

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Ugnė Čiplytė

**VANDENS IŠTEKLIŲ TAUPYMAS ŠVARESNEJE AZOTO TRĄŠŲ
GAMYBOJE**

Magistro darbas

Vadovas
Doc. dr. Irina Kliopova

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

**VANDENS IŠTEKLIŲ TAUPYMAS ŠVARESNEJE AZOTO TRĄŠŲ
GAMYBOJE**

Baigiamasis magistro darbas
Aplinkos vadyba ir švaresnė gamyba
Studijų programa 621H17002

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Irina Kliopova
(data)

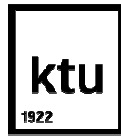
Recenzentas

(parašas) Doc. Daina Kliaugaitė
(data)

Projektą atliko

(parašas) Ugnė Čiplytė
(data)

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Cheminės technologijos

(Fakultetas)

Ugnė Čiplytė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos vadyba ir švaresnė gamyba 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

0 ____ . _____ ____ .
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Ugnės Čiplytė**, baigiamasis projektas tema „Vandens išteklių taupymas švaresnėje azoto trąšų gamyboje“ 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)

Čiplytė, U. Vandens išteklių taupymas švaresnėje azoto trąšų gamyboje. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas. Kaunas, 2015. 78 p.

SANTRAUKA

Azoto trąšų gamybos metu neracionaliai naudojant vandens išteklius ne tik mažėja Valstybinių gamtinių išteklių kiekis, bet ir susidaro kitos vandens naudojimą lydinčios aplinkosauginės problemos: nuotekų susidarymas, atliekos, elektros energijos sąnaudos ir kt.

Šio darbo tikslas - atlikti vandens taupymo Švaresnės gamybos (ŠG) inovacijų diegimo azoto trąšų gamyboje įvertinimą ir nustatyti jų įtaką aplinkosaugos veiksmingumui.

Tyrimui buvo naudojami Švaresnės gamybos trąšos prevencijos ir procesų integravimo metodai.

Atlikus AB „Achema“ azoto trąšų gamybos vandens – nuotekų srautų analizę buvo nustatytos pagrindinės aplinkos apsaugos problemos ir jų priežastys: neefektyvus vandens naudojimas dėl gamybos metu susidarančių nuotekų išleidimo į kanalizacijos tinklus ir atvirų apytakinių vandens ciklo sistemų.

Tyrimo metu buvo pasiūlytos trys ŠG inovacijos:

1. Nuotekų, susidarančių amoniako gamybos ceche, valymas ir reciklas;
2. Nuotekų, susidarančių karbamido gamybos ceche, valymas ir reciklas;
3. Uždaros apytakinio vandens ciklo sistemos.

Išanalizavus tyrimo rezultatus buvo nustatyta, kad įdiegus pasiūlytas inovacijas ne tik padidėtų aplinkosauginis veiksmingumas, bet ir būtų pasiekta akivaizdi ekonominė nauda: vandens suvartojimas sumažėtų 11 procentų, o susidarančių nuotekų kiekis - 78 procentų. Taip pat sumažėtų sunaudojamas cheminių medžiagų, naudojamų vandens paruošimui, kiekis, elektros energijos sąnaudos, gamtinių dujų, elektros energijos gamybai, sąnaudos ir netiesioginės išlajos į aplinkos orą. Inovacijos įmonei leistų sutaupyti 3,9 mln. eur/m.

Čiplyte U. Water resource-efficient for cleaner production of nitrogen fertilizers: Study programme 621H17002. Supervisor Dc. dr. I. Kliopova. Kaunas University of Technology, Institute of environmental engineering - Kaunas, 2015 – 78 p.

SUMMARY

Using water unreasonably in production of nitrogen fertilizers causes reduction of national water resources, as well as other concurrent environmental problems: formation of wastewater, waste, high electricity flow rate etc.

The objective of this work is to conduct an assessment of water saving Cleaner Production (CP) innovation implementation in production of nitrogen fertilizers and to identify their impact on environmental efficiency.

The research comprised methods of Cleaner Production pollution prevention and process integration.

The analysis of water – wastewater flow rates at AB „Achema“ nitrogen fertilizers production revealed the main environmental problems and their causes: inefficient use of water in production with due to wastewater release into sewerage and open circulation water cycle systems.

During the research, three innovations of Cleaner Production were suggested:

1. Cleaning and recycling wastewater in ammonia production workshop;
2. Cleaning and recycling wastewater in carbamate production workshop;
3. Closed circulation water cycle systems.

Analysis of the research revealed, that the implementation of the suggested innovations would increase the environmental efficiency and obvious economic benefit would be achieved: water usage rates would reduce in 11 %, wastewater flow rates – in 78 %. Innovations would allow reduction of chemicals, used for water preparation, electricity flow rates, natural gases, used for production of electricity, flow rates and indirect emissions into the environment. The innovations would allow saving 3.9 million Euro annually.

TURINYS

ĮVADAS.....	11
1. AZOTO TRĄŠŲ GAMYBA IR JOS REIKŠMINGI APLINKOSAUGINIAI ASPEKTAI....	13
1.1. Azoto trąšų gamyba	13
1.2. Azoto trąšų gamybos poveikis aplinkai.....	16
1.3. Azoto trąšų gamyba švaresnės gamybos link.....	18
2. NAUJAUSIŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ VANDENS TAUPYMO, GAMYBINIŲ NUOTEKŲ VALYMO SRITYSE ANALIZĖS REZULTATAI.....	20
2.1. Antrinis nuotekų panaudojimas, reciklai	20
2.2. Nuotekų, susidarančių azoto trąšų gamybos metu, valymo galimybės	21
2.2.1. Nuotekų, susidarančių azoto trąšų gamybos metu, valymas atvirkštinio osmoso būdu.....	27
3. TYRIMO METODIKA.....	34
4. AB „ACHEMA“ VANDENS PAĖMIMO IR SUNAUDOJIMO ANALIZĖ	42
4.1. AB „Achema“ vandens paėmimas ir naudojimas.....	42
4.3. AB „Achema“ gamybos metu susidarančios nuotekos	50
4.3.1. Nuotekų susidarymas Karbamido gamybos ceche	51
4.3.2. Nuotekų susidarymas amoniako gamybos ceche.....	52
4.3.3. Nuotekų susidarymas vandens apytakinio ciklo aušinimo sistemose.....	53
5. VANDENS TAUPYMO GALIMYBIŲ ĮVERTINIMASAZOTO TRĄŠŲ GAMYBOJE.....	55
5.1. Amoniako gamybos cecho inovacijos įvykdomumo analizė	55
5.2. Karbamido gamybos cecho inovacijos įvykdomumo analizė	60
5.3. Uždaros apytakinio vandens aušinimo sistemos inovacijos įvykdomumo analizė	64
5.4. Azoto trąšų gamybos aplinkosaugos veiksmingumo įvertinimas vandens išteklių naudojimo srityje	69
4.3. Azoto trąšų gamybos ekonominis įvertinimas vandens išteklių naudojimo srityje.....	71
IŠVADOS.....	72
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	75

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 2.1.1. **paveikslas.** Pakibusių kietųjų dalelių šalinimo kaštai pagal Newton ir Salt, 1994;
- 2.2.1. **paveikslas.** Nudruskinimo įrenginių naudojimas pasaulyje;
- 2.2.2. **paveikslas.** Membraninių valymo įrenginių porų dydis;
- 2.2.1.1. **paveikslas.** Principinė filtravimo atvirkštiniu osmosu schema;
- 3.1. **paveikslas.** Tyrimui naudojamas algoritmas bei taikomi moksliniai metodai;
- 3.2. **paveikslas.** Vandens išteklių valdymas švaresnėje azoto trąšų gamyboje;
- 4.1.1. **paveikslas.** AB „Achema“ geriamojo vandens paėmimo ir tiekimo schema;
- 4.1.2. **paveikslas.** Vandens paėmimas iš Neries upės ir naudojimas;
- 4.2.1. **paveikslas.** Vandens cheminis paruošimas amoniako gamybos ceche AM70;
- 4.2.2. **paveikslas.** Cheminio vandens paruošimos srautų balansas;
- 4.3.1.1. **paveikslas.** Nuotekų susidarymas karbamido forišgarinimo ir išgarinimo įrenginiuose;
- 4.3.1.2. **paveikslas.** Nuotekų susidarymas karbamido gamybos metu susidariusių dujų valymo įrenginiuose;
- 4.3.2.1. **paveikslas.** Nuotekos susidaranti amoniako gamybos ceche konvertuotų dujų valymo metu;
- 4.3.3.1. **paveikslas.** AB „Achema“ aušinimo sistemos konstrukcija;
- 5.1.1. **paveikslas.** Amoniako gamybos ceche susidarantių nuotekų valymo schema;
- 5.2.1. **paveikslas.** Karbamido gamybos ceche susidariusių nuotekų valymas;
- 5.3.1. **paveikslas.** Uždaros apytakinio vandens aušinimo sistemos veikimo schema;

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1.1. lentelė. Azoto trąšų gamybos ir pardavimų apimtys Lietuvoje 2013 m.;

1.1.2. lentelė. Chemikalų ir chemijos produktų gamybos BVP lyginant su bendru Lietuvos BVP ir apdirbamosios pramonės BVP 2008-2013 m.;

1.1.3. lentelė. AB „Achema“ gaminama produkcija ir gamybos cechai;

1.2.1. lentelė. 2007 – 2012 m. Lietuvoje paimto ir suvartoto vandens kiekiai;

1.3.1. lentelė. Chemikalų ir chemijos pramonės gaminių gamybos investicijos į ŠG prevencines inovacijas ir sutapomų lėšų įvertinimo rezultatai, 1993-2009;

1.3.2. lentelė. Vandens sąnaudų ir nuotekų kiekio mažinimas, diegiant ŠG prevencinius metodus (1993-2009);

2.2.1. lentelė. Vandens nudruskinimo kaina;

2.2.2. lentelė. Vandens ir nuotekų nudruskinimo įrenginių palyginimas;

2.2.1.1. lentelė. Nuotekų išvalymo efektyvumas naudojant atvirkštinio osmoso metodą;

2.2.1.2. lentelė. Nuotekų išvalymo efektyvumas naudojant biorektorių ir atvirktinį kosmosą;

2.2.1.3. lentelė. Pirminių nuotekų valymo įrenginių palyginimas;

3.1. lentelė. CO₂ taršos faktoriai;

4.3.1. lentelė. AB „Achema“ gamybinių nuotekų užterštumas;

5.1.1. lentelė. Vandens naudojimo procesų optimizavimo investicijų preliminarus įvertinimas;

5.1.2. lentelė. Nuotekų, susidarančių amoniako gamybos ceche, valymo projekto ir antrinio panaudojimo įdiegimo aplinkosauginės naudos bei sutaupomų lėšų įvertinimas;

5.2.1. lentelė. Vandens naudojimo procesų optimizavimo investicijų preliminarus įvertinimas;

5.2.2. lentelė. Nuotekų, susidarančių karbamido gamybos ceche, valymo projekto įdiegimo aplinkosauginės naudos bei sutaupomų lėšų įvertinimas;

5.3.1. lentelė. Uždaros vandens apytakinio ciklo(VAC5A; VAC10; VAC6) sistemos projekto įdiegimo aplinkosauginės naudos bei sutaupomų lėšų įvertinimas.

SANTRUPOS

KAS - Karbamido amonio salietros tirpalas;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

BSA – biologiškai skaidžios atliekos

MTEP - mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros

ŠATG - Išteklius tausojanti ir švaresnė azoto trąšų gamyba

BVP – bendras vidaus produktas;

MSF – daugiapakopis pliūpsnis;

RO – atvirkštinis osmosas;

MED – kelių poveikių distiliavimas;

VC – garų suspaudėjas;

ED – elektrodializė;

NF – nanofiltracija;

UF – ultrafiltracija;

MF – mikrofiltracija;

VRR – sumažėjusio tūrio lygis;

TOC – bendra organinė anglis;

TKN – bendras Kjeldalio azotas;

SDI - dumblo tankio indeksas

IVADAS

Vanduo – tai pagrindinė ir neatsiejama ekosistemos dalis, turinti tiek ekonominę tiek ir socialinę vertę, kurio kiekį ir kokybę nulemia jo vartojimo būdas.

Neracionalus vandens išteklių naudojimas yra tiesiogiai susijęs su kitomis lydinčiomis aplinkosauginėmis problemomis tokiomis kaip nuotekų susidarymas, atliekos, energijos sąnaudos, netiesioginės išlakos į aplinkos orą dėl elektros energijos vartojimo ir kt.

Pasikeitus ekonominėms ir socialinėms sąlygoms vienu iš priimtinausių ir racionaliausių vandens išteklių taupymo būdu tapo Švaresnės gamybos taršos prevencijos metodų taikymas. Švaresnė gamyba – tai prevencinė ir integruota aplinkos apsaugos vadybos strategija, kuri siekiant sumažinti pramonės poveikį žmonėms ir aplinkai, turi būti nuolat taikoma gamybos procesams ir produktams visą jų egzistavimo laiką.

Integruotas vandens išteklių valdymas ir pramoninė simbiozė užtikrina ne tik gamtinių išteklių taupymą, bet ir gali ženkliai sumažinti įmonės kaštus už vandens tiekimą, nuotekų tvarkymą, elektros energiją ir kitus.

Darbo objektas – Azoto trąšų gamyba.

Tyrimo tikslas – atlikti vandens taupymo Švaresnės gamybos (ŠG) inovacijų diegimo azoto trąšų gamyboje įvertinimą ir nustatyti jų įtaką aplinkosaugos veiksmingumui.

Uždaviniai:

1. Atlikti naujausių mokslinių tyrimų vandens taupymo, azoto trąšų gamybinių nuotekų valymo srityje analizę;
2. Pasiūlyti integruotą vandens valdymo sistemą azoto trąšų gamyboje;
3. Tyrimo objektui atlikti detalią vandens-nuotekų srautų analizę nustatant neefektivaus vandens išteklių naudojimo priežastis;
4. Naudojant ŠG taršos prevencijos metodus tyrimo objektui pasiūlyti vandens išteklių taupymo inovacijas ir atlikti jų įvykdomumo analizę;
5. Įvertinti siūlomų inovacijų daromą įtaką tyrimo objekto aplinkosaugos veiksmingumui.

Darbo teorinė ir praktinė nauda:

Pasiūlyta integruota vandens valdymo sistema, kurią galima panaudoti azoto trąšų gamybos įmonėms. Gauti santykiniai vandens išteklių naudojimo indikatoriai gali būti priklaikyti vertinant vandens išteklių taupymo galimybes kitose azoto trąšų gamybos įmonėse. Pasiūlytos inovacijos patrauklios ne tik aplinkosauginio veiksmingumo didinimu, bet ir turi akivaizdžią ekonominę naudą.

Darbo struktūra ir apimtis:

Magistro studijų baigiamojo darbą tema „Vandens išteklių taupymas švaresnėje azoto trąšų gamyboje“ sudaro: svarbiausios sąvokos ir jų apibrėžimai, įvadas, 4 skyriai, išvados, naudotos literatūros sąrašas. Apimtis – 78 puslapiai. Darbe pateikiama 17 paveikslų ir 18 lentelių.

1. AZOTO TRĄŠŲ GAMYBA IR JOS REIKŠMINGI APLINKOSAUGINIAI ASPEKTAI

1.1. Azoto trąšų gamyba

Azotas yra esminis gyvojo pasaulio cheminis elementas. Jis yra viena iš svarbiausių nukleino rūgščių, kurios apsprendžia gyvųjų organizmų genetines savybes ir enzymų, kurie kontroliuoja kiekvienos ląstelės metabolizmą, komponentas.

Pagrindinės pramonėje gaminamos azoto trąšos:

1. Vandeningas amoniako tirpalas;
2. Karbamidas;
3. Amonio salietra;
4. Karbamido amonio salietros tirpalas (KAS);
5. Kitos azoto trąšos.

Pagrindinės šalys, kuriose gaminamos azotinės trąšos, yra Kinija (34 proc.), Indija (10 proc.), JAV (9 proc.), Rusija (6 proc.) ir Ukraina (3 proc.) (Tarptautinė trąšų gamybos asociacija, 2015).

Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis 2013 metais Lietuvoje buvo pagaminta apie 1,5 mln. tonų azoto trąšų.

Lietuvoje iš visų azoto trąšų daugiausiai pagaminama karbamido amonio salietros tirpalo (KAS), produkcijos kiekis 2013 m. – beveik 256 tūkst. tonų. Beveik visa Lietuvoje pagaminta karbamido produkcija yra eksportuojama, Lietuvoje 2013 m. buvo parduota tik 8,6 procentų pagamintos produkcijos (Lietuvos Statistikos departamentas, 2014).

Vienos plačiausiai šalyje naudojamos azoto trąšos, amonio salietros (amonio nitratas), 2013 m. Lietuvoje buvo pagaminta apie 203 tūkst. t., iš kurių apie 67 procentus buvo eksportuota į kitas šalis.

Karbamido 2013 m. Lietuvoje buvo pagaminta apie 201 tūkst. tonų. Tik 28 procentai viso pagaminto karbamido parduodama kaip trąša, likusi dalis naudojama kaip žaliava tolimesnei kitu azoto trąšų gamybai (KAS, amonio salietrai ir kt.) (Lietuvos Statistikos departamentas, 2014).

1.1.1. lentelė. Azoto trąšų gamybos ir pardavimų apimtys Lietuvoje 2013 m. (Lietuvos Statistikos departamentas, 2014).

Produkcijos pavadinimas	Pagaminta	kg	Parduodama iš	Parduodama
-------------------------	-----------	----	---------------	------------

	N/m.	viso, kg N/m.	Lietuvos rinkoje, t/m.
Azoto rūgšties, sieros ir azoto rūgščių mišiniai	230817620	765364	765364
Bevandenis amoniakas	693194794	3295235	3232555
Vandeninis amoniako tirpalas	3295235	664656	475352
Karbamidas, kurio sudėtyje esantis azotas sudaro daugiau kaip 45 % sauso bevandenio produkto masės (išskyrus tablečių ar panašaus pavidalo arba pakuotėse, kurių masė neviršija 10 kg)	201490900	56690213	9985700
Amonio nitratas (išskyrus tablečių ar panašaus pavidalo arba pakuotėse, kurių masė neviršija 10 kg)	202790061	204856535	68002296
Amonio nitrato mišiniai su kalcio karbonatu, kurių sudėtyje esantis azotas sudaro ne daugiau kaip 28 %	122709090	122967473	7028738
Karbamido ir amonio nitrato mišiniai, turintys vandeninio arba amoniakinio tirpalo pavidalą (išskyrus tablečių ar panašaus pavidalo arba pakuotėse, kurių masė neviršija 10 kg)	255663360	269370345	22071419
Niekur kitur nepriskirtos mineralinės arba cheminės azoto trąšos	5445002	5502563	5502563

Lietuvoje 2013 m. chemikalų ir chemijos produktų gamybos bendra pridėtinė vertė sudaro apie 1,9 procentus nuo bendro Lietuvos BVP ir 9,4 procentus nuo apdirbamosios pramonės BVP. Pastebima, kad nuo 2011 metų chemikalų ir chemijos produktų sukurtas BVP lyginant su bendrojo Lietuvos BVP ir apdirbamosios pramonės sukuriamu BVP sumažėjo atitinkamai 13,3 procentų ir 16,7 procentų (Lietuvos Statistikos departamentas, 2014).

1.1.2. lentelė. Chemikalų ir chemijos produktų gamybos BVP lyginant su bendru Lietuvos BVP ir apdirbamosios pramonės BVP 2008-2013 m. (Lietuvos Statistikos departamentas, 2014).

BVP, proc.	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Lyginant su bendruoju BVP	1,83	1,38	1,74	2,18	2,1	1,89
Lyginant su apdirbamosios pramonės BVP	11,56	9,37	10,29	11,28	10,4	9,4

Lietuvoje pagrindinė azoto trąšų gamyba vykdoma AB „Achema“, įsikūrusioje Jonalaukio kaime, Jonavos rajone, šalia Neries ir Šventosios upių santakos. AB „Achema“ yra didžiausia azoto trąšų ir kitų pramoninių chemijos produktų gamintoja ne tik Lietuvoje, bet ir didžiausia tokio pobūdžio gamykla Baltijos šalyse (AB „Achema“, 2015).

Bendrovėje pagaminama ir realizuojama daugiau nei 2 mln. tonų trąšų. Kiek daugiau nei 15 proc. pagamintos produkcijos realizuojama Lietuvoje, likusi dalis eksportuojama į Prancūziją, Vokietiją, Beneliukso šalis, Didžiąją Britaniją, Skandinavijos šalis, JAV, Estiją, Latviją ir kitas šalis. AB "Achema" gamina daugiau nei 40 skirtingų produktų. Pagrindinė žaliava amoniako ir trąšų gamyboje yra gamtinės dujos. Kitoms produkcijos rūšims naudojamos 75 skirtingos cheminės medžiagos bei 18 skirtingu pagalbiniu cheminių medžiagų, neįeinančių į produkcijos sudėtį (AB „Achema“, 2015). AB „Achema“ gaminama produkcija ir gamybos cechai pateikti 1.1.3. lentelėje.

1.1.3. lentelė. AB „Achema“ gaminama produkcija ir gamybos cechai (AB „Achema“, 2015).

