangi tai sąlygoja didelį gamtinio vandens sunaudojimą. Vienam kubiniam metrui reikiamos kokybės vandeniui paruošti sunaudojama 1,19 m³ paviršinio vandens, tai palyginti didelis kiekis, lyginant su Senos upės vandens paruošimo duomenimis, kur sunaudojama 1,05 m³/m³ upės vandens (Igos 2013). Katilinės poreikiams reikia 292 020 m³/m. vandens, todėl tiesiog mažinti įrangos našumą, nebūtų efektyvu. Būtų grąžinama dalis vandens, todėl reikėtų mažiau vandens iš gamtinės aplinkos, sumažėtų įvadinio vandens kiekis.

Dar viena problema, nustatyta vandens paruošimo sistemoje – didelės elektros energijos sąnaudos siekiančios 170 680 kWh per metus. Vienam kubiniam metrui reikiamos kokybės vandeniui paruošti sunaudojama

0,58 kWh elektros energijos, tai palyginti didelis kiekis, lyginant su Senos upės vandens paruošimo sistemos duomenimis, kur sunaudojamas 0,45 kWh/m³ elektros energijos (Igos 2013). Neefektyviai elektros energiją naudoja vandens šildytuvai. Kadangi vandenį reikia pašildyti iki 10 °C, o sunaudojama 51 % visos, vandens paruošimo sistemos sunaudojamos, elektros energijos per metus. Yra du galimi sprendimai, vandens pašildymui naudoti termofikacinį (iš šilumos tinklų grįžtantį šiltą vandenį). Kitas siūlymas, šios problemos sprendime pasitelkti AEI, šiuo atveju – saulės kolektorius, kurie pašildytą vandenį iki reikiamos temperatūros. Taip būtų sumažinamas netiesioginis poveikis aplinkai, kadangi vandens paruošimo sistema nenaudotų elektros energijos vandens šildymui, o tiesiogiai pasišildytą vandenį naudojant saulės energiją.

3.2.1. Saulės kolektorių sistemos įrengimas

Vandens paruošimo sistemoje naudojamas Nemuno vanduo 6 mėnesius metuose yra per šaltas efektyviam deguonies šalinimui iš vandens. Pasirinktas sprendimas – vandens šildymui naudoti saulės energiją.

Remiantis duomenimis, vidutinė Nemuno upės vandens temperatūra – 8°C. Remiantis praktika efektyviam deguonies šalinimui reikia apie 10°C temperatūros vandens. Saulės kolektoriais sušildyto vandens temperatūra siekia 60°C.

Vandens paruošimo sistemos stogo plotas – 250 m², plotas išnaudojamas saulės kolektoriams įrengti.

Pasirenkamas plokščiasis saulės kolektorius FKA 270 H (Solarthermie 2016). Kolektoriaus paviršiaus plotas – 2,85 m². Apskaičiuojama, jog prireiks 87 saulės kolektorių.

Remiantis formule (2.4) ir 5 priede pateiktais duomenimis (daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija tenkanti kWh/m², tenkanti horizontaliam paviršiumi) apskaičiuojama kiekvieną mėnesį saulės energijos pagaminama šiluma. Šilumos gamyba skaičiuojama sausio, vasario kovo, spalio, lapkričio ir gruodžio mėnesiais.

Tuo tarpu, deaeracijos procesui reikalingas 10°C temperatūros vanduo, saulės kolektoriais gali būti sušildomas iki 60°C. Tokios temperatūros vanduo yra per karštas ir nereikalingas procesui. Todėl karšto vandens srautas bus skiedžiamas su šalto vandens srautu, tuo pačiu, reikės sušildyti mažesnę vandens srautą. Sušildyti reikia 33 m³/h (792 m³/d.) kiekį vandens. Naudojantis skaičiuokle (Mixing 2016), gaunamas santykis norint, kad tiekiamo vandens temperatūra būtų 10°C, sušildyti iki 60°C reikia 5,5 m³ vandens per parą.

Energijos poreikis sušildyti 5,5 m³ vandens iki 60°C apskaičiuojamas remiantis (2.5) formule:

$$Q = 4200 \cdot 5500 \cdot (60 - 8) = 1201,2 \text{ MJ}$$

Apskaičiuotas saulės energijos poreikis – 1201,2 MJ, tai atitinka 333 kWh (koeficientas 3,6) per parą. Saulės kolektoriais pagaminami ir reikiami šilumos kiekiai per mėnesį, pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Šiluminė energija pagaminama saulės kolektorių sistema

Eil. nr.	Metų mėnesis	Šiluminė energija pagaminama saulės kolektoriais, kWh	Reikiamas šiluminės energijos kiekis, kWh
1.	Sausis	3 200	10 323
2.	Vasaris	7 000	9 324
3.	Kovas	14 400	10 323
4.	Spalis	10 400	10 323
5.	Lapkritis	3 200	9 990
6.	Gruodis	4 200	10 323
	Iš viso:	42 400	60 606

Iš duomenų, pateiktų 4 lentelėje, matyti, kad vietovėje, kurioje įrengta vandens paruošimo sistema, saulės kolektorių pagalba būtų pagaminama 42 400 kWh energijos per metus reikiamas šiluminės energijos kiekis vandeniui sušildyti 60 606 kWh per metus. Saulės kolektoriais būtų pagaminama 70 % reikalingo šilumos kiekio. Matyti, kad ne visus mėnesius reikiama šilumos energija pagaminama (kovą ir spalį pagaminamos šiluminės energijos perteklius, likusius mėnesius – trūkumas), priimamas sprendimas, šiluminės energijos trūkumą papildyti sistemoje jau esančiu šildytuvu. Būtų sunaudojama 18 206 kWh per metus elektros energijos.

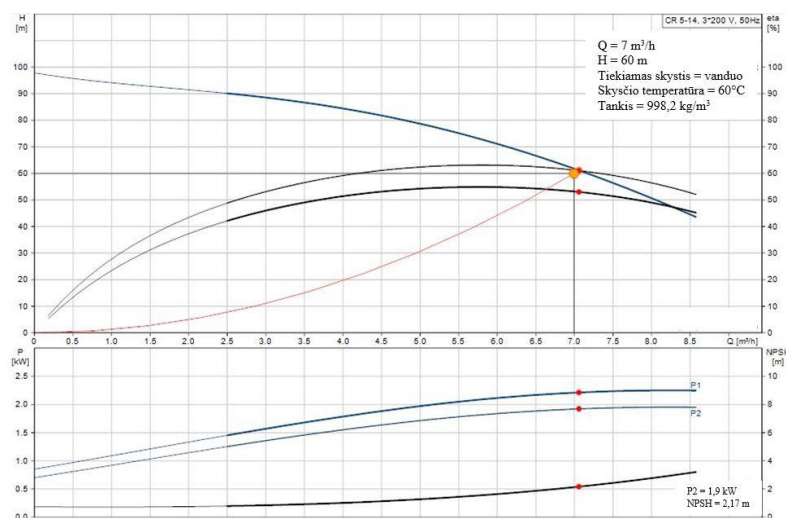
Įrengus saulės kolektorių sistemą pasikeičia sistemos vandens srautai: po UF proceso dalis vandens nukreipiama į saulės kolektorių, vanduo sušildomas ir kaupiamas akumuliacinėje talpoje. Kitas vandens srautas nukreipiamas į kitą, sistemoje esančią 6 m³ talpą. Technologinė schema pateikta 3 priede.

Iš duomenų, pateiktų 4 lentelėje matoma, kad pagaminamos šilumos kiekis nėra vienodas visus metus, įšildytam vandeniui laikyti apskaičiuojama akumuliacinė talpa ((2.6) formulė):

$$V_{talp} = \frac{250 \cdot 2,1 \cdot 859}{70} = 6443 \text{ ltr}$$

Priimama, kad 6443 litrų akumuliacinės talpos poreikį, atitinka, sistemoje jau esanti viena iš 6 m³ talpų (talpa apšildoma ir pritaikoma kaupti karštą vandenį). Akumuliacinė talpa sulaiko šilumos perteklių, ir jį atiduoda, esant šilumos poreikiui. Sistemoje esamos dvi talpos nebuvo efektyviai naudojamos, įdiegus saulės kolektorių sistemą, išnaudojamas abiejų sistemoje esančių talpų tūris.

Karštam vandeniui cirkuliuoti saulės kolektorių sistemoje ir tiekti iš talpos reikalingas siurblys. Tiekimui pasirenkamas Grundfos CR 5-14 siurblys, kurio našumas 7 m³/h. Darbo kreivė pateikta 19 paveiksle. Siurblio parametrai: našumas – 7 m³/h, slėgis – 6 bar, galia 2,2 kW. Iš darbo kreivės matyti, kad siurblio darbo taške naudojama galia (P2) yra 1,9 kW. Per parą siurblys sunaudos 45,6 kW elektros energijos. Kadangi vandenį šildyti reikėtų ne visus metus, o šešis mėnesius, sunaudojama elektros energija per metus – 8 253,6 kWh.



19 paveikslas. Karšto vandens tiekimo siurblio darbo kreivė

3.2.2. Vamzdinių skaičiavimas vandens šildymo linijoje

Vandens tiekimui į kolektorius ir iš jų į akumuliacinę talpą reikalingas vamzdynas. Parenkamas vamzdžio diametras, kad vandens greitis vamzdyje neviršytų 2,5 m/s, kitu atveju atsiranda dideli slėgio nuostoliai.

Pasirenkamo vamzdžio nominalus diametras DN32, vandens greitis 1,7 m/s. Sumontuota įranga vandens paruošimo įrangoje iš PVC-U (polivinilchlorido) medžiagos. Skysčiams virš 40°C temperatūros, nerekomenduojama naudoti PVC-U, kadangi vamzdžiai gali išsikraipyti. Parenkamas PP-H (polipropileno) vamzdynas. Vamzdžio išorinis diametras 40 mm, sienelės storis 3,7 mm, vidinis skersmuo 32,6 mm. Slėgio klasė iki 10 bar. Priimamas reikiamas vamzdyno ilgis – 120 metrų.

Įvertinama, jog žiemos metu galimi šilumos nuostoliai vamzdyne, taip pat, esant dideliems šalčiams vamzdynas gali užšalti, to išvengti, vamzdynai turi būti gerai izoliuoti. Pasirenkamas sprendimas – vamzdyno apšiltinimas.

3.2.3. Aplinkosauginio ir ekonominio efektyvumo vertinimas

Įdiegus saulės kolektorių sistemą vandens šildymui iki 10 °C, šildytuvo sunaudojamos elektros energijos sąnaudos ženkliai sumažėja, sutaupoma 60 421 kWh elektros energijos per metus. Šildytuvo sunaudojamos elektros energijos sąnaudos pakistų iki 18 206 kWh per metus. Papildomos elektros energijos sąnaudos vandens cirkuliacijai ir tiekimui – 8253,6 kWh per metus. Taigi iš elektros tinklų perkamos elektros energijos kiekis sumažėtų – 78 626,4 kWh.

5 lentelė. Aplinkosauginis ir ekonominis saulės kolektorių įdiegimo efektyvumo įvertinimas

	Iki pasiūlymo diegimo			AAI _{iki}	Po pasiūlymo įdiegimo		AAI _{po}	Sutaupoma (sumažėja)	
	kWh/m.	Eur/vnt.	Eur/m.	kWh/ m ³	kWh/m.	Eur/m.	kWh/ m ³	kWh/m.	Eur/m.
Proceso įėjimo srautai ir jų kaštai									
Elektros energijos sąnaudos, kWh.	170680	0,127	21 676	0,58	110259	14 002	0,37	60421	7 674
Netiesioginė įtaka aplinkai									
Netiesioginė įtaka aplinkai dėl elektros sąnaudų, t/m.	CO ₂ – 47,14		–	–	CO ₂ – 30,45		–	CO ₂ – 16,69	
Suma, Eur:			21 676			14 002			7 674

Iš duomenų, pateiktų 5 lentelėje, matyti, jog saulės kolektorių sistemos pasiūlymo diegimas sumažino elektros energijos išlaidas sistemoje nuo 170 680 kWh iki 110 259 kWh per metus.

Prieš įdiegiant pasiūlymą į aplinkos orą dėl elektros sąnaudų išleidžiamas CO₂ emisijų kiekis – 47,14 t/m.

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad į aplinkos orą dėl elektros sąnaudų išleidžiamas CO₂ emisijų kiekis sumažėtų – 16,69 t/m. t.y. – 35,4 % mažiau negu buvo, prieš įdiegiant šią vandens šildymo sistemą.

Per metus būtų sumažinamos ne tik išlajos į aplinkos orą, bet ir 7 674 eurai per metus sumažėtų elektros energijos išlaidos.

Įvertinami aplinkos apsaugos veiksmingumą nustatantys AAI, kiek sunaudojama elektros energijos 1 m³ vandens paruošti, naudojantis (2.1) ir (2.2) formulėmis:

$$AAI_{\text{prieš}} = \frac{170680}{292020} = 0,58 \text{ kWh/m}^3$$

$$AAI_{\text{po}} = \frac{110259}{292020} = 0,37 \text{ kWh/m}^3$$

Prieš pasiūlymo diegimą AAI – 0,58 kWh/m³, po pasiūlymo diegimo AAI – 0,37 kWh/m³. AAI sumažėtų 0,21 kWh/m³.

3.2.4. Reikiamų investicijų įvertinimas

Norint įvertinti saulės kolektorių sistemos įdiegimo naudą, būtina atsižvelgti ne tik į lėšų sutaupymą ir išlankų į orą sumažinimą, bet ir reikiamas investicijas, sistemos įdiegimui ir eksploatavimui. Pasiūlymo įdiegimo investicijos pateiktos 6 lentelėje.

6 lentelė. Saulės kolektorių sistemai skirtų investicijų planavimas

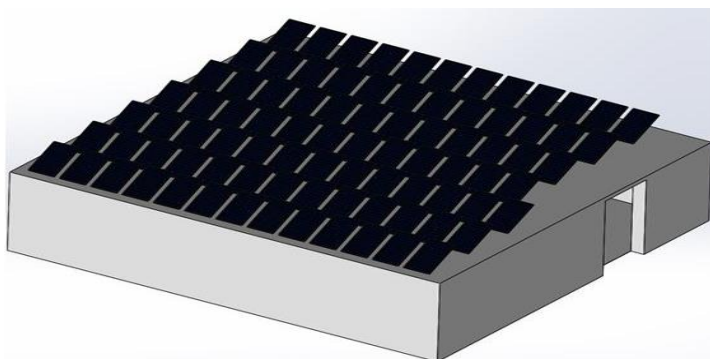
Eil. Nr.	Reikiama įranga ir darbai	Kiekis, vnt	Kaina su PVM, Eur	Suma su PVM, Eur
1.	Saulės kolektorius FKA 270 H	87	427,79	37 217,73
2.	Siurblys Grundfos CR 5-14	1	648,53	648,53
3.	Vamzdis PP-H SDR11, m	120	4,11	493,2
4.	Išardoma jungtis PP-R 40x3,7 SDR11 ISO S-5	15	30,0	450
5.	Alkūnė PP-R 40x3,7 SDR11 ISO S-5	18	4,19	75,42
6.	Trišakis PP-R 40x3,7 SDR11 ISO S-5	5	4,35	21,75
7.	Membraninė sklendė 342.14	2	138,04	276,08
8.	Rutulinė 335.13	1	95,75	95,75
9.	Atbulinis vožtuvas 336.13	2	103,93	207,86
10.	Talpos, vamzdyno apšiltinimas	1	1150	1150
12.	Montavimo darbai			2 000
	Iš viso:			42 636,32

Įvertinus visas galimas išlaidas, saulės kolektorių sistemos įdiegimo kaina – 42 636,32 eurai. Siekiant įvertinti pateikto pasiūlymo aplinkosauginę naudą, skaičiuojama atsipirkimo trukmė:

$$AL = \frac{42636,32}{7674} = 5 \text{ metai ir 6 mėnesiai}$$

Įdiegus saulės kolektorių sistemą, vandens paruošimo įrangos vandens šildymui, sistema atsipirktų per 5 metus ir 6 mėnesius.

