

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Saulius Stulpinas

AUKŠTRAKIŲ NUOTEKŲ VALYMO ĮRENGINIŲ  
ELEKTROS VARTOJIMO EFEKTYVUMO TYRIMAS  
Magistro darbas

**Vadovas**

doc. dr. L. Buivis

ŠIAULIAI, 2007

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

**TVIRTINU:**

Katedros vedėjas

doc. dr. T. Šimkevičius

2007 06

AUKŠTRAKIŲ NUOTEKŲ VALYMO ĮRENGINIŲ  
ELEKTROS VARTOJIMO EFEKTYVUMO TYRIMAS

Magistro darbas

**Vadovas**

doc. dr. L. Buivis

2007 06

**Atliko**

EM-5 gr. stud.  
S. Stulpinas

**Recenzentas**

ŠU Technologijos fakulteto  
Elektros inžinerijos katedros  
doc. dr. Z. Turauskas

2007 06

ŠIAULIAI, 2007

Magistro darbo vadovo išvados dėl darbo gynimo:

.....  
.....  
.....

.....

(data)

.....

(v., pavardė)

.....

(parašas)

Magistro darbas įteikiamas gynimo komisijai:

.....

(data)

.....

(Gynimo komisijos sekretorės parašas)

Magistro darbo recenzentas:

.....

(v., pavardė)

Magistro darbų gynimo komisijos įvertinimas:

.....

Komisijos pirmininkas:

Komisijos nariai:

Saulius S. Investigation of electricity consumption efficiency of sewage refinement equipment in Aukštakai: Master thesis of energy engineer/research advisor Assoc. Prof. Dr. L. Buivis; Šiauliai University, Technological Faculty, Electrical Engineering Department. – Šiauliai, 2007. – 50 p.

## **SUMMARY**

This master thesis of Energetic Engineering refers to the problems relevant to the Lithuanian Republic integration westwards and its efforts to meet the requirements of European Union directives of increasing the effectiveness of energetics in the sphere of its consumption as well as Lithuanian Law on Energy and to follow the regulations of municipalities regarding economizing financial means, making efforts to reduce the price growth of the sewage treatment service.

The aim of the research of the electricity consumption effectiveness is to define the ways of energy saving in the sewage disposal devices. During this research the whole technological process of sewage disposal has been examined and the analysis of electricity consumption has been done. The technical characteristics of the units have been measured and their technological standards have been estimated as well. The suggestions for standard-setting of electrical heating applying the daydegree method have been made in the research. It has been proposed to increase the effectiveness of air blower operating through regulating the quantity of melted oxygen.

## TURINYS

ĮŽANGA.....	9
1. AUKŠTRAKIŲ NVĮ TECHNOLOGIJOS APRAŠYMAS.....	11
1.1. Technologija.....	11
1.2. Technologiniai agregatai ir jų elektros imtuvai.....	15
1.2.1. Pirminis valymas (stambios nuotekų frakcijos atskyrimas).....	15
1.2.2. Pirminiai nusodintuvai.....	16
1.2.3. Biologinis valymas (aktyvuoto dumblo procesas).....	18
1.2.4. Dumblo apdorojimas.....	19
1.2.5. Vandenvietė.....	20
1.2.6. Antriniai nusodintuvai.....	21
2. ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMAS AUKŠTRAKIŲ NVĮ.....	22
3. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO ANALIZĖ.....	24
3.1. Vartotojų pasiskirstymas.....	26
3.2. Technologinių agregatų darbo režimai.....	27
3.3. Technologinių agregatų charakteristikos.....	28
3.4. Elektros energijos vartojimas šildymui.....	30
3.4.1. Administracinio pastato šildymas.....	30
3.4.2. Orapūčių pastato šildymas.....	31
3.4.3. Kitų patalpų šildymas.....	32
4. AGREGATŲ GALIOS SKAIČIAVIMAI.....	34
4.1. Transportavimo – perdavimo įrenginiai.....	34
4.2. Išcentriniai siurbliai.....	36
4.3. Oro kompresoriai.....	37
4.4. Orapūtės ir maišytuvai.....	37
5. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMAS.....	39
5.1. Bendroji dalis.....	39
5.2. Momentiniai matavimai.....	39
5.3. Atskirų agregatų elektros energijos vartojimo efektyvumas.....	41
6. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO DIDINIMO GALIMYBĖS.....	44
6.1. Bendroji dalis.....	44
6.2. Normavimas.....	44
6.3. Aeracinių sistemų modernizavimas.....	45

6.3.1. Skaičiavimo metodika.....	45
6.3.2. Oro poreikio skaičiavimas.....	47
7. IŠVADOS.....	49
8. LITERATŪRA.....	50

**LENTELĖS**

- 1.1 lentelė. Pirminio valymo elektros įrenginių variklių parametrai
- 1.2 lentelė. Nusodintuvų elektros variklių parametrai
- 1.3 lentelė. Biologinio valymo elektros variklių parametrai
- 1.4 lentelė. Dumblo apdorojimo įrenginių elektros variklių parametrai
- 1.5 lentelė. Giluminių siurblių elektros variklių parametrai
- 1.6 lentelė. Antrinių nusodintuvų elektros variklių parametrai
- 2.1 lentelė. Elektros energijos suvartojimo nuotekų valymo įrenginiuose 2006 metais balansas
- 3.1 lentelė. Transportavimo – perdavimo įrenginiai
- 3.2 lentelė. Išcentriniai siurbLIAI
- 3.3 lentelė. Kompresoriai
- 3.4 lentelė. Orapūtės ir maišytuvai
- 3.5 lentelė. Elektros sąnaudos administracinio pastato šildymui
- 3.6 lentelė. Elektros sąnaudos orapūčių pastato šildymui
- 3.7 lentelė. Elektros sąnaudos kitų patalpų šildymui
- 4.1 lentelė. Transportavimo – perdavimo įrenginių matavimo ir skaičiavimo duomenys
- 4.2 lentelė. Siurblių matavimo ir skaičiavimo duomenys
- 4.3 lentelė. Kompresorių matavimo ir skaičiavimo duomenys
- 4.4 lentelė. Orapūčių ir maišytuvų matavimo ir skaičiavimo duomenys
- 5.1 lentelė. Technologinių elektros įrenginių matavimo rezultatai
- 5.2 lentelė. Technologinių agregatų elektros energijos naudojimo efektyvumas
- 6.1 lentelė. Nuotekų priemaišos
- 6.2 lentelė. Orapūčių paduodamo oro duomenys