Cecho numeris	Gaminamo produkto pavadinimas
Organinių cheminių medžiagų gamyba	
A1	Formalino gamyba
A2	Metanolio gamyba M-130 (sustabdyta)
B1	Karbamido – formaldehidinių dervų gamyba
B2	Polivinilacetatinės dispersijos (PVAD) gamyba
B3	Priedų trąšoms gamyba
Neorganinių cheminių trąšų gamyba	
C1	Amoniako gamyba (AM70)
C2	Amoniako gamyba (AM80)

C3	Sauso ledo ir skystos angliarūgštės gamyba
C4	Deguonies ir azoto gamyba
E1	Amoniakos vandens gamyba
F1	Alumini sulfato gamyba
G1	Ammonio nitrato gamyba
G2	Skystų azoto trąšų (KAS) gamyba
G3	Karbamido gamyba
G4	Birių trąšų mišinių gamyba
G5	Kalcio-amonio nitrato gamyba
G6	Skystų kompleksinių trąšų gamyba

1.2. Azoto trąšų gamybos poveikis aplinkai

2014 m. KTU APINI mokslininkai įvykdė mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) projektą „Išteklius tausojanti ir švaresnė azoto trąšų gamyba (ŠATG)“, kuris buvo finansuojamas ir dr. Bronislovo Lubio vardo labdaros ir paramos fondo. Eksperimentui buvo pasirinkta azoto trąšų gamybos įmonė – AB „Achema“. Projekto tikslas buvo pasiūlyti įmonei švaresnės gamybos (ŠG) inovacijas bei nustatyti šių inovacijų įdiegimo įtaką žaliavų kritiškumui įmonės lygmenyje.

Pirminio ŠG įvertinimo metu buvo atlikta detali visų technologinių procesų medžiagų srautų analizė, nustatyti aplinkosaugos pažiūriu problemai taškai (Kliopova, Malinauskienė, 2014):

- milžiniškos gaminių dujų sąnaudos (iki 40 proc. nuo gamtinių dujų sąnaudų Lietuvoje), kurios naudojamos kaip žaliava, kaip energijos šaltinis ir teršalų į aplinkos orą sudeginimui fakeluose;
- didelis energijos intensyvumas amoniako gamyboje, kuris viršija GPGB rodiklius;
- azoto trąšų gamybos technologinių procesų metu išsiskiriančios šilumos energijos (perteklinės energijos) realizavimo problematika;

Taip pat nustatytos pagrindinės neefektyvios energijos naudojimo priežastys (Kliopova, Malinauskienė, 2014):

- Šilumos energijos nuostoliai pagalbiniuose procesuose, pvz.
 - o su išlakomis į aplinkos orą (T: nuo 200 iki 2900C);
 - o su aušinimo vandeniu atviruose vandens aušinimo sistemose;

- garo aušinimo metu;
- Neefektyvus aukštų parametru perteklinio garo naudojamas, pvz. šildant vandenį, šildant patalpas;
- Gamtinių dujų sunaudojamas išlakų į aplinkos orą sudeginimui;
- Žemas paleidimo katilų naudingumo koeficientas (iki 83 proc.) ir kt.

Švaresnei azoto trąšų gamybai pasiūlytos prevencinės inovacijos, kuriose integruoti ŠG ir pramoninės simbiozės metodai, įvertinta jų įtaka žaliavų kritiškumui azoto trąšų gamybos įmonės veiklos atžvilgiu bei išanalizuota inovacijų įtaka chemikalų ir chemijos produktų gamybos pramonės konkurencingumui ir žaliavų kritiškumui Lietuvoje.

Be kitos aplinkosauginės naudos ŠG inovacijų įdiegimas įmonės mastu leistų sumažinti gamtinių dujų sąnaudas – iki 1,44 mln. m³/m., (emisijų deginimu naudojant bio-dujas, modernizuojant paleidimo katilinę bei perduodant perteklinę šilumą naujoms planuojamoms ūkinėms veikloms), vandens sąnaudas – iki 30 tūkst. t/m., CO₂ emisijas – 2,7 tūkst. t/m. Taip pat įvertintas teigiamas poveikis regiono mastu: plečiant regiono ekonominę veiklą, planuojant naujas gamybas, neatsirastų naujų stacionarių oro taršos šaltinių; būtų tinkamai tvarkomos biologiškai skaidžios atliekos (BSA): artimiausių gyvulininkystės kompleksų, Jonavos miesto nuotekų valymo įrenginių dumblo, Jonavos savivaldybės viešųjų teritorijų žaliosios atliekos (Kliopova, Malinauskienė, 2014).

Studijos išvadose nustatytos gairės kitų galimų taršos prevencijos inovacijų diegimui, tarp kurių – vandens srautų uždarymas. Bet šios inovacijos reikalauja detalios analizės, kuri bus atlikta šiame darbe.

2012 m. buvo paimta 2 926 mln. m³ vandens (iš jo požeminio – 132 mln. m³). Lyginant su 2007 m. paimamo vandens kiekis 2012 m. sumažėjo 64,6 procentais. Pramonės sektoriuje 2012 m. buvo sunaudojama tik apie 1,5 proc. viso suvartojamo vandens kiekio. Nuo 2007 m. iki 210 m. vandens suvartojimas pramonėje sumažėjo apie 67 proc., tačiau nuo 2011 m. vandens išteklių vartojimo intensyvumas pradėjo didėti. Daugiausia vandens, t. y. 2 710 mln. m³ (93,4 proc.), suvartota energetikos reikmėms. Ne energetikos reikmėms 2012 m. vandens suvartota 191 mln. m³ , iš jo pramonės reikmėms – 22,3 proc., buities – 46,6 proc., žemės ūkio reikmėms – 0,7 proc., žuvininkystės tvenkiniams – 29,1 proc., kitoms reikmėms – 1,3 proc.

1.2.1. lentelė. 2007 – 2012 m. Lietuvoje paimto ir suvartoto vandens kiekiai (Lietuvos Statistikos departamentas, 2014).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Paimta iš viso, mln. m³/m.	4528,3	4698,0	5360,2	3860,2	2999,6	2925,6
Suvargota iš viso mln. m³/m.	4494,5	4665,8	5329,7	3831,7	2973,5	2901,4
Suvargota pramonėje, mln. m³/m.	52,3	45,7	36,0	35,0	38,6	42,6
Nuotekų kiekis iš viso, mln. m³/m.	4519,0	4687,1	5358,4	3874,6	3017,4	2938,5

1.3. Azoto trąšų gamyba švaresnės gamybos link

1994-2009 m. KTU APINI ir VŠĮ „Subalansuotos pramonės plėtros centas“ dėka buvo įdiegta 177 ŠG inovacijos (13 inovacijų įdiegtos Chemikalų ir chemijos pramonės gaminių gamybos įmonėse (6 įmonės) (žr. 1.3.1. lentelę) (Staniškis et al., 2010). Didžiosios investicijos buvo nukreiptos būtent į procesų optimizavimo inovacijas kurių diegimas be kitos aplinkosauginės naudos leido sumažinti 15,6 tūkst. m³/m. vandens ir nuotekų.

1.3.1. lentelė. Chemikalų ir chemijos pramonės gaminių gamybos investicijos į ŠG prevencines inovacijas ir sutapomų lėšų įvertinimo rezultatai, 1993-2009 (Staniškis et al., 2010)

ŠG prevencinis metodas	Įėjimų pakeitimas ir geras ūkininkavimas		Technologijos pakeitimas		Procesų optimizavimas		Pakartotinas atliekų panaudojimas		Atliekų perdirbimas	
	I, tūkst. Lt	S, tūkst. Lt/m.	I, tūkst. Lt	S, tūkst. Lt/m.	I, tūkst. Lt	S, tūkst. Lt/m.	I, tūkst. Lt	S, tūkst. Lt/m.	I, tūkst. Lt	S, tūkst. Lt/m.
Ūkio sektoriai:										
Visi ūkio sektoriai	9 778	3 722	17 593	8 157	33 151	22 044	10 564	6 550	7 810	3 881
Chemikalų ir chemijos pramonės gaminių gamybos			70	162	465	1 198	966	341		

Pastaba: I – investicijos, tūkst. Lt/m.; S – sutaupomos lėšos, įdiegus ŠG inovacijas, tūkst. Lt/m.

Visų ŠG inovacijų įdiegimo aplinkosauginė nauda vandens - nuotekų srityje pateikta 1.3.2. lentelėje.

1.3.2. lentelė. Vandens sąnaudų ir nuotekų kiekio mažinimas, diegiant ŠG prevencinius metodus (1993-2009) (Staniškis et al, 2010)

Nr.	Taikomas prevencinis metodas	Sumažėja vandens sąnaudų, tūkst., m ³ /m.		Sumažėja pramoninių nuotekų kiekis, tūkst., m ³ /m.	Sumažėjo pramoninių nuotekų tarša, t/m.
		vandentiekio	pramoninio		
1	Geras ūkininkavimas	2,7	27,7	30,3	0,6
2	Gaminio modifikavimas				0,05
3	Įėjimų pakeitimas	1,5	25,6	13,2	0,6
4	Procesų optimizavimas	264,2	376,2	626,0	513,0
5	Technologijų pakeitimas	27,0	34,1	57,5	6,5
6	Pakartotinas atliekų panaudojimas	26,6	25,4	52,0	
7	Atliekų perdirbimas			-5	
		322	489	774	521

AB „Achema“ yra viena iš pirmųjų Lietuvos įmonių, kurioje dar 1995 m. buvo įdiegta ŠG inovacija „Dujų analizatoriaus diegimas azoto rūgšties konversinės reakcijos į azotą optimizavimui“. Įdiegus inovaciją buvo sutaupyta apie 500 t/m. metano, sumažintos NO_x išlakos į aplinkos orą bei prailgintas katalizatorių tarnavimo laikas.

2005-2006 metais APINI, kartu su AB „Achema“ specialistais įvertino ŠG projekto įdiegimo galimybes bendrovėje. Vertinimo metu buvo atlikta azoto rūgšties ceche išmetamų N₂O emisijų į aplinkos orą mažinimo alternatyvų įvykdomumo analizė ir pasiūlyta NO₂ dekompozicija reaktoriaus viduje įdiegiant antrinę katalizatorių (Kasmauskis, 2006). Inovacijos įdiegimas leido ženkliai sumažinti ŠESD emisijas į aplinkos orą ir 2013 m. laimėti verslo įmonių konkurse „Pasiekimai aplinkosaugoje 2012“.

Kitos azoto trąšų gamybos įmonėje įdiegtos aplinkosaugos inovacijos, kuriose taikomi taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodai:

- Atliekų antrinis panaudojimas:
 - Amonio salietros gamybos proceso bazinio kondensato valymas ir panaudojimas azoto rūgšties gamyboje (nuo 2005 m.);
- Produkto modifikavimas:
 - Azoto trąšų su gamtiniais mineralais gamyba (nuo 2008 m.);

- Procesų optimizavimas:
 - o Amoniako gamybos cecho Nr.1 rekonstravimas, mažinant gamtinių dujų sąnaudas neenergetinėms reikmėms (2011 m.);
 - o Energijos gamybos efektyvumo didinimas, įdiegiant 47 MW kogeneracinę jėgainę Nr.2. Veikiant kartu su 21 MW kogeneracine jėgaine Nr.1 (2004 m.), jos visiškai aprūpina įmonę elektros energija (gamtinių dujų sąnaudų mažinimas - iki 22%).

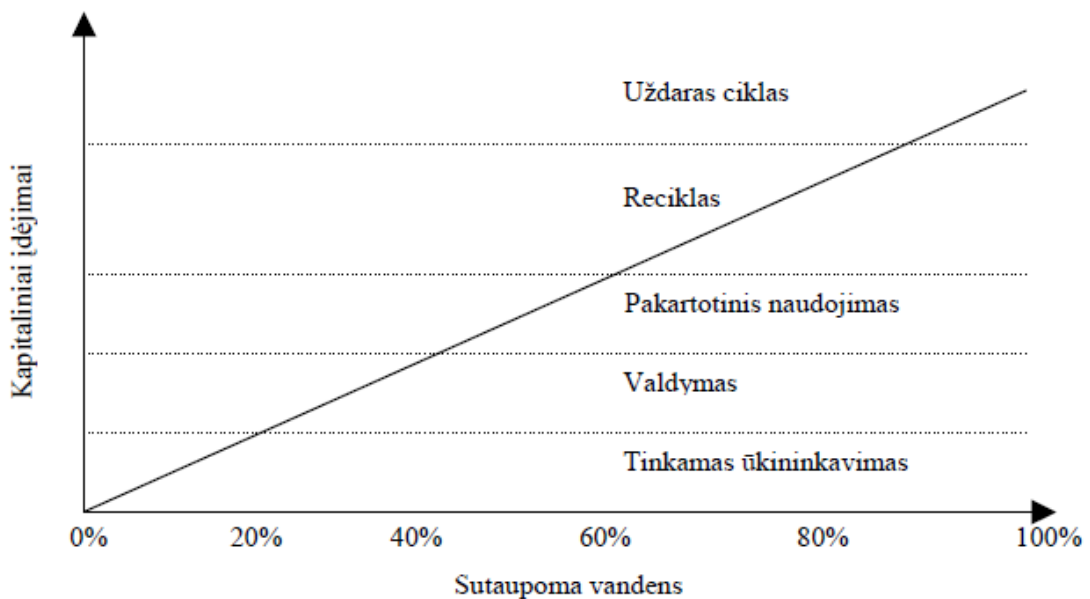
2. NAUJAUSIŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ VANDENS TAUPYMO, GAMYBINIŲ NUOTEKŲ VALYMO SRITYSE ANALIZĖS REZULTATAI

2.1. Antrinis nuotekų panaudojimas, reciklai

Stašiskienė ir Dvarionienė (2002) teigia, kad pakartotinis vandens panaudojimas, vandens reciklai ir uždari vandens reciklai yra pažangūs metodai leidžiantys tausoti vandens išteklius.

Vandens valdymas turi būti nagrinėjamas keliais lygiais:

1. racionalus vandens naudojimas;
2. pakartotinis vandens naudojimas;
3. vandens reciklas;
4. uždarų vandens reciklų sukūrimas.



2.1.1. paveikslas. Pakibusių kietųjų dalelių šalinimo kaštai pagal Newton ir Salt, 1994 (Stašiskienė, Dvarionienė, 2002).

Zhang (2012) pasiūlė procesų integravimo būdus amoniakinių trąšų gamyboje susidarančių nuotekų užterštumo mažinimui:

1. Skysto amoniako atgavimas distiliuojant praskiestą amoniakinį tirpalą. Iš nuotekų galima pašalinti daugiau nei 99,6 proc. amoniakinio tirpalo, todėl visas vanduo gali būti antrą kartą panaudojamas. Šis būdas taikomas didelėms amoniakinių trąšų gamykloms ypač kai galutinis produktas yra skystas amoniakas ir karbamidas;

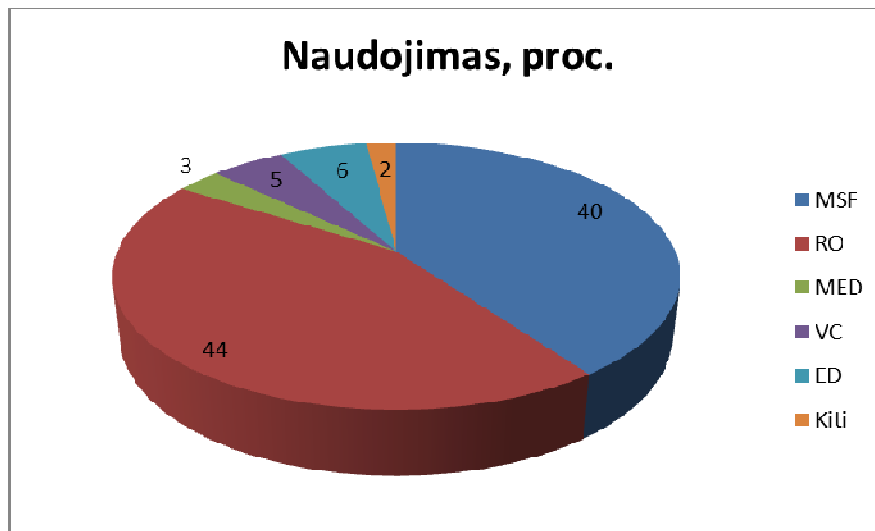
2. Cirkuliacinė aušinimo sistema, naudojant bedruskį vandenį sistemos papildymui. Nuotekų kiekis smажėja nuo 5 iki 25 t/tNH₃.

Abou-Elela et.al. (2007) atliktoje studijoje, teigia, kad cheminių trąšų pramonėje įdiegus uždaro ciklo aušinimo sistemą būtų galima antrą kartą panaudoti 100 procentų susidarančių nuotekų.

Kliopovos ir Staniškio (2006) atliktoje studijoje buvo nustatyta, kad garo katilo kondensato reciklas ir panaudojamas metalo padengimo procesuose (nikeliavime), įgalina sutaupyti iki 45 proc. įmonėje techninėms reikmėms naudojamo vandens.

2.2. Nuotekų, susidarančių azoto trąšų gamybos metu, valymo galimybės

Šiuo metu yra sukurta daug vandens ar nuotekų nudurkinimo technologijų, kurios veikia terminiais, membraniniais, šaldymo ir elektrodializininiais metodais. Khawaji ir kiti (2008) teigia, kad pramonėje naudojami du pagrindiniai vandens ar nuotekų nudurkinimo įrenginiai - tai daugiapakopio pliūpsnio ir atvirkštinio osmoso. Vandens nudurkinimo, taikant atvirkštinį osmosą, technologijų naudojimas nuo 1960 m. iki 2001 m. padidėjo iki 51 procento, o iki 2003 m. išaugo iki 75 procentų.



Paiškinimai: MSF – daugiapakopis pliūpsnis; RO – atvirkštinis osmosas; MED – kelių poveikių distiliavimas; VC – garų suspaudėjas; ED – elektrodializė.

2.2.1. paveikslas. Nudruskinimo įrenginių naudojimas pasaulyje (Greenlee et. al., 2009).

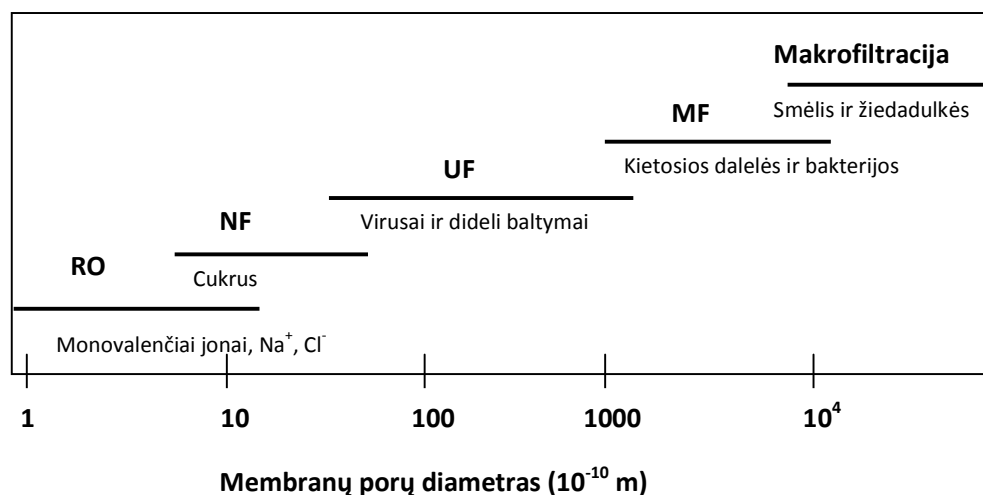
Vandens nudruskinimo procesas gali būti skirstomas į du pagrindinius metodus:

1. terminį, kai vanduo kaitinamas iki virimo temperatūros, paverčiant jį garais;
2. membraninį, kai naudojant membraną tirpalas pasidalina į dvi zonas švarų vandenį (filtratą) ir koncentratą.

Taikant membraninius procesus žymiai sumažėja energijos sąnaudos, pvz., distiliuojant 1 m³ jūros vandens terminiu būdu reikia 230 MJ energijos, iššaldant – 28,4 MJ, o taikant atvirkštinį osmosą tik 13,3 MJ. Membraninius filtravimo procesus būtų galima suskirstyti į tris grupes:

1. atvirkštinis osmosas, kai membranų porų spindulys mažesnis nei 3 nm, filtravimui naudojamas slėgis nuo 1 iki 25 MPa;
2. nanofiltraciją;
3. ultrafiltracija, kai membranų porų spindulys nuo 3 iki 100 nm, naudojamas slėgis – nuo 0,1 iki 2,0 MPa;
4. mikrofiltracija, membranų porų spindulys nuo 0,1 iki 10 μm, slėgis – 0,01 – 0,1 MPa (Greenlee et. al., 2009).

Atvirkštinio osmoso membranos gali pašalinti mažesnius teršalus, vienavalenčius jonus, nei kitos membranos įskaitant nanofiltraciją, ultrafiltraciją ir mikrofiltraciją. Skirtingų membraninių valymo įrenginių porų dydis ir išvalomi teršalai pateikti 2.2.2. paveikslėlyje.



Paiškinimas: RO – atvirkštinis osmosas; NF – nanofiltracija; UF – ultrafiltracija; MF - mikrofiltracija

2.2.2.. paveikslas. Membraninių valymo įrenginių porų dydis(Greenlee et. al., 2009).

Vandens nudruskinimo kaina priklauso nuo trijų pagrindinių rodiklių: valomo vandens ar nuotekų druskos koncentracijos; energijos kainos ir įrenginio dydžio. Esant didelei druskos koncentracijai vandenyje pailgėja vandens išvalymo laikas todėl kaina padidėja. Jūros vandens nudruskinimas yra tris arba keturis kartus brangesnis nei sūroko vandens. (Karagiannis, Soldatos, 2008).Energijos sunaudojimas gali sudaryti apie 50-70 procentų visos vandens nudruskinimo kainos (Dore, 2005).

2.2.1. lentelė. Vandens nudruskinimo kaina (Karagiannis et. al., 2008).