20 paveiksle pateikta, kaip saulės kolektorių sistema bus išdėstyta ant stogo.

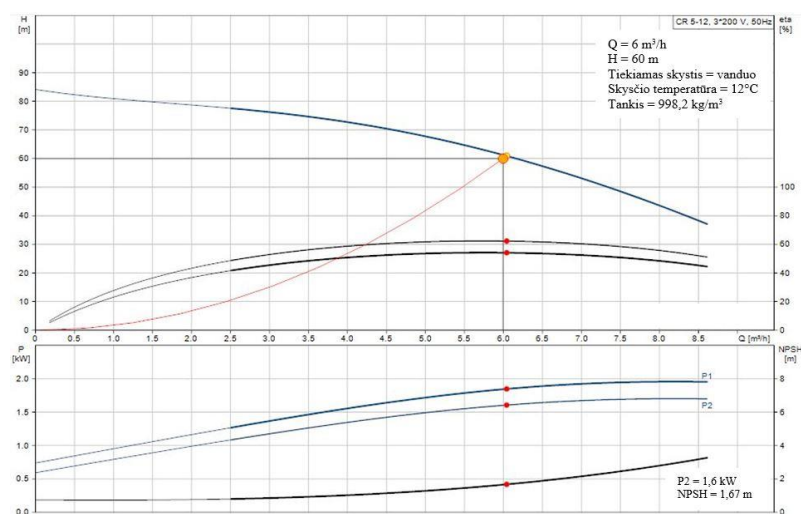


20 paveikslas. Saulės kolektorių sistemos išdėstymas ant stogo

3.2.5. Recirkuliacijos linijos įrengimas

UF regeneracijai sunaudojama 44 800 m³/m. vandens. Iš jų regeneracijai vandeniui – 42 000 m³/m. Regeneracija vandeniui skirta atbuliniu srautu išplauti susikaupusias skendinčias daleles. Panaudotas vanduo, atitinka nustatytas normas (duomenys pateikti 3 priede), todėl gali būti išleidžiamas į gamtinę aplinką. Įrangos regeneracijų vanduo gali būti panaudojamas antrą kartą. Vanduo negali būti grąžinamas tiesiai į liniją, kadangi jame yra padidėjusi skendinčių dalelių koncentracija. Skendinčių dalelių koncentracija vandenyje apie 4 kartus (16 mg/l) didesnė, negu iš upės tiekiamame vandenyje. Norint grąžinti vandenį į liniją, reikia pritaikyti technologiją, kurioje būtų sumažinama skendinčių dalelių koncentracija. Kartu su UF plovimo vandeniui galima grąžinti vandens minkštinimo filtrų greito plovimo vandenį, jo kiekis – 6 300 m³/m.

Bendras planuojamo grąžinti vandens srautas – 48 300 m³/m. Valandinis grąžinamo vandens srautas – 5,5 m³/h. Įrengiama talpa, ji būtina norint suvienodinti vandens srautą, kadangi regeneracijos vykdomos ne visą laiką, o tam tikrais laiko tarpais, taip pat vandens grąžinimui į sistemos pradžią reikės slėgio, didesnio negu įvadinis. Talpoje būtų kaupiamas dviejų valandų vandens srautas. Apskaičiuojamas talpos tūris 10 m³. Vandeniui tiekti iš talpos parenkamas siurblys, kurio srautas – 6 m³/h, slėgis – 6 barai. Siurblio sukuriamas slėgis turi viršyti įvadinį slėgį, kad būtų įmanoma grąžinti vandenį į ruošiamo vandens liniją. Naudojantis programa, pasirenkamas siurblys CR 5-12, jo galia – 2,2 kW. Darbo taške siurblio našumas 1,6 kW. Per metus sunaudojama elektros energija – 14 016 kWh.



21 paveikslas. Nuotekų siurblio darbo kreivė

Pasirenkama technologija – smėlinė filtracija. Ji taptų pirma, plovimo metu panaudoto, vandens apdoravimo stadija. Pritaikius ją, vandenyje sumažinama skendinčių dalelių koncentracija, tuomet vanduo tiekiamas į vandens ruošimo linijos pradžią. Šios technologijos pasirinkimą sąlygojo tai, kad technologija nesudėtinga, jos įrengimo kaina nėra didelė.

Norint apdoroti maždaug 5,5 m³/h vandens srautą, parenkamas filtras, kurio skersmuo – 30 colių (762 mm) Gamintojas – Wave cyber. Filtravimo plotas apskaičiuojamas, remiantis (2.11) formule:

$$S = 3,14 \cdot (0,381)^2 = 0,46 \text{ m}^2$$

Apskaičiuotas filtravimo plotas – 0,46 m². Vandens filtravimo greitis gali būti 10–15 m/h ribose, pasirenkamas maksimalus greitis – 15 m/h. Apskaičiuojamas filtracijos srautas, remiantis (2.12) formule:

$$Q = 0,46 \cdot 15 = 6,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Apskaičiuotas filtracijos srautas – 6,9 m³/h. Pasirenkami du filtrai, kad vieną regeneruojant, kitas darbo režime galėtų filtruoti 6 m³/h vandens srautą.

Filtrai užpildomi smėline įkrova. Įkrova pasirenkama dviejų frakcijų 3 – 5 mm ir 0,8 – 1,25 mm. Stambesnioji frakcija užpildoma kupolinė filtro apačia (remiantis gamintojų nurodymais), šios dalies tūris – 72 litrai. Norint sužinoti, kiek kilogramų įkrovos reikės, dauginama iš koeficiento 1,55. Stambiaja frakcija užpildyti kupolinę filtro apačią prireiks 112 kg (72·1,55=112 kg) įkrovos. Smulkiosios frakcijos tūris apskaičiuojamas, remiantis formule (2.13):

$$V = 0,46 \cdot 1 = 0,46 \text{ m}^3$$

Filtro užpildymui prireiks 713 kg (460·1,55=713 kg) įkrovos 0,8 – 1,25 mm frakcijos.

Smėlinių filtrų įkrova regeneruojama, kas tris paras. Vienai regeneracijai sunaudojama 3 m³. Iš viso per metus susidarytų 730 m³ nuotekų.

3.2.6. Naudojamų cheminių reagentų kiekio sumažėjimas

Į šilumos tinklų papildymui skirto vandens paruošimo liniją grąžinama 48 300 m³/m. Įvertinamas sunaudojamo cheminių reagentų kiekio, kuris dozuojamas į vandens paruošimo sistemą prieš UF įrenginį, pokytis. Kadangi grąžinamas vanduo, jau buvo chemiškai apdorotas. Prieš pasiūlymą chemiškai apdorojamas vandens kiekis – 350 400 m³/m., po pasiūlymo – 302 100 m³/m. Iš upės tiekiamo vandens kiekis sumažėjo 14 %, tokia pat proporcija apskaičiuojamas cheminių reagentų sunaudojimas koagulianto (polialiuminio hidroksilo chloridas (Al(OH)Cl)) – 2,15 t/m. (prieš recirkuliacijos įrengimą – 2,5 t/m.) ir natrio hipochlorito (NaOCl) – 0,52 t/m. (prieš recirkuliacijos įrengimą – 0,6 t/m.).

Regeneracijų metu naudojamų cheminių reagentų kiekiai nesikeičia, vandens grąžinimas šiems srautams tiesioginės įtakos nekelia.

3.2.7. Vamzdynų skaičiavimas vandens grąžinimo linijoje

Grąžinamo vandens tiekimui į talpą ir iš jos į filtrus reikalingas vamzdynas. Parenkamas vamzdžio diametras, kad vandens greitis vamzdyje neviršytų 2,5 m/s, kitu atveju atsiranda dideli slėgio nuostoliai. Pasirenkamo vamzdžio nominalus diametras DN32, vandens greitis 1,7 m/s. Pasirenkamas PVC-U vamzdynas. Vamzdžio išorinis diametras 40 mm, sienelės storis 3,7 mm, vidinis skersmuo 32,6 mm. Slėgio klasė iki 10 bar.

Reikiamas vamzdyno ilgis – 20 metrų.

3.2.8. Vandens gražinimo aplinkosauginis vertinimas

Žemiau pateiktoje 7 lentelėje įvertinamas įrangos plovimui naudojamo vandens gražinimo į vandens paruošimo sistemą aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas.

7 lentelė. Aplinkosauginis ir ekonominis vandens gražinimo linijos įdiegimo efektyvumo įvertinimas

	Iki pasiūlymo diegimo			AAI _{iki}	Po pasiūlymo įdiegimo		AAI _{po}	Sutaupoma (sumažėja/padidėja)	
	Vnt/m.	Eur/vnt.	Eur/m.	Vnt/m ³	Vnt/m.	Eur/m.	Vnt/m ³	Vnt/m.	Eur/m.
Proceso įėjimo srautai ir jų kaštai									
Elektros energijos sąnaudos, kWh/m.	170680	0,127	21676	0,58	184696	23457	0,63	-14016	-1780
(Al(OH)Cl suvartojimas, t/m.	2,5	1200	3000	$8,6 \cdot 10^{-6}$	2,15	2 580	$7,4 \cdot 10^{-6}$	0,35	420
NaOCl suvartojimas, t/m.	0,6	1 100	660	$2 \cdot 10^{-6}$	0,52	572	$1,7 \cdot 10^{-6}$	0,08	88
Proceso išėjimo srautai ir jų kaštai									
Nuotekų, išleidžiamų į gamtinę aplinką kiekis, m ³ /m.	58380	0,1	5838	0,19	17380	1738	0,06	41000	4100
Netiesioginė įtaka aplinkai dėl elektros sąnaudų									
Netiesioginė įtaka aplinkai dėl elektros sąnaudų, t/m.	CO ₂ – 47,14		–	–	CO ₂ – 51,01		–	–	CO ₂ – 3,87
Suma, Eur:			31 174			28 347			2 827

Vandens paruošimo linijoje įdiegus gražinamo, plovimo metu naudoto, vandens pasiūlymą, sistemos nuotekų kiekiai sumažėtų nuo 58 380 m³ per metus iki 17 380 m³. Tokiu būdu vandens kiekio poreikis būtų sumažintas 70,2 %. Iš viso per metus antriniam panaudojimui būtų gražinama 48 300 m³ srautas, taip pat įvertinamas naujos įrangos regeneravimui reikalingas vandens kiekis (7 300 m³/m.).

Vandens tiekimui iš talpos naudojamas siurblys, dėl to sunaudojamos elektros sąnaudos padidėja 14 016 kWh/m. arba 8,2 %, tai sąlygoja padidėjusią netiesioginę įtaką dėl elektros sąnaudų.

Nuotekų išleidimo į gamtinę aplinką kaštai sudaro 10 ct/m³. Įdiegus antrinį vandens panaudojimą būtų sutaupoma 70,2 % (4 100 Eur/m³) kaštų už nuotekų išleidimą, tuo pačiu sunaudojama 14 % (48 300 m³/m.) mažiau Nemuno upės vandens.

Sumažėja dozuojamų cheminių reagentų (Al(OH)Cl ir NaOCl) kiekiai (taip pat 14 %), bei jiems skiriami kaštai (sutaupoma – 508 Eur/m.).

AAI dėl sunaudojamų elektros sąnaudų padidėja iki 0,63 kWh/m³. Kiti AAI sumažėja, dėl nuotekų išleidžiamų į gamtinę aplinką 0,06 m³/m³, Al(OH)Cl suvartojimo – $7,4 \cdot 10^{-6}$, NaOCl suvartojimo – $1,7 \cdot 10^{-6}$ (apskaičiuota, remiantis (2.1) ir (2.2) formulėmis).

3.2.9. Reikiamų investicijų įvertinimas

Norint apskaičiuoti vandens grąžinimo linijos įrengimo naudą, vandens, skirto šilumos tinklų papildymui linijoje, įvertinamos investicijos, kurios reikalingos pasiūlymo įdiegimui. Pasiūlymo įdiegimo investicijos pateiktos 8 lentelėje.

8 lentelė. Vandens grąžinimo linijai skirtų investicijų planavimas

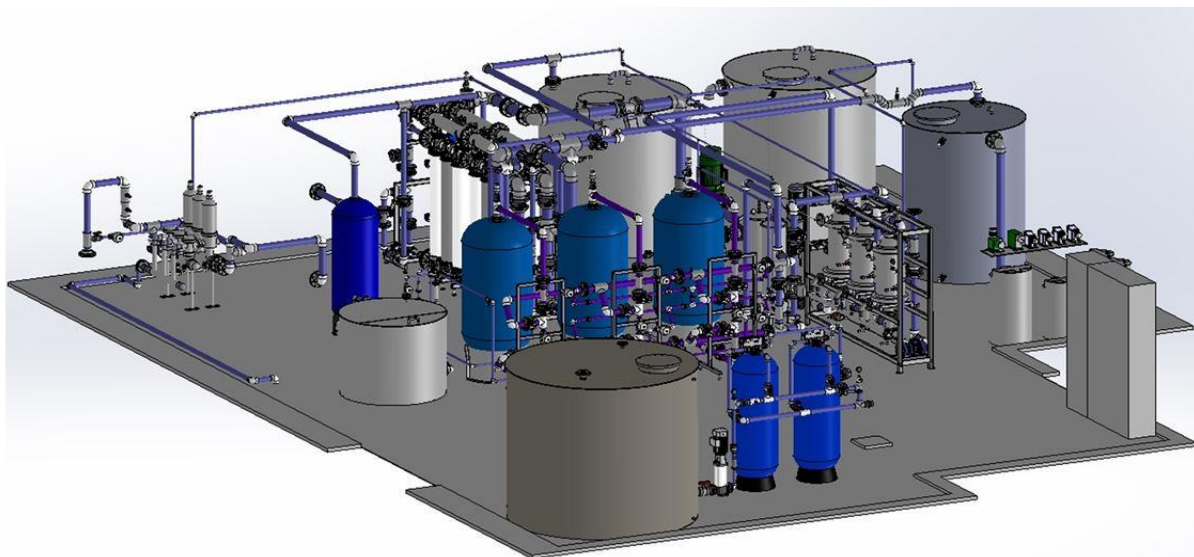
Eil. Nr.	Reikiama įranga ir darbai	Kiekis, vnt	Kaina su PVM, Eur	Suma su PVM, Eur
1.	Filtro korpusas (Wave cyber, 30“ ⁴ , single opening)	2	902,5	1 805
2.	Daugiafunkcinis vožtuvas Fleck 2850	2	723	1 446
3.	Talpa 10 m ³ iš polipropileno	1	3885	3 885
4.	Įkrova: smėlis, frakcija 0,8–1,25 mm	1426	0,2	285,2
5.	Įkrova: žvyras, frakcija 3–5 mm	224	0,185	41,44
6.	Siurblys Grundfos CR 5-12	1	690,92	690,92
7.	Vamzdis PVC-U, PN10, 32x1,6, m	20	1,2	24
8.	Alkūnė DN32, PVC-U, PN16, GIV 040	10	1,5	15
9.	Trišakis DN32, PVC-U, PN16, TIV 040	4	1,9	7,6
10.	Rutulinė sklendė DN32, PVC-U, PN16, VEIV 040	6	15,16	90,96
11.	Atbulinis vožtuvas DN32, PVC-U, PN16, SRIV 040	1	43,54	43,54
	Suma:			8 334,66

Įvertinus visas galimas išlaidas, vandens grąžinimo linijos įrengimo kaina – 8 334,66 Eur, tuo tarpu sutaupoma 2827 Eur per metus. Siekiant įvertinti pateikto pasiūlymo aplinkosauginę naudą, skaičiuojama atsipirkimo trukmė pagal (2.3) formulę:

$$AL = \frac{8334,66}{2827} = 2 \text{ metai } 11 \text{ mėnesių}$$

Antrinio vandens panaudojimo pasiūlymas atsipirktų per 2 metus ir 11 mėnesių.