**PAVEIKSLAI**

- 1.1 pav. Aukštrakių NVĮ technologinė elektros imtuvų schema
- 1.2 pav. Stambios nuotekų frakcijos atskyrimas
- 1.3 pav. Pirminiai nusodintuvai
- 1.4 pav. Biologinis valymas
- 1.5 pav. Dumblo apdorojimas
- 1.6 pav. Giluminiai gręžiniai
- 1.7 pav. Antriniai nusodintuvai
- 2.1 pav. Elektros energijos tiekimo schema
- 3.1 pav. Elektros energijos vartojimo schema
- 3.1 pav. Elektros energijos vartojimo dinamika 2006 metais
- 3.2 pav. Vidutinė mėnesio paros temperatūra 2006 metais



## IŽANGA

Elektros energijos vartojimo efektyvumo tyrimo tikslas – nustatyti energijos vartojimo efektyvumo didinimo būdus nuotekų valymo įrenginiuose. Tai labai aktualu UAB „Šiaulių vandenys“ integruojantis į vakarus ir tokios pastangos atitinka Europos Sąjungos (ES) direktyvų reikalavimus didinti energetikos efektyvumą jos vartojimo sferoje, Lietuvos energijos taupymo įstatymą, miesto savivaldybės nuostatas taupyti lėšas ir kiek įmanoma mažiau didinti nuotekų šalinimo paslaugos kainą.

Vienas iš svarbiausių veiksnių, įtakojantis į energijos vartojimą, yra normavimas. Energijos sąnaudų rodiklį reikėtų priskirti ekonominių, bet ne techninių rodiklių kategorijai. Pagal jį negalima vertinti energijos vartojimo technologinėje įrangoje efektyvumo. Žinant šį rodiklį galima objektyviau įvertinti technologinį procesą ir palyginti jį su kitų miestų nuotekų valymo įrenginių efektyvumu.

Energijos efektyvumo rodiklio naudojimas labai supaprastintų normavimą. Jo reikšmei gali turėti įtakos tik žymesnis siurblio (orapūtės) darbo režimo zonos nukrypimas nuo vardinių parametrų. Pagal šio rodiklio faktinę reikšmę galima objektyviai spręsti apie įrenginio susidėvėjimą, apie jo techninę būklę. Kuo daugiau šis rodiklis nutolsta nuo normos, tuo įrenginio efektyvumas yra mažesnis. Jį nustatydami mes nustatome kokią sąnaudų dalį sudaro naudingai suvartota energija ir kokią dalį – nuostoliai. Normavimo tikslas yra skatinti ekonomišką darbą.

UAB “Šiaulių vandenys” nuo 1995 metų vykdo aplinkosaugos projektą, kurio pagrindiniai uždaviniai:

- sumažinti iš Šiaulių zonos į Lielupės aukštupį ir Rygos įlanką patenkančią taršą;
- gerinti vandens tiekimo ir nuotekų paslaugų kokybę, patikimumą ir finansinį efektyvumą Šiauliuose;
- sukurti prielaidas finansiškai stabiliai komunalinių paslaugų įmonės veiklai;
- tobulinti regiono ir vietinį aplinkos kokybės monitoringą ir kontrolės sistemą Lielupės aukštupyje.

Jau senuosiuose Šiaulių miesto valymo įrenginiuose buvo bandoma diegti elektros energijos normavimą. Tai buvo aktualu, nes bendrame įmonės vartojimo balanse valymo įrenginiams tekdavo 32% bendro elektros suvartojimo. Metodikas tokių įrenginių normų nustatymui buvo bandoma sukurti jau 1990 metais. Tačiau realybėje tai nebuvo įgyvendinta. Normavimą, o tuo pačiu, ir energijos sutaupymą, bei jos naudojimo efektyvumo įvertinimą apsunkindavo vertinimo kriterijų ir informacijos stoka.

Laikui bėgant pribrendo būtinybė Šiauliuose statyti naujus nuotekų valymo įrenginius. Ruošiant užduotį projektavimui, bendrovė, pasinaudodama ilgamete patirtimi, sukaupia didinant energijos naudojimo efektyvumą vandens tiekime, numatė reikalavimus informacinei valdymo sistemai, įgalinančiai objektyviau įvertinti elektros energijos sunaudojimą ir jos atliekamą darbą atskirose nuotekų valymo technologinio proceso vietose. Naujieji nuotekų valymo įrenginiai Aukšttrakiuose pradėjo veikti 2005 metais. Realizuojant patį projektą ir, kaip dažnai atsitinka, trūkstant lėšų, dalis skirta energetikos informacinei valdymo sistemai buvo skriaudžiama. Tokiu būdu, dėl konkrečios informacijos stokos atskiruose technologinio proceso dalyse įvertinti energijos vartojimo efektyvumą sunku arba visiškai neįmanoma.

Šiame darbe buvo bandoma:

1. Suskaidyti technologinį nuotekų valymo procesą į dalis, kurioms galima nustatyti elektros energijos suvartojimą ir jos atliekamą darbą;
2. Išskirti dalis, kuriose elektros energijos suvartojimas mažai, arba visiškai nepriklauso nuo valomų nuotekų kiekio;
3. Nustatyti atskirų technologinių agregatų darbo efektyvumo koeficientus.

Šis darbas yra aktualus, nes, lyginant su senaisiais valymo įrenginiais, elektros energijos suvartojimo rodikliai kWh/m<sup>3</sup> išaugo 4,7%. Valymo kokybė pagerėjo, o atsakymo į klausimą, kaip pasikeitė elektros energijos suvartojimo efektyvumas – nėra.