Nudruskinimo metodas	Įrenginio dydis (m ³ /d)	Kaina eur/m ³
MED	<100,0	2,00 - 8,00
	12000-55000	0,76 - 1,56
	>91000	0,42 - 0,81
MSF	23000 - 528000	0,42 - 1,40
VC	1000 - 1200	1,61 - 2,13
RO		
Lengvai sūrus vanduo	<20	4,50 - 10,32
	20-1200	0,62 - 1,06
	40000 - 46000	0,21 - 0,43

Jūros vanduo	<100	1,20 – 15,00
	250 - 1000	1,00 – 3,14
	1000 - 4800	0,56 – 1,38
	15000 - 60000	0,38 – 1,30
	100000 - 320000	0,36 – 0,53

Paaiškinimai: MED – kelių poveikių didtiliavimas; MSF – daugiapakopis pliūpsnis; VC – garų suspaudėjas; RO – atvirkštinis osmosas.

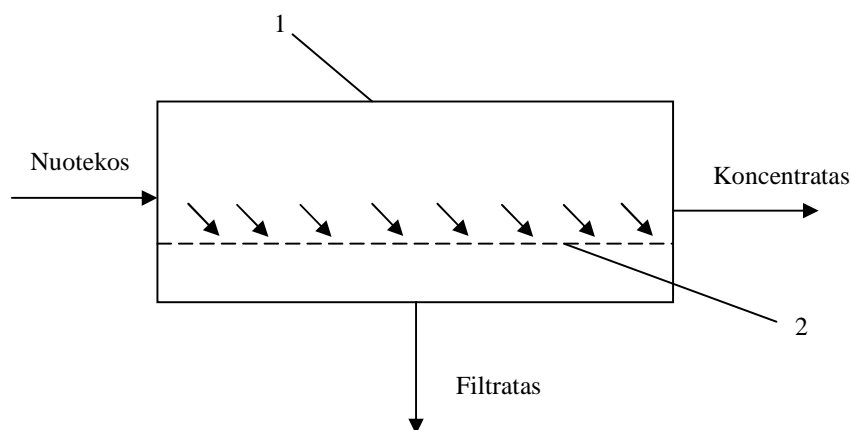
2.2.2. lentelė. Vandens ir nuotekų nudruskinimo įrenginių palyginimas (Europos Komisija, 2006)

	Jonų mainai	Nanofiltravimas	Atvirkštinis osmosas	Išgarinimas
Taikymas	Druskų tirpalams, taip pat ir sunkiųjų metalų tirpalams. Galima regeneracija.	Pasiekti didelį švarumo laipsnį tolimesniam vandens regeneravimui ir pakartotinam panaudojimui. Padidinti teršalų koncentraciją toliau sekančiam valymui. Galima regeneracija.	Pasiekti didelį švarumo laipsnį tolimesniam vandens regeneravimui ir pakartotinam panaudojimui. Padidinti teršalų koncentraciją toliau sekančiam valymui. Galima regeneracija.	
Taikymo apribojimai	Vengti didelės joninės jėgos. Temperatūra ribojama iki 60°C. Korozinės medžiagos pažeidžia dervą.	Netinka koncentracijoms esant per dideliame osmosiniam slėgiui. Žemas atsparumas temperatūrai ir cheminėms medžiagoms.	Netinka koncentracijoms esant per dideliame osmosiniam slėgiui. Žemas atsparumas temperatūrai ir cheminėms medžiagoms.	Venkite putojančių medžiagų.
Ištekliai	Regeneravimo skystis. Biologinius veiksniai slopinančios medžiagos. Energija siurbliams.	Cheminės medžiagos valymui. Energija: 1-3 kWh/m ³ Slėgio nuostoliai: 0,5-3 Mpa	Cheminės medžiagos valymui. Energija: 1-3 kWh/m ³ ; Slėgio nuostoliai: 2-100 MPa;	Cheminės medžiagos, jei reikalingas pirminis apdorojimas. Garas: 5-16 kg vandens/kg garo. Energija.

Poveikis aplinkos terpėms	Susidaro didelės koncentracijos druskų nuosėdos, kurias galima regeneruoti kaip skystas atliekas arba šalinti.	Koncentratą reikia toliau valyti, pvz., jonų mainų būdu.	Susidariusį koncentratą reikia toliau valyti, pvz., jonų mainų būdu sudarant sąlygas tolimesniam regeneravimui.	Gali tekti valyti susidariusį kondensatą. Sklindantis triukšmas.
Pasiekiamas veiksmingumo rezultatas (teršalų pašalinimo %)	80-90	>90	Arti 100	Visiškai pašalinamos druskos
Pasiekiami išleidžiamų teršalų lygiai [mg/l]	0,1-10	Labai žemas (arti nulio)	Labai žemas (arti nulio)	-

2.2.1. Nuotekų, susidarantių azoto trąšų gamybos metu, valymas atvirkštinio osmoso būdu

Atvirkštinis osmosas, kitaip dar vadinamas hiperfiltracija - tai perskyrimo procesas, kai filtruojant medžiagas per pusiau laidžias membranas praleidžiamas skiediklis, o sulaikoma jame ištirpusi medžiaga. Pernaša pro atvirkštinio osmoso membraną kontriliuojama difuzijos pagalba. Atvirkštinio osmoso pernašos mechanizmas vadinamas tirpalas – difuzija. Šiame mechanizme vandens pernaša per atvirkštinio osmoso membraną skirstoma į tris žingsnius: absorbcija ant membranos paviršiaus; difuzija per membranių sluoksnį; desorbicija nuo vandens filtrato membranos paviršiuje. Kai valomas vanduo yra absorbuojamas ant membranos paviršiaus vandens koncentracijos gradientas (Khawaji et. al., 2008). Atvirkštinio osmoso metodas plačiai naudojamas vandens nudruskinimui, taip pat vandens paruošimui šiluminėse elektrinėse, puslaidininkų gamyboje (Subramani, Jacangelo, 2014).



Paiškinimai: 1 – Filtravimo įrenginio korpusas; 2 – pusiau laidži membrana

2.2.1.1. paveikslas. Principinė filtravimo atvirkštinio osmosu schema.

Atvirkštinio osmoso valymo įrenginių veikimas iš esmės skiriasi nuo filtravimo proceso. Filtruojant vandenį arba nuotekas, kurie yra kaip heterogeninės sistemos, tenka sulaikyti skirtingo dispartiškumo suspenduotas daleles. Atvirkštinio osmoso metu paprastai apdirbiamos homogeninės sistemos – tai tikrieji tirpalai, kuriuose sulaikomos medžiagos yra molekulių arba jonų pavidalo. Tai pagrindiniai bruožai lemiantys atvirkštinio osmoso ir filtravimo procesų skirtingumą pagal slėgius ir filtruojamų medžiagų tipus. Taip pat svarbus skirtumas yra tai, kad filtruojant vandenį arba nuotekas sulaikomos nuotekos pasiekia ant filtro paviršiaus arba jo viduje, o atvirkštinio osmoso valymo

įrenginiuose sulaikomos medžiagos nepasilieka nei ant filtravimo medžiagos nei jos viduje (Khawaji et. al., 2008).

Lee ir kiti (2011) teigia, kad atvirkštinio osmoso efektyvumas priklauso nuo naudojamų membranų. Valomų nuotekų srautas priklauso nuo membranos poringumo, membranos frakcijos tūrio, kuris yra laisvas ir gali sulaikyti skystį, ir atstumo kurį molekulė turi nukeliauti per membraną padalinto iš membranos storio. Membranos dažniausiai yra gaminamos iš sintetinių polimerų, celiuliozės bei poliamidų. Membranos charakterizuojamos pagrindiniais trimis parametrais:

1. sulaikymo koeficientu;
2. skvarbumu;
3. atsparumu.

2.2.1.1. lentelė. Nuotekų išvalymo efektyvumas naudojant atvirkštinio osmoso metodą (Vourch et. al., 2006).

Teršalai	Atvirkštinio osmoso išvalymo efektyvumas		
	Bandinys 1	Bandinys 2	Bandinys 3
VRR	6,8	17	13
TOC	99,8	99,8	99,9
Laidumas	97,8	97,5	97,2
TKN	-	96,3	95,9
HPO ₄ ²⁻	>95,5	>99,6	>99,9
Mg ²⁺	>99,8	>98,6	>99,5
Ca ²⁺	>99,6	>98,0	>99,3
Na ⁺	98,7	94,4	96,8
K ⁺	98,3	87	87
Cl ⁻	98,3	-	98,1
Laktozė	99,7	99,5	99,8

2.2.1.2. lentelė. Nuotekų išvalymo efektyvumas naudojant bioreaktorių ir atvirktinį osmosą (Bohdziewicz, Sroka, 2005).

Teršalai	Nuotekų užterštumas po bioreaktoriaus (g/m ³)	Nuotekų užterštumas po atvirkštinio osmoso (g/m ³)	Atvirkštinio osmoso išvalymo efektyvumas (proc.)
ChDS	76,00	10,80	85,80
BDS5	10,00	5,00	50,00

Bendras fosforas	3,60	0,09	97,50
Bendras azotas	13,00	1,30	90,00

Paiškinimai: VRR – sumažėjusio tūrio lygis; TOC – bendra organinė anglis; TKN – bendras Kjeldalio azotas.

Nuotekų valymo taikant atvirkštinį osmosą privalumai:

1. nėra perėjimo fazių, atskiriant priemaisais;
2. procesas vykdomas kambario temperatūroje;
3. Nereikalingos papildomos cheminės medžiagos.

Atvirkštinio osmoso metodo naudojimą riboja, tai, kad prieš valant nuotekas atvirkštinio osmoso būdu, jos turi būti paruošiamos. Valomos nuotekos turi turėti kaip įmanoma mažiau mechaninių priemaišų ir, priklausomai nuo naudojamos membranos tipo, turi būti ribojama ištirpusių cheminių medžiagų koncentracija (Henthorne, Boysen, 2015).

Atvirkštinio osmoso membranos kaina ir eksploatacinės savybės priklauso nuo šių faktorių:

1. Koncentruotos poliarizacijos. Koncentruotos poliarizacijos efektą lemia tripalo adsorbcija ir želinio sluoksnio formavimasis ant membranos paviršiaus, kurį sukelia padidėjęs osmosinis slėgis membranoje ir sumažėjęs filtrato tėkmės srautas. Koncentruotos poliarizacijos efektas gali būti dviejų tipų: netrukdomas ir visiška depoliarizacija su vienodu pasiskirstymu. Kitaip tariant hidrofobinės makromolekulės formuoja želinį sluoksnį dėl kurio stipriai sumažėja praeinamo srauto kiekis, o hidrofilinės makromolekulės suformuoja poliarizacijos sluoksnį, kuris sukelia minimalų srautų sumažėjimą (Kim et al., 2009).

2. Užsiteršimo. Pagrindinis atvirkštinio osmoso membranos užterštumo mechnaizmas – membranos paviršiaus užteršimas. Paviršiaus užteršimas gali priklausyti nuo daugelio teršalų, pvz. suspenduotų dalelių (organinių ir neorganinių), ištirpusių organinių dalelių, ištirpusių kietųjų dalelių ir biogeninių medžiagų (Kim et al., 2009).

Pats svarbiausias faktorius veikiantis atvirkštinio osmoso membraną yra jos užteršimas, lemiantis didesnę įrenginio eksploatacijos kainą. Membranos užsiteršimas lemia filtrato tėkmės sumažėjimą vykdamas nuolatinės darbo sąlygas. Pastebėjus filtrato tėkmės sulėtėjimą dažniausiai restauruojant membraną originalus laidumas pasiekiamas nebus, membrana turi būti pakeičiama nauja. Membranos paviršiaus užsiteršimą dažniausiai lemia natūrali organinė medžiaga, koliodai ir bioplėvelė

susidaranti dėl bakterijų augimo. Taip pat membranos užterštumą gali sąlygoti druskų nusėdimas ant membranos paviršiaus, pvz. kalcio karbonatas (CaCO₃), kalcio sulfatas (CaSO₄), silicio dioksidas (SiO₂), geležies hidroksidas (Fe(OH)₃). Todėl mažesnis valomų teršalų kiekis nuotekose ar vandenyje sumažintų tikimybę užteršti membraną (Kim et al., 2009).

3. Cheminio valymo. Chemikalai naudojami atvirkštinio osmos membranos valymui nuo užteršimo. Cheminiam valymui naudojamos cheminės medžiagos alkanai (NaOH), rūgštys (citrinos rūgštis arba H₂PO₄), etileno diamino tetraacetatai, chloras (Cl₂) ir paviršiaus aktyviosios medžiagos/detergentaipanaikina natūralias organines medžiagas, rūgštis, neorganines nuoviras, CaSO₂, bioplėvelę, koliodus (Kim et al., 2009).

Cheminio valymo efektyvumą lemia naudojamų chemikalų tipas ir kiekis. Valymo agentų koncentracija, kuria pasiekiamas aukščiausias išvalymo efektyvumas, laikoma optimalia koncentracija. Membranos išvalymas skirstomas į du būdus: valymas vietoje ir valymas neprisijungus.

4. Valomo vandens kokybės ir druskingumo. Tam, kad būtų pasiektas aukščiausias filtrato atgavimo lygis, valomas vanduo turi būti aukšto kokybės, t. y. turėti kaip įmanoma mažiau kietųjų dalelių. Pagrindiniai priimtino vandens kokybės indikatoriai yra dumblo tankio indeksas (SDI), drumstumas ir suspenduotųjų kietųjų dalelių (SS) koncentracija. Priimtinas atvirkštinio osmoso membranos SDI yra lygus arba mažesni nei 3. Kuo mažesnė paminėtų indikatorių reikšmė ir mažesnis valomo vandens druskingumas tuo filtrato atgavimo lygis yra didesnis (Kim et al., 2009).

Vandens kiekis, kuriuo būtų užteršta membrana nusakomas naudojant dumblo tankio indeksą (SDI), kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$SDI = \frac{100\% \times (1 - \frac{t_1}{t_2})}{t}$$

kur:

t – bendras srauto praėjimo laikas;

t₁ ir t₂ – laikas, kurio reikia filtruoti 500 ml vandens iš pradžių ir atitinkamai po t minučių, s.

5. Valomo vandens temperatūra. Atvirkštinio osmoso membranos laidumas druskoms yra jautrus valomo vandens ar nuotekų temperatūrai. Valomas vanduo ar nuotekas su sąlyginai aukšta

temperatūra lemia padidėjusi druskų pralaidumą kadangi termodinamika padidina druskų osmosinį slėgį (Kim et al., 2009).

6. Išvalytų nuotekų atgavimas ir druskų praėjimas. Atvirkštinio osmoso membranos savybės lemia didžiausią filtrato atgavimo kiekį ir mažiausią druskos pralaidumo lygį (Kim et al., 2009).

Prieš valant nuotekas atvirkštinio osmoso būdu naudojami pirminiai nuotekų valymo įrenginiai sumažina membranos užsiteršimo galimybę, padidina suspenduotųjų kietųjų dalelių ir ištirpusių organinių medžiagų pašalinimą (Henthorne, Boysen, 2015, Joo, Tansel, 2015). Autorius pirminio nuotekų valymo įrenginius skirsto į du tipus: tradicinius ir netradicinius. Tradicinis pirminis nuotekų valymas gali apimti visus arba keletą žemiau išvardintų procesų:

1. Didelių dalelių pašalinimas naudojant šiurkščiavilnius koštuvus;
2. Chloravimas;
3. Flotacija arba flokuliacija;
4. Vandens minkštinimas kalkinimo įrenginyje;
5. Filtracija;
6. Šarmingumo mažinimas, pH kontrolei;
7. Nukalkinimas;
8. Laisvo chloro pašalinimas natrio bisulfitu ar aktyviaja anglimi;
9. UV spinduliuotėl
10. Suspenduotų kietųjų dalelių šalinimas naudojant filtravimo kasetę (Jamaly et. al., 2014).

Netradicinius pirminio valymo įrenginius galima suskirstyti į tris grupes: ultrafiltraciją, mikrofiltraciją ir nanofiltraciją.

2.2.1.3. lentelė. Pirminių nuotekų valymo įrenginių palyginimas (Europos Komisija, 2006).

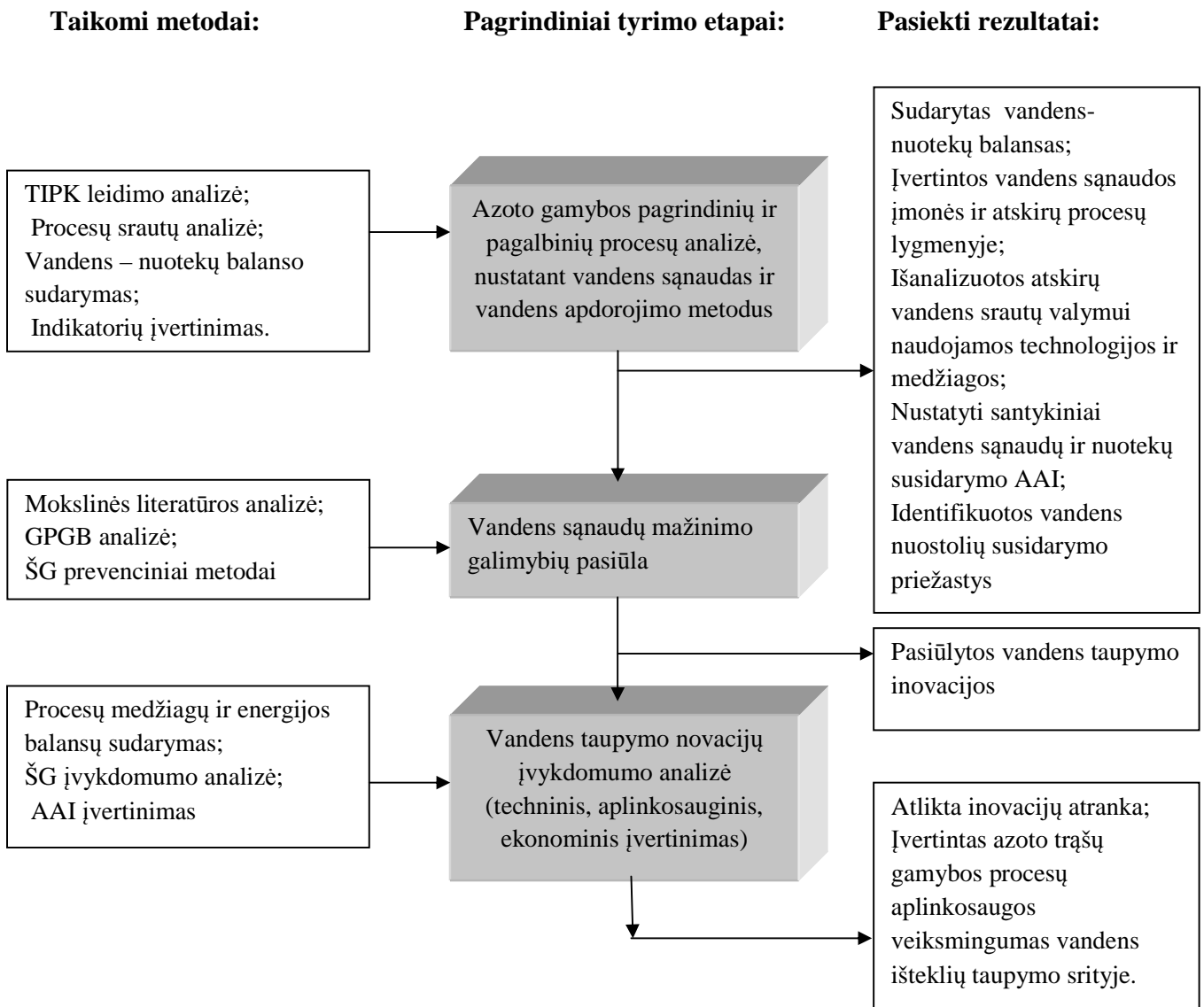
	Nusodinimas	Flotacija	Filtracija	Mikrofiltravimas/ultrafiltravimas
Tikslas	Technologinio vandens nuskaidrinimas nuo skendinčių medžiagų arba nuosėdų	Technologinio vandens nuskaidrinimui, kai negalima taikyti nusodinimo būdo.	Galutinis atskyrimo etapas po nusodinimo arba flotacijos oru siekiant pasiekti mažą skendinčių medžiagų kiekį šalinamose nuotekose.	Nuotekų nuskaidrinimas iki pilno skendinčių medžiagų pašalinimo prieš nukreipiant jas į sekančius valymo įrenginius,
Taikymas	Kietųjų medžiagų atskyrimui nuotekose. Iš principo skendinčios medžiagos gali būti regeneruojamos.	Nenusodintų skendinčių medžiagų ir naftos produktų bei tepalų atskyrimui. Atskirtos medžiagos gali būti regeneruojamos.	Kietųjų medžiagų pašalinimui iš nuotekų srautų. Medžiagų regeneravimo galimybė priklauso nuo naudojamų filtrų tipo.	Visų kietų dalelių, koloidinių dalelių, bakterijų, virusų atskyrimui. Labai tinkamas medžiagų regeneravimui.
Taikymo apribojimai	Dalelės turi būti tinkamos nusodinimui (pakankamo dydžio). Skendinčių medžiagų ribos neapibrėžtos. Netinkamas stabiloms emulsijoms	Nenaudoti putojimą skatinančių medžiagų. Neribojama patenkančių valomų medžiagų koncentracija, bet netinka neišskaidytiems naftos produktams	Vengti kietų medžiagų dispersijų ir gleivingų kietųjų medžiagų. Didelė apkrova skendinčiomis medžiagomis užkemša įrangą.	Membranų medžiagos yra labai jautrios cheminėms medžiagoms. Patenkančių skendinčių medžiagų kiekis turi būti nedidelis, kad neperkrautų įrengimų ir jų neužkimštų.
Ištekliai	Cheminės medžiagos: 0,5-100 g/m ³ Energija: 0,5-1,5 kW (kai talpos skersmuo 25-35 m)	Suspaustas oras: 0,53-0,55 m ³ /m ³ Flokuliantas: 2,4-4,7 kg/t skendinčių medžiagų Energija: 20,6 kWh/1000m ³	Filtravimo priemonės. Slėgio nuostoliai. Energija.	Apkalkėjimą ir biologinių apnašų susidarymą slopinančios medžiagos ir valymui skirtos cheminės medžiagos. Energija priklausomai nuo srovės greičio ir slėgio nuostolių: 2-20 kWh/m ³ (MF) ¹ 1-10 kWh/m ³ (UF) ¹

				Slėgis: 0,02-0,5 Mpa (MF) 0,2-1 Mpa (UF).
Poveikis aplinkos terpėms	Dumblo šalinimas. Triukšmas, sklindantis iš siurblių bei dumblą ir putas šalinančių sistemų. Skleidžiami kvapai (pvz., LOJ), kai talpa neuždaryta.	Dumblo šalinimas. Triukšmas, sklindantis iš siurblių ir orapūčių. Skleidžiami kvapai (pvz., LOJ), kai talpa neuždaryta yra didesni, nei nusodinimo atveju.	Dumblo valymas ir šalinimas. Uždari filtrus gali tekti sujungti su dujinių atliekų mažinimo sistemomis.	Nuosėdų šalinimas. Triukšmas, sklindantis iš siurblių.
Pasiekiamas veiksmingumo rezultatas (teršalų pašalinimo %)	Skendinčios medžiagos: 60-90 nusodinamos kietosios medžiagos: 90-95.	Skendinčios medžiagos: 85-98 HM sulfidai: 95 valymo stabilumas didesnis, kai patenkanti srautas yra nepastovus	Priklausomai nuo filtro terpės ir filtravimo priemonių skendinčios medžiagos: 50-99,99	Skendinčios medžiagos arti 100.
Pasiekiami išleidžiamų teršalų lygiai [mg/l]	Skendinčios medžiagos <10	Skendinčios medžiagos: 180-20 Naftos produktais 2-10	Skendinčios medžiagos <10 Laisvi naftos produktai: <5	-

3. TYRIMO METODIKA

Objektas – Azoto trąšų gamybos procesuose sunaudojami vandens srautai ir jų valdymas. Eksperimentinis vertinimas atliktas Lietuvos azoto trąšų gamybos įmonėje AB Achema.