22 paveiksle pateikta, vandens paruošimo sistemos išdėstymo schema kartu su nuotekų grąžinimui skirta įranga.



22 paveikslas. Nuotekų gražinimo įranga sistemoje

3.3. Antrasis objektas, vandentiekio vandens paruošimo sistema

UAB „Utenos šilumos tinklai“ katilinėje, tiekimui į garo katilą naudojamas vandentiekio vanduo. Vandens paruošimo sistema įrengta 2013 metais. Vanduo ruošiamas 300 dienų per metus, metinis įrangos našumas yra 104 000 m³. Į paruošimo sistemą tiekiamo vandens parametrai pateikiami 9 lentelėje.

9 lentelė. Vandentiekio vandens parametrai

Nr.	Vandens rodiklis	Matavimo vienetas	Reikšmė
1.	Bendras kietumas	mg-ekv/l	5,9
2.	Šarmingumas	mg-ekv/l	5,9
3.	pH		7,4
4.	Laidumas	μS/cm	550
5.	Nitratai	mg/l	0,007
6.	Nitritai	mg/l	2,06
7.	Chloridai	mg/l	4,9
8.	Sulfatai	mg/l	9,5
9.	Silikatai	mg/l	16,1

Vandens paruošimo sistema įrengiama norint pasiekti šiuos pagrindinius vandens parametrus (visi parametrai pateikiami 2 priede):

- kietumas 0,2 μg-ekv/l;
- savitasis elektros laidumas <0,5 μS/cm.

Atsižvelgiant į įvadinio vandens parametrus ir reikiamus pasiekti vandens parametrus, katilinėje įrengta vandens paruošimo sistema. Sistemą sudarančios technologijos:

- Vandens minkštinimas (vandens kietumui (Ca²⁺ ir Mg²⁺) sumažinti).
- Atvirkštinė osmozė (vandens laidumui sumažinti iki 2 – 8 μS/cm).
- EDI (vandens laidumui sumažinti iki <0,2 μS/cm).

- Dezinfekavimas ultravioletiniais spinduliais (galimai atsiradusių mikroorganizmų šalinimui).

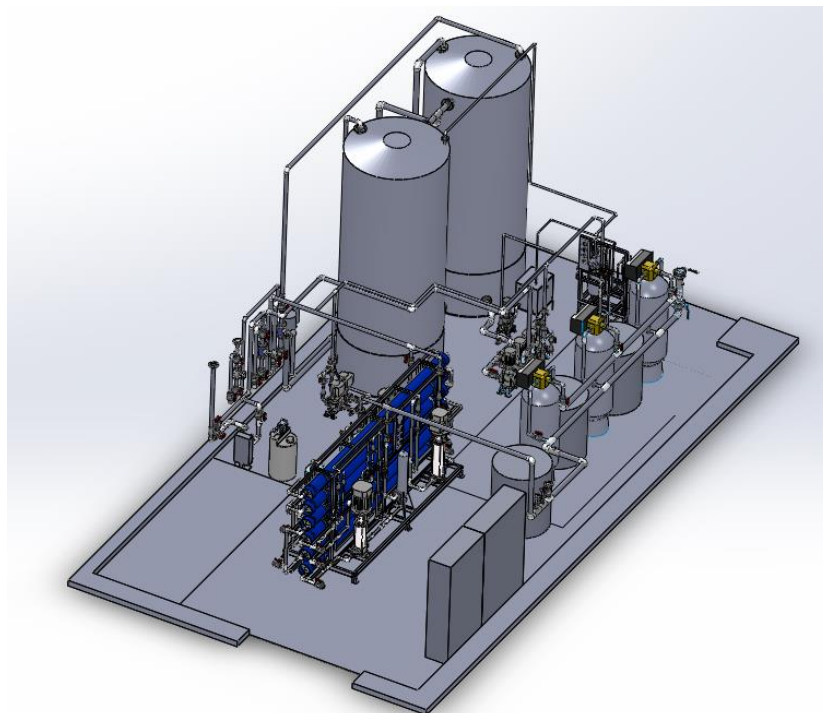
Taip pat vykdomas cheminių reagentų dozavimas:

- Natrio šarmas dozuojamas prieš antrąjį atvirkštinės osmozės laipsnį, siekiant padidinti vandens pH.

Vandens minkštinimo įrangos regeneravimui naudojamas natrio chloridas (10 %). Įrangos regeneravimas vykdomas kaip ir paviršinio vandens paruošimo sistemoje (atbulinis plovimas, filtro užpildymas tirpalu, lėtas plovimas, greitas plovimas). Iš viso regeneracijai sunaudojama 1660 m³/m. vandens ir 16,6 tonų natrio chlorido.

Sistemos technologinė schema pateikta 3 priede.

Vandens paruošimo sistema įrengta 72,1 m². Ilgis 11,6 m., plotis 6,22 m. Patalpos aukštis 4 m. Stogo plotas 80 m². 23 paveiksle pateiktas vandentiekio vandens paruošimo sistemos išdėstymas patalpoje.



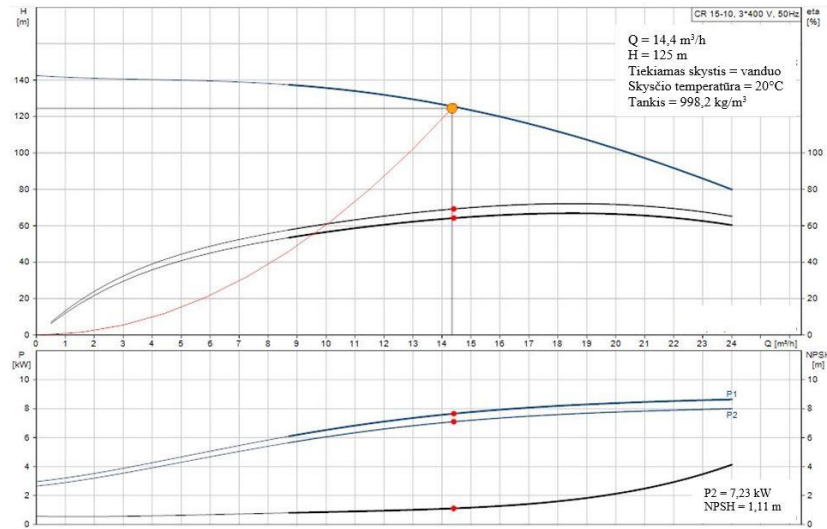
23 paveikslas. Vandentiekio vandens paruošimo sistema

Sistemos pradžioje vanduo tiekiamas į tris vandens minkštinimo filtrus, vieno filtro našumas apie 6,7 m³/h. Bendras našumas 20 m³/h. Vandens minkštinimo filtrai skirti pakeisti vandenyje ištirpusius Ca²⁺ ir Mg²⁺ jonus į Na²⁺ jonus. Išsieikvojus filtruose esančios įkrovos galiai ji regeneruoja 10 % natrio chlorido tirpalu, kuris ruošiamas trijose talpose, kurių kiekvienos tūris 600 litrų. Kitas vandens ruošimo etapas – du dviejų laipsnių atvirkštinės osmozės įrenginiai. Šiame etape sumažinamas vandens druskingumas (iki 2 – 8 μS/cm). Sumažinto druskingumo vanduo kaupiamas 10 m³ talpoje. Siurbline vanduo tiekiamas į EDI įrenginį, kuriame vandens laidumas sumažinamas iki <0,2 μS/cm. Prieš EDI įrenginį vanduo dezinfekuojamas UV spinduliais, nuo galimai atsiradusių mikroorganizmų ir bakterijų, kaupiant vandenį talpoje. Sumažinto druskingumo vanduo kaupiamas kitoje 10 m³ tūrio talpoje. Paruoštas vanduo tiekiamas į garo katilą.

3.3.1. Elektros skaičiavimai

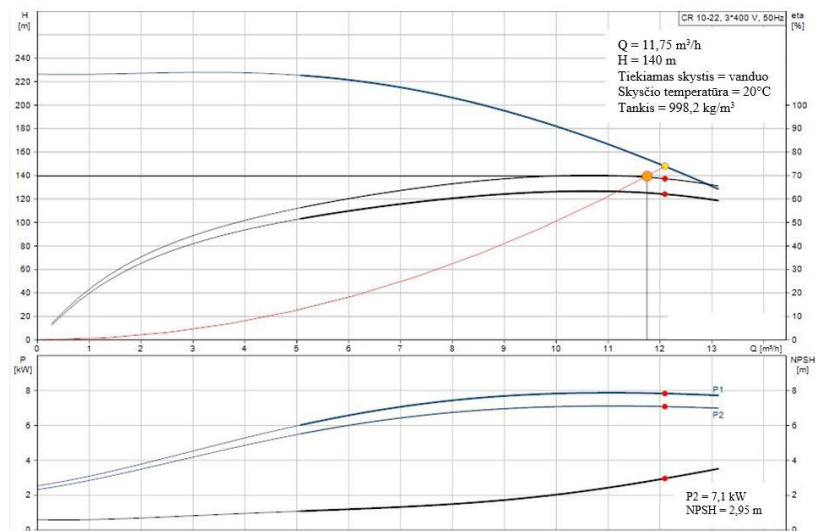
Norint sužinoti, kokios yra elektros sąnaudos vandentiekio vandens paruošimo sistemoje, skirtoje garo katilo maitinimui, atliekami skaičiavimai, remiantis „WINCAPS by Grundfos“ programa.

AO pirmos pakopoje naudojamas siurblys CR 15–10. Siurblio parametrai: našumas – 17 m³/h, slėgis – 14,1 bar, galia – 11 kW. Įvertinama, kad siurblys sistemoje naudojamas ne pilnu pajėgumu. Tiekiamo vandens našumas yra 14,4 m³/h, sistemos slėgis – 11,5 bar. 24 paveiksle pateikta AO pirmos pakopos siurblio darbo kreivė, P2 taške naudojama siurblio galia 7,23 kW. Priklausomai nuo reikiamo vandens kiekio, gali dirbti abi AO linijos arba viena. Parą dirba dvi linijos, sunaudojama 347 kW.



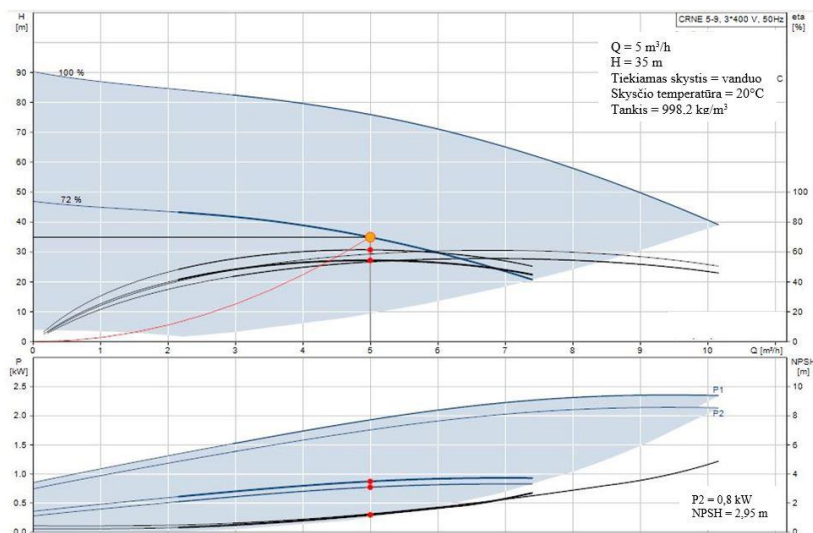
24 paveikslas. AO pirmos pakopos siurblio darbo kreivė

AO antros pakopos siurblys CR 10–22. Siurblio parametrai: našumas – 13 m³/h, slėgis – 22 bar, galia – 7,5 kW. Sistemoje siurblys naudojamas ne visu pajėgumu. Tiekiamo vandens našumas yra 11,75 m³/h, sistemos slėgis – 14 bar. 25 paveiksle pateikta AO antros pakopos siurblio darbo kreivė, P2 taške naudojama siurblio galia 7,1 kW. Taip pat, kaip ir pirmoje pakopoje gali dirbti dvi linijos arba viena. Dirba dvi linijos, per parą sunaudojama 342 kW energijos.



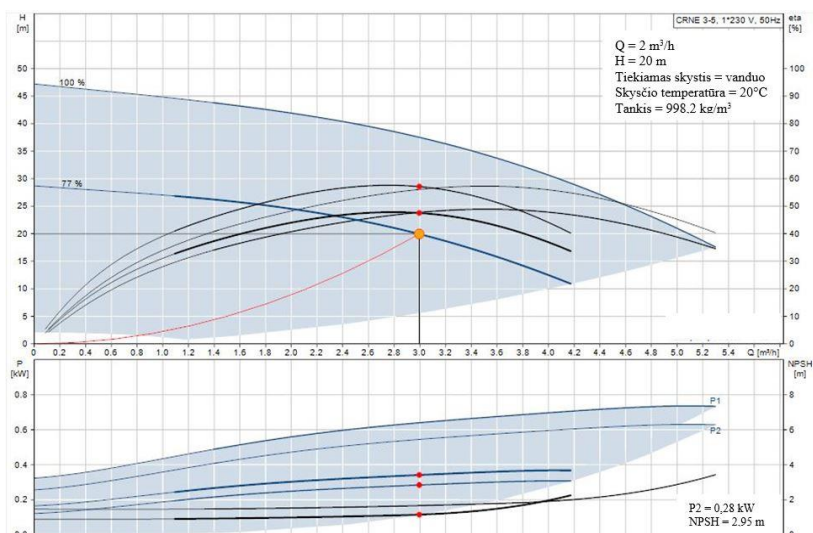
25 paveikslas. AO antros pakopos siurblio darbo kreivė

Vandens tiekimo siurbliai iš talpos į EDI, tipas – CRNE 5–8. Siurblio parametrai: našumas – 8 m³/h, slėgis – 4,5, galia – 1,1 kW. Tiekiamo vandens našumas yra 5 m³/h, sistemos slėgis 3,5 bar. 26 paveiksle pateikta siurblio, tiekiančio vandenį į EDI darbo kreivė, P2 taškas nurodo siurblio galią – 0,8 kW. Per parą sunaudojama 19,2 kW elektros energijos.



26 paveikslas. Siurblio, tiekiančio vandenį į EDI, darbo kreivė

Sumažinto druskingumo vandens tiekimui į katilą, naudojamas siurbliai CRNE 3–5. Siurblio parametrai: našumas – $5 \text{ m}^3/\text{h}$, slėgis – $2,5 \text{ bar}$, galia $0,75 \text{ kW}$. Nominaliu režimu dirbančio siurblio našumas yra $3 \text{ m}^3/\text{h}$, slėgis – 2 bar . 27 paveiksle pateikta siurblio, tiekiančio vandenį katilą, darbo kreivė, siurblio galią nurodo P2 taškas – $0,28 \text{ kW}$. Per parą sunaudojama elektros energija – $6,72 \text{ kW}$.