## 1. AUKŠTRAKIŲ NVĮ TECHNOLOGIJOS APRAŠYMAS

### 1.1. Technologija

Technologinis procesas Aukštrakių NVĮ yra automatizuotas. Galimi trys valdymo lygiai: automatinis, distancinis ir vietinis. Valdant procesą reikalingas minimalus žmogaus įsikišimas. Technologinio proceso valdymui ir kontrolei valymo įrenginiuose įrengti programuojami loginiai valdikliai, siurblių ir orapūčių valdymui – dažnio keitikliai. Operatorių stotys ir pagrindinis punktas su valdikliais sujungtas šviesolaidžiais. Tai leidžia pasiekti patikimą ir didelį duomenų apsikeitimo greitį. Operatyviniam ryšiui su nutolusiais objektais naudojamas radijo ryšys. Operatorių stotyse (dispečerinėje) grafinės programos pagalba galima kontroliuoti visą technologinį procesą, peržiūrėti ir analizuoti proceso ataskaitas bei grafikus. Gavus aliarminius pranešimus apie proceso ar įrangos sutrikimus operatyviai pašalinti priežastis. Visa tai užtikrina nuotekų valyklos patikimumą. Taip pat įdiegtos kompiuterizuotos pastatų apsaugos, video stebėjimo, bei pasikalbėjimo sistemos.

Valymo įrenginių paskirtis – išvalyti Šiaulių miesto buitines-ūkinės nuotekas iki rodiklių, ne blogesnių, nei pateikti žemiau:

Deguonies kiekis, reikalingas nuotekose esančioms organinėms medžiagoms biochemiškai oksiduoti per septynias paras  $BDS_7$  – 15 mg/l;

Skandinčios medžiagos – 20 mg/l;

Bendras fosforas – 1,5 mg/l.

Projektinis nuotekų valyklos našumas  $50000\text{m}^3/\text{d}$ , vidutinis valandos debitas  $2100\text{ m}^3/\text{h}$ , maksimalus valandinis debitas –  $2700\text{ m}^3/\text{h}$ .

Nuotekos į įrenginius paduodamos dvejomis, 800 mm diametro, spaudiminėmis linijomis. Atitekančių nuotekų srautas matuojamas kiekvienoje jų tiekimo linijoje elektromagnetiniais debitomačiais. Šis išmatuotas debitas valdo nuo srauto priklausančius įrengimus (bandinių ėmiklius, smėlio šalinimo grandiklius, vidinės cirkuliacijos siurblius). Spaudiminės linijos tiekia nuotekas į priėmimo kamerą, kur nuotekų greitis yra suvienodinamas prieš paskirstymą į stambių nešmenų sulaikymo grotas.

Kad stambios šiukšlės nepatektų į tolimesnius proceso etapus visas nuotekų srautas yra paskirstomas tarp dviejų stambių nešmenų koštuvų (vadinamų pakopinėmis grotomis) su 3 mm. Tarpais. Grotos valdomos automatiškai pagal vandens lygį ir pagal laiką. Grotų patalpoje įrengta moderni ventiliacijos sistema, užtikrinanti, kad į patalpą nepatektų iš nuotekų išsiskiriančios kenksmingos ir agresyvios medžiagos bei kvapai. Visi elektros ir automatikos įrengimai įrengti

atskiroje patalpoje, kur sumontuota viršslėgio sistema, kuri apsaugo įrengimus ir prietaisus nuo aplinkos poveikio.

Sunkesnės medžiagos atskiriamos aeruojamose smėliagaudėse. Nuotekų srautas paskirstomas tarp trijų aeruojamų smėlio šalinimo kamerų, kiekvienos iš jų tūris 100 m<sup>3</sup>. Oras tiekiamas rotacine stūmokline orapūte ir paskirstomas aeracine vamzdynų sistema. Aeravimo sistema leidžia pašalinti smėlį, nepašalinus suspenduotų kietųjų dalelių iš nuotekų. Nusėdęs smėlis skreperiu, kuris pritvirtintas prie judančio tilto, nukreipiamas į smėlio bunkerį ir iš ten, panardinamais smėlio siurbliais, pumpuojamas į smėlio separatorių. Separatoriuje smėlis yra atskiriamas nuo nešmenų ir konvejeriu nukreipiamas į smėlio konteinerius.

Po smėlio šalinimo nuotekos paduodamas per paskirstymo kamerą į pirminius nusodintuvus, kurių rezervuaruose dumblo dalelės nusėda ant dugno ir grandikliais nukreipiamos į rezervuaro viduryje esančią sutankinimo prieduobę. Nusodintuvuose pašalinama didžioji dalis suspenduotų kietųjų dalelių (70 %) ir BDS<sub>7</sub> (30 %).

Nuotekos po pirminio valymo nukreipiamos biologiniam valymui. Biologinis valymas yra vykdomas veikliojo dumblo reaktoriuje, kuris suskirstytas į 2 aeravimo talpas. Tai yra aktyvuoto dumblo procesas, kuriame atliekamas biologinis fosforo, azoto ir organinių medžiagų šalinimas pagal modifikuota UCT (Keiptauno universiteto) technologiją. Talpos yra suskirstytos į anaerobinę, anoksinę, lanksčią anoksinę/oksidacinę ir oksidacinę zonas. Biologiniam fosforo šalinimui reikia anaerobinių sąlygų, oksidacinėje zonoje amonio azotas yra oksiduojamas iki nitratų ir prasideda bakterinis fosforo šalinimas, anoksinėje zonoje nitratai skyla ir išsiskiria dujinis azotas.

Reaktoriaus įėjime (anaerobinė zona) nuotekos yra sumaišomos su recirkuliaciniu dumbliu iš anoksinės zonos galo. Po to nuotekos nukreipiamos į anoksinę zoną kur sumaišomos su grįžtamuojų dumbliu bei su nitrifikuotu dumbliu iš oksidacinės zonos. Iš anoksinės zonos nuotekos teka į oksidacinę zoną, kur įrengta smulkių burbulinių aeratorių sistema.

Norint išvengti veikliojo dumblo nusėdimo ant talpos dugno, visose anaerobinėse ir anoksinėse zonose yra įrengtos panardinamos maišyklės. Visos maišyklės valdomos automatiškai ir, esant normaliam proceso veikimui, dirba be pertraukos.

Aeracinis oras į oksidacines zonas yra paduodamas iš rotacinių orapūčių. Veikiančių orapūčių kiekį kontroliuoja slėgio matuoklis. Dvylika debito matuoklių matuoja oro debitą. Reikiamas oras į aeracinę sistemą paduodamas per smulkių burbulinių aeratorių sistema (6654 membraninių aeratorių). Oro srautas į kiekvieną sektorių yra matuojamas ir valdomas.