Tyrimui naudojamas algoritmas bei taikomi moksliniai metodai pateikti 3.1 paveiksle. Algoritmo sudarymui buvo adaptuota Švaresnė gamybos koncepcijos diegimo pramonės įmonėse metodika (Staniškis et al, 2002).



3.1. paveikslas. Tyrimui naudojamas algoritmas bei taikomi moksliniai metodai

Siekiant išanalizuoti azoto gamybos pagrindinius ir pagalbinius procesus, vandens sąnaudas ir vandens apdorojimo metodus, buvo apžiūrimos patalpos, gamybos technologijos, bendraujama su įmonėje dirbančiu personalu. Taip pat dalyvaujama kasdieninėje gamybinėje veikloje, stebimi ir analizuojami gamybos procesai ir ypatumai.

AB "Achema" vykdoma ūkinė veikla priskirtina TIPK 1-jo priedo įrenginiams. Remiantis įmonės pateikta 2007 m. TIPK paraiška ir leidimaisbuvo sudarytas vandens-nuotekų balansas, įvertintos vandens sąnaudos įmonės ir atskirų procesų lygmenyje, išanalizuotos atskirų vandens srautų valymo technologijos ir naudojamos medžiagos, nustatyti santykiniai vandens sąnaudų ir nuotekų susidarymo aplinkosauginiai indikatoriai bei identifiкуotos vandens nuostolių susidarymo priežastys. Atlikus mokslinės literatūros, Geriausių prieinamų gamybos būdų ir Švaresnės gamybos prevencinių metodų analizę bendrovei buvo pasiūlytos vandens sąnaudų mažinimo galimybės.

Medžiagų ir energijos balansas naudojamas gamybos procesų masės ir energijos srautų kiekybiniam ir kokybiniam įvertinimui (*Staniškis, Kliopova, kt., 2010*).

Vandens-nuotekų balansas buvo sudaromas vadovaujantis pagrindiniais procesų modelio formavimo principais.

Balanso principas:

Kaupimas = Įvediniai - Išvediniai + Gamyba – Sunaudojimas

Masės ir energijos balanso principas:

Masės pokytis = Įvedinių masės pokytis + Generuojamos masės pokytis – Išvedinių masės pokytis – Suvartojamos masės pokytis

Pasirinktai inovacijai buvo atlikta įvykdomumo analizė: techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas. Atliekant aplinkosauginį įvertinimą, bus sudaryti procesų medžiagų ir energijos balansai, ŠG įvykdomumo analizė bei aplinkosauginių indikatorių įvertinimas. Šiame etape įvertinamas azoto trąšų gamybos procesų aplinkosaugos veiksmingumas vandens išteklių taupymo srityje.

Šilumos energijos kiekis reikalingas atšaldyti aušinimo vandenį apskaičiuotas pagal šią formulę:

$$Q = C \times m \times (t_2 - t_1) \quad (3.1.)$$

čia:

C – vandens savitoji šiluma – 4200 J/(kg 0C);

M – vandens kiekis, kg.

Išlakų (NO_x, CO, KD) į aplinkos orą vertinimui naudojama metodika: Teršalų, išmetamų į atmosferą iš pagrindinių technologinių mašinų gamybos įrenginių, normatyviniai rodikliai. Charkovas, 1997 (Tomas I). 1 paragrafas „Kuro deginimas“. 1.2 punktas „Metodinės gairės, vertinant teršalų išmetimus į aplinkos orą, deginant nedideliuose kurą deginančiuose katiluose.

Anglies monoksidas (CO)

$$G_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), t / m. \quad (3.2)$$

čia

B – sudegintų gamtinių dujų kiekis, tūkst. nm³;

q₄ – šilumos nuostoliai dėl nevisiško mechaninio kuro sudegimo, q₄ = 0,5 %;

C_{co} – anglies monoksido kiekis, išsiskiriantis degant kurui, kg/tūkst. nm³:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_z = 8,445 \text{ kg/tūkst. nm}^3$$

čia

q₃ – šilumos nuostoliai dėl nevisiško cheminio sudegimo, q₃ = 0,5 %;

R – koeficientas, įvertinantis šilumos nuostolius dėl CO buvimo dūmuose, R = 0,5;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, kJ/nm³, gamtinių dujų Q_z = 33,78 MJ/nm³.

Azoto oksidai (NO_x)

$$G_{NOx} = 0,001 \cdot B \cdot Q_z \cdot K_{NOx} \cdot (1 - \beta), t / m. \quad (3.3)$$

čia

B – sudegintų gamtinių dujų kiekis, tūkst.nm³;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, kJ/nm³, gamtinių dujų Q_z = 33,78 MJ/nm³;

K_{NOx} – koeficientas, apibūdinantis azoto oksidų išlakas, kg/t sąlyginio kuro, K = 0,1;

β – koeficientas, apibūdinantis azoto oksidų išlakų sumažėjimą dėl techninių sprendimų, β = 0.

CO₂ išlakos į aplinkos orą vertinama metodika (Kliopova et al, 2014)

$$T = B \times T_f \quad (3.4)$$

čia

T - CO₂ kiekis (t/m.);

B – sunaudotas kuro kiekis, vnt./m.;

T_f – taršos faktorius, t CO₂/vnt.

Taršos faktorius T_f kiekvienam deginamam kurui yra vertinamas pagal formulę:

$$T_f = Q_z \times T_{sef} \times O / 1000 \quad (3.5)$$

čia

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, GJ/vnt.;

T_{sef} - taršos santykinis energetinis faktorius (kg CO₂/GJ);

O - oksidacijos koeficientas, proc.

Gamtinių dujų CO₂ taršos faktorius T pateiktas lentelėje žemiau.

3.1. lentelė.CO₂ taršos faktoriai.

Kuro rūšis	Vienetai	¹ Q _z	² T _{sef}	Oksidacijos koeficientas	T _f
		GJ/vnt.	kg CO ₂ /GJ		t CO ₂ /vnt.
Gamtinės dujos	tūkst. nm ³	33,49	56,9	0,995	1,8961

Informacijos šaltiniai:

¹2008-07-31 Statistikos departamento prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės generalinio direktoriaus įsakymu Nr. DĮ-154 patvirtintos Kuro ir energijos balanso sudarymo metodikos 4 priedas.

²Lietuvos 2008-2013 m. šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos ataskaitų I priedas „Nacionaliniai taršos faktoriai energetikos sektoriuje“.

Toliau nustatomi aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI), kurie naudojami įrenginio aplinkosauginiam veiksmingumui įvertinti ir informacijai pateikti sprendimams priimti tinkama forma. Indikatoriai padeda parodyti, kaip laikui bėgant keičiama aplinkos apsaugos būklė. Jie gali būti išreikšti tiek absoliutiniais, tiek santykiniais dydžiais (*Kliopova, 2002*).

Santykiniai indikatoriai parodys vandens, nuotekų, žaliavų, energijos sąnaudų (t.y. įrenginio medžiagų ir energijos įvedinių ir išvedinių srautų kokybinės išraiškos) pagaminti produkcijos vienetą, pvz.: t/t, kWh/t, m³/t (Kliopova, 2002).

$$AAI = K(t) / G(t); \quad (3.6.)$$

Čia

AAI – įrenginio aplinkos apsaugos indikatorius;

$K(t)$ – sunaudotos žaliavos, papildomos medžiagos, energijos, vandens, susidariusių nuotekų, atliekų, taršos (su nuotekomis) kiekis per fiksuotą laikotarpį, pvz., t/m, m³/m, MWh/m.;

$G(t)$ – faktinis per fiksuotą laikotarpį pagaminamos produkcijos kiekis (m²/m).

Planuojamos inovacijos aplinkosauginio veiksmingumo rodiklis, pvz., AAV – skirtumas tarp aplinkos apsaugos indikatorių prieš inovacijos įdiegimą ir planuojamo ją įdiegus:

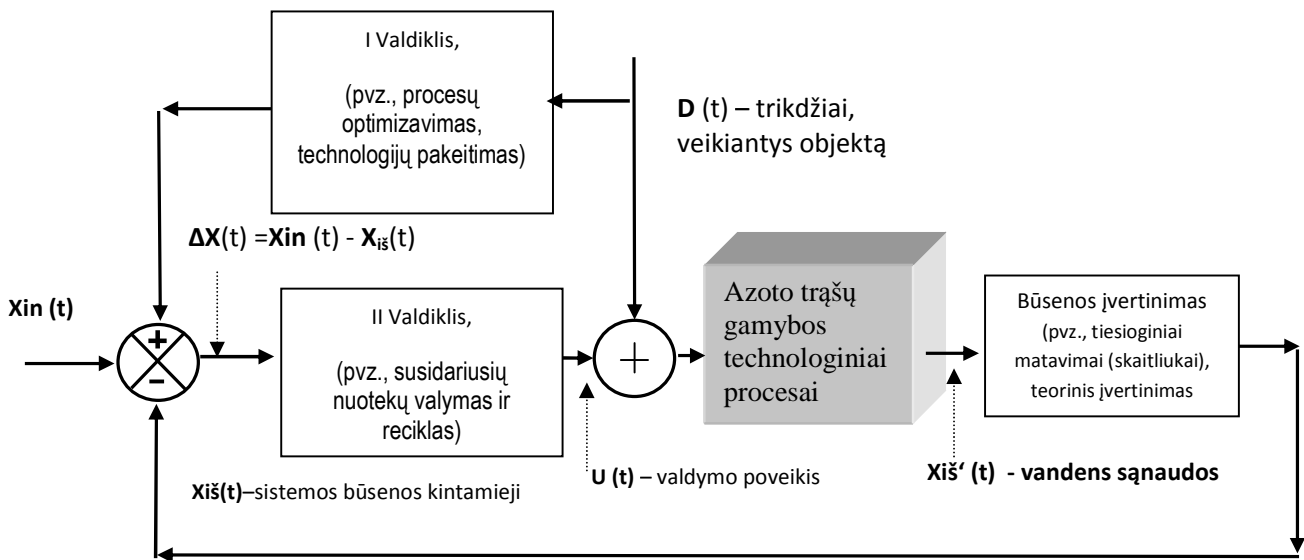
$$AAV = AAI_{prieš} - AAI_{po(planas)}; \quad (3.7.)$$

čia

$AAI_{prieš}$ – aplinkos apsaugos indikatorius prieš aplinkos apsaugos inovacijos įdiegimą.

$AAI_{po(planas)}$ – planuojamas aplinkos apsaugos indikatorius, įdiegus inovaciją.

Vandens išteklių taupymo švaresnėje azoto trąšų gamyboje metodiką galima pavaizduoti, naudojant Procesų valdymo švaresnėje gamyboje metodiką (Kliopova, 2002, Kliopova & Staniškis, 2004), kurioje panaudoti sistemų teorijos principai (Staniškis et al, 2002).



3.2. paveikslas. Vandens išteklių valdymas švaresnėje azoto trąšų gamyboje

Valdymo sistemos objektas – azoto trąšų gamybos technologiniai procesai.

$X_{i\bar{s}}(t)$ – darbe analizuojamas aplinkosaugos aspektas – vandens ištekliai, t.y.

$X_{i\bar{s}}'(t)$ – vandens sąnaudos gamybos tikslams (*į produktą*), m^3/m . arba m^3/t pagamintos produkcijos (PP);

$X_{i\bar{s}}'(t)$ - vandens sąnaudos aušinimo tikslams (*vandens papildymas dėl išgaravimų atviruose aušinimo sistemose*), m^3/m . arba m^3/t pagamintos produkcijos (PP).

$X_{i\bar{s}}'(t)$ - vandens sąnaudos energetinėms reikmėms (*garo gamybai*), m^3/m . arba m^3/t pagaminto garo (PG);

$X_{i\bar{s}}'(t)$ – vandens sąnaudos buitinėms reikmėms, m^3/m . arba $m^3/darbuotojui$;

$X_{i\bar{s}}(t)$ – tiesioginiu ir netiesioginiu būdu išmatuoti (įvertinti, nustatyti) objekto būsenos auščiau paminėti kintamieji (vandens sąnaudos įvairiems tikslams).

Valdant objektą, būsenos kintamiesiems nustatomos kitimo ribos – apribojimai, pvz.:

$$X_{i\bar{s}1}(t)_{\min.} \leq X_{i\bar{s}1}(t) \leq X_{i\bar{s}1}(t)_{\max.},$$

Analizuojamo objekto apribojimai nustatyti TIPK paraiškose *Vandens dalyse* nenumato jokių taupymo galimybių.

Pavyzdžiui, amoniako produkto gamyboje

$Xi_1'(t) \leq 3889520 \text{ m}^3/\text{m. arba } 10 \text{ m}^3/\text{t}$ gaminamo amoniako

Vandens apytakinių aušinimo ciklų vandens sąnaudos apribojamos nuostolių rodikliais: nuo 1,35 iki 1,8 proc. nuo vandens kiekio sistemose.

Šiame darbe siūloma vandens išteklių valymo sistema, kurios pagrindiniu tikslu būtų minimizuoti vandens išteklių sąnaudas gamybai bei aušinimui, pvz., sumažinti vandens sąnaudas gamybai 75 proc., aušinime – 10 proc.

$X_{in1}(t) \rightarrow 25\% X_{iš1}(t)$;

$X_{in1}(t) \rightarrow 90\% X_{iš2}(t)$

D(t) – trikdžių, veikiančių objektą arba aplinkos poveikio gamybos procesams vektorius. Būtent dėl trikdžių veikimo atsiranda objekto būsenos kintamųjų nukrypimai nuo nustatytų tikslų (apribojimų) (Kliopova, 2002). Analizuojamame objekte pagrindiniai trikdžiai, dėl kurių atsiranda didelės vandens sąnaudos, nustatytos darbe: atviros aušinimo sistemos, vandens apskaitos prietaisų nebuvimas, nedideli mokesčiai už vandens gamtinius išteklius ($0,025 \text{ eur}/\text{m}^3$), technologinių procesų reikalavimas, perteklinės šilumos energijos realizavimo problemos, kt.

Mažinti nustatytų reikšmingų aspektų poveikį aplinkai, siūloma integruoti du ŠG prevencinius būdus: procesų optimizavimas ar technologijos pakeitimas, mažinant vandens sąnaudas, pvz. aušinimo ciklų uždarymas dėl ko neatsiranda išgaravimų (I valdiklis – *valdymo sprendimas*) bei susidariusių nuotekų valymas ir reciklas (II valdiklis – *valdymo sprendimas*) (Kliopova, 2002, Kliopova & Staniškis, 2004).

Pirmuoju atveju tai būtų trikdžių kompensavimo sistema, kurios įdiegimas leistų minimizuoti vandens sąnaudas produkcijos vienetui. Antruoju atveju - grįžtamo ryšio valdymo sistema, kai vanduo sunaudojamas, bet nekanalizuojamas į miesto valymo įrenginius, bet valomas, taikant įvairius inovativius sprendimus ir gražinamas atgal į gamybą. Pagal sistemų teoriją tai būtų uždara trikdžių kompensavimo sistemą (angl. feedback-feed-forward control system) (Kliopova, 2002, Staniškis et al, 2004)

Be abejo, diegiant reciklus, naudojant naujas technologijas atsiras naujų aplinkosaugos aspektų: energijos sąnaudų, šilumos energijos perteklius, valymo įrenginių dumblas, kt. Todėl tokios aplinkos valdymo sistemos realizavimas galimas tik tuo atveju, jeigu inovacijų įvykdomumo analizė rezultate bus pasiekama ekonominė nauda.

4. AB „ACHEMA“ VANDENS PAĖMIMO IR SUNAUDOJIMO ANALIZĖ

4.1. AB „Achema“ vandens paėmimas ir naudojimas

AB „Achema“ vandens panaudojimą buitiniams ir gamybinėms reikmėms bei nuotekų susidarymą galima apibrėžti šia formule:

$$V_U + V_G = V_T + V_G + V_{VCA} + V_B = N_T + N_{VCA} + N_B + N_N$$

Kur:

V_U – vanduo iš Neries upės;

V_G – vanduo iš artezinių gręžinių;

V_T – vanduo technologinėms reikmėms;

V_G – vanduo garo gamybai;

V_{VCA} – vanduo apytakinio vandens ciklo papildymui;

V_B – vanduo buitiniams reikmėms;

N_T – technologinių procesų nuotekos;

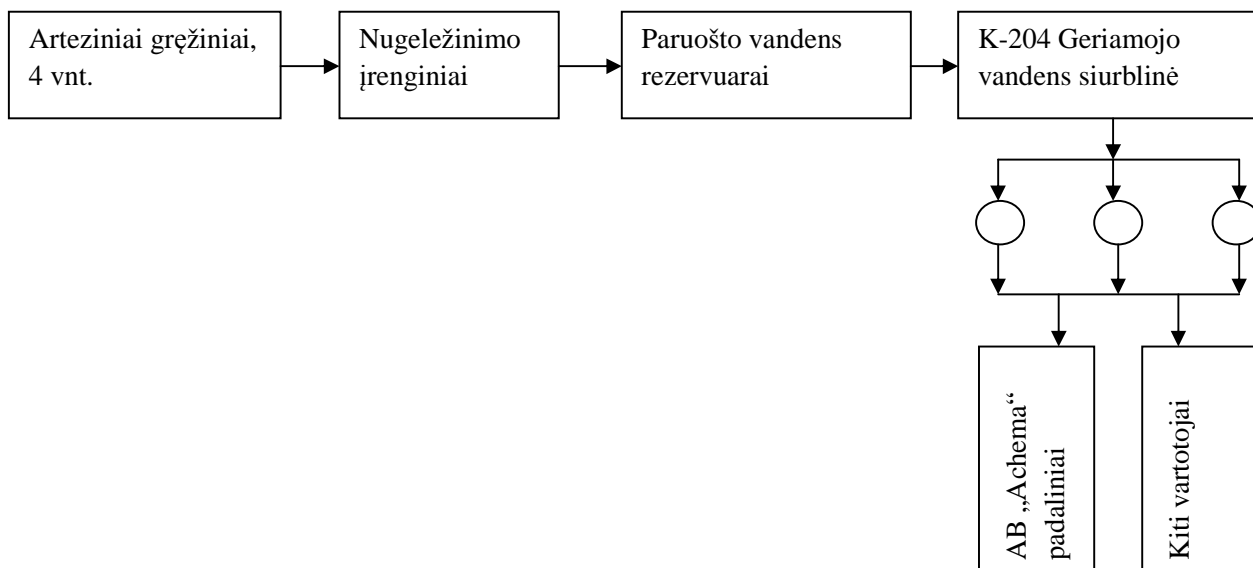
N_{VCA} – apytakinio vandens sistemų nuostoliai;

N_B – buitinės nuotekos;

N_N – vandens nuostoliai.