27 paveikslas. Siurblio, tiekiančio vandenį į katilą, darbo kreivė

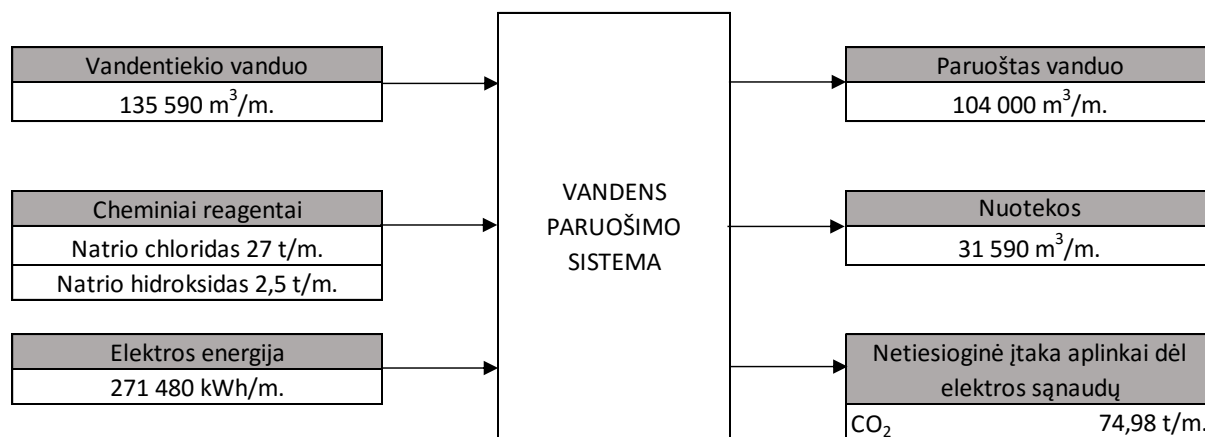
Elektrodejonizacijos įrenginys naudoja elektros energiją. Įrenginio galia – 4 kW . Per parą sunaudojama 95 kW elektros energijos, dirbant vienam moduliui, ir 190 kW elektros energijos, dirbant dviem moduliams.

3.3.2. Medžiagų ir energijos balansas

Duomenys vandentiekio vandens paruošimo sistemos medžiagų ir energijos balanso sudarymui:

- Vandentiekio vandens kiekis.
- Elektros kiekis, kurį sunaudoja sistema.
- Naudojami cheminiai reagentai.
- Paruošto vandens kiekis.
- Nuotekų kiekis.

- Apskaičiuojamas netiesioginis poveikis aplinkai dėl naudojamos elektros sąnaudų.



28 paveikslas. Vandentiekio vandens paruošimo medžiagų ir energijos balansas

28 paveiksle pateiktas vandens tiekiamo į garo katilą paruošimo medžiagų ir energijos balansas. Remtasi 2015 metų duomenimis. Sunaudojamas vandentiekio vandens kiekis – 135 590 m³/m. Paruošiama vandens, tinkamo tiekti į garo katilą – 104 000 m³/m. susidaro nuotekų, išleidžiamų į nuotekų tinklus – 31 590 m³/m.

Naudojamas natrio chloridas (druska) laikomas didmaišiuose po 1 t, natrio hidroksidas 200 l talpos pakuotėse. Pakuotės atliekos nesusidaro, kadangi pakuotė grąžinama tiekėjui.

Elektros energiją naudoja, tiek siurbliai, tiek EDI įranga – 271 480 kWh/m. Remiantis netiesioginio poveikio aplinkai dėl elektros sąnaudų skaičiavimo metodika, apskaičiuotas vandens paruošimo sistemos poveikis aplinkai.

3.4. Vandentiekio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir jų sprendimas

Išanalizavus vandens paruošimo sistemoje taikomas technologijas, sudarius medžiagų ir energijos balansą, įvertintos aplinkosauginės problemos. Šių problemų sprendimui tiekiami pasiūlymai.

10 lentelė. Vandentiekio vandens paruošimo sistemos aplinkosauginės problemos ir siūlomi sprendimai

Nr.	Aplinkosauginė problema	Atsiradimo priežastis	Siūlomas sprendimas
1.	Dideli nuotekų kiekiai	AO taikomas koncentrato išleidimas į nuotekų tinklus	Koncentratą, išleidžiamą į nuotekas, grąžinti į sistemą
2.	Didelės elektros energijos sąnaudos	Aukštiems vandens kokybės parametrams pasiekti sunaudojami dideli elektros energijos kiekiai	Saulės elektrinės įrengimas
			Naujos technologijos taikymas

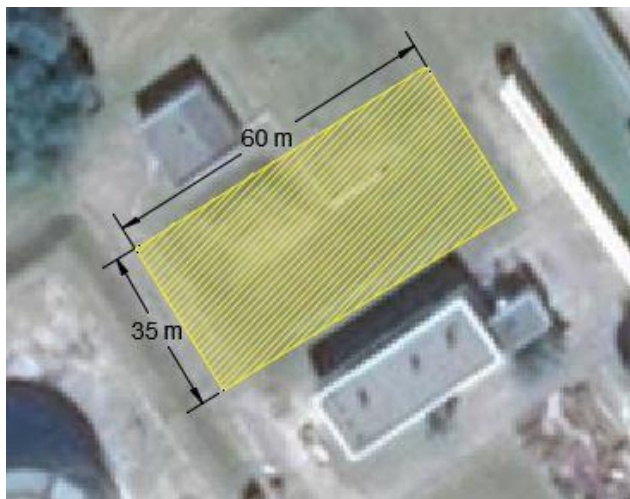
10 lentelėje pateiktos aplinkosauginės problemos, bei galimi jų sprendimo būdai. Pirmoji problema – dideli nuotekų kiekiai (31 590 m³/m.). AO ir EDI technologijose, kuriomis naudojantis galima pasiekti itin žemą vandens druskingumo lygį, recirkuliacija yra iš karto numatyta po AO antrojo laipsnio ir EDI koncentrato vanduo grąžinamas prieš AO įrenginį. Nepaisant to, 23,3 % ruošiamo vandens yra išleidžiama į nuotekų tinklus. 28 890 m³ per metus išleidžiama į nuotekas po pirmojo AO laipsnio, tai koncentratas (sudėtis pateikta 6 priede), kurį norint panaudoti reikia didelių energijos, infrastruktūros ir investicinių išteklių, kadangi šio vandens koncentracija yra 5 kartus didesnė negu įvadinio vandens. Likę 2 700 m³ per metus vandens į nuotekų tinklus išleidžiami po

minkštinimo filtrų regeneracijos. Iš šių nuotekų, antrą kartą panaudoti būtų galima greito plovimo vandenį, nes kitų regeneracijos metu vykdomų stadijų naudojamo vandens druskų koncentracija yra didelė. Greito plovimo vandens kiekis – 408 m³/m. Vertinant vamzdynų montavimo investicijas ir vandens kiekį, kurį būtų galima grąžinti (0,3 % nuo viso naudojamo vandens kiekio), šis pasiūlymas aplinkosauginiu požiūriu nebūtų ženkliai naudingas, investicijos, taip pat, viršytų naudą.

Šios vandentiekio vandens paruošimo sistemos, skirtos garo katilui, našumas nėra didelis – 20 m³/h. Sistema nenaudojama visus metus (300 dienų per metus). Tačiau turi būti pasiekti aukšti vandens kokybės reikalavimai (druskingumas neviršyti 0,5 μS/cm), tam reikalingos sudėtingesnės technologijos ir dideli elektros energijos kiekiai (271 480 kWh/m.). Vandens paruošimo sistemoje naudojamos technologijos yra tinkamos, pasiekama reikiama vandens kokybė, sukuriama kaip įmanoma mažiau nuotekų, tačiau sunaudojami dideli elektros energijos kiekiai. Aplinkosauginės problemos, didelių elektros energijos sąnaudų mažinimo, sprendimu pasirenkamas saulės elektrinės įrengimas. Sunaudojamas elektros energijos kiekis nepakis, bet sumažės netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos sąnaudų, taip pat bus sutaupomos išlaidos elektros energijos pirkimui.

3.4.1. Saulės elektrinės diegimo skaičiavimai

Vandens druskų šalinimo įrangai sunaudojama 271 480 kWh elektros energijos per metus. Rengti saulės elektrinę ant stogo neapsimokėtų, kadangi investicijos būtų didelės, o pagaminama tik apie 4 000 kWh (1,5 % sunaudojamos elektros energijos kiekio) per metus. Saulės elektrinei įrengti pasirenkamas laisvas, nenaudojamas žemės plotas prie vandens paruošimo įrangos. Saulės elektrinei skirtas plotas – 2 100 m².



29 paveikslas. Plotas, skirtas statyti saulės elektrinę

Remiantis skaičiuokle (Photovoltaic 2016) Utenos mieste ant žemės, 30° kampu statomi saulės moduliai, jie nukreipti pietų kryptimi. Taip pastatyta 1 kW galios saulės elektrinė pagamintų 894 kWh per metus. Pasirenkami „Canadian Solar CS6P–250M“ (Sunny 2016) fotovoltiniai saulės moduliai, užimamas plotas – 1,65 m² (1000 mm plotis ir 1650 mm ilgis), galia – 205 W.

Įvertinus, jog garo katilo maitinimui naudojamo vandens sistema sunaudoja 271 480 kWh/m. elektros energijos, o 1 kW galios saulės elektrinė pagamintų apie 894 kWh/m. gaunama, kokios galios saulės elektrinės reikės, remiantis (2.7) formule:

$$P_{sist} = \frac{271480}{894} = 303,7 \text{ kW}$$

Norint aprūpinti vandens paruošimo sistemą saulės gaminama elektros energija, reikia 304 kW galios saulės elektrinės. Įvertinus galimus nuostolius, pasirenkama saulės elektrinės galia – 310 kW. Remiantis vieno modulio galia ir bendra reikiama saulės elektrinės galia, apskaičiuojama, kiek modulių prireiks, remiantis formule (2.8):

$$N_{mod} = \frac{310000}{250} = 1240 \text{ vnt.}$$

Norint įdiegti 310 kW galios saulės fotovoltinę elektrinę reikėtų 1240 vienetų „Canadian Solar CS6P–250M“ modulių. Įvertinama, kiek saulės modulių tilptų paruoštame plote, remiantis formule (2.9) apskaičiuojama:

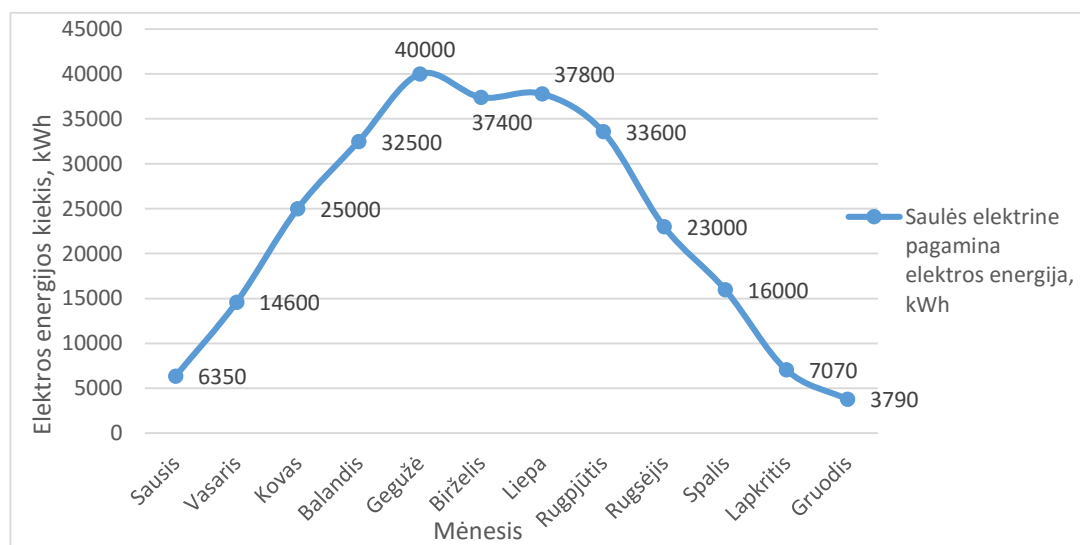
$$N_{pl} = \frac{2100}{1,65} = 1272 \text{ vnt.}$$

Atsižvelgiant į gautus rezultatus, paruošto ploto užtektų 310 kW galios saulės elektrinei įrengti. Pasirinkta sistema 1240 vnt. fotovoltinių saulės modulių, instaliuota galia – 310 kW, remiantis formule (2.10), apskaičiuojama per metus pagaminama saulės elektros energija:

$$E_{sist} = 310 \cdot 894 = 277140 \text{ kWh}$$

Iš gautų duomenų matyti, jog įrengus 1240 saulės fotovoltinius modulius per metus būtų pagaminama 277 140 kWh elektros energijos. Garo katilo maitinimo vandens paruošimo sistemai reikalingas metinis elektros energijos poreikis – 271 480 kWh. Atsižvelgiama į elektros energijos gamybos metu susidarancius nuostolius, bei įvertinus, jog vandens paruošimo sistemai gali per metus prireikti ir daugiau elektros energijos sąnaudų (papildomai priimama 2 % paklaida) įrengta saulės energija gaminamos elektros energijos sistema pilnai aprūpintų vandens paruošimo sistemą.

30 paveiksle pateikta 310 kW galios saulės elektrinės per mėnesį generuojama elektros energija, pasirinktame plote, Utenos mieste. Lentelė su išsamiais duomenimis pateikiama 7 priede.



30 paveikslas. Saulės elektrine pagaminama elektros energija

3.4.2. Aplinkosauginio ir ekonominio efektyvumo vertinimas

Įdiegus saulės elektrinę vandens paruošimo sistema visą elektros energiją gautų iš saulės energijos. Iš elektros tinklų perkamos elektros kiekis sumažėtų 100 %. Atliekamas saulės elektrinės įdiegimo aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas.

11 lentelė. Aplinkosauginis ir ekonominis saulės elektrinės įdiegimo efektyvumo įvertinimas

	Iki pasiūlymo diegimo			AAI _{iki}	Po pasiūlymo įdiegimo		AAI _{po}	Sutaupoma (sumažėja)	
	kWh/m.	Eur/vnt.	Eur/m.	kWh/m ³	kWh/m.	Eur/m.	kWh m ³	kWh/m.	Eur/m.
Proceso įėjimo srautai ir jų kaštai									
Elektros energijos sąnaudos, kWh.	271 480	0,124	33 664	2,61	–	–	0	271 480	33 664
Netiesioginė įtaka aplinkai dėl elektros sąnaudų									
Netiesioginė įtaka aplinkai dėl elektros sąnaudų, t/m.	CO ₂ – 74,98		–	–	CO ₂ – 0	–	–	CO ₂ – 74,98	
Suma, Eur:			33 664			–	–		33 664

Iš 11 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad saulės elektrinės įdiegimas sumažintų ne tik išlaidas į aplinkos orą, bet ir kaštus skirtus elektros energijos išlaidoms. Tokiu būdu kaštai sumažėtų 33 664 eurai.

Įvertinami aplinkos apsaugos veiksmingumą nustatantys AAI, kiek sunaudojama elektros energijos 1 m³ vandens paruošti. Prieš pasiūlymo diegimą AAI – 2,61 kWh/m³, po pasiūlymo diegimo AAI – 0 kWh/ m³. Netiesioginio poveikis aplinkai dėl elektros sąnaudų būtų sumažinamas iki 0.

3.4.3. Reikiamų investicijų vertinimas

Norint tiksliai įvertinti saulės elektrinės diegimo vandens paruošimo sistemoje, skirtoje ruošti vandenį garo katilo maitinimui, naudą įvertinamos reikalingos investicijos. Pasiūlymo įdiegimo investicijos pateiktos 12 lentelėje.