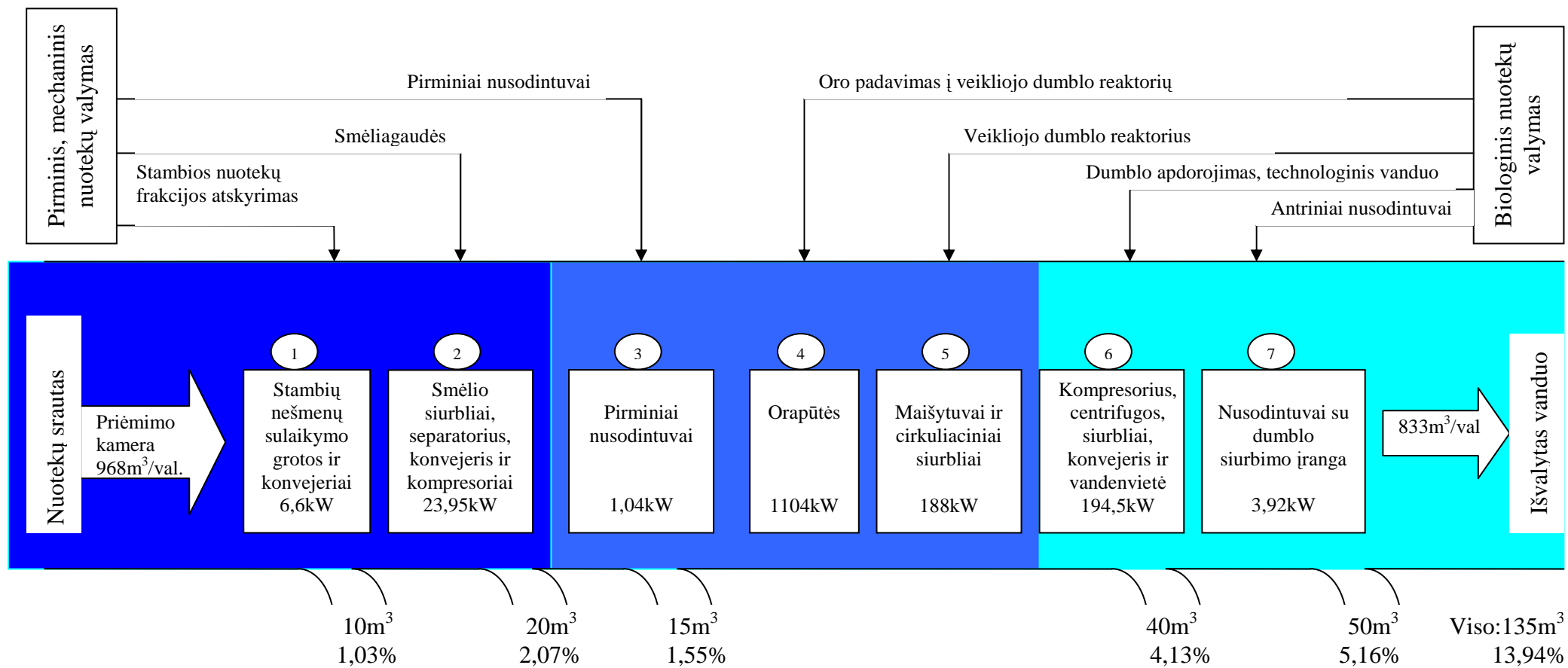
Iš veikliojo dumblo reaktoriaus nuotekos per paskirstymo kamerą patenka į antrinius nusodintuvus. Antriniuose nusodintuvuose iš nuotekų atskiriamas veiklusis dumblas. Nusėdęs veiklusis dumblas, dumblą siurbiančiais grandikliais nubraukiamas ir įsiurbiamas nuo nusodintuvų dugno į dumblo kanalą ir į centrinį dumblo lataką. Grandiklis veikia siurbimo principu: dumblas

nuo dugno nukreipiamas į kanalą vandens lygio skirtumu. Dumblas sifoniniu siurbliu yra nukreipiamas per išleidimo cilindrą į nuosėdų kaupimo talpos vidurį. Paleidimo metu ežektorius ir panardinamas siurbliai sifone sukuria vakuumą. Grandikliai turi sumontuotus paviršinius grandiklius, skirtus plūduriuojančiam dumblui nubraukti ir išleisti į grįžtamojo dumblo kanalą. Nusistovėjęs aktyvuotas dumblas nukreipiamas į veikliojo dumblo rezervuarą iš kur didžioji jo dalis, kaip grįžtamasis dumblas gražinama į aktyviojo dumblo reaktorių, kur jo dalis yra pašalinama iš grįžtamo dumblo srauto kaip perteklinis dumblas ir pumpuojama į dumblo apdorojimą. Perteklinio dumblo kiekis palaikomas toks, kad būtų išlaikomas dumblo amžius, tinkamas biologiniam procesui (apie 15 dienų).

Perteklinis dumblas iš veikliojo dumblo rezervuaro paduodamas į pirminio nusausinimo įrenginį – tankintuvą. Iš tankintuvo sutankintas dumblas nukreipiamas į sumaišyto dumblo rezervuarą. Perteklinis vanduo gražinamas atgal į biologinį valymą.

Iš sumaišyto dumblo rezervuaro sutankinto veikliojo perteklinio ir žalio dumblo mišinys pumpuojamas į tarpinę talpą, iš ten – į centrifugas galutiniam nusausinimui. Kad padidinti nusausinimo efektyvumą į dumblą prieš centrifugas yra pridedami polimerai. Iš centrifugų nusausintas dumblas konvejeriu nukreipiamas į konteinerį išvežimui. Dumblas išvežamas į dumblo kaupimo-sandėliavimo aikštelės. Perteklinis vanduo, po centrifugų, nukreipiamas atgal į biologinį valymą.

Išvalytos nuotekos iš antrinių nusodintuvų išteka per periferines persipylimo briaunas į išleidimo kanalus (kur debitas matuojamas 2 ultragarsiniais debitomačiais), kuriais išleidžiamos į Kulpės upelį, Aukštrakių nuotekų valymo įrenginių dėka jau nesantį labiausiai užterštu upeliu Lietuvoje.