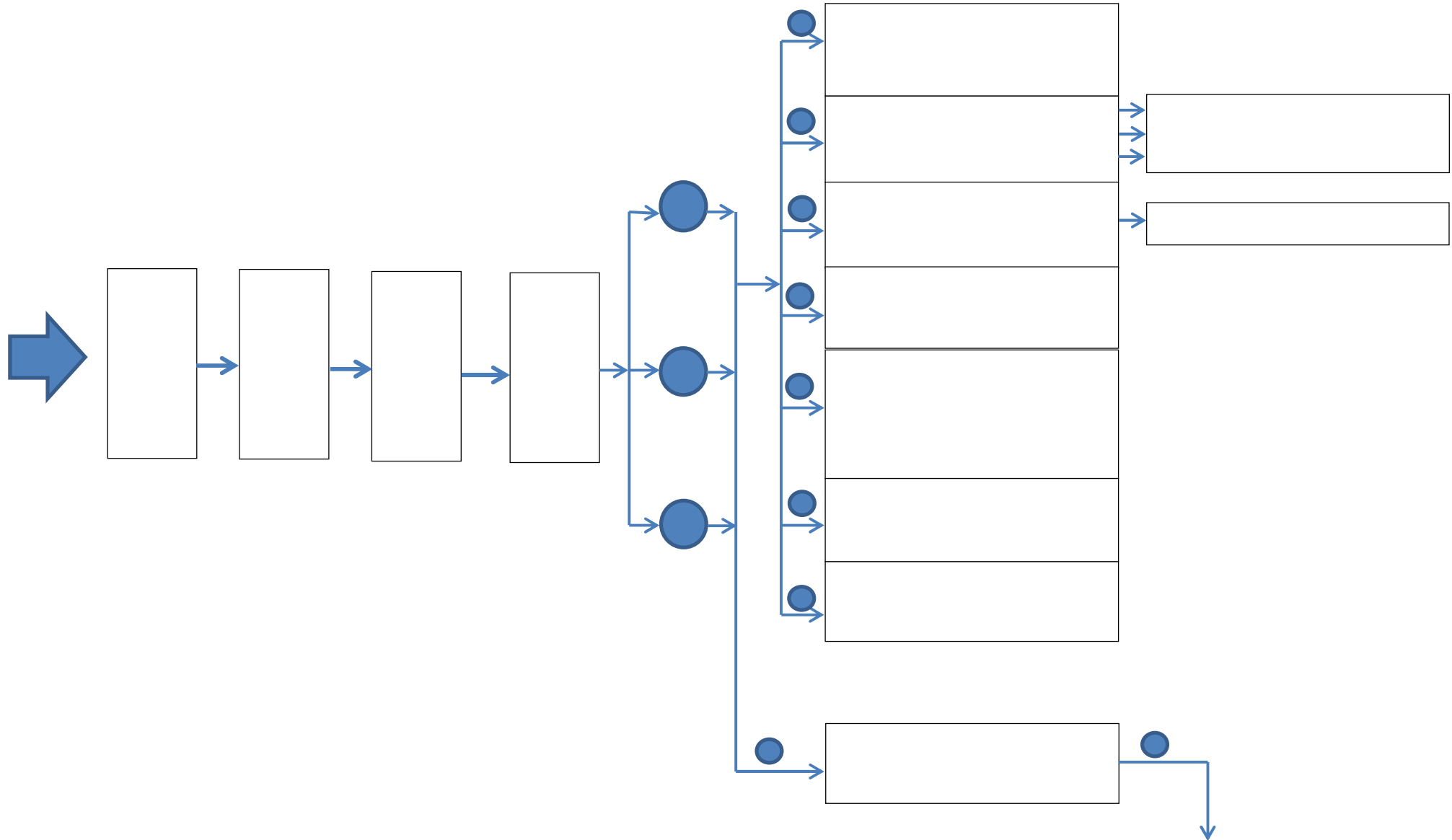
Cheminių trąšų gamybos metu apie 60 procentų paiimamo Neries upės vandens yra sunaudojama technologiniams gamybos procesams, pvz. dujų valymui, nuotekų valymui, kaip produkto sudedamoji dalis ar kt. Garo gamybai sunaudojama apie 10 procentų viso paiimamo Neries upės vandens, o apytakinio vandens sistemų papildymui – apie 30 procentų vandens. Vandens, naudojamo cheminių trąšų gamybos metu, nuostoliai siekia apie 1,4 procento.

AB „Achema“ sunaudoja apie 177 tūkst. m³/m. geriamojo vandens, kuris tiekiamas iš nuosavų artezinių gręžinių. Apie 122 tūkst. m³/m. geriamojo vandens įmonė, per savo eksploatuojamus tinklus, tiekia kitiems vartotojams, o 55 tūkst. m³/m. vandens sunaudoja savo reikmėms. Geriamojo vandens tiekimo schema pateikta 1 paveikslėlyje.



4.1.1. paveikslas. AB „Achema“ geriamojo vandens paėmimo ir tiekimo schema.

Cheminių trąšų gamybos metu įmonė nesunaudojama daugiau nei 14 mln. m³/ m. Neries upės vandens. AB „Achema“ vandens paėmimo iš Neries upės ir naudojimo schema pateikta 2 paveikslėlyje.



4.1.2. paveikslas. Vandens paēmimas iē Neries upēs ir naudojimas.

Įmonėje upės vanduo naudojamas šiems gamybos procesams:

1. Garo gamybai;
2. Apytakinio ciklo vandens aušinimo sistemoms;
3. Technologinėms reikmėms.

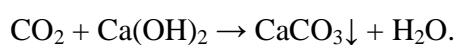
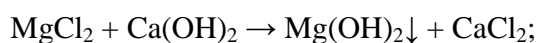
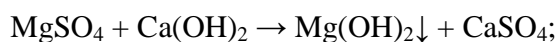
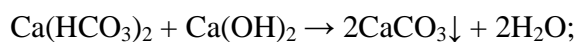
4.2. AB „Achema“ paimamo vandens paruošimas

Neries upės vanduo, prieš jį naudojant gamybos procesuose, yra chemiškai paruošiamas, šiais būdais:

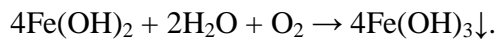
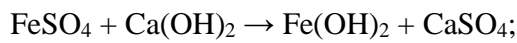
1. Nuskaidrinamas;
2. Suminkštinamas;
3. Nudruskinamas;
4. Giliai nudruskinamas.

Vandens nuskaidrinimas

Upės vanduo pirmiausiai praleidžiamas pro šildytuvus, kuriuose pakaitinamas iki 30-40 °C. Pašildytas vanduo siurbliais tiekiamas į nuskaidrintuvą, kuriame yra deaeruojamas, t. y. iš vandens yra pašalinami oro burbuliukai. Nuskaidrintuvo sumaišymo kameroje vanduo sumaišomas su reagentais 5 % koncentracijos kalkių pienu ir 2 % koncentracijos geležies sulfato tirpalu. Kalkių pienas naudojamas karbonatinio kietumo pašalinimui iš vandens, taip pat kartu pašalinamas ir vandenyje ištirpęs anglies dioksidas:



Geležies sulfatas naudojamas kaip koaguliantas, vandenyje sudaro netirpias nuosėdas, turinčias purų paviršių:

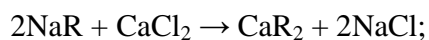
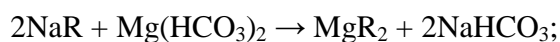
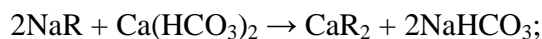


Jeigu vandenyje yra ne tik koloidinių medžiagų, bet ir stambiadiispersinių dalelių (molio, smėlio, dumblo) iš koaguluotų medžiagų susidarę dribsniai sukimba su pakibusiomis dalelėmis ir jas nusodina. Vanduo iš sumaišymo kameros kyla aukštyn, palaikydamas išsiskyrusį šlamą pakibusioje būklėje. Šlamą sudaro kontaktinę terpę, jo perteklius kartu su 20 % nuskaidrinamo vandens pereina į šlamo rinktuvą.

Vanduo iš nuskaidrinimo kameros siurbliais paduodamas į 6 mechaninius filtrus, kuriuose pereina per antracito grūdelių sluoksnį ir apsivalo nuo mechaninių priemaišų. Mechaniniai filtrai periodiškai plaunami nuo susikaupusių priemaišų atbuliniu srautu naudojant nuskaidrintą vandenį. Panaudotas filtrų plovimo vanduo vėl gražinamas į nuskaidrintuvą.

Vandens suminkštinimas

Nuskaidrintas vanduo leidžiamas per dviejų laipsnių natrio (Na) katijonitinius filtrus, kuriuose vandeniui tekant per Na katijonitų sluoksnį, kalcio ir magnio katijonai Ca^{2+} , Mg^{2+} pakeičiami natrio katijonais. Susidaro natrio druskos, kurios nepalieka nuovirų, pagal reakcijas:

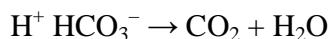
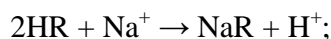
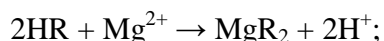
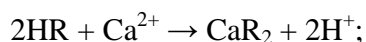


Nuskaidrintas vanduo tiekiamas į pirmo laipsnio Na katijonitinius filtrus, kuriuose jis suminkštinamas iki nedidesnio kaip $100 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ kietumo. Po to dalinai suminkštintas vanduo tiekiamas į antro laipsnio Na katijonitinius filtrus, kuriuose suminkštinamas iki nedidesnio kaip $5 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ kietumo.

Katijoniniai filtrai atjungiami vykdant regeneravimo procesą trimis fazėmis: katijonito purenimu, regeneravimo natrio chlorido tirpalu, regeneravimo produktų išplovimu.

Vandens nudruskinimas

Nuskaidrintas vanduo paduodamas į pirmo laipsnio H katijonitinius filtrus. Po pirmo laipsnio H katijonitinių filtrų vanduo paduodamas į pirmo laipsnio OH anijonitinius filtrus. Po pirmo laipsnio OH anijonitinių filtrų vanduo paduodamas į dekarbonizatorius, kur iš vandens pašalinama laisva anglirūgštė. Dekarbonizuotas vanduo paduodamas į antro laipsnio H katijonitinius filtrus, o iš jo į antro laipsnio OH anijonitinius filtrus.

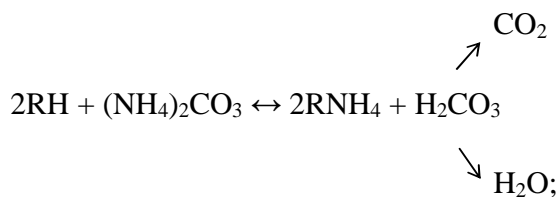


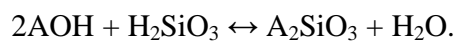
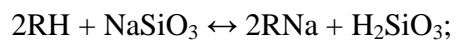
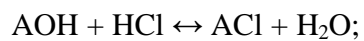
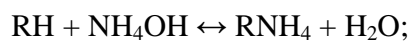
Po antro laipsnio dalinai bedruskis vanduo tiekiamas į dalinai bedruskio vandens talpą iš kurios naudojamas giliai nudruskinto vandens gamybai.

Katijoniniai filtrai atjungiami vykdant regeneravimo procesą trimis fazėmis: katijonito purenimu, regeneravimo 1,5 – 2,5 % sieros rūgšties tirpalu, regeneravimo produktų išplovimu. Anijoniniai filtrai atjungiami vykdant: anijono purenimą, regeneravimą 3,5 – 4 % natrio šarmotirpalu, regeneravimo produktų išplovimą.

Gilus vandens nudruskinimas

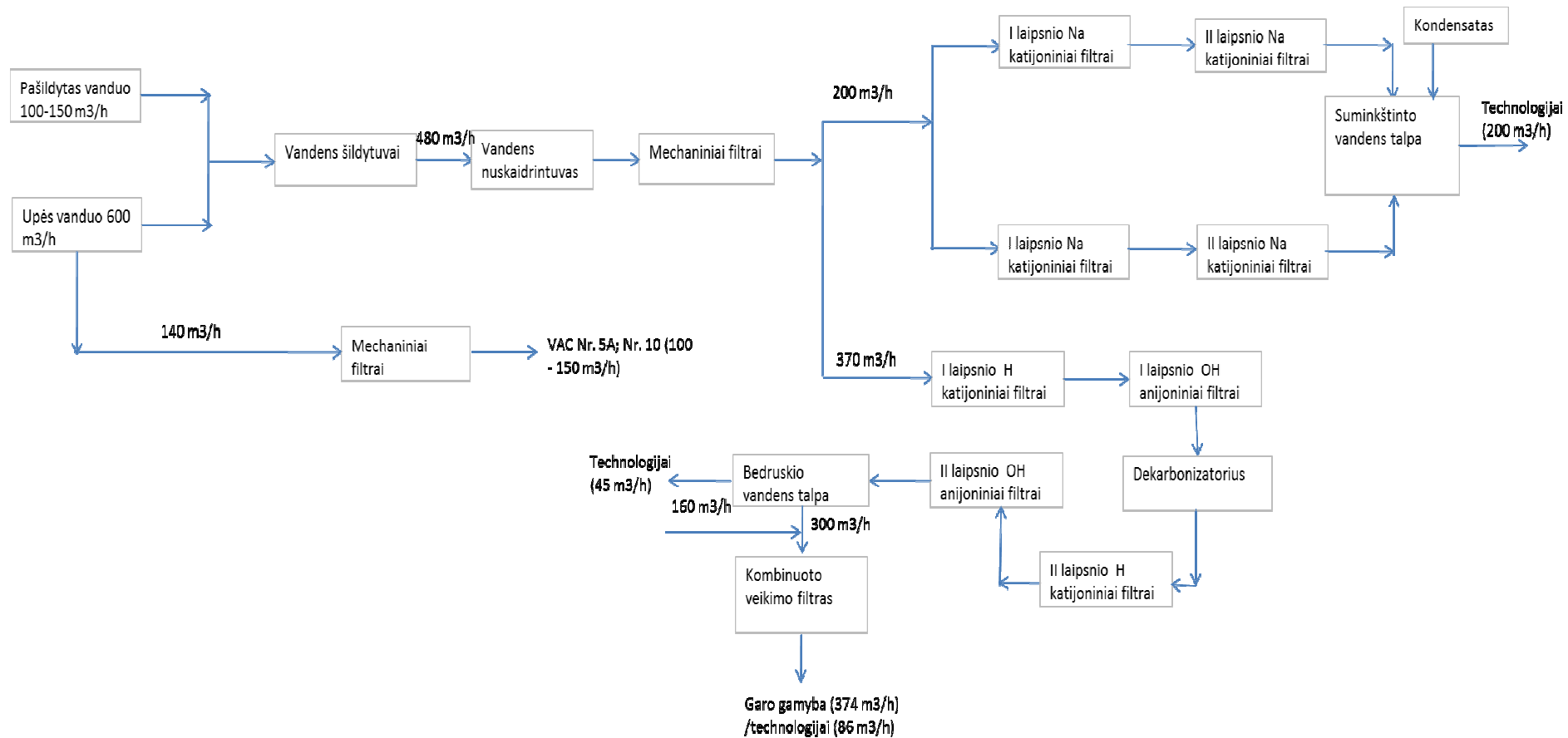
Dalinai bedruskis vanduo tiekiamas į kombinuoto veikimo filtrus. Kombinuoto veikimo filtras – tai vertikalus cilindrinis indas su dviem sferiniais dugnais., pripildytas katijonitine ir anijonitine įkrova. Vieno filtro našumas iki 150 m³/h vandens. Veikiant kombinuoto veikimo filtrams, katijonito ir anijonito grūdėliai veikia kaip daugybė nuosekliai sujungtų H ir OH jonų grupių, kurios pašalina druskas pagal reakcijas:



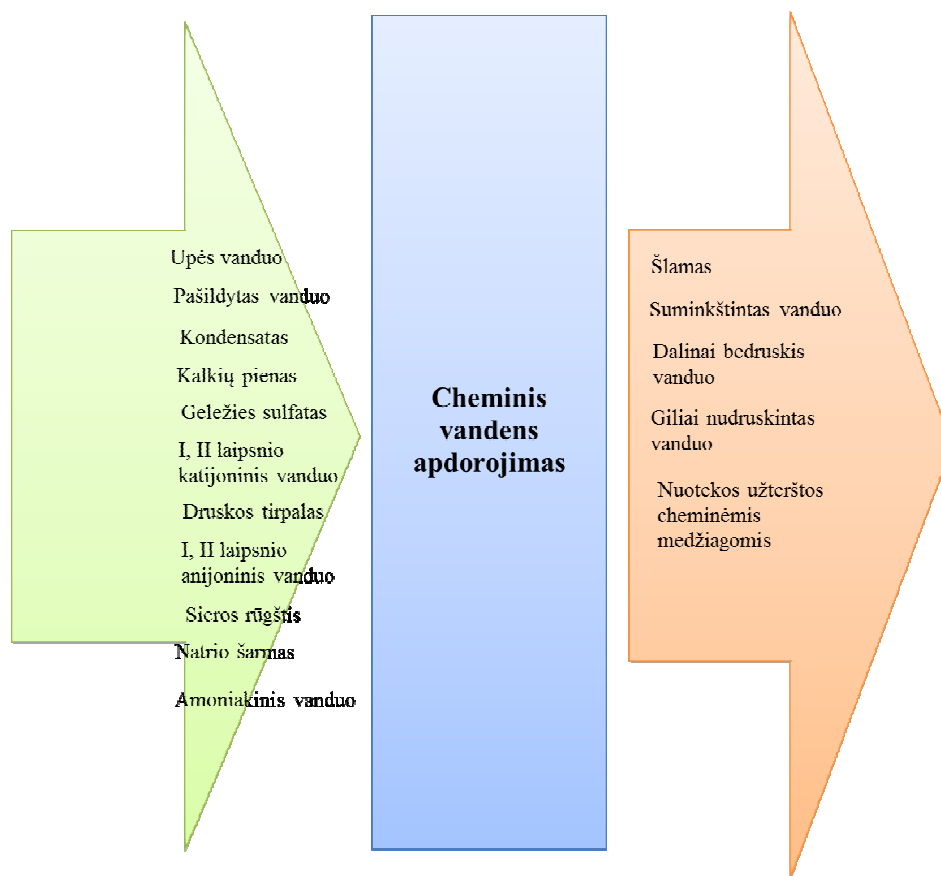


Į bedruskį vandenį siurbliais dozuojamas 10 – 12 % koncentracijos amoniakinio vandens tirpalas, siekiant pakelti vandens pH rodiklį iki 9,1 – 9,3 pH.

Kombinuoto veikimo filtro atnaujinimo metu pirmiausia jonitai purenami vandeniu, o po to anijonitai regeneruojami 4 % natrio šarmu, o katijonitai - 1,5 % konc. sieros rūgšties tirpalu.



4.2.1. paveikslas. Vandens cheminis paruošimas amoniako gamybos ceche AM70.



4.2.2. paveikslas. Cheminio vandens paruošimos srautų balansas.

4.3. AB „Achema“ gamybos metu susidarancios nuotekos

I. Kliopova ir kitų 2014 m. atliktoje galimybių studijoje nustatė, kad AB „Achema“ didžiausias gamybinių nuotekų kiekis susidaro:

1. Amoniako gamybos ceche, 131 tūkst. m³ (360 m³/d., 15 m³/val.);
2. Karbamido gamybos ceche, 262 tūkst. m³ (720 m³/d., 30 m³/val.).

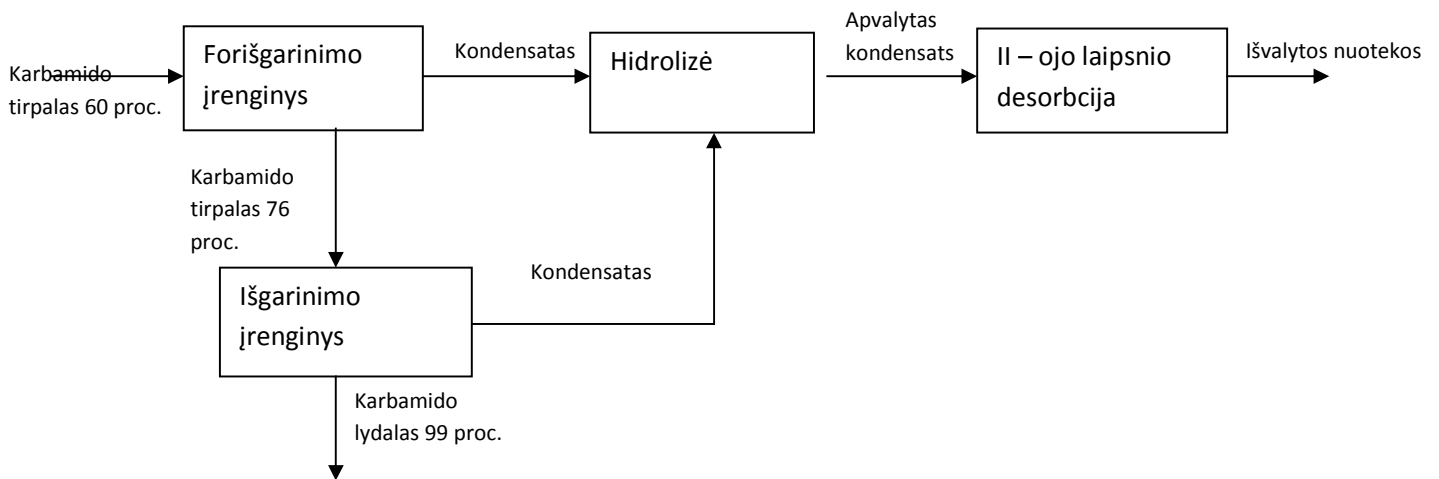
4.3.1. lentelė. AB „Achema“ gamybinių nuotekų užterštumas.