12 lentelė. Saulės elektrinės sistemai skirtų investicijų planavimas

Eil. Nr.	Reikiama įranga ir darbai	Kiekis, vnt	Kaina su PVM, Eur	Suma su PVM, Eur
1.	Saulės modulis „Canadian Solar CS6P–250M“	1240	180	223 200
2.	Inverteris STP-60-10, 60 kW, 3 ph	4	4 200	16 800
3.	PV sistemos spinta	1	530	530
4.	Montavimo darbai			10 200
	Suma:			250 730

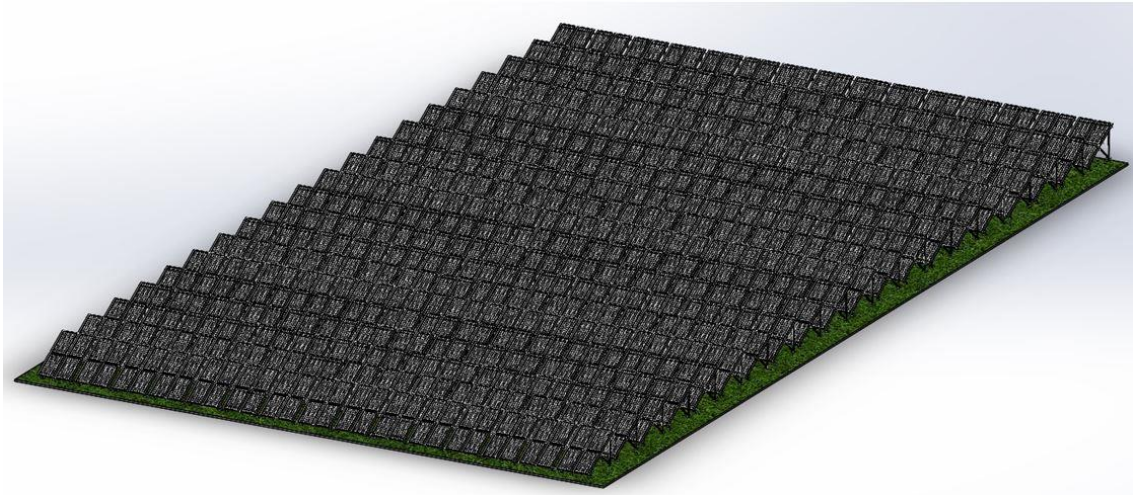
Iš 12 lentelėje pateiktų duomenų matyti, jog saulės elektrinės diegimui, tiekti elektros energiją vandens paruošimo sistemai, reikiamų lėšų suma – 250 730 eurai. Į šią sumą įskaičiuotos visos galimos išlaidos, nuo komponentų įsigijimo iki montavimo darbų planavimo.

Įdiegus saulės elektrinę kaštai, skiriami elektros energijos išlaidoms, sumažėtų 33 664 eurai. Remiantis duomenis pateiktais 11 ir 12 lentelėje apskaičiuojama atsipirkimo trukmė pagal (2.3) formulę:

$$AL = \frac{250730}{33664} = 7 \text{ metai } 5 \text{ mėnesiai}$$

Saulės elektrinės statymas, skirtas elektros energija aprūpinti vandens paruošimo sistemą, skirtą tiekti aukštos kokybės vandenį į garo katilą, atsipirktų per 7 metus ir 5 mėnesius.

31 paveiksle pateikta, kaip atrodo pasirinktame plote sumodeliuota saulės elektrinė.



31 paveikslas. Sumodeliuota saulės elektrinė

3.5. Vandens paruošimo sistemų būvio ciklo vertinimas

Įvertinus dvi vandens paruošimo sistemas, kurios naudojamos skirtingose katilinėse ir įdiegus pateiktus pasiūlymus, vertinamas vandens paruošimo metu keliamas poveikis aplinkai, remiantis būvio ciklo požiūriu.

Taikant būvio ciklo požiūrį pasirenkama įvertinti vandens paruošimų sistemų anglies pėdsaką, norint išsiaiškinti pateiktų pasiūlymų aplinkosauginę naudą:

- Paviršinio vandens paruošimo sistema, skirta pildyti vandenį šilumos tinkluose prieš saulės kolektorių sistemos ir nuotekų gražinimo įdiegimą ir po įdiegimo.
- Vandentiekio vandens paruošimo sistema, skirta tiekti vandenį į garo katilą prieš saulės elektrinės įdiegimą ir po įdiegimo.

Tyrimo tikslas – nustatyti vandens paruošimo sistemų sukuriamą anglies pėdsaką taikant būvio ciklo požiūrį.

Atsižvelgiant į tai, kad vertinamas anglies pėdsakas, funkcinis vienetas – 1 m³ vandens, paruošto vandens paruošimo sistemoje. Tyrime naudotasi sunaudojamų bei išleidžiamų medžiagų kiekiais, kurie būtini norint paruošti 1 m³ reikiamos kokybės technologinį vandenį.

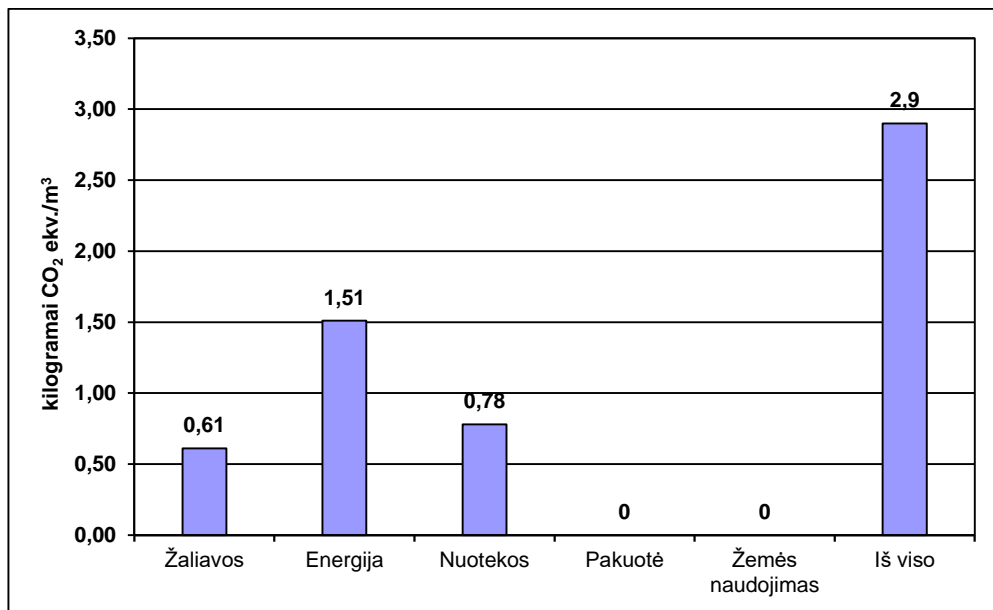
3.5.1. Šilumos tinklams naudojamo vandens paruošimo anglies pėdsako vertinimas

Tiksliam sistemos anglies pėdsako įvertinimui atsižvelgiama į visus vandens paruošimo procesus, įvertinami sunaudojamų medžiagų, energijos ir vandens kiekiai bei išleidžiamos nuotekos.

Pagrindinės sunaudojamos medžiagos vienam kubiniam metrui šilumos tinklams skirtam vandeniui paruošti:

- paviršinis (Nemuno upės) vanduo 1,19 m³;
- vandens paruošimo procesų metu sunaudojamos cheminės medžiagos (Al(OH)Cl – 8 g, NaCl – 0,5 kg, NaOH – 13 g, HCl – 19 g, NaOCl – 2,7 g);
- sunaudojama elektros energija, tiekama iš elektros tinklų – 0,58 kWh;
- susidariusios nuotekos – 0,17 m³, išleidžiamos į gamtinę aplinką.

Šiame vertinime į pakuotę ir žemės naudojimą neatsižvelgiama. Žemės naudojimas nevertinamas tuo atveju, jei žemės naudojimo paskirtis nėra pasikeitusi 20 metų. Vertinimui atlikti naudota būvio ciklo vertinimo programa CCaLC2 su šios programos ir Ecoinvent duomenų bazėmis, duomenys pateikti 32 paveiksle.



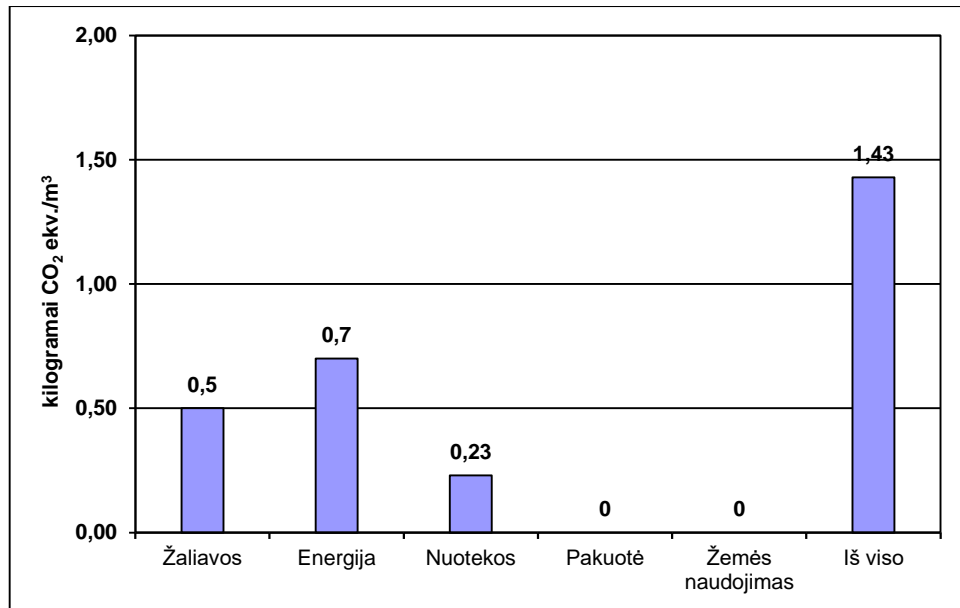
32 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui ruošiamo 1 m³ vandens anglies pėdsakas

Didžiausią anglies pėdsaką (1,51 kg CO₂ ekv.) sistemoje sukuria sunaudojama elektros energija. 0,78 kg CO₂ ekv. – šį anglies pėdsaką sukuria į gamtinę aplinką išleidžiamos nuotekos. Medžiagos, vanduo ir cheminiai reagentai sudaro 0,61 kg CO₂ ekv. Visos sistemos anglies pėdsakas – 2,9 kg CO₂ ekv.

Įdiegus saulės kolektorių sistemą ir antrinį vandens panaudojimą, 1 m³ vandens paruošti sunaudojamos medžiagos:

- reikiamas paviršinio (Nemuno upės) vandens kiekis – 1,03 m³;
- vandens paruošimo procesų metu sunaudojamos cheminės medžiagos sudarytų: Al(OH)Cl – 7,3 g, NaCl – 0,5 kg, NaOH – 13 g, HCl – 19 g, NaOCl – 2,4 g;
- sunaudojama elektros energija, tiekama iš elektros tinklų – 0,42 kWh;
- susidariusios nuotekos, kurios būtų išleidžiamos į gamtinę aplinką – 0,06 m³.

Naudojantis CCaLC programa gauti anglies pėdsako duomenys pateikti 33 paveiksle.



33 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui ruošiamo 1 m³ vandens anglies pėdsakas po pakeitimų

Pasiūlymų įdiegimas sumažintų anglies pėdsaką visose srityse: 0,11 kg CO₂ ekv. (nuo 0,61 iki 0,5 kg CO₂ ekv.) vandens ir cheminių medžiagų naudojime, sunaudojamos elektros energijos srityje – 0,81 kg CO₂ ekv. (nuo 1,51 iki 0,7 kg CO₂ ekv.), išleidžiamų į gamtinę aplinką nuotekų 0,55 kg CO₂ ekv. (nuo 0,78 iki 0,23 kg CO₂ ekv.). Anglies pėdsakas 1 m³ paviršinio vandens paruošimo, skirto šilumos tinklų papildymui, sistemoje sumažėtų 1,47 kg CO₂ ekv. (nuo 2,9 iki 1,43 kg CO₂ ekv.), anglies pėdsakas sumažėtų 51 %.

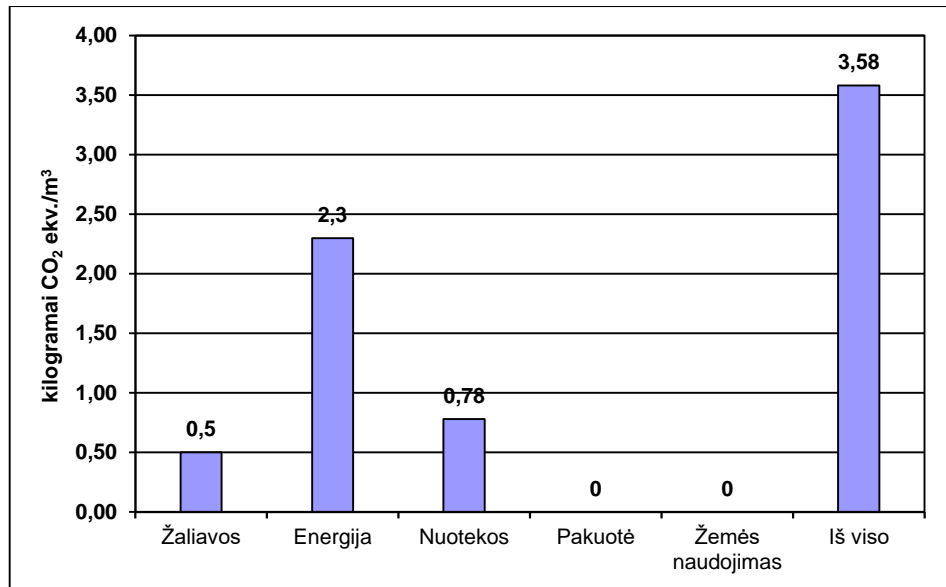
3.5.2. Tiekiamo į garo katilą vandens paruošimo anglies pėdsako vertinimas

Tiksliam sistemos anglies pėdsako įvertinimui atsižvelgiama į visus vandens paruošimo procesus, įvertinami sunaudojamų medžiagų, energijos ir vandens kiekiai bei išleidžiamos nuotekos.

Pagrindinės naudojamos medžiagos vienam kubiniam metrui vandens, skirto tiekti į garo katilą, paruošti:

- vandentiekio vanduo 1,3 m³;
- natrio chloridas – 0,26 kg, natrio hidroksidas – 24 g;
- sunaudojama elektros energija – 2,3 kWh, tiekama iš elektros tinklų;
- į nuotekų tinklus išleidžiamos nuotekos 0,3 m³.

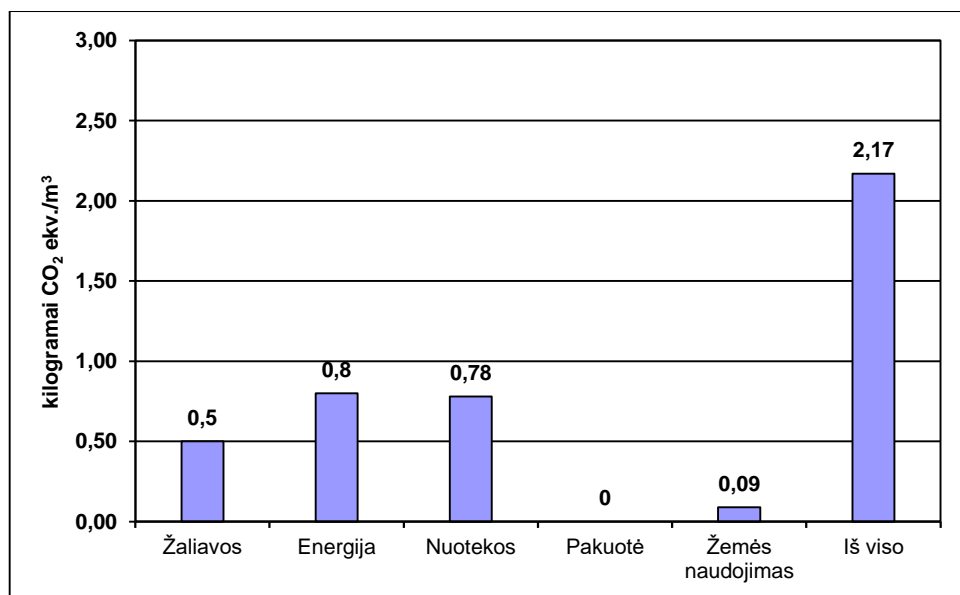
Pakuotė ir žemės naudojimas – nevertinami. Naudojantis CCaLC programa gauti anglies pėdsako duomenys pateikti 34 paveiksle.