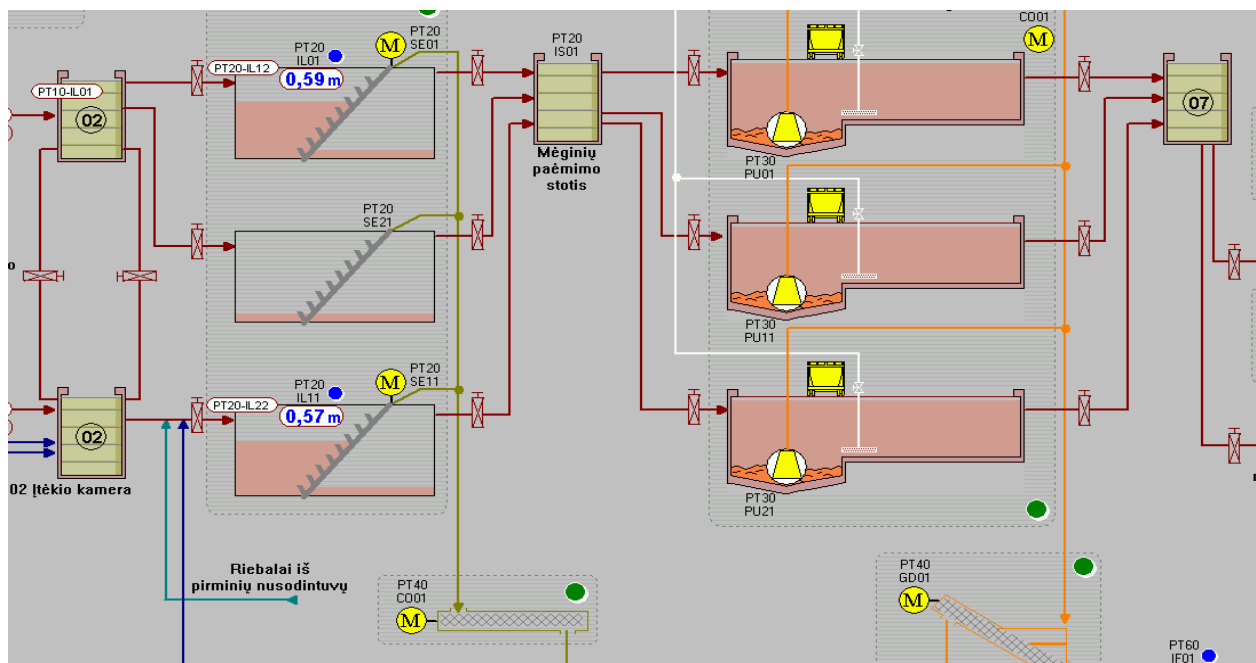
1.1 pav. Aukštrakių NVĮ technologinė elektros imtuvų schema

## 1.2. Technologiniai agregatai ir jų elektros imtuvai

Šiame skyriuje suskirstau agregatus pagal technologinio proceso dalis, bei surašau jų elektros imtuvų technines charakteristikas. Šiuos duomenis panaudosiu tolimesniame darbe, skaičiuojant atskiru technologinių agregatų vartojamos elektros energijos efektyvumą. Patogesniam technologinio proceso agregatų suskirstymui bei orientacijai viso tyrimo eigoje, įvedžiau kodų numeraciją pagal proceso dalis, numeruojant atskirus įrenginius.

### 1.2.1. Pirminis valymas (stambios nuotekų frakcijos atskyrimas)

Įtekančios nuotekos į valymo įrenginius paduodamos dvejomis linijomis į priėmimo kameras (02). Tam, kad stambios medžiagos nepatektų į tolimesnius proceso etapus, iš priėmimo kameros jos yra šalinamos grotomis (PT20). Sunkesnės medžiagos atskiriamos smėliagaudėse (PT30) ir, per smėlio separatorių, konvejeriu (PT40) nukreipiamos į konteinerius. Nuotekų srautas paskirstomas tarp dvejų pakopinių grotos, trečiosios grotos – mechaninės, įrengtos avariniam darbo režimui.



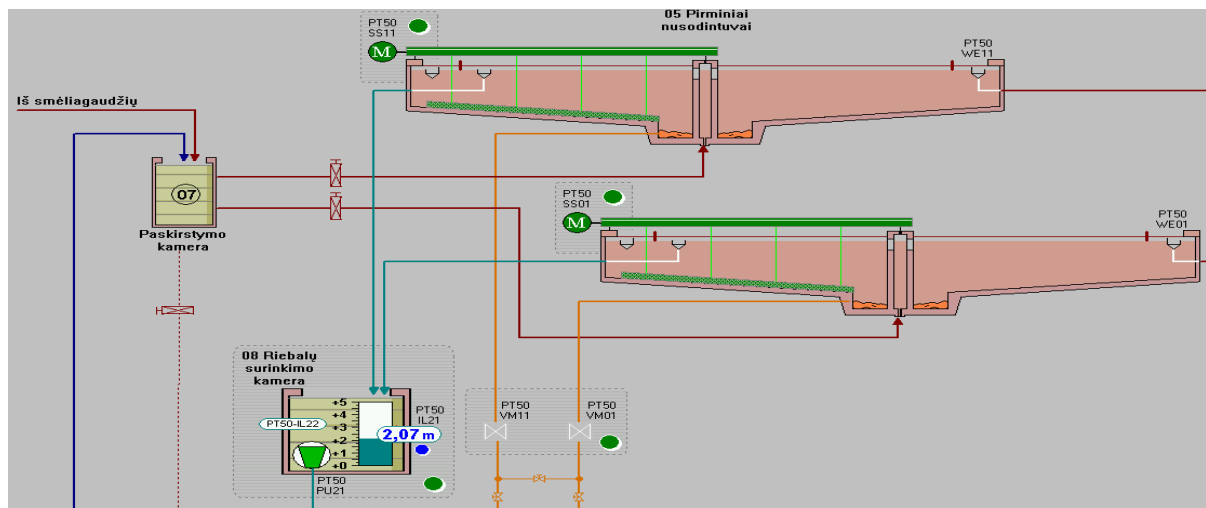
1.2 pav. Stambios nuotekų frakcijos atskyrimas

Pirminio valymo elektros įrenginių variklių parametrai

Įrenginio pavadinimas	Kodas	Elektros variklio duomenys				
		Įtampa, V	Galia, kW	Srovė, A	cos φ	n, aps/min
<b>Stambios nuotekų frakcijos atskyrimas</b>						
Stambių nešmenų sulaikymas	1.1	400	2,2	4,9	0,81	1430
Stambių nešmenų sulaikymas	1.2	400	2,2	4,9	0,81	1430
Stambių nešmenų konvejeris	1.3	400	2,2	5,22	0,74	1440
<b>Smėliagaudės</b>						
Smėlio siurblys	2.1	400	2	4,6	0,83	1395
Smėlio siurblys	2.2	400	2	4,6	0,83	1395
Smėlio siurblys	2.3	400	2	4,6	0,83	1395
Oro kompresorius	2.4	400	7,5	13,8	0,9	2900
Oro kompresorius	2.5	400	7,5	13,8	0,9	2900
Smėlio separatorius	2.6	400	0,75	2,1	0,74	1375
Nešmenų konvejeris	2.7	400	2,2	5,22	0,74	1440

### 1.2.2. Pirminiai nusodintuvai

Po smėlio pašalinimo, vanduo paduodamas į paskirstymo kamerą (07) ir vėliau į pirminius nusodintuvus (05). Šioje stadijoje, prieš biologinį valymą, pašalinama didžioji dalis kietųjų dalelių.