	SS	BDS7	BDS5	ChDS	NH ⁴⁺ H	(NH ₂) ₂ CO	NO ²⁻	NO ³⁻	Cl ⁻	SO ⁴⁻
Momentinis užterštumas, mg/l	37,0	11,22	9,76	93,8	42,2	41,0	0,61	1,18	30,4	68,4

4.3.1. Nuotekų susidarymas Karbamido gamybos ceche

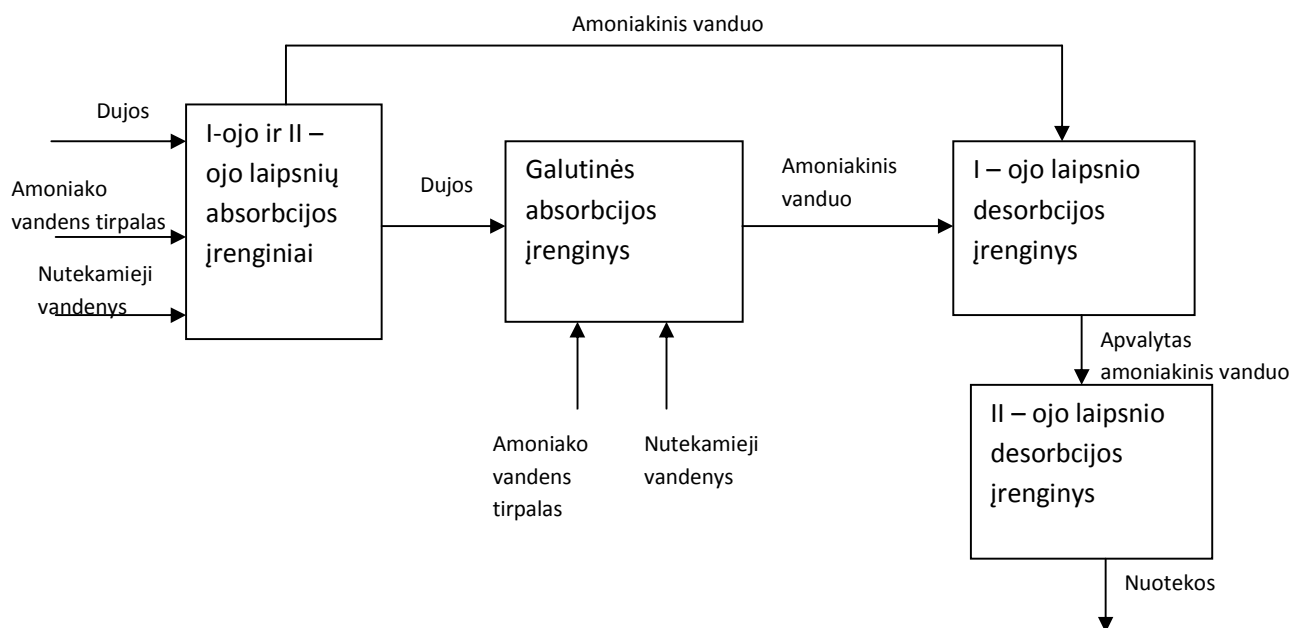
Gamybinės nuotekos susidaro dviejuose karbamido gamybos procesuose: karbamido tirpalo garinimo forišgarinimo ir išgarinimo įrenginiuose ir dujų, užterštų amoniaku, valymo absorbcijos įrenginiuose.

Karbamido tirpalas, kuriame yra 60 procentų masės dalies karbamido, tiekiamas į forišgarinimo šildytuvą, kuriame karbamido tirpalo koncentracija padidinama iki 76 proc. Toliau tirpalas tiekiamas į išgarinimo agregatą, kuriame gaunamas 99 proc. koncentracijos karbamido lydalas. Karbamido tirpalo forišgarinimo ir išgarinimo metu susidaro garo kondensatas, užterštas amoniaku ir karbamidu. Garo kondensatas išvalomas nuo teršalų hidrolizės ir II laipsnio desorbcijos valymo įrenginiuose ir išleidžiamas į įmonės chemiškai užterštų vandenų kanalizaciją.



4.3.1.1.paveikslas. Nuotekų susidarymas karbamido forišgarinimo ir išgarinimo įrenginiuose.

Karbamido gamybos ceche susidariusios dujos, kurių pagrindinė sudedamoji dalis yra amoniakas, yra valomos absorbcijos būdu. Absorbcijos paskirtis – išmetamas į atmosferą dujas išvalyti nuo amoniako iki leidžiamų oro taršos normatyvų. Absorbcijos išmetamų dujų valymo įrenginiai veikia amoniako dujų absorbcijos vandenių principu. Absorbcijos kolonoje, amoniakas iš dujų mišinio ir garų absorbuojamas amoniako vandens tirpalu ir nutekamaisiais vandenimis. Absorbcijos metu susidaro amoniako vanduo, kuriame yra 10-14 % masės dalie amoniako. Gautas amoniako vanduo išvalomas desorbcijos įrenginiuose ir išleidžiamas į AB „Achema“ chemiškai užterštų vandenų kanalizaciją



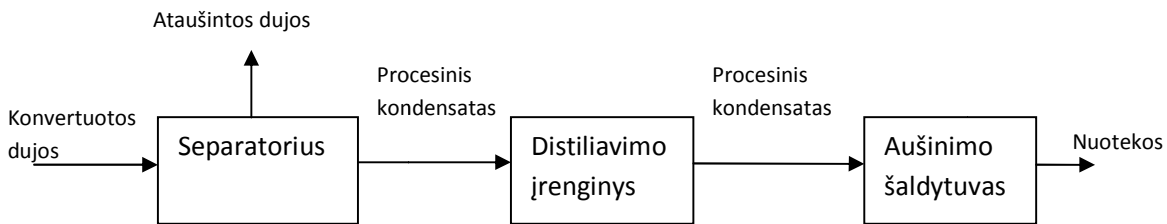
4.3.1.2. paveikslas. Nuotekų susidarymas karbamido gamybos metu susidariusių dujų valymo įrenginiuose.

Karbamido gamybos metu susidariusios cheminėmis medžiagomis užterštos nuotekos, po išvalymo, atiduodamos UAB „Jonavos vandenys“.

4.3.2. Nuotekų susidarymas amoniako gamybos ceche

Amoniako gamybos metu gamybinės nuotekos susidaro konvertuotų dujų valymo nuo anglies dioksido metu, naudojant monoetanolamino tirpalą.

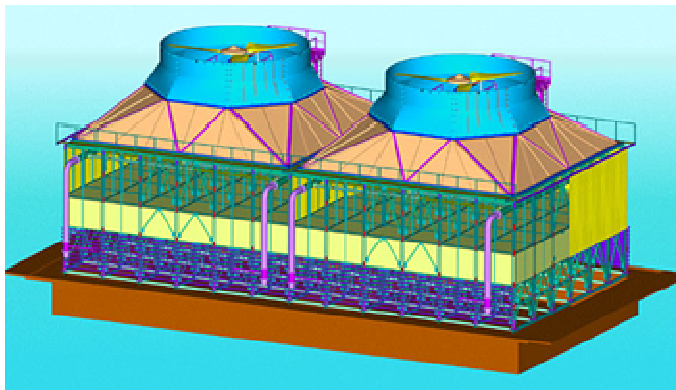
Konvertuotos dujos valomos absorberyje laistant jas 18÷20 % koncentracijos monoetanolamino (MEA) tirpalu, kuris absorbuoja anglies dvideginį. Dujų temperatūra turi būti neaukštesnė kaip 60 °C, todėl pradžioje konvertuotos dujos aušinamos. Separatoriuje iš dujų išsiskiria procesinis kondensatas, kuris valomas nuo jame ištirpusių dujų distiliavimo renginyje. Procesinis kondensatas, išvalytas iki nedaugiau kaip 4 mg/l amoniako, ataušinamas šaldytuvuos iki 60 – 75 °C ir siurbliais išleidžiamas į paviršinių (lietaus) ir pramonėje susidarančių nuotekų tinklus.



4.3.2.1. paveikslas. Nuotekos susidaranti amoniako gamybos ceche konvertuotų dujų valymo metu.

4.3.3. Nuotekų susidarymas vandens apytakinio ciklo aušinimo sistemose

AB „Achema“ apytakinį vandenį naudoja šilumokaičių aušinimui, technologinio produkto kondensacijai bei technologinių įrengimų aušinimui. Apytakinis vanduo tiesioginio sąlyčio su darbine aplinka neturi ir pakartotinam panaudojimui turi būti ataušinamas. Įmonėje įrengtos 8 apytakinio vandens aušinimo sistemos. Aušinimo sistemos konstrukcija pateikta 4 paveikslėlyje.



4.3.3.1. paveikslas. AB „Achema“ aušinimo sistemos konstrukcija.

AB „Achema“ susidaro tokie apytakinio ciklo vandens nuostoliai P:

1. nusilaistymas, $P1 = 0,35 \%$;
2. išgaravimas, $P2 = 1,0 \%$;
3. negrįžtami nuostoliai, $P3 = 0,35 \%$;
4. pratūtimas, $P4 = 0,1 \%$.

Nusilaistymo nuostoliai susidaro apytakinio ciklo įrengimų bei šilumos mainų aparatų remonto atvejais. Garavimo nuostoliai atsiranda aušintuvuose aušinant apytakinį vandenį. Negrįžtami nuostoliai susidaro atskirų aušintuvų ištuštinimo metu. Prapūtimas atliekamas kaip priemonė, siekiant pagerinti apytakinio vandens kokybę ir pašalinti besikaupiančių druskų perteklių. Prapūtimas – tai dalies apytakinio vandens išleidimas į kanalizaciją, atitinkamai kompensuojant šiuos nuostolius nuskaidrintu upės vandeniu.

Iš viso apytakinio vandens ciklo papildymui reikalingas vandens kiekis:

$$P=0,35+1,0+0,35+0,1=1,8\%$$

5. VANDENS TAUPYMO GALIMYBIŲ ĮVERTINIMAS AZOTO TRĄŠŲ GAMYBOJE

Siekiant optimizuoti AB „Achema“ vandens, paimamo iš Neries upės, sunaudojimo procesus ir taip sumažinti gamtinių išteklių suvartojimą, buvo pasiūlyti trys švaresnės gamybos ir procesų integravimo projektai:

1. Amoniako gamybos metu susidarantių nuotekų valymas ir antrinis panaudojimas;
2. Karbamido gamybos metu susidarantių nuotekų valymas ir antrinis panaudojimas;
3. Uždaros vandens aušinimo apytakinės sistemos.

5.1. Amoniako gamybos cecho inovacijos įvykdomumo analizė

Techninis įvertinimas

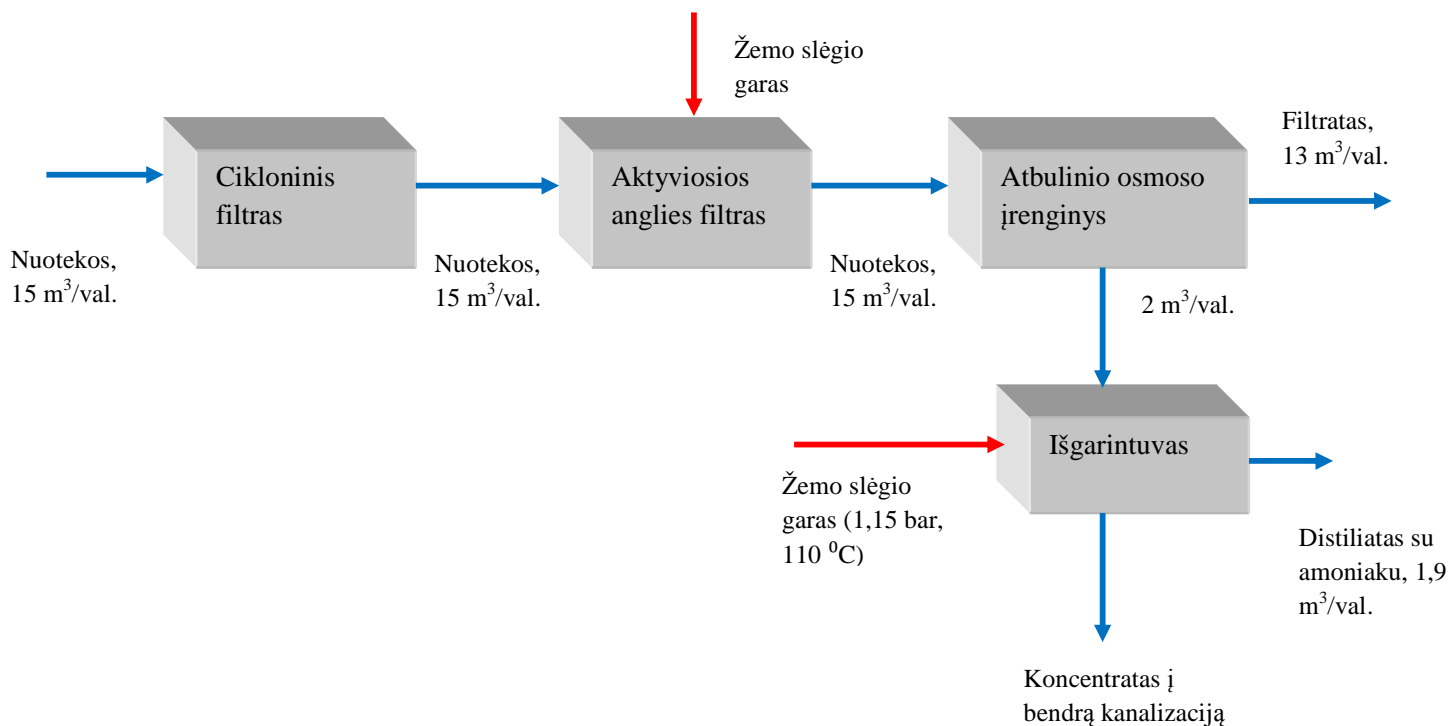
Amoniako gamybos cechuose susidariusios gamybinės nuotekos, kurios šiuo metu išleidžiamos į UAB „Jonavos vandenys“ eksploatuojamą nuotakyną, būtų valomos atvirkštinės osmosės būdu ir nukreipiamos atgal į demineralizuoto vandens buferinę talpą. Tokiu būdu apie 95 procentus gamybinių nuotekų, po valymo būtų panaudojamos gamybos procese, o 5 procentai nuotekų būtų koncentratas, kuriame amonio ir karbamido koncentracija yra tris kartus didesnė nei valomose gamybinėse nuotekose. Koncentratas gali būti panaudojamas mineralinių trąšų gamyboje.

Amoniako gamybos ceche susidariusios gamybinės nuotekos esamu siurbliu paduodamos į cikloninius filtrus, kuriuose yra atskiriamos nuo sunkių mechaninių priemaišų, pvz. smėlio. Apvalytos nuotekos nukreipiamos į aktyviosios anglies filtrus, kuriuose yra išvalomos nuo organinių medžiagų. Aktyviosios anglies filtrai yra regeneruojami AB „Achema“ susidarantiu pertekliniu žemo slėgio garu.

Nuotekos apvalytos pirminiuose nuotekų valymo įrenginiuose paduodamos į atbulinio osmoso įrenginį nudruskinimui ir azoto junginių atskyrimui.

Atvirkštinio osmoso metu susidaręs filtratas, kurio druskingumas sudarys iki 1 procento nuo įeinančių nuotekų druskingumo, bus tinkamas sumaišymui su dalinai nudruskintu vandeniu į mišraus veikimo filtrus arba su suminkštintu vandeniu į gamybos tinklą.

Atvirkštinio osmoso metu susidaręs koncentratas, su aukšta amonio koncentracija, bus garinamas išgarinimo įrenginyje. Tokiu būdu amoniakas bus išgarinamas kartu su vandeniu jį atskiriant nuo kitų druskų, o distiliatas utilizuojamas sumaišant jį su suminkštintu vandeniu žemo slėgio katilams arba nukreipiant į esamą bazinio kondensato valymo stotį.



5.1.1. paveikslas. Amoniako gamybos ceche susidarančių nuotekų valymo schema.

Aplinkosauginis įvertinimas

Amoniako gamybos cechuose pastačius siūlomus gamybinių nuotekų valymo įrenginius būtų galima sumažinti AB „Achema“ gamtinių išteklių suvartojimą.

Aplinkosauginio įvertinimo metu buvo nustatyta, kad paimamo Neries upės vandens kiekis, amoniako gamybos ceche, sumažėtų iki 96023,00 m³ per metus. Siūlomi gamybinių nuotekų valymo įrenginiai leistų pakartotinai panaudoti apie 99 procentus, amoniako gamybos metu susidariusių nuotekų, kitoms technologinėms reikmėms.

Būtina pažymėti, kad pastačius siūlomus nuotekų valymo įrenginius būtų ne tik sumažinamas paimamo vandens ir išleidžiamų nuotekų kiekis, bet ir sumažėtų cheminių medžiagų, naudojamų vandens paruošimui, suvartojimas iki 28,76 t/m.

Po siūlomos inovacijos įdiegimo amoniako gamybos cechuose buvo nustati šie neigiami aplinkosauginiai aspektai:

1. Elektros energijos sąnaudos padidėjo apie 12,2 procentų;
2. Gamtinių dujų sunaudojimas, elektros energijos gamybai, padidėjo apie 12,2 procentų;

3. Išlaikos į aplinkos orą, dėl gamtinių dujų, naudojamų elektros energijos gamybai, naudojimo, padidėjo apie 18,6 procentais.

Ekonominis įvertinimas

Įdiegus siūlomą inovaciją amoniako gamybos ceche bendrovė per metus galėtų sutaupyti apie 152 tūks. eur. Preliminarios nuotekų valymo įrenginio investicijos pateiktos 5.1.1. lentelėje.

Apskaičiuota, kad amoniako gamybos ceche siūloma inovacija atsipirktų per 0,4 metus (62000 eur / 151945,1 eur/m. = 0,4 m.).

5.1.1. lentelė. Vandens naudojimo procesų optimizavimo investicijų preliminarus įvertinimas.

Įrenginio pavadinimas	Techninis aprašymas	Preliminarios investicijos, eur
Amoniako cecho nuotekų valymo įrenginiai	<ul style="list-style-type: none">- Cikloninis filtras;- Aktyviosios anglies filtrai;- Atbulinio osmoso įrenginys;	62000,00

5.1.2. lentelė. Nuotekų, susidarantių amoniako gamybos ceche, valymo projekto ir antrinio panaudojimo įdiegimo aplinkosauginės naudos bei sutaupomų lėšų įvertinimas

Medžiagų ir energijos srautai	Dimensija	Esama situacija			Situacija po projekto įdiegimo			Sutaupoma (sumažėja)	
		vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.
Vandens/ nuotekų srautai sistemoje									
Upės vanduo	m ³	¹ 13678821,3	² 0,0025	34197,05	13582798,3	² 0,0025	33957,00	³ 96023,00	240,05
Gamybinės nuotekos į UAB „Jonavos vandenys“	m ³	369000,00	⁴ 0,6655	245569,50	272977,00	0,6655	181666,19	96023,00	63903,31
Cheminių medžiagų sąnaudos vandens paruošimui technologijai (t. y. nuskaidrinimui, suminkštinimui, nudruskinimui)	t	4096,7		12992345000	4067,94		12901140,95	28,76	91204,05
Kalcitinės kalkės, maltos	t	1195,0	348,0	415860000	1186,61	348,0	412940,73	8,39	2919,27
Natrio šarmas		1448,0	5680,0	8224640000	1437,84	5680,0	8166904,43	10,16	57735,57
Kalio šarmas		1,7	5950,0	10115000	1,69	5950,0	10044,00	0,01	71,01
Sieros rūgštis		1019,0	2300,0	2343700000	1011,85	2300,0	2327247,62	7,15	16452,38
Techninė druska		343,0	1110,0	380730000	340,59	1110,0	378057,34	2,41	2672,66
Geležies sulfatas		90,0	17970,0	1617300000	89,37	17970,0	1605946,83	0,63	11353,17
Elektros energijos srautai sistemoje:	MWh	855,00	15,90	13594,50	959,22	15,90	15251,59	-104,22	-1657,09
⁵ Elektros energijos sąnaudos upės vandens siurbimui	MWh	855,00	15,90	13594,50	840,96	15,90	13371,26	14,04	223,24
⁶ Papildomos elektros energijos sąnaudos dėl projekto įdiegimo	MWh	-	-	-	118,26	15,90	1880,33	-118,26	-1880,33
⁷ Gamtinių dujų sąnaudos elektros gamybai	nm ³	101240,00	0,41	41508,40	113580,00	0,41	46567,8	-12340,00	-5059,4
⁸ Išlankos į aplinkos orą, dėl nurodytų gamtinių dujų sudeginimo	t	193,154	-	-	229,161	-	-	-36,007	-
CO	t	0,851	-	-	0,954	-	-	-0,103	-
NOx		0,342			0,384			-0,042	
CO2		191,961			215,36			-23,399	
Projekto įdiegimas leis sutaupyti iki									151945,1

Pastabos:

¹ AB „Achema“ duomenimis (*Vanduo naudojamas technologinėms reikmėms, garo gamybai ir apytakinio vandens papildymui*).

² Paviršinio vandens kaina, įsk. PVM pagal Lietuvos Respublikos mokesčio už gamtos išteklių įstatymo 2 priedą *Mokesčio už vandenį ir statybinį gruntą tarifai* (1991-03-21 Nr. I-1163 (Žin., 1991, Nr. 11-274); aktuali redakcija nuo 2014-04-17 Nr. XII-835 (TAR, 2014, Nr.04869).

³ Projekto įdiegimas leistų iki 73,3 proc. išvalytų (iki dalinai nudruskinto vandens kokybės) amoniako nuotekų (t.y. iki 11 m³/val. arba iki 96023,00 m³/m.) gražinti atgal į gamybą [Info šaltinis, pvz., Jurby Tech International]. Atitinkamai toks nuotekų kiekis nebus perduotas UAB „Jonavos vandenys“.

⁴Nuotekų kanalizavimo kaina, įsk. PVM pagal UAB „Jonavos vandenys“.

⁵Elektros energijos sąnaudų vertinimui naudojami siurblinės duomenys:

- našumas - 2628 m³/val.;
- instaliuota galia – 160 kW;
- *Gruntfos* siurbLIAI.

Siurbiamas upės vandens kiekis – vid. iki 1600 m³/val. (t.y. išnaudojama 60,9 proc. siurblio našumo).