34 paveikslas. Tiekimui į garo katilą ruošiamo 1 m³ vandens anglies pėdsakas

Didžiausią anglies pėdsaką tiekimui į garo katilą ruošiamo vandens sistemoje sukuria elektros energijos naudojimas – 2,3 kg CO₂ ekv., tai sudaro 51 % viso 1 m³ paruošimo metu sukuriama anglies pėdsako. Naudojamos medžiagos ir išleidžiamos nuotekos atitinkamai sukuria 0,5 kg CO₂ ekv. ir 0,78 kg CO₂ ekv. Vandens paruošimo sistemos anglies pėdsakas lygus 3,58 kg CO₂ ekv.

Tiek medžiagų ir energijos balanse, tiek vandens paruošimo sistemos anglies pėdsako vertinime, matyti, jog didžiausią neigiamą poveikį aplinkai vieno kubinio metro vandens paruošime, šioje sistemoje sukelia – sunaudojami dideli elektros energijos kiekiai. Šiam poveikiui sumažinti, buvo statoma saulės elektrinė. Vertinant duomenis programoje, atsižvelgta į naujo žemės ploto naudojimą. Saulės elektrinė užims 2 100 m² plotą, planuojamas tarnavimo laikas ne mažiau 25 metų. Procesui reikiamų medžiagų, sunaudojamos elektros energijos ir išleidžiami nuotekų kiekiai, išlieka nepakitę. Įvertinama, jog elektros energija gaminama kitu, alternatyviu būdu. Pakuotė nevertinama. CCaLC programa gauti vandens paruošimo sistemos anglies pėdsako rezultatai pateikti 35 paveiksle.



35 paveikslas. Tiekimui į garo katilą ruošiamo 1 m³ vandens anglies pėdsakas po pakeitimų

Saulės elektrine gaminant elektros energiją, anglies pėdsakas sumažėja 1,5 kg CO₂ ekv. (nuo 2,3 iki 0,8 kg CO₂ ekv.), tačiau atsiranda žemės naudojimo poveikis aplinkai (0,09 kg CO₂ ekv.). Įdiegus saulės elektrinę, vandens paruošimo sistemas, skirtos tiekti vandenį garo katilui, sukuriama paruošti vieną kubinį metrą vandens, anglies pėdsakas lygus 2,17 kg CO₂ ekv., anglies pėdsakas sumažėja 40 %.

Remiantis anglies pėdsako vertinimo duomenimis, galima priimti išvadą, kad ruošiant 1 m³ paviršinio vandens, skirto šilumos tinklų papildymui, sukuriama mažesnis poveikis aplinkai, negu ruošiant 1 m³ vandentiekio vandens, skirto tiekimui į garo katilą. Didesnis poveikis aplinkai sukuriama dėl aukštesnių kokybės reikalavimų vandeniui, pažangesnės įrangos, todėl sunaudojami didesni elektros energijos kiekiai.

Įdiegus pateiktus pasiūlymus ženkliai sumažėja 1 m³ paruošti sukuriama anglies pėdsakas, tuo pačiu ir poveikis aplinkai, pirmosios sistemos anglies pėdsakas po inovacijų lygus 1,43 kg CO₂ ekv., antrosios sistemos anglies pėdsakas po inovacijų – 2,17 kg CO₂ ekv.

IŠVADOS

1. Atlikus vandens, naudojamo katilinėje, kokybės ir paruošimo būdų analizę, nustatyta, kad naudojamas gamtinis vanduo turi atitikti aukštus kokybės reikalavimus. Reikalavimai priklauso nuo to, kokiems tikslams katilinėje vanduo naudojamas. Norint, kad vanduo atitiktų kokybės reikalavimus, neturėtų neigiamos įtakos technologiniams įrenginiams bei vamzdynui, katilinėje turi būti įrengiamos vandens paruošimo sistemos. Vandens paruošimo sistemos sudėtį lemiantys veiksniai – prieinamo gamtinio vandens rūšis, panaudojimo tikslai.

2. Išanalizavus efektyvaus vandens išteklių naudojimo katilinėje būdus nustatyta, kad katilinėje naudojamo vandens paruošimo sistemas sudaro iš kelių žingsnių susidedantis vandens paruošimo procesas, kuriame būtina diegti energijos, vandens ir infrastruktūrinius išteklius efektyviai naudojančias priemones. Energijos tausojimui būtina AEI integracija į vandens paruošimo sistemą (dažniausiai tai elektros ir/ar šiluminės energijos gamyba panaudojant saulės energiją). Vandens ištekliai tausojami kuriant uždaras (antrą kartą naudojant į nuotekas išleidžiamą vandenį), naujas, efektyvesnes sistemas.

3. Atlikus katilinėse įrengtų vandens paruošimo sistemų įvertinimą, nustatytos pagrindinės aplinkosauginės problemos dviejų tipų vandens paruošimo sistemose.

Vandens paruošimo sistemoje, skirtoje šilumos tinklų papildymui nustatytos pagrindinės aplinkosauginės problemos:

- sunaudojamo paviršinio vandens kiekis – 350 400 m³/metus (1,19 m³/m³);
- elektros energijos sąnaudos lygios 170 680 kWh/metus (0,58 kWh/m³);
- nuotekų kiekis 58 380 m³/metus (0,19 m³/m³).

Sistemos netiesioginis poveikis aplinkai dėl sunaudojamo elektros energijos kiekio – 47,14 t/metus.

Vandens paruošimo sistemoje, skirtoje tiekti vandenį į garo katilą nustatyta pagrindinė aplinkosauginė problema:

- elektros energijos sąnaudos – 271 480 kWh/metus (2,6 kWh/m³).

Sistemos netiesioginis poveikis aplinkai dėl sunaudojamo elektros energijos kiekio – 74,98 t/metus.

4. Išanalizavus efektyvaus vandens išteklių panaudojimo ir atsinaujinančių išteklių energijos integravimo priemones, šilumos tinklų papildymui skirto vandens paruošimo sistemoje siūloma:

- vandens šildymui (iki 10 °C) naudoti saulės kolektorių sistemą;
- nuotekų grąžinimas į vandens paruošimo sistemą.

Į garo katilą tiekiamo vandens paruošimo sistemoje siūloma:

- elektros energiją gaminti įdiegus saulės elektrinę.

5. Įvertinus pateiktų pasiūlymų aplinkosauginę ir ekonominę naudą nustatyta, kad šilumos tinklų papildymui skirto vandens paruošimo sistemoje integravus saulės kolektorių sistemą:

- elektros energijos sąnaudos būtų lygios 110 259 kWh/metus (0,37 kWh/m³).
- netiesioginis poveikis aplinkai – 16,69 t/metus (poveikis sumažėjo 35,4 %).

Įvertinus saulės kolektorių diegimo išlaidas – 42 636,32 Eur, saulės kolektorių sistema atsipirktų per 5 metus 6 mėnesius.

Šilumos tinklų papildymui skirto vandens paruošimo sistemoje integravus vandens grąžinimo liniją:

- nuotekų kiekis būtų 17 380 m³/metus (0,06 m³/m³);
- Al(OH)Cl kiekis lygus 2,15 t/metus, NaOCl – 0,52 t/metus.

Būtina atkreipti dėmesį, kad dėl sistemoje įrengto nuotekų gražinimo siurblio padidėja sunaudojamos elektros energijos kiekis, kuris lygus – 184 696 kWh/metus (0,63 kWh/m³). Tuo tarpu vandens gražinimo linijos įrengimo išlaidos sudaro 8 334,66 Eur. Vandens gražinimo linija atsipirktų per 2 metus 11 mėnesių.

Į garo katilą tiekiamo vandens paruošimo sistemoje integravus saulės elektrinę:

- reikalinga elektros energija pagaminama saulės elektrinėje (271 480 kWh/metus);
- netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros sąnaudų sumažinamas iki 0.

Saulės elektrinės diegimo išlaidos sudaro 250 730 Eur, tuo tarpu saulės elektrinės atsipirkimo trukmė 7 metai ir 5 mėnesiai.

6. Atlikus vandens paruošimo sistemų vertinimą taikant būvio ciklo požiūrį gauti rezultatai parodė, kad didesnis poveikis aplinkai sukuriamas ruošiant 1 m³ vandentiekio vandens, skirto garo katilui (3,58 kg CO₂ ekv.), negu ruošiant 1 m³ paviršinio vandens, skirto šilumos tinklų papildymui (2,9 kg CO₂ ekv.). Priežastis – aukštesni vandens kokybės reikalavimai, todėl sunaudojamas didesnis energijos kiekis.

Šilumos tinklų papildymui naudojamo vandens paruošimo sistemoje anglies pėdsakas po pasiūlymų diegimo lygus 1,43 kg CO₂ ekv., t.y. 51 % mažiau negu prieš pakeitimų įgyvendinimą.

Įdiegus pasiūlymą, į garo katilą tiekiamo vandens paruošimo sistemoje anglies pėdsakas lygus 2,17 kg CO₂ ekv., t.y. 40 % mažiau negu prieš pakeitimo įgyvendinimą.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- BAHADORI, A., et al. Essentials of water systems design in the oil, gas, and chemical processing industries. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. 2013, 1-20. Prieiga per: doi: 10.1007/978-1-4614-6516-4_1.
- AL-KARAGHOULI, A.A. and KAZMERSKI, L. Renewable energy opportunities in water desalination. *INTECH Open Access Publisher*. 2011, 150–188. Prieiga per: doi: 10.5772/14779.
- AUNE, F.R., DALEN, H.M. and HAGEM, C. Implementing the EU renewable target through green certificate markets. *Energy Economics*. 2012, 34(4), 992-1000. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.006>.
- BONTON, A., BOUCHARD, C., BARBEAU, B. and JEDRZEJAK, S. Comparative life cycle assessment of water treatment plants. *Desalination*. 2012, 284, 42-54. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2011.08.035>.
- CHERIF, H., CHAMPENOIS, G. and BELHADJ, J. Environmental life cycle analysis of a water pumping and desalination process powered by intermittent renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, 59, 1504-1513. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.094>.
- DAPKIENĖ, M. ir R. KUSTIENĖ. *Vandens išteklių naudojimas. Mokomoji Knyga*. Kaunas: Ardiva, 2008. ISBN 978-9955-896-33-3.
- DENG, D. et al. Overlimiting current and shock electro dialysis in porous media. *Langmuir*. 2013, 29 (52), 16167-16177. Prieiga per: doi: 10.1021/la4040547.
- DENG, D., et al. Water purification by shock electro dialysis: deionization, filtration, separation, and disinfection. *Desalination*. 2015, 357(2), 77-83. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2014.11.011>.
- DYDEK, E. and BAZANT, M.Z. Nonlinear dynamics of ion concentration polarization in porous media: the leaky membrane model. *AIChE Journal*. 2013, 59(9), 3539-3555. Prieiga per: doi: 10.1002/aic.14200.
- IGOS, E., et al. Cost-performance indicator for comparative environmental assessment of water treatment plants. *Science of the Total Environment*. 2013, 443, 367-374. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.010>.
- ELSHAFEI, M., et al. Directly driven RO system by PV solar panel arrays. *Open Journal of Applied Sciences*. 2013, 3, 35–40. Prieiga per: doi: 10.4236/ojapps.2013.32B007.

FOGARASSY, C., et al. Water footprint based water allowance coefficient. *Water Resources and Industry* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2014, 7–8, pp. 1-8 [žiūrėta 2016-03-18]. ISSN 2212-3717. Prieiga per: Science Direct.

GERBER, L. *Designing renewable energy systems: A life cycle assessment approach*. Switzerland: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4987.

GHAFFOUR, N., BUNDSCHUH, J., MAHMOUDI, H. and GOOSEN, M.F.A. Renewable energy-driven desalination technologies: a comprehensive review on challenges and potential applications of integrated systems. *Desalination* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2015, 356, 94-114 [žiūrėta 2016-04-02]. ISSN 0011-9164. Prieiga per: Science Direct.

GLEICK, P.H. and AJAMI, N. *The world's water volume 8: the biennial report on freshwater resources*. Chicago: Island press, 2014. ISSN 978-1610914826.

GUDZINSKAS J., LUKOŠEVIČIUS V., MARTINAITIS V., TUOMAS E. *Šilumos vartotojo vadovas*. [interaktyvus], 2011 [žiūrėta 2016-03-15]. ISSN 978-609-95258-0-8. Prieiga per: http://www.lsta.lt/files/Leidiniai/SILUMOS_vartotojo_vadovas/Silumos_vartotojo_VADOVAS.pdf.

HASAN, K., et al. Effective design of solar water heater. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2004, 1, 1802-1805. Prieiga per: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/venice2004/papers/472-398.pdf>.

HENDRICKS, A.M., et al. A cost-Effective evaluation of biomass district heating in rural communities. *Applied Energy* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2016, 162, 561-569 [žiūrėta 2016-04-15]. ISSN 0306-2619. Prieiga per: Science Direct.

JANKEVIČIUS, J. *Vandens ruošimo chemija*. Vilnius: Technologija, 2012. ISBN 9786094572890.

KYTRA, S. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai: vadovėlis aukštosios mokykloms*. Kaunas: Technologija, 2006. ISBN 995525159.

LE, N.L. and NUNES, S.P. Materials and membrane technologies for water and energy sustainability. *Sustainable Materials and Technologies*. 2016, 7, 1-28. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1016/j.susmat.2016.02.001>.

MAKHLOUFI, C., et al. Ammonia based CO₂ capture process using hollow fiber membrane contactors. *Journal of Membrane Science* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2014, 455, 236-246 [žiūrėta 2016-04-16]. ISSN 0376-7388. Prieiga per: Science Direct.

MASTERS, G.M. *Renewable and efficient electric power systems*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. ISBN 978-1118140628.

MCGOVERN, R.K., ZUBAIR, S.M. and LIENHARD V, J.H. The benefits of hybridising electro dialysis with reverse osmosis. *Journal of Membrane Science* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2014, 469, 326-335 [žiūrėta 2016-03-16]. ISSN 0376-7388. Prieiga per: Science Direct.

MURAUŠKAITE, L., KLEVAS, V. and BIEKŠA, K. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos reformavimo prielaidos Lietuvoje. *Applied Economics: Systematic Research*. 2013, 7(1), 191-208. ISSN 18227996. Prieiga per: EBSCOhost.

PEREDNIS, E., KAVALIAUSKAS, A. and PLIKŠNIENĖ, V. Karšto vandens ruošimo naudojant saulės kolektorius efektyvumo tyrimai. *Energetika* [interaktyvus]. 2007, 1, 34-38 [žiūrėta 2016-03-24]. Prieiga per: http://elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/2007_1/2007_01_06.pdf.

SAKALAUSKAS, Antanas ir Vilius ŠULGA. *Vandentieka. Vandens ruošimas: Mokomoji knyga*. Vilnius: Technika, 2008. ISBN 978-9955-28-112-2.

SHARON, H. and REDDY, K.S. A review of solar energy driven desalination technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, 41(1), 1080-1118. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.002>.

SHATAT, M., WORALL, M. and RIFFAT, S. Opportunities for solar water desalination worldwide: Review. *Sustainable Cities and Society*. 2013, 9(12), 67-80. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2013.03.004>.