1.3 pav. Pirminiai nusodintuvai



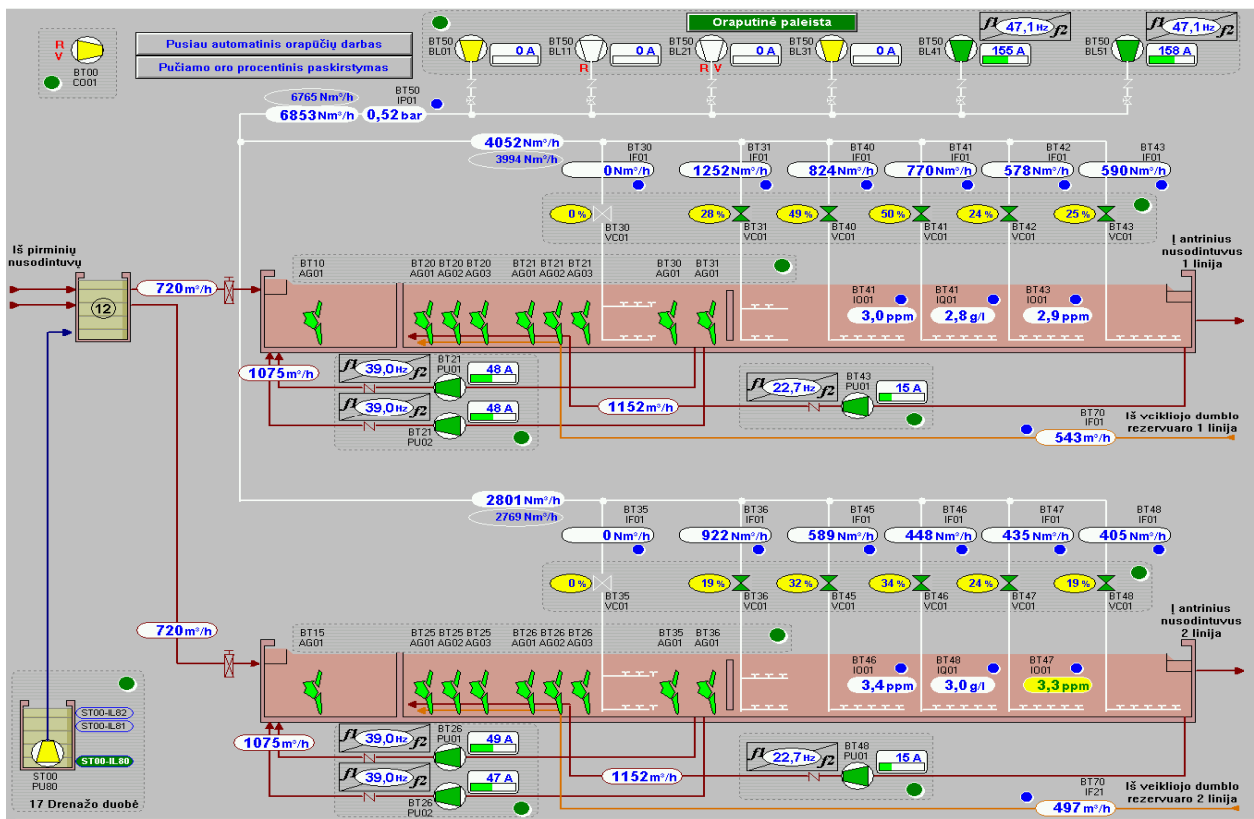
### Nusodintuvų elektros variklių parametrai

Įrenginio pavadinimas	Kodas	Elektros variklio duomenys				
		Įtampa, V	Galia, kW	Srovė, A	cos φ	n, aps/min
Nusodintuvas	3.1	400	0,52	0,96	0,76	1335
Nusodintuvas	3.2	400	0,52	0,96	0,76	1335

#### 1.2.3. Biologinis valymas (aktyvuoto dumblo procesas)

Biologinis apdorojimas yra vykdomas dviejose aeravimo talpose. Tai yra aktyvuoto dumblo procesas, kuriame atliekamas biologinis fosforo, azoto ir organinių medžiagų šalinimas.

Reaktoriaus įėjime nuotekos yra sumaišomos su recirkuliaciniu dumbliu. Aeracinis oras į oksidacines zonas yra paduodamas iš 5 rotacinių orapūčių, kurių našumas  $5250\text{m}^3/\text{h} - 6000\text{m}^3/\text{h}$  ir iš 2 orapūčių su greičio reguliavimu, kurių našumas  $2000 - 4350\text{m}^3/\text{h}$ . Dažniausiai, proceso metu, dirba trys orapūtės: dvi  $160\text{kW}$  bei viena  $132\text{kW}$ , su greičio reguliavimu. Kitos – rezervinės.