Vertinimui priimama prielaida, kad gamyba veikia ištisus metus, tokių būdu elektros energijos sąnaudos siurblinėje – 855 MWh/m. (8760 val./m. x 160 kW x 0,61).

Sumažėjus vandens sąnaudoms 96023,00 m³/m., bus išnaudojamas 60,05 proc., tokių būdu elektros energijos sąnaudos siurblinėje sumažės iki – 840,96 MWh/m. (8760 val./m. x 160 kW x 0,6).

⁶Atbulinio osmoso įrenginio našumas - 15 m³/val., galia 15 kW [Info šaltinis, pvz., Jurby Tech International]. Elektros energijos sąnaudos – iki – 118,26 MWh/m. (8760 val./m. x 15 kW x 0,9).

⁶Gamtinių dujų sąnaudos energijos gamybai (Kliopova et al, 2014) :

$$B = Q \times 3,6 / [Q_z \times \eta] = 855 \times 3,6 / [33,78 \times 0,90] = 101,24 \text{ tūkst. nm}^3;$$

čia Q – energijos kiekis, MWh/m.; 1 MWh = 3,6 GJ;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė; gamtinių dujų Q_z = 33,78 MJ/nm³;

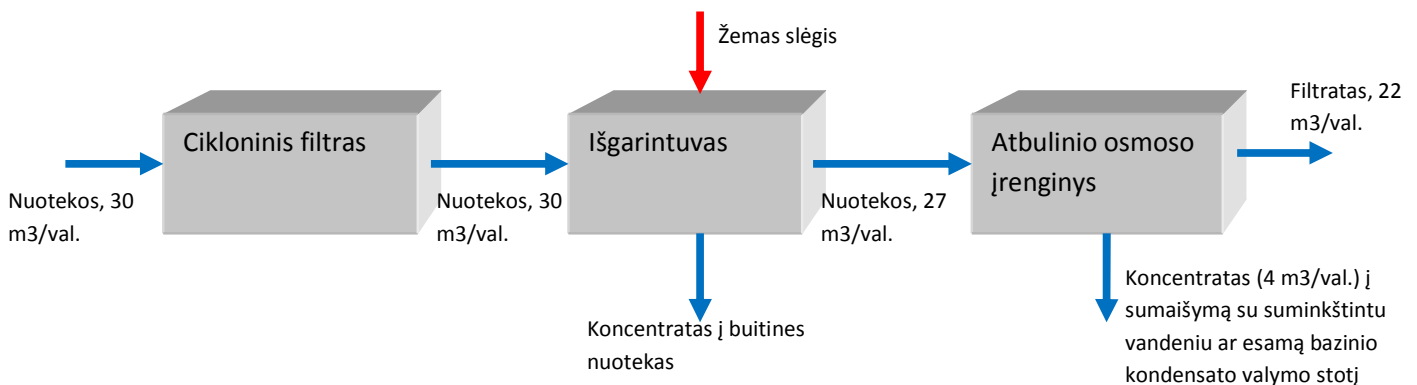
η – n.v.k.

⁷Emisijos į aplinkos orą deginant gamtines dujas (Charkovas, 1997, Kliopova et al, 2014)

5.2. Karbamido gamybos cecho inovacijos įvykdomumo analizė

Techninis įvertinimas

Karbamido gamybos ceche susidariusių gamybinių nuotekų valymą apsunkina tai, kad atbulinio osmoso membranos yra laidžios karbamidui. Todėl siūloma cikloniniame filtre išvalytas nuotekas nukreipti į didelio našumo išgarintuvą, kurio veikimui būtų galima panaudoti įmonėje, pagrindinės gamybos metu, susidarantį atliekamą garą. Išgarinimo įrenginyje, nuotekose esantis, karbamidas bus paverčiamas į amoniaką. Iš išgarinimo įrenginio valomos nuotekos būtų nukreipiamos į atvirkštinio osmoso įrenginį ir valomos analogiškai kaip ir amoniako gamybos ceche susidariusios nuotekos.



5.2.1. paveikslas. Karbamido gamybos ceche susidariusių nuotekų valymas.

Aplinkosauginis įvertinimas

Atlikus aplinkosauginį vertinimą buvo nustatyta, kad paimamo Neries upės vandens kiekis, karbamido gamybos ceche sumažėtų 192720,00 m³/m. Toks pat kiekis nuotekų būtų išvalomos ir procesų integravimo principu, tiekiamas į gamybos cechus, technologinėms reikmėms.

Pastačius siūlomus nuotekų valymo įrenginius būtų ne tik sumažinamas paimamo vandens ir išleidžiamų nuotekų kiekis, bet ir sumažėtų cheminių medžiagų, naudojamų vandens paruošimui, suvartojimas 57,72 t/m.

Po projektų įdiegimo amoniako ir karbamido gamybos cechuose buvo nustati šie neigiami aplinkosauginiai aspektai:

1. Elektros energijos sąnaudos padidėjo 18,6 procentais;

2. Gamtinių dujų sunaudojimas, elektros energijos gamybai, padidėjo apie 18,6 procentais;

3. Išlaidos į aplinkos orą, dėl gamtinių dujų, naudojamų elektros energijos gamybai, naudojimo, padidėjo apie 18,6 procentais.

Ekonominis įvertinimas

Įdiegus karbamido gamybos ceche siūlomą vandens valdymo inovaciją įmonė galėtų sutaupyti apie 302 tūkst. eur per metus. Numatomos siūlomo projekto įgyvendinimo investicijos pateiktos 5.2.1. lentelėje. Apskaičiuota, kad siūlomas vandens valdymo projektas karbamido gamybos ceche įmonei atsipirktų maždaug per 0,2 metų ($58000,00 \text{ eur} / 301513,49 \text{ eur/m.} = 0,19 \text{ m.}$).

5.2.1. lentelė. Vandens naudojimo procesų optimizavimo investicijų preliminarus įvertinimas.

Įrenginio pavadinimas	Techninis aprašymas	Preliminarios investicijos, eur
Karbamido cecho nuotekų valymo įrenginys	<ul style="list-style-type: none">- Grubaus valymo filtras;- Išgarintuvas;- Atbulinio osmoso įrenginys	58000,00

5.2.2. lentelė. Nuotekų, susidarančių karbamido gamybos ceche, valymo projekto įdiegimo aplinkosauginės naudos bei sutaupomų lėšų įvertinimas

Medžiagų ir energijos sratai	Dimensija	Esama situacija			Situacija po projekto įdiegimo			Sutaupoma (sumažėja)	
		vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.
Vandens/ nuotekų sratai sistemoje									
Upės vanduo	m ³	¹ 13678821,3	² 0,0025	34197,05	13486101,3	² 0,0025	33715,25	³ 192720,00	481,80
Gamybinės nuotekos į UAB „Jonavos vandenys“	m ³	369000,00	0,6655	245569,50	176280,00	⁴ 0,6655	117314,34	192720,00	128255,16
Cheminių medžiagų sąnaudos vandens paruošimui technologijai (t. y. nuskaidrinimui, suminkštinimui, nudruskinimui)	t	4096,7		1299234500,00	4038,98		12809296,72	57,72	183048,28
Kalcitinės kalkės, maltos	t	1195,0	348,0	415860000	1178,16	348,0	410000,98	16,84	5859,02
Natrio šarmas		1448,0	5680,0	8224640000	1427,60	5680,0	8108763,60	20,40	115876,40
Kalio šarmas		1,7	5950,0	10115000	1,68	5950,0	9972,50	0,024	142,51
Sieros rūgštis		1019,0	2300,0	2343700000	1004,64	2300,0	2310679,77	14,36	33020,23
Techninė druska		343,0	1110,0	380730000	338,17	1110,0	375365,92	4,83	5364,08
Geležies sulfatas		90,0	17970,0	1617300000	88,73	17970,0	1594513,97	1,27	22786,03
Elektros energijos sratai sistemoje:	MWh	855,00	15,90	13594,50	1014,36	15,90	16128,32	-159,36	-2533,82
⁵ Elektros energijos sąnaudos upės vandens siurbimui	MWh	855,00	15,90	13594,50	840,96	15,90	13371,26	14,04	223,24
⁶ Papildomos elektros energijos sąnaudos dėl projekto įdiegimo	MWh	-	-	-	173,40	15,90	2757,06	-173,40	-2757,06
⁷ Gamtinių dujų sąnaudos elektros gamybai	nm ³	101240	0,41	41508,40	120113	0,41	49246,33	-18873	-7737,93
⁸ Išlankos į aplinkos orą, dėl nurodytų gamtinių dujų sudeginimo	t	193,154	-	-	229,161	-	-	-36,007	-
CO	t	0,851	-	-	1,009	-	-	-0,158	-
NOx		0,342			0,406			-0,064	
CO2		191,961			227,746			-35,785	
Projekto įdiegimas leis sutaupyti iki									301513,49

Pastabos:

¹ AB „Achema“ duomenimis (*Vanduo naudojamas technologinėms reikmėms, garo gamybai ir apytakinio vandens papildymui*).

² Paviršinio vandens kaina, įsk. PVM pagal Lietuvos Respublikos mokesčio už gamtos išteklių įstatymo 2 priedą *Mokesčio už vandenį ir statybinį gruntą tarifai* (1991-03-21 Nr. I-1163 (Žin., 1991, Nr. 11-274); aktuali redakcija nuo 2014-04-17 Nr. XII-835 (TAR, 2014, Nr.04869).

³ Projekto įdiegimas leistų iki 73,3 proc. išvalytų (iki dalinai nudruskinto vandens kokybės) karbamido nuotekų (t.y. iki 22 m³/val. arba iki 192720 m³/m.) gražinti atgal į gamybą [Info šaltinis, pvz., Jurby Tech International]. Atitinkamai toks nuotekų kiekis nebus perduotas UAB „Jonavos vandenys“.

⁴Nuotekų kanalizavimo kaina, įsk. PVM pagal UAB „Jonavos vandenys“.

⁵Elektros energijos sąnaudų vertinimui naudojami siurblinės duomenys:

- našumas - 2628 m³/val.;
- instaliuota galia – 160 kW;
- *Gruntfos* siurbLIAI.

Siurbiamas upės vandens kiekis – vid. iki 1600 m³/val. (t.y. išnaudojama 60,9 proc. siurblio našumo).

Vertinimui priimama prielaida, kad gamyba veikia ištisus metus, tokių būdu elektros energijos sąnaudos siurblinėje – 855 MWh/m. (8760 val./m. x 160 kW x 0,61).

Sumažėjus vandens sąnaudoms 192046 m³/m., bus išnaudojamas 60,05 proc., tokių būdu elektros energijos sąnaudos siurblinėje sumažės iki – 840,96 MWh/m. (8760 val./m. x 160 kW x 0,6).

⁶Atbulinio osmoso įrenginio našumas - 30 m³/val., galia 22 kW [Info šaltinis, pvz., Jurby Tech International]. Elektros energijos sąnaudos – iki – 173,4 MWh/m. (8760 val./m. x 22 kW x 0,9).

⁶Gamtinių dujų sąnaudos energijos gamybai (Kliopova et al, 2014) :

$B = Q \times 3,6 / [Q_z \times \eta] = 855 \times 3,6 / [33,78 \times 0,90] = 101,24$ tūkst. nm³;

čia Q – energijos kiekis, MWh/m.; 1 MWh = 3,6 GJ;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė; gamtinių dujų Q_z = 33,78 MJ/nm³;

η – n.v.k.

⁷Emisijos į aplinkos orą deginant gamtines dujas (Charkovas, 1997, Kliopova et al, 2014)

5.3. Uždaros apytakinio vandens aušinimo sistemos inočajos įvykdomumo analizė

Techninis įvertinimas

Optimizuojant procesus buvo pasirinktos trys AB „Achema“ esančios apytakinio vandens aušinimo sistemos:

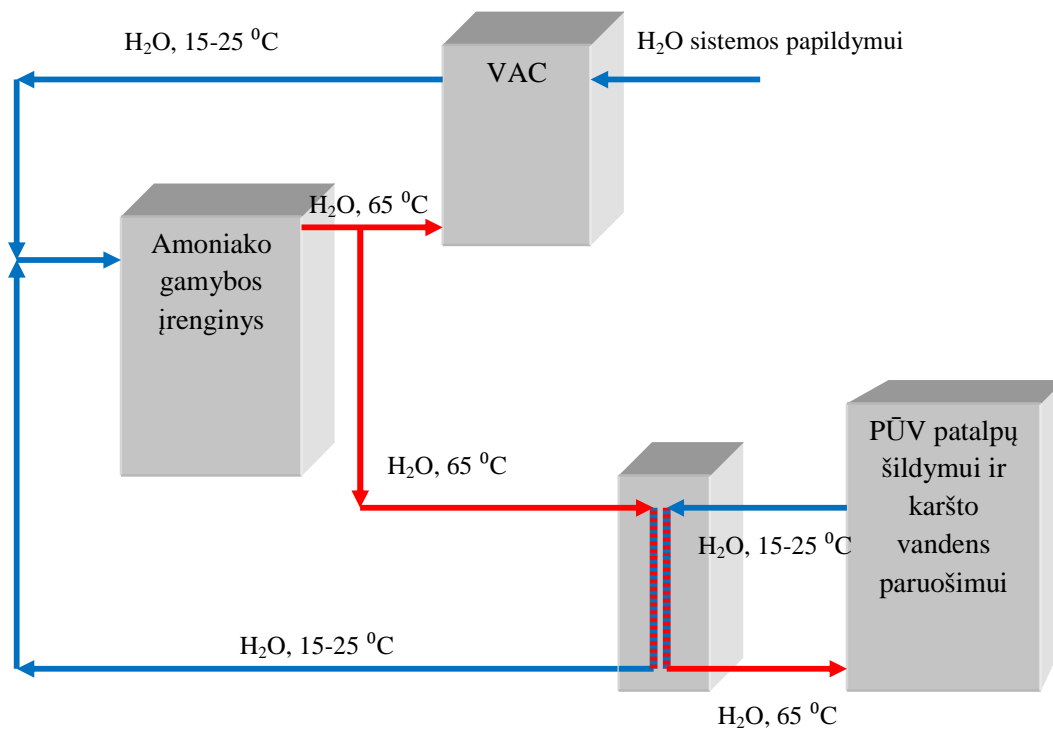
1. Amoniako gamybos cecho AM70 VAC - 5A;
2. Amoniako gamybos cecho AM70 VAC - 10;
3. Amoniako gamybos cecho AM80 VAC - 6.

Įmonėje esančios aušinimo sistemos yra atviros, todėl susidaro dideli šiluminės energijos, vandens ir elektros energijos nuostoliai. Optimizuojant procesus, siūloma taikyti pramoninės simbiozės principus, aušinimo sistemose susidariusią šiluminę energiją panaudojant kitų šalia įsikūrusių įmonių patalpų šildymui ir karšto vandens paruošimui.

Uždaroje aušinimo sistemoje, aušinimo vanduo, kurio temperatūra sieks apie 15-25 C, paduodamas į gamybos cecha, produkto ar įrenginių aušinimui. Aušinimo metu vanduo tiesioginio sąlyčio su darbine terpme neturės, todėl jis gali būti toliau naudojamas.

Aušinimo vanduo, kurio temperatūra sieks apie 65 C, iš gamybos cecho esamais siurbliais bus nukreipiamas į šilumos siurblių „vanduo-vanduo“. AB „Achema“ buvo pasirinktas VITOCAL 300 G šilumos siurblys, kurio šiluminė galia 7,96 kW, šalčio galia 6,73 kW. Karštas aušinimo vanduo, šilumos siurblio pagalba, šiluminę energiją atiduos šalto vandens pašildymui, kitų įmonių poreikiams tenkinti.

Aušinimo vanduo, kurio temperatūra 15-25 C, atidavęs savo šiluminę energiją, iš šilumos siurblių bus grąžinamas atgal į AB „Achema“ eksploatuojamus gamybinius tinklus, produktų ar technologinių įrenginių aušinimui.



5.3.1. paveikslas. Uždaros apytakinio vandens aušinimo sistemos veikimo schema.

Aplinkosauginis įvertinimas

Atlikus amoniako gamybos cechuose AM70 ir AM80 pasiūlyto apytakinio vandens aušinimo ciklo sistemų VAC5A, VAC10 ir VAC6 projekto aplinkosauginį įvertinimą buvo nustatyta, kad uždaroje apytakinio ciklo sistemoje nesusidaro vandens nuostiliai, todėl galima sutaupyti apie 1276900,00 m³/m. Neries upės vandens, kuris buvo naudojamas nuostolių kompensavimui. Dėl neatsirandančių vandens nuostolių išleidžiamų gamybinių nuotekų kiekissumažėja apie 94585,19 m³/m.

Panaudojus visą trijų pasirinktų apytakinio vandens aušinimo sistemų perteklinę šiluminę energiją būtų galima pagaminti apie 1678622,4 MWh/m. energijos. Tačiau įvertinus Jonavos miesto dydį ir šalia esančių pramoninių ir gyvenamųjų pastatų šilumos poreikį, priėjome išvados, kad tokio kiekio šiluminės energijos nebus kam perduoti. Priimta prielaida, kad bus panaudojama tik dalis atliekamos šiluminės energijos reikalingos pagaminti 1000 MWh/m.

AB „Achema“ dėl uždarų apytakinio ciklo vandens aušinimo sistemų buvo nustatyti ir kiti teigiami aplinkosauginiai aspektai:

1. Cheminių medžiagų, naudojamų vandens paruošimui į VAC, kiekis sumažėjo 27,3 proc.;
2. Elektros energijos kiekis sumažėjo 24,3 proc.;
3. Gamtinių dujų, naudojamų elektros energijos gamybai, kiekis sumažėjo 24,3 proc.
4. Išlakų į aplinkos orą, dėl gamtinių dujų naudojimo elektros energijos gamybai, kiekis sumažėjo 24,3 proc.

Ekonominis įvertinimas

AB „Achema“ pastačius uždaras aušinimo vandens apytakinio ciklo sistemas būtų galima sutaupyti apie 3428726,61eur. per metus. Numatomos investicijos siūlomos inovacijos idieгимui apie 172000 tūkst. eur, buvo nustatytos bendraujant su įmonės specialistais ir vadovais. Apskaičiuota, kad bendrovei siūlomas uždaros vandens apytakinio ciklo sistemos projektas atsipirks per 0,05metus (172000 eur/ 3428726,61eur/m. = 0,049 m.)

5.3.1. lentelė. Uždaros vandens apytakinio ciklo(VAC5A; VAC10; VAC6) sistemos projekto įdiegimo aplinkosauginės naudos bei sutaupomų lėšų įvertinimas

Medžiagų ir energijos srutai	Dimensija	Esama situacija			Situacija po projekto įdiegimo			Sutaupoma (sumažėja)	
		vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.
Vandens/ nuotekų srutai sistemoje									
¹ Upės vanduo naudojamas nuostolių papildymui	m3	4678540	² 0,0025	11696,35	3401640	² 0,0025	8504,1	1276900	3192,25
³ Gamybinės nuotekos į UAB „Jonavos vandenys“	m3	346558,52	⁴ 0,6655	230634,69	346479,15	⁴ 0,6655	230581,87	79,37	52,82
Cheminių medžiagų sąnaudos VAC vandens paruošimui	t	2573,19	-	4849239,3	1870,9	-	3525780,6	702,29	1323458,7
Techninė druska	t	2339,27	1110,00	2596589,7	1700,82	1110,00	1887910,2	638,45	708679,5
Biocidai		116,96	10090,00	1180126,4	85,04	10090,00	858053,6	31,92	322072,8
Dispergatoriai		116,96	9170,00	1072523,2	85,04	9170,00	779816,8	31,92	292706,4
Elektros energijos srutai sistemoje:	MWh	130686,32	15,90	2077912,49	98873,94	15,90	1572095,65	31812,38	505816,84
⁵ Elektros sąnaudos vandens aušinimui	MWh	130406	15,90	2073455,4	98660	15,90	1568694	31746	504761,4
⁶ Elektros energijos sąnaudos upės vandens siurbimui	MWh	280,32	15,90	4457,09	210,24	15,90	3342,82	70,08	1114,27
⁷ Papildomos elektros energijos sąnaudos dėl projekto įdiegimo	MWh	-	-	-	3,7	15,90	58,83	-3,7	-58,83
⁸Gamtinių dujų sąnaudos elektros gamybai	nm3	15474990	0,41	6344745,9	11708390	0,41	4800439,9	3766600,00	1544306,00
⁹Išlakos į aplinkos orą, dėl nurodytų gamtinių dujų sudeginimo	t	29524,42	-	-	22338,21	-	-	7186,22	-
CO	t	130,03	-	-	98,38	-	-	31,65	-
NOx		52,27			39,55			12,72	
CO2		29342,12			22200,28			7141,85	
¹⁰Perteklinės šilimos energijos tiekimas PŪV	MWh	-	-	-	1000,00	51,9	51900,00	1000,00	51900,00
Projekto įdiegimas leis sutaupyti iki								3428726,61	

Pastabos:

¹ AB „Achema“ duomenimis (Vanduo naudojamas apytakinio vandens papildymui).

² Paviršinio vandens kaina, įsk. PVM pagal Lietuvos Respublikos mokesčio už gamtos išteklių įstatymo 2 priedą Mokesčio už vandenį ir statybinį gruntą tarifai (1991-03-21 Nr. I-1163 (Žin., 1991, Nr. 11-274); aktuali redakcija nuo 2014-04-17 Nr. XII-835 (TAR, 2014, Nr.04869).

³ AB „Achema duomenimis į UAB „Jonavos vandenys“ perduodamos VAC prapūtimo metu susidariusios nuotekos (0,01 proc. VAC sistemoje cirkuliuojančio vandens).