SHRIVASTAVA, A., ROSENBERG, S. and PEERY, M. Energy efficiency breakdown of reverse osmosis and its implications on future innovation roadmap for desalination. *Desalination* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2015, 368, 181-192 [žiūrėta 2016-03-16]. ISSN 0011-9164. Prieiga per: Science Direct.

SHUKLA, R., SUMATHY, K., ERICKSON, P. and GONG, J. Recent advances in the solar water heating systems: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013, 3(19), 173-190. ISSN 1364-0321. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.048>.

STANIŠKIS, J.K., Ž. STASIŠKIENĖ ir I. KLIPOVA. *Švaresnė gamyba: sisteminis požiūris. Monografija*. Kaunas: Technologija, 2002. ISBN 9955-09-312-9.

STANIŠKIS, J.K., Ž. STASIŠKIENĖ ir I. KLIPOVA. *Subalansuotos pramonės plėtros strategija: teorija ir praktika. Monografija*. Kaunas: Technologija, 2004. ISBN: 9955097183.

STRECKIENĖ, G. and BAGDONAITĖ, S. Sezoninės šilumos akumuliacinės talpyklos tūrio modeliavimas centralizuotoje saulės šildymo sistemoje. *Science: Future of Lithuania*. 2012, 4(5), 499-506. Prieiga per: doi: 10.3846/mla.2012.80.

SWAAIJ, Wim, Sascha KERSTEN, Wolfgang PALZ. *Biomass power for the world - transformations to effective use*. USA: Pan Stanford Publisher, 2015. ISBN 978-981-4669-24-5.

YAROSHCHUK, A. Over-limiting currents and deionization “shocks” in current-induced polarization: local-equilibrium analysis. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2012, 183, 68-81. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2012.08.004>.

YU, W., GRAHAM, N.J.D. and FOWLER, G.D. Coagulation and oxidation for controlling ultrafiltration membrane fouling in drinking water treatment: application of ozone at low dose in submerged membrane tank. *Water Research*. 2016, 95, 1-10. Prieiga per: doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.063>.

INTERNETINĖS NUORODOS

AGRU. Vamzdyno pasirinkimas [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-03-25]. Prieiga per: <http://www.agru.at/en/products/industrial-piping-systems/>

CANADIAN SOLAR. Saulės elementas [interaktyvus] 2015 [žiūrėta 2016-05-06]. Prieiga per: <http://greend-ealcontracts.co.uk/assets/img/kits/4kw-kit/004/Canadian%20Solar%20250w%20Mono%20Data%20sheet.pdf>

CCaLC2. Programinė įranga [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-05-10]. Prieiga per: <http://www.ccalc.org.uk/ccalc2.php>

Cheminių medžiagų kainos [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-05-02]. Prieiga per: <http://www.margunas.lt/lt/prekes/chemines-medziagos/vandens-ir-nuoteku-valymas-atlieku-apbirbimas>

DESALDATA. Nudruskinamo vandens statistika [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016-03-30]. Prieiga per: <http://idadesal.org/publications/ida-desalination-yearbook/>

Daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2016-05-04]. Prieiga per: <https://zaliaaideja.wordpress.com/2012/04/03/saules-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>

Eur'Observ'ER statistika [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016-02-20]. Prieiga per: <http://www.eurobserv-er.org/>

EUROHEAT STATISTICS. Statistics overview [interaktyvus] 2015 [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per: <http://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/03/2015-Country-by-country-Statistics-Overview.pdf>

EUROSTAT STATISTIKA. Energijos gamyba iš atsinaujinančių išteklių [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016-02-20]. Prieiga per: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

EUROPOS APLINKOS AGENTŪRA. Europos aplinka: būklė ir raidos perspektyvos 2015 m. *Apibendrinamoji ataskaita* [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015-02-22]. ISBN 978-92-9213-564-5. Prieiga per: <http://www.eea.europa.eu/soer-2015/synthesis/europos-aplinka-bukle-ir-raidos/>

EUROPOS KOMISIJA. Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui. „Efektyvus išteklių naudojimo Europos planas“ [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2016-02-20]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/com2011_571.pdf

EUROPOS KOMISIJA. Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui. Strategijos „Europa 2020“ pavyzdinė iniciatyva „Tausiai išteklius naudojanti Europa“ [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2016-02-20]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/resource_efficient_europe_en.pdf

GIEDRAITIS, Rytis. Vandens ištekliai ir kokybė [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2016-04-26]. Prieiga per: <http://www.svarizeme.lt/index.php/leidiniai/4-leidiniai/9-vandens-itekliai-ir-kokyb>

GRUNDFOS. SiurbLIAI [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-03-20]. Prieiga per: <http://lt.grundfos.com/products/find-product.html>

LAAIF: Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas [interaktyvus] 2015 [žiūrėta 2016-04-20]. Prieiga per: <http://www.laaif.lt/lt/lietuvos-aplinkos-apsaugos-investiciju-fondo-programa/netiesioginio-poveikio-vertinimo-metodika/>

LIETUVA: 2015 m. Nacionalinė reformų darbotvarkė. [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2016-02-21]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/csr2015/nrp2015_lithuania_lt.pdf

LST EN ISO 14040:2007. Aplinkos vadyba. Būvio ciklo įvertinimas. Principai ir sandara (ISO 9001:2008) = Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006): Lietuvos standartas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007.

METHOD AND APPARATUS FOR DESALINATION AND PURIFICATION [interaktyvus]. Išradėjai: Martin Zdenek Bazant, EthelMae Victoria Dydek, Daosheng Deng, Ali Mani. US 8801910 B2. U.S., US 13/165,042. 2014 08 12. Prieiga per: <http://www.patentorg.com/method-and-apparatus-for-desalination-64920>

MIXING WATER. Vandens skaičiuoklė [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-03-17]. Prieiga per: http://www.onlineconversion.com/mixing_water.htm

NACIONALINIAI PLANUOJAMI ŠALIES KIEKYBINIAI RODIKLIAI [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2016-02-20]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/csr2015/nrp2015_lithuania_annex1_lt.pdf

OFICIALIOSIOS STATISTIKOS PORTALAS. Aplinkosaugos statistika 2013 m. [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016-03-29]. Prieiga per: <http://osp.stat.gov.lt/rodikliai55>

PAS 2050:2011 [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2016-05-02]. Prieiga per: <http://shop.bsigroup.com/upload/shop/download/pas/pas2050.pdf>

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-05-05]. Prieiga per: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

SOLARTHERMIE. Saulės kolektorius [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-05-04]. Prieiga per: <http://www.solar-online-shop.com/sonnenkollektor-fka-270-h-al-cu.html>

SUNNY DESIGN WEB [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-05-05]. Prieiga per: <http://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home>

WAVE CYBER. Smėlinis filtras [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-04-02]. Prieiga per: <http://www.wave-cyber.com/Downloads.asp?ClassID=44>

WINCAPS by Grundfos [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2016-04-10]. Prieiga per: <http://wincaps-d.software.informer.com/download/>

TEISĖS AKTAI

EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA Nr. 2013/39/ES. *Dėl prioritetinių medžiagų vandens politikos srityje: 2013 m. rugpjūčio 12 d.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0039&from=LT>

EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA Nr. 2009/28/EB. *Dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją: 2009 m. balandžio 23 d.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-25]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20130701&from=LT>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl gamtos išteklių taupymo ir atliekų mažinimo planų rengimo metodinių rekomendacijų patvirtinimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2009 m. gegužės 5 d. Nr. D1-252.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-02]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=343495&p_query=&p_tr2

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2006 m. gegužės 17 d. Nr. D1-236.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-02-10]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F79C1136595E>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2010 m. balandžio 6 d. Nr. D1-275.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-14]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A2E8B0079BC9>

LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Dėl elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklių patvirtinimo: Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas: 2012 m. spalio 29 d. Nr. 1-211.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-10]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=436523&p_query=&p_tr2=2

LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Dėl vandens garo ir perkaitinto vandens vamzdynų įrengimo ir saugos eksploatavimo taisyklių patvirtinimo: Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas: 2009m. birželio 10 d. Nr. 1-82.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-10]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=346799&p_query=&p_tr2=

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Dėl Lietuvos higienos normos HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo: Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas: 2003 m. liepos 23 d. Nr.V-455.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-16]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc_l?p_id=216309

PRIEDAI

1 priedas. Vandens suvartojimas

1 lentelė. 2008 – 2013 metų Lietuvoje sunaudojamo vandens kiekiai skirtinguose sektoriuose

Vandens sunaudojimas, tūkst. m ³	Metai					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Energetikos reikmėms	4 444 907,4	5 125 443,7	3 639 144,8	2 780 828,8	2 710 012,1	2 604 199,5
Ūkio ir buities reikmėms	94 182,9	89 443,4	89 769,2	9 0038,3	89 257,4	97 404,4
Žuvininkystės reikmėms	74 856,5	73 329,3	61 908,5	58 160,9	55 617,1	54 826,5
Pramonės reikmėms	45 668,2	35 939,4	34 975,5	38 599,1	42 616,8	42 746,7
Žemės ūkio reikmėms	1 746,3	1 381,3	1 299,4	1 322,6	1 265,1	3 368,4
Kitoms reikmėms	4 438,6	4 176,1	4 619,3	4 520,7	2 611,4	2 514,7
Požeminis vanduo	119 258,4	111 444,2	111 426,8	110 884,7	109 155,7	113 270,6
Iš viso:	4 785 058,3	5 441 157,4	3 943 143,5	3 084 355,1	3 010 535,6	2 918 330,8

2 priedas. Vandens kokybės reikalavimai

1 lentelė. Šilumos tinklų papildymo vandens kokybės reikalavimai

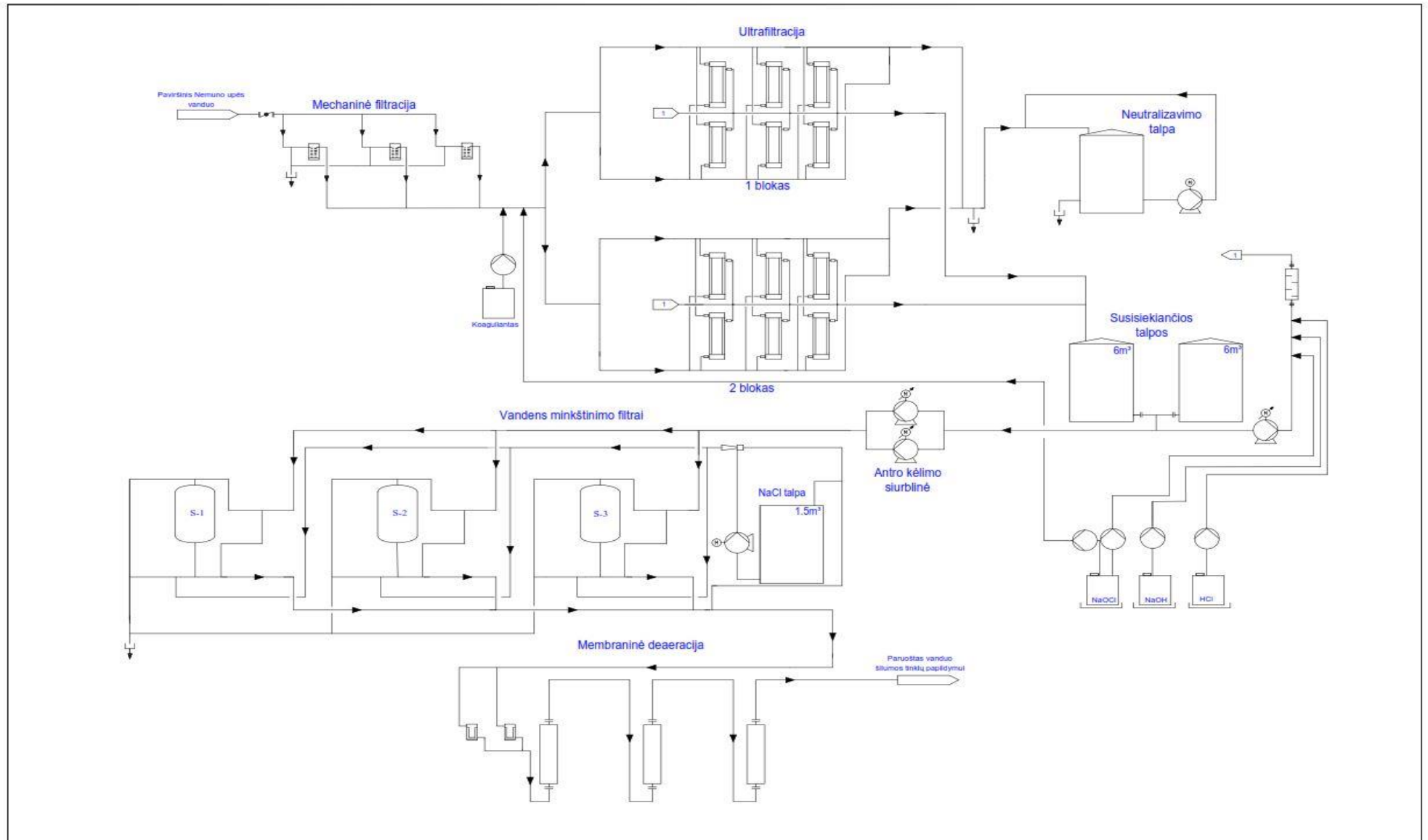
Nr.	Vandens rodiklis	Matavimo vienetai	Galiojantys reikalavimai
1.	Laisvoji anglirūgštė	mg/l	Turi nebūti
2.	Vandenilinis rodiklis		9,0 – 10,0
3.	Ištirpęs deguonis	μg/l	<20
4.	Suspenduotųjų medžiagų	mg/l	<5
5.	Naftos produktų	mg/l	<1