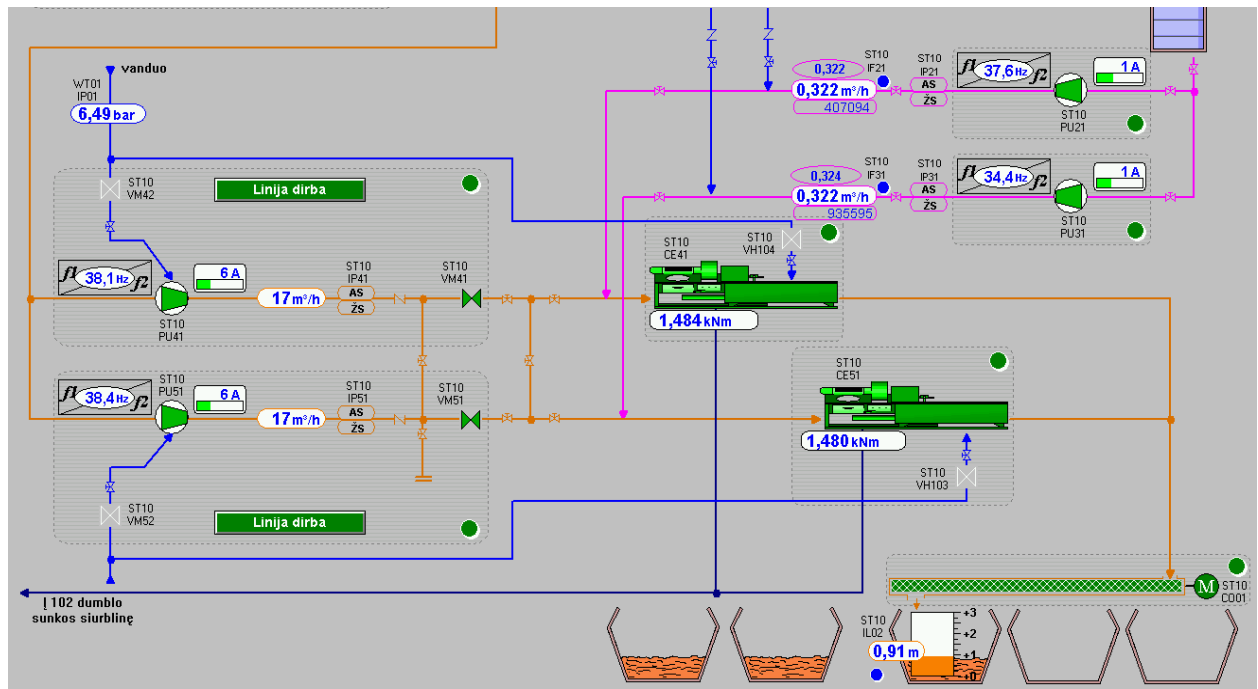
1.4 pav. Biologinis valymas

**Biologinio valymo elektros variklių parametrai**

Įrenginio pavadinimas	Kodas	Elektros variklio duomenys				
		Įtampa, V	Galia, kW	Srovė, A	cos φ	n, aps/min
<b>4. Biologinis valymas (orapūtės)</b>						
Orapūtė	4.1	400	160	276,2	0,88	1490
Orapūtė	4.2	400	160	276,2	0,88	1490
Orapūtė	4.3	400	160	276,2	0,88	1490
Orapūtė	4.4	400	160	276,2	0,88	1490
Orapūtė	4.5	400	132	228,4	0,88	1490
Orapūtė	4.6	400	132	228,4	0,88	1490
Orapūtė	4.7	400	200	341,4	0,88	1490
<b>5. Biologinis valymas (aktyvuoto dumblo reaktorius)</b>						
Maišytuvas	5.1	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.2	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.3	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.4	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.5	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.6	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.7	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.8	400	5,5	17	0,65	470
Cirkuliacinis siurblys	5.9	400	25	80	0,68	365
Cirkuliacinis siurblys	5.10	400	25	80	0,68	365
Maišytuvas	5.11	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.12	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.13	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.14	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.15	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.16	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.17	400	5,5	17	0,65	470
Maišytuvas	5.18	400	5,5	17	0,65	470
Cirkuliacinis siurblys	5.19	400	25	80	0,68	365
Cirkuliacinis siurblys	5.20	400	25	80	0,68	365

### 1.2.4. Dumblo apdorojimas

Dumblas nuo nusodintuvų dugno išsiurbiamas į dumblo talpą. Dumblo apdorojimas susideda iš dviejų etapų: dumblo tankinimo ir dumblo sausinimo.