⁴ Nuotekų kanalizavimo kaina, įsk. PVM pagal UAB „Jonavos vandenys“.

⁵Galimybių studija

⁶Elektros energijos sąnaudų vertinimui naudojami siurblinės duomenys:

- našumas - 2628 m³/val.;
- instaliuota galia – 160 kW;
- *Grundfos* siurbLIAI.

Siurbiamas upės vandens kiekis – vid. iki 534,00 m³/val. (t.y. išnaudojama 20,3 proc. siurblio našumo).

Vertinimui priimama prielaida, kad gamyba veikia ištisus metus, tokių būdu elektros energijos sąnaudos siurblinėje – 280,32 MWh/m. (8760 val./m. x 160 kW x 0,2).

Sumažėjus vandens sąnaudoms 1276900 m³/m., bus išnaudojamas 14,8 proc., tokių būdu elektros energijos sąnaudos siurblinėje sumažės iki – 210,24 MWh/m. (8760 val./m. x 160 kW x 0,15).

⁷Šilumos siurblys vanduo-vanduo Vitocal – šiluminė galia 7,96 kW, šalčio galia 6,73 kW, elektros imamoji galia 1,32 kW (UAB „Viessmann“, įrenginio techninis pasas). Elektros energijos sąnaudos – 3,7 MWh/m. (8760 val/m. x 1,32 kW x 0,32).

⁸Gamtinių dujų sąnaudos energijos gamybai (Kliopova et al, 2014) :

$$B = Q \times 3,6 / [Q_z \times \eta] = 130686,32 \times 3,6 / [33,78 \times 0,90] = 15,47 \text{ tūkst. nm}^3;$$

čia Q – energijos kiekis, MWh/m.; 1 MWh = 3,6 GJ;

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė; gamtinių dujų Q_z = 33,78 MJ/nm³;

η – n.v.k.

⁹Emisijos į aplinkos orą deginant gamtines dujas (Charkovas, 1997, Kliopova et al, 2014).

¹⁰Šiluminės energijos kiekis paimtas iš galimybių studijos 6.1 lentelės. Darbo valandų skaičius (5200 val./m.) paimtas iš TIPK. Jei būtų perduota visų trijų VAC sistemų šiluminė energija, jos kiekis būtų 1678622,4 MWh/m.

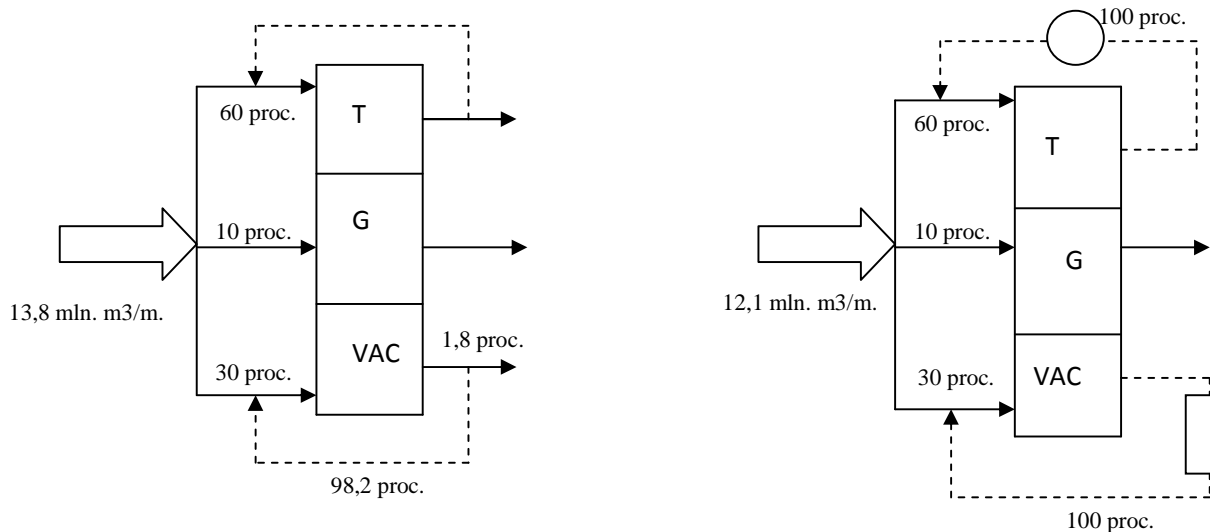
5.4. Azoto trąšų gamybos aplinkosaugos veiksmingumo įvertinimas vandens išteklių naudojimo srityje

Nustačius santykinus aplinkosauginius indikatorius ir atlikus siūlomų vandens išteklių naudojimo inovacijų bendrą aplinkosaugos veiksmingumo įvertinimą nustatėme, kad bendra įmonės aplinkosauginė būklė pagerėjo.

Vandens suvartojimas vienam pagamintos produkcijos vienetui sumažėjo iki 12 mln. m³/m., tai yra 11,4 procento, o nuotekų kiekis tenkantis vienai tonai pagamintos produkcijos sumažėjo net 78,3 procentais. Cheminių medžiagų, naudojamų vandens paruošimui ir vandens apytakinio ciklo sistemose, kiekis vienai tonai pagamintos produkcijos sumažėjo atitinkamai 2,1 proc. ir 2,7 proc.

Taip pat buvo nustatyta, kad elektros energijos kiekis tenkantis produkcijos vienetui sumažėjo 23,9 procento. Toks pat pokytis pastebimas ir elektros energijos gamybai naudojamų gamtinių dujų kiekio sumažėjime bei netiesioginėse išlankose į aplinkos orą dėl elektros energijos sąnaudų.

4.1. paveiksle pateikta AB „Achema“ vandens panaudojimo schema prieš ŠG inovacijų įdiegimą ir po jo.



Paiškinimai: T – technologijai; G – garui; VAC – vandens apytakiniam ciklui.

4.1. paveiklas. AB „Achema“ vandens panaudojimo schema prieš ir po inovacijų įdiegimo.

4.2.2 lentelė. Azoto trąšų gamybos vandens išteklių naudojimo srityje aplinkosauginio įvertinimo rezultatai

Eil. Nr.	Įvedinių ir išvedinių srautai	Esama situacija		Įdiegus alternatyvą		Sutaupoma, sumažėja	
		Vnt./m.	¹ AAI _{iki} Vnt./t	Vnt./m.	¹ AAI _{po} Vnt./t	Vnt./m.	² AAV = AAI _{iki} - AAI _{po} Vnt./t
1.	Įvediniai						
1.1	Vanduo	13678821,3 m ³	0,0362 m ³	12113178,3m ³	0,0321 m ³	1565643m ³	0,0041m ³
1.2	Chemikalai vandens paruošimui	4096700 kg	0,0109 kg	4010220 kg	0,0106 kg	86480 kg	0,0002 kg
1.3	Chemikalai VAC	25731900 kg	0,0682 kg	1870900 kg	0,005 kg	702290 kg	0,0018 kg
1.4	Elektros energija	131541,32 MWh	0,0004 MWh	99992,52 MWh	0,0003 MWh	31548,8 MWh	0,0001 MWh
1.5	Gamtinės dujos	15576230 nm ³	0,0413 nm ³	11840843 nm ³	0,0314nm ³	3735387nm ³	0,0099 nm ³
2.	Išvediniai						
2.1	Nuotekos	369000 m ³	0,0009 m ³	80177,63	0,0001 m ³	288822,37 m ³	0,0008 m ³
2.2	Išlankos į aplinkos orą dėl el. sąnaudų	29717574kg	0,0787 kg	22603368kg	0,0599 kg	7114206 kg	0,0188 kg
2.2.1	CO	130881000g	0,3467g	99492000g	0,2636g	31389000 kg	0,0832kg
2.2.2	NO _x	52612000g	0,1394g	39998000g	0,1060g	12614000g	0,0334g
2.2.3	CO ₂	29534081000g	78,2g	22451415000g	59,5 g	7082666000g	18,8 g

Pastabos:

¹AAI – aplinkosaugos indikatorius;

²AAV – aplinkosaugos veiksmingumas

4.3. Azoto trąšų gamybos ekonominis įvertinimas vandens išteklių naudojimo srityje

AB „Achema“ įdiegus siūlomus amoniako ir karbamido gamybos cecho nuotekų valymo įrenginius ir amoniako AM70 ir AM80 gamybos cecho uždaro tipo apytakinio vandens aušinimo ciklo sistemas įmonė galėtų sutaupyti apie 3,9 mln. eur per metus (4.3.1. lentelė). Detalus atskirų projektų ekonominis įvertinimas pateiktas 4.3.3., 4.3.4. ir 4.3.5. lentelėse.

4.3.1. lentelė. Vandens naudojimo procesų optimizavimo ekonominis įvertinimas

Siūlomas projektas	Sutaupymai, eur/m.
Amoniako cecho nuotekų valymas	151945,1
Karbamido cecho nuotekų valymas	301513,49
Uždaros VAC sistemos	3428726,61
Iš viso:	3882185,2

Preliminarios siūlomų projektų įgyvendinimo investicijos pateiktos 4.3.2. lentelėje. Planuojama, kad bendros išlaidos siektų apie 292 tūks. eur. Nustačius projektų ekonominį naudingumą ir numatomas investicijas buvo apskaičiuota, kad siūlomi projektai atsiperktų po 0,08 m ($292000,00 \text{ eur/m.} / 3882185,2 \text{ eur} = 0,075 \text{ m.}$). Įvertinus atsiperkamumą galime taigti, kad siūlomas projektas įmonei yra ekonomiškai naudingas ir priimtinas.

4.3.2. lentelė. Vandens naudojimo procesų optimizavimo investicijų preliminarus įvertinimas.

Įrenginio pavadinimas	Techninis aprašymas	Preliminarios investicijos, eur
Amoniako cecho nuotekų valymo įrenginiai	- Cikloninis filtras; - Aktyviosios anglies filtrai; - Atbulinio osmoso įrenginys;	62000,00
Karbamido cecho nuotekų valymo įrenginys	- Grubaus valymo filtras; - Išgarintuvas; - Atbulinio osmoso įrenginys	58000,00
Uždaros VAC sistemos	- Šilumos siurblius vanduo - vanduo	172000
	Iš viso:	292000,00

IŠVADOS

1. Atlikus naujausių mokslinių tyrimų analizę vandens taupymo ir azoto trąšų gamybinių nuotekų valymo srityje buvo nustatyta, kad efektyvus vandens išteklių naudojimas paremtas šiais valdymo principais:

- racionalus vandens naudojimas;
- pakartotinis vandens naudojimas;
- vandens reciklas;
- uždarų vandens reciklų sukūrimas.

Mokslinės literatūros analizės metu buvo nustatyta, kad efektyviausias azoto trąšų gamybėje susidarančių nuotekų valymo būdas – atvirkštinio osmoso filtras, įgalinantis išvalyti susidariusias nuotekas taip, kad jas būtų galima panaudoti technologinėms reikmėms antrą kartą.

2. Nustačius pagrindinius trikdžius (atviros aušinimo sistemos, vandens apskaitos prietaisų nebuvimas, nedideli mokesčiai už vandens gamtinius išteklius technologinių procesų reikalavimas, perteklinės šilumos energijos realizavimo problemos, kt.) sukurta vandens išteklių valdymo sistema. Trikdžių kompensavimo sistemos įdiegimas leistų minimizuoti 10 proc. vandens sąnaudų aušinime. Grįžtamo ryšio valdymo sistema, kai vanduo sunaudojamas, bet nekanalizuojamas į miesto valymo įrenginius, o valomas, taikant įvairius inovacinius sprendimus ir grąžinamas atgal į gamybą, vandens sąnaudas sumažintų 75 proc.

3. Atlikus detalią vandens – nuotekų srautų analizę buvo nustatytos šios neefektyvaus vandens išteklių naudojimo priežastys:

- Gamybos metu susidariusių nuotekų išleidžiamos į UAB „Jonavos vandenys“ eksploatuojamus nuotekų tinklus;
- Atviros vandens aušinimo sistemos.

4. Atlikus siūlomų ŠG inovacijų įvykdomumo analizę buvo atliktas techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas:

- Nuotekų, susidarančių amoniako gamybos ceche, valymas ir reciklas:
 - o Sunaudojamo vandens kiekis sumažėtų 96023,00 m³/m.;
 - o Gamybinių nuotekų kiekis sumažėtų 99 proc.;
 - o Cheminių medžiagų kiekis sumažėtų 28,76 t/m.;

- Elektros energijos ir gamtinių dujų, elektros energijos gamybai, sąnaudos padidėtų 12,2 proc.;
- Netiesioginės išlankos į aplinkos orą dėl elektros energijos suvartojimo padidėtų 18,6 proc.;
- Projektas įmonei leistų sutaupyti apie 152 tūkst. eur./m., projekto atsiperkamumas 0,4 m.
- Nuotekų, susidarantių karbamido gamybos ceche, valymas ir reciklas:
 - Sunaudojamo vandens kiekis sumažėtų 192720,00 m³/m.;
 - Nuotekų kiekis sumažėtų 192720,00 m³/m.;
 - Cheminių medžiagų sąnaudos sumažėtų 57,72 t/m.;
 - Elektros energijos ir gamtinių dujų, elektros energijos gamybai, sąnaudos padidėtų 18,6 proc.;
 - Netiesioginės išlankos į aplinkos orą dėl elektros energijos suvartojimo padidėtų 18,6 proc.;
 - Inovacija leistų sutaupyti apie 302 tūkst. eur./m., atsiperkamumas – 0,2 m.
- Uždaros vandens apytakinio ciklo sistemos:
 - Vandens sunaudojimas sumažėtų 1276900,00 m³/m.;
 - Išleidžiamų nuotekų kiekis sumažėtų 94585,19 m³/m.;
 - Teoriškai būtų galima pagaminti 1678622,4 MWh/m. šiluminės energijos, praktiškai būtų galima panaudoti apie 1000 MWh/m. kitų ūkio subjektų poreikiams tenkinti;
 - Cheminių medžiagų kiekis sumažėtų 27,3 proc.;
 - Elektros energijos ir gamtinių dujų, naudojamų elektros energijos gamybai, kiekis sumažėtų 24,3 proc.;
 - Netiesioginės išlankos į aplinkos orą sumažėtų 24,3 proc.;
 - Įdiegus inovaciją įmonė galėtų sutaupyti apie 3,4 mln. eur./m., atsiperkamumas 0,05 m.

5. Atlikus aplinkosaugos veiksmingumo įvertinimą buvo nustatytas šis teigiamas poveikis aplinkai:

- Vandens suvartojimas sumažėjo 11,4 procentais;
- nuotekų kiekis sumažėjo 78,3 procentais;

- Cheminių medžiagų, naudojamų vandens paruošimui ir vandens apytakinio ciklo sistemose, atitinkamai sumažėjo 2,1 proc. ir 2,7 proc.;
- Elektros energijos sąnaudos sumažėjo 23,9 procento.
- Inovacijų įdiegimas leistų sutaupyti apie 3,9 mln. eur/m., atsiperkamumas 0,08 m.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Zhang C., Chen J., Wen Z. (2012). Assessment of policy alternatives and key technologies for energy conservation and water pollution reduction in China's synthetic ammonia industry. *Journal of Cleaner Production*, 25, p. 96-105.
2. Wen J., Liu X., Yuan Q., et. al. (2006). A pilot study for nitrifying treatment of wastewater from fertilizer production using a gas-liquid-solid three-phase flow airlift loop bioreactor. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81, p. 817-822.
3. Barbier J., Oliviero L., Renard B., et. al. (2002). Catalytic wet air oxidation of ammonia over M/CeO₂ catalysts in the treatment of nitrogen-containing pollutants. *Catalysis Today*, 75, p. 29-34.
4. Abou-Elela S. I., Haleem H. A., Abou-Taleb E., et. al. (2007). Application of cleaner production technology in chemical industry: a near zero emission. *Journal of Cleaner Production*, 15, p. 1852-1858.
5. Kliopova, I., M. Malinauskienė, I. Baranauskaitė. 2014. Išteklius tausojančių švaresnės azoto trąšų gamybos inovacijų įvykdomumo analizės studija. Studija parengta, vykdant MTP projektą Išteklius tausojanti ir švaresnė azoto trąšų gamyba (ŠATG). P-159. Kaunas, PEI.
6. Dore M. H. I. (2005). Forecasting the economic costs of desalination technology. *Desalination*. 172, p. 207-214.
7. Vourch M., Balanec B., Chaufer B. et. al. (2008). Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. *Desalination*, 219, p. 190–202.
8. Khawaji A. D., Kutubkhanah I.K., Wie J.M. (2008). Advances in seawater desalination technologies. *Desalination*, 221, p. 47–69.
9. Karagiannis I. C., Soldatos P. G. (2008). Water desalination cost literature: review and assessment. *Desalination*, 223, p. 448–456.
10. Kim Y. M., Kim S. J., Kim Y. S., et. al. (2009). Overview of systems engineering approaches for a large-scale seawater desalination plant with a reverse osmosis network. *Desalination*, 238, p. 312–332.

11. Jamaly S., Darwish N. N., Ahmed I., et. al. (2014). A short review on reverse osmosis pretreatment technologies. *Desalination*, 354, p. 30–38.
12. Henthorne L., Boysen B. (2015). State-of-the-art of reverse osmosis desalination pretreatment. *Desalination*, 356, p. 129–139.
13. Bohdziewicz J, Sroka E. (2005). Integrated system of activated sludge–reverse osmosis in the treatment of the wastewater from the meat industry. *Process Biochemistry*, 40, p.1517–1523.
14. Greenlee L. F., Lawler D. F., Freeman B. D., et. al. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today’s challenges. *water research*, 43, p. 2317–2348.
15. Joo S. H., Tansel B. (2015). Novel technologies for reverse osmosis concentrate treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 150, p. 322-335.
16. Lee K. P., Arnot T. C., Mattia D. (2011). A review of reverse osmosis membrane materials for desalination—Development to date and future potential. *Journal of Membrane Science*, 370, p. 1–22.
17. Subramani A., Jacangelo J. G. (2014). Treatment technologies for reverse osmosis concentrate volume minimization: A review. *Separation and Purification Technology*, 122, p. 472–489.
18. Kliopova, I. (2002). Procesų valdymas švaresnėje gamyboje: analizė, metodika ir diegimas. Disertacija. P.: 130 (naudojama informacija: 28 – 40 p.p.)
19. Staniškis J.K., Stasiškienė Ž, Kliopova I., (2002). Švaresnė gamyba: sisteminis požiūris. Mokslo monografija. P.365.
20. Kliopova, I. Staniškis, J.K. (2004). Process control in Cleaner Production. *Environmental Engineering and Management Journal*. Vol.3, No.3. P.:517-526.
21. Kliopova, I. and J. K. Staniškis. 2006. The evaluation of Cleaner Production performance in Lithuanian industries. *Journal of Cleaner Production* 14(18):1561-1575.

22. Kasmauskis T. (2006). Bendro įgyvendinimo (pagal Kioto protokolą) projekto plėtros galimybių tyrimas AB „Achema“, taikant švaresnės gamybos koncepciją. Magistro tezės. Vadovė – I. Kliopova.

23. Stasiškienė Ž., Dvarionienė J. (2002). Vandens išteklių tausojimo Lietuvos pramonėje galimybių analizė. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 1(19), p.34-42.

24. Kliopova, I. 2002. Procesų valdymas švaresnėje gamyboje: analizė, metodika ir diegimas. Disertacija. Vadovas – prof. habil. dr. J.K. Staniškis;

25. Staniškis, J. K., Ž. Stasiškienė, I. Kliopova, V. Varžinskas. 2010. *Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas*. Mokslo monografija. P-458. Kaunas, Technologija.

Teisės aktai

1. 2008-07-31 Statistikos departamento prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės generalinio direktoriaus įsakymu Nr. DĮ-154 patvirtintos Kuro ir energijos balanso sudarymo metodikos 4 priedas.

2. Lietuvos 2008-2013 m. šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos ataskaitų I priedas „Nacionaliniai taršos faktoriai energetikos sektoriuje“.

3. Lietuvos Respublikos mokesčio už gamtos išteklių įstatymo 2 priedą *Mokesčio už vandenį ir statybinį gruntą tarifai* (1991-03-21 Nr. I-1163 (Žin., 1991, Nr. 11-274); aktuali redakcija nuo 2014-04-17 Nr. XII-835 (TAR, 2014, Nr.04869).

Kiti naudojami informacijos šaltiniai

1. Teršalų, išmetamų į atmosferą iš pagrindinių technologinių mašinų gamybos įrenginių, normatyviniai rodikliai. Charkovas, 1997 (Tomas I). 1 paragrafas „Kuro deginimas“. 1.2 punktas „Metodinės gairės, vertinant teršalų išmetimus į aplinkos orą, deginant kurą KDI“.

2. AB “Achema” internetinė svetainė: <http://www.achema.lt/>;

3. UAB „Jonavos vandenys“ internetinė svetainė: <http://www.jonavosvandenys.lt/>;

4. UAB „Jurby water tech“ internetinė svetainė: <http://www.jurby.lt/> ;

5. UAB „Grundfos“ internetinė svetainė: <http://lt.grundfos.com/> ;
6. Tarptaurinės trąšų gamybos asociacijos (IFA) internetinė svetainė: <http://www.fertilizer.org/Statistics>;
7. AB „Achema“. (2007). Paraiška taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) leidimui atnaujinti.
8. Lietuvos Statistikos departamentas. (2014). Gaminių gamyba 2013.
9. Lietuvos Statistikos departamentas. (2014). Gamtos ištekiniai ir aplinkos apsauga 2013.
10. Europos Komisija. (2006). Informacinio dokumento apie Geriausius prieinamus gamybos būdus dideliais kiekiais gaminamų neorganinių medžiagų – amoniako, rūgščių ir trąšų gamyboje anotacija.