2 lentelė. Katilų maitinimo vandens kokybės reikalavimai

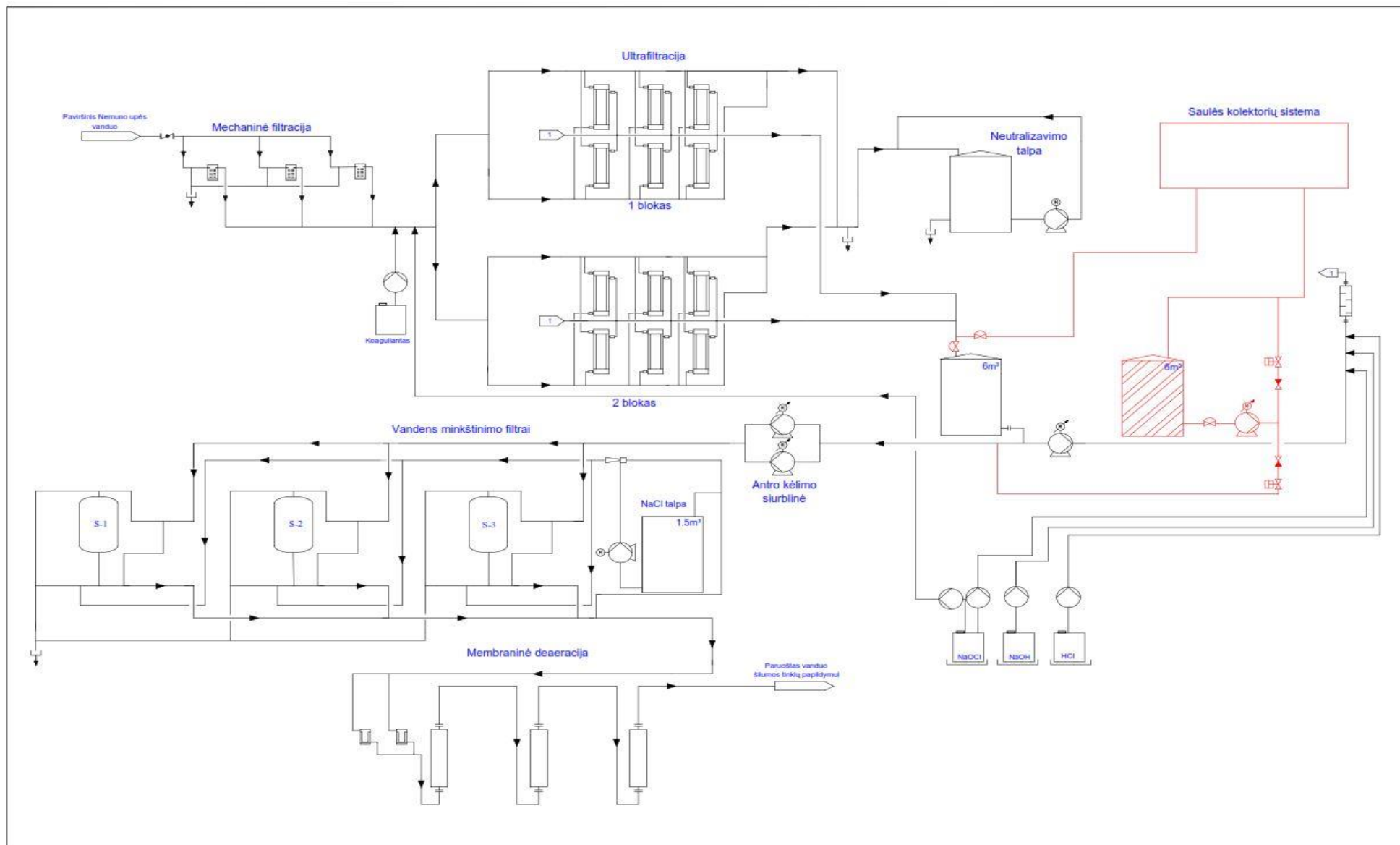
Nr.	Vandens rodiklis	Matavimo vienetai	Galiojantys reikalavimai
1.	Bendrasis kietumas	μg-ekv/l	0,2
2.	Silicio rūgštis	μg/l	<20
3.	Natrio junginiai	μg/l	<15
4.	Savitasis elektros laidis	μS/cm	<0,5
5.	Naftos produktai	mg/l	<0,1

3 priedas. Technologinės schemos

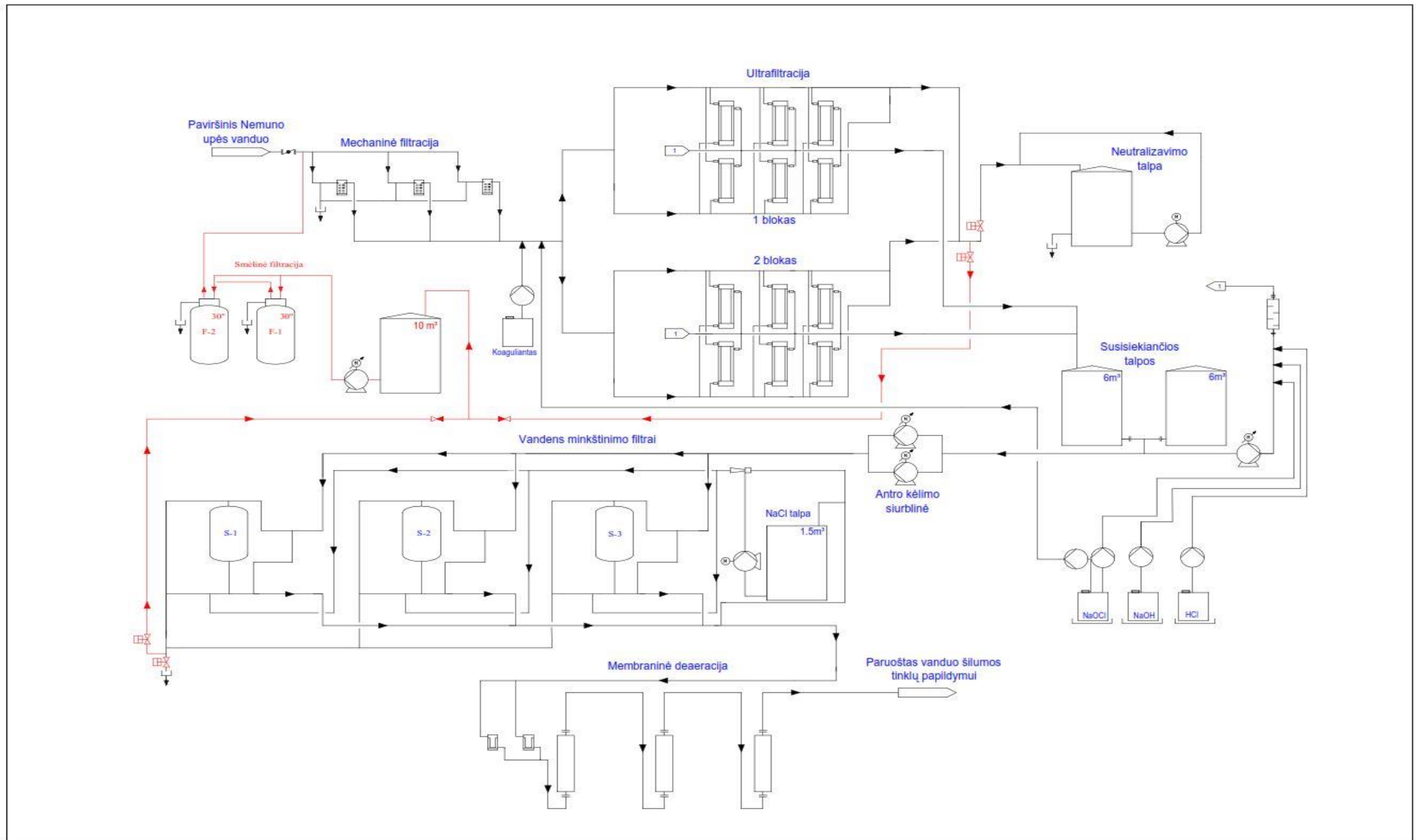
1 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui naudojamo paviršinio vandens paruošimo technologinė schema



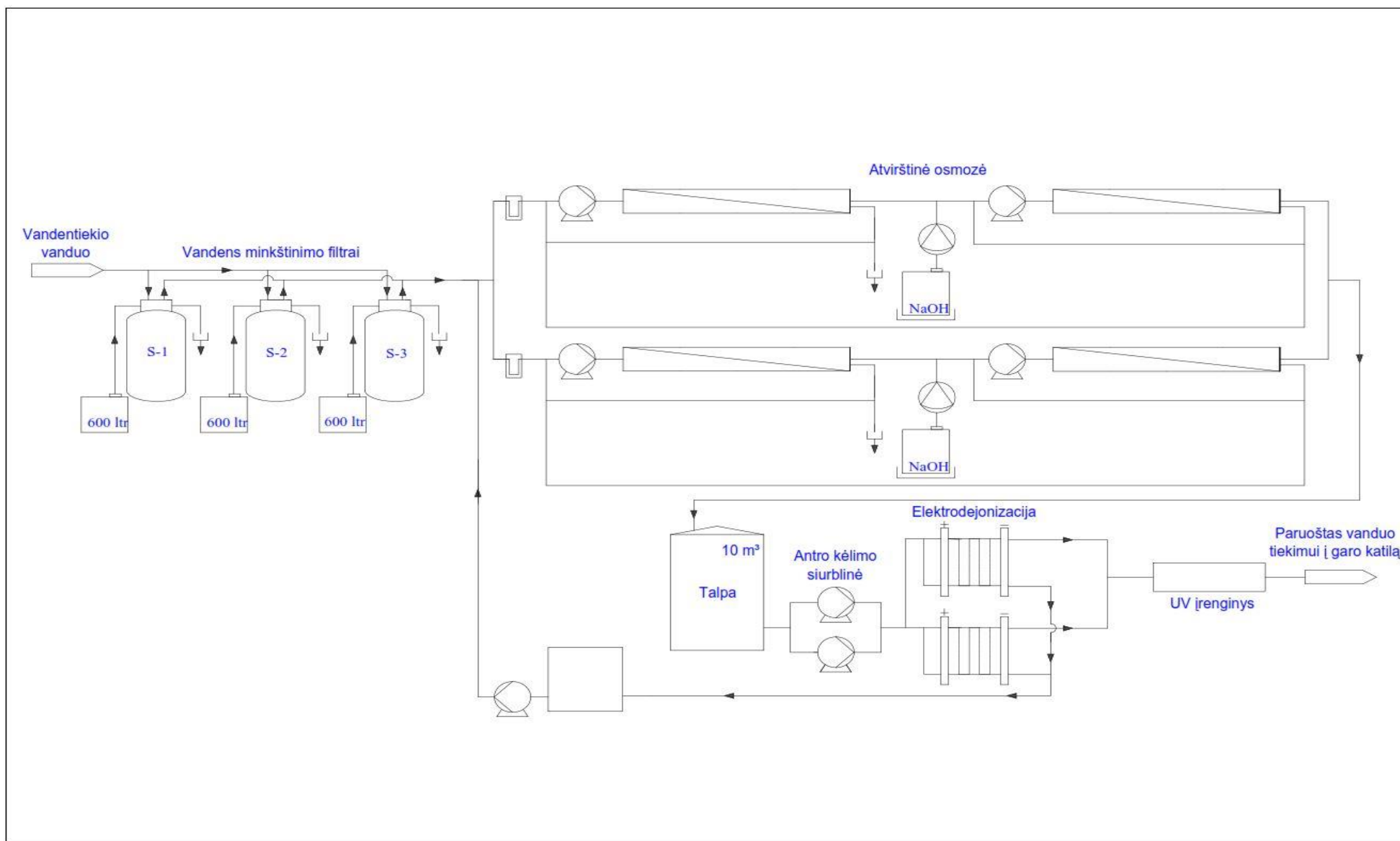
2 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui naudojamo paviršinio vandens paruošimo sistemoje integruota saulės kolektorių sistema



3 paveikslas. Šilumos tinklų papildymui naudojamo paviršinio vandens paruošimo sistemoje integruota vandens grąžinimo linija



4 paveikslas. Tiekimui į garo katilą naudojamam vandentiekio vandens paruošimo sistemos technologinė schema



4 priedas. Nuotekų užterštumas

1 lentelė. Leidžiamų išleisti į aplinką nuotekų užterštumas

Teršalo pavadinimas	DLK mom., mg/l	DLK vidut., mg/l	DLT paros, t/d	DLT metų, t/m.
Skendinčios medžiagos	230	230	0,06301	2,3
BDS ₇	230	230	0,06301	2,3
Naftos produktai	10	10	0,00027	0,1
Riebalai	50	50	0,00137	0,5
Chromas	0,5	0,5	0,00001	0,005
Cinkas	2	2	0,00005	0,02
Varis	1	1	0,00003	0,01
Geležis	5	5	0,00014	0,05
Nikelis	0,5	0,5	0,00001	0,005
Bendras azotas	7	7	0,00019	0,07
Bendras fosforas	20	20	0,00055	0,2
Arsenas	0,15	0,15	0,000004	0,0015
Kadmis	0,1	0,1	0,000003	0,001
Gyvsidabris	0,01	0,01	0,0000003	0,0001
Švinas	0,5	0,5	0,000014	0,005
Detergentai	10	10	0,00027	0,1

2 lentelė. Išleidžiamų nuotekų užterštumas

Teršalo pavadinimas	Matavimo vienetas	Vertė
Skendinčios medžiagos	mg/l	18
Sulfatai	mg/l	40
Chloridai	mg/l	82,8
BDS ₇	mgO ₂ /l	1,3
Bichromatinė oksidacija	mgO ₂ /l	26
Temperatūra	°C	11
pH		7,8
Naftos produktai	mg/l	<0,1

5 priedas. Daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija kWh/m², tenkanti horizontaliam paviršiui kiekvieną mėnesį ir per visus metus**1 lentelė. Daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija kWh/m², tenkanti horizontaliam paviršiui kiekvieną mėnesį ir per visus metus**

Vietovė	01 mėn.	02 mėn.	03 mėn.	04 mėn.	05 mėn.	06 mėn.	07 mėn.	08 mėn.	09 mėn.	10 mėn.	11 mėn.	12 mėn.	Metinė
Šilutė	15	33	72	106	154	169	161	143	96	55	16	9	1029
Nida	14	31	72	108	155	171	165	148	97	54	17	10	1042
Kaunas	16	35	72	99	146	155	150	138	90	52	16	21	976
Vilnius	16	34	69	93	142	146	142	136	84	50	17	10	939
Šiauliai	13	31	68	100	154	163	153	142	94	53	17	9	996
Klaipėda	12	31	67	102	155	168	161	147	94	53	16	8	1013
Utena	15	33	67	96	145	151	147	133	84	50	16	8	946
Biržai	8	27	65	96	148	156	151	135	83	46	9	2	926
Lazdijai	19	37	74	103	150	159	153	142	94	56	20	13	1021

6 priedas. AO vandens kokybė

1 lentelė. Į AO įrenginį tiekiamo vandens, koncentrato ir paruošto vandens parametrai

Ruošiamas srautas (koncentracija mg/l)						
Vandens rodiklis	Įėjimo srautas	Papildytas srautas		Koncentratas	Paruoštas vanduo	
		Pradinis	Pakartotinai naudojamas	Pirma pakopa	Pirma pakopa	Bendras
NH ₄ , NH ₃	0.04	0.04	0.06	0.18	0.00	0.00
K	2.20	2.20	3.53	9.31	0.44	0.44
Na	137.94	146.53	252.26	713.75	4.95	4.95
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₃	0.29	0.29	0.94	8.38	0.00	0.00
HCO ₃	366.03	366.03	629.32	1769.08	12.42	12.42
NO ₃	2.06	2.06	2.95	6.70	0.93	0.93
Cl	5.40	5.40	9.31	26.35	0.17	0.17
F	0.22	0.22	0.38	1.07	0.01	0.01
SO ₄	10.80	10.80	18.68	53.13	0.23	0.23
SiO ₂	16.10	16.10	27.88	79.32	0.31	0.31
CO ₂	40.46	40.46	40.42	43.51	40.94	40.93
TDS	541.08	549.67	945.32	2667.28	19.46	19.46
pH	7.20	7.20	7.41	7.77	5.80	5.80

7 priedas. Saulės elektrinės pagaminama elektros energija

1 lentelė. Saulės elektrinės pagaminama elektros energija (Utenos miestas)

Sistemos kampas=30°, orientacija=0°				
Mėnesis	E_d^2	E_m^3	H_d^4	H_m^5
Sausis	205.00	6350	0.77	23.7
Vasaris	522.00	14600	1.98	55.4
Kovas	807.00	25000	3.19	99.0
Balandis	1080.00	32500	4.57	137
Gegužė	1290.00	40000	5.62	174
Birželis	1250.00	37400	5.52	166
Liepa	1220.00	37800	5.46	169
Rugpjūtis	1080.00	33600	4.76	148
Rugsėjis	766.00	23000	3.24	97.2
Spalis	515.00	16000	2.08	64.6
Lapkritis	236.00	7070	0.91	27.4
Gruodis	122.00	3790	0.46	14.3
Metinis vidurkis	759	23100	3.22	98.0
Iš viso	277000		1180	

² E_d – vidutinė dienos 310 kW galios sistemos elektros gamyba, kWh;

³ E_m – vidutinė mėnesio 310 kW galios sistemos elektros gamyba, kWh;

⁴ H_d – vidutinė pilnutinė dienos saulės ekspozicija pagaminama 310 kW sistema, kWh/m²;

⁵ H_m – vidutinė saulės ekspozicija pagaminama 310 kW sistema, kWh/m².