1.5 pav. Dumblo apdorojimas

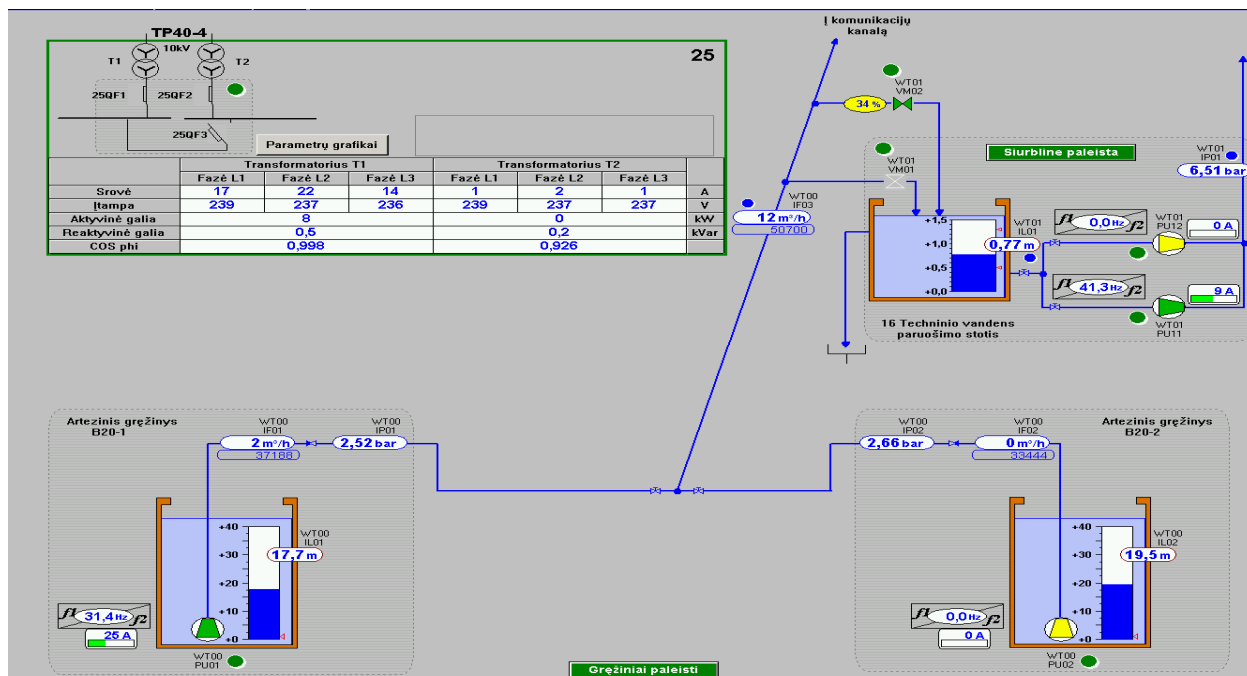
1.4 lentelė

Dumblo apdorojimo įrenginių elektros variklių parametrai

Įrenginio pavadinimas	Kodas	Elektros variklio duomenys				
		Įtampa, V	Galia, kW	Srovė, A	cos φ	n, aps/min
Oro kompresorius	6.1	400	5,5	10,24	0,9	3000
Centrifuga	6.2	400	55	98	0,86	1480
Centrifuga	6.3	400	55	98	0,86	1480
Dumblo siurblys	6.4	400	7,5	15,5	0,85	1430
Dumblo siurblys	6.5	400	7,5	15,5	0,85	1430
Dumblo konvejeris	6.6	400	4	8,3	0,8	1445

## 1.2.5. Vandenvietė

Vandenvietėje yra įrengti du giluminiai gręžiniai. Panardinami siurbliai pumpuoja vandenį technologiniams poreikiams.



1.6 pav. Giluminiai gręžiniai

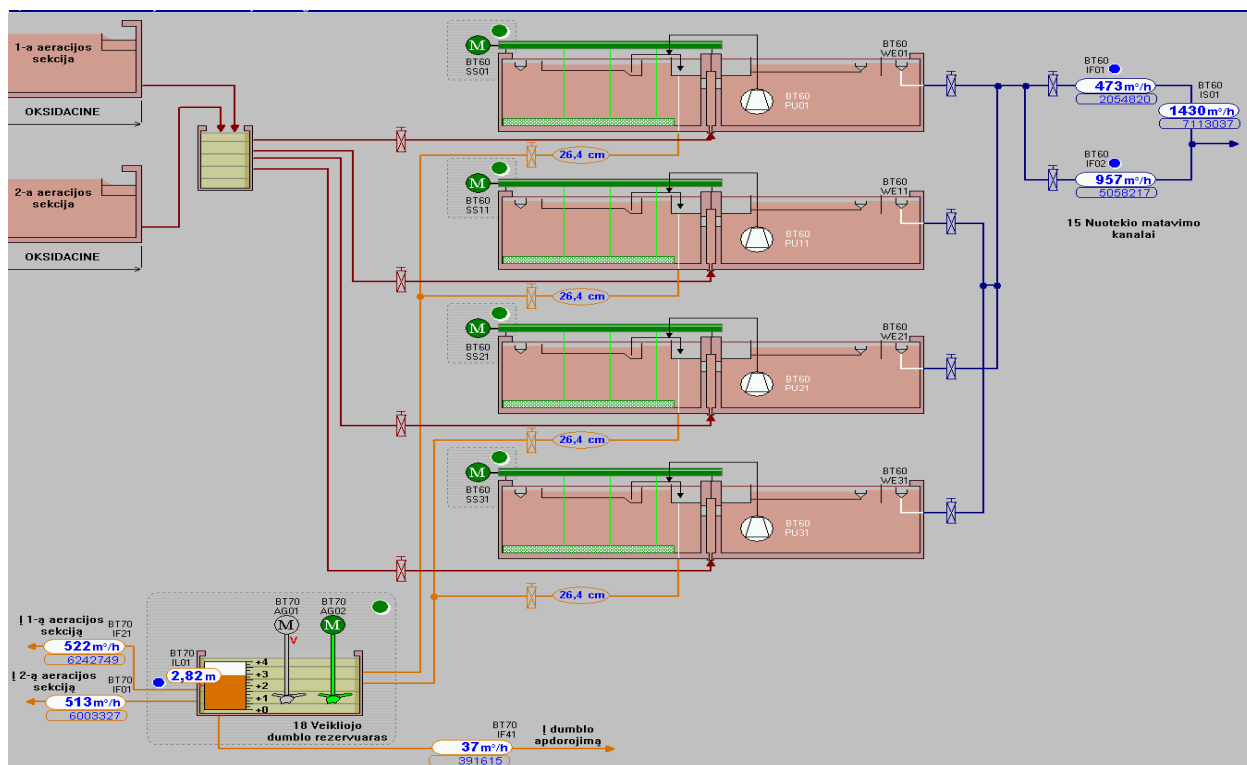
1.5 lentelė

Giluminių siurbių elektros variklių parametrai

Įrenginio pavadinimas	Kodas	Elektros variklio duomenys				
		Įtampa, V	Galia, kW	Srovė, A	cos φ	n, aps/min
<b>Vandenvietė (giluminiai gręžiniai)</b>						
Vandens siurblys	6.7	400	30	66,5	0,83	2870
Vandens siurblys	6.8	400	30	66,5	0,83	2870

### 1.2.6. Antriniai nusodintuvai

Iš aktyvaus dumblo reaktorių nuotekos teka į 4 antrinius nusodintuvus. Išvalytas vanduo išteka per persipylimo briaunas ir surenkamas išleidimo kanaluose.



1.7 pav. Antriniai nusodintuvai

1.6 lentelė

### Antrinių nusodintuvų elektros variklių parametrai

Įrenginio pavadinimas	Kodas	Elektros variklio duomenys				
		Įtampa, V	Galia, kW	Srovė, A	cos φ	n, aps/min
<b>Biologinis valymas (orapūtės)</b>						
Nusodintuvas	7.1	400	0,98	2,48	0,78	1335
Nusodintuvas	7.2	400	0,98	2,48	0,78	1335
Nusodintuvas	7.3	400	0,98	2,48	0,78	1335
Nusodintuvas	7.4	400	0,98	2,48	0,78	1335

Nusistovėjęs dumblas nuo nusodintuvų dugno išsiurbiamas į dumblo talpą.

## 2. ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMAS

Elektros energija Šiaulių miesto nuotekų valymo įrenginiams tiekama dviem kabeliais: iš Aukštakių 110/10kV pastotės ir iš Gubernijos 110/10kV pastotės priklausančių AB „VST“. Elektros energijos tiekimo patikimumui užtikrinti, išsijungus 110/10kV transformatoriui Aukštakių pastotėje, papildomai į 10kV šynas elektros energija gali būti tiekama iš Gubernijos pastotės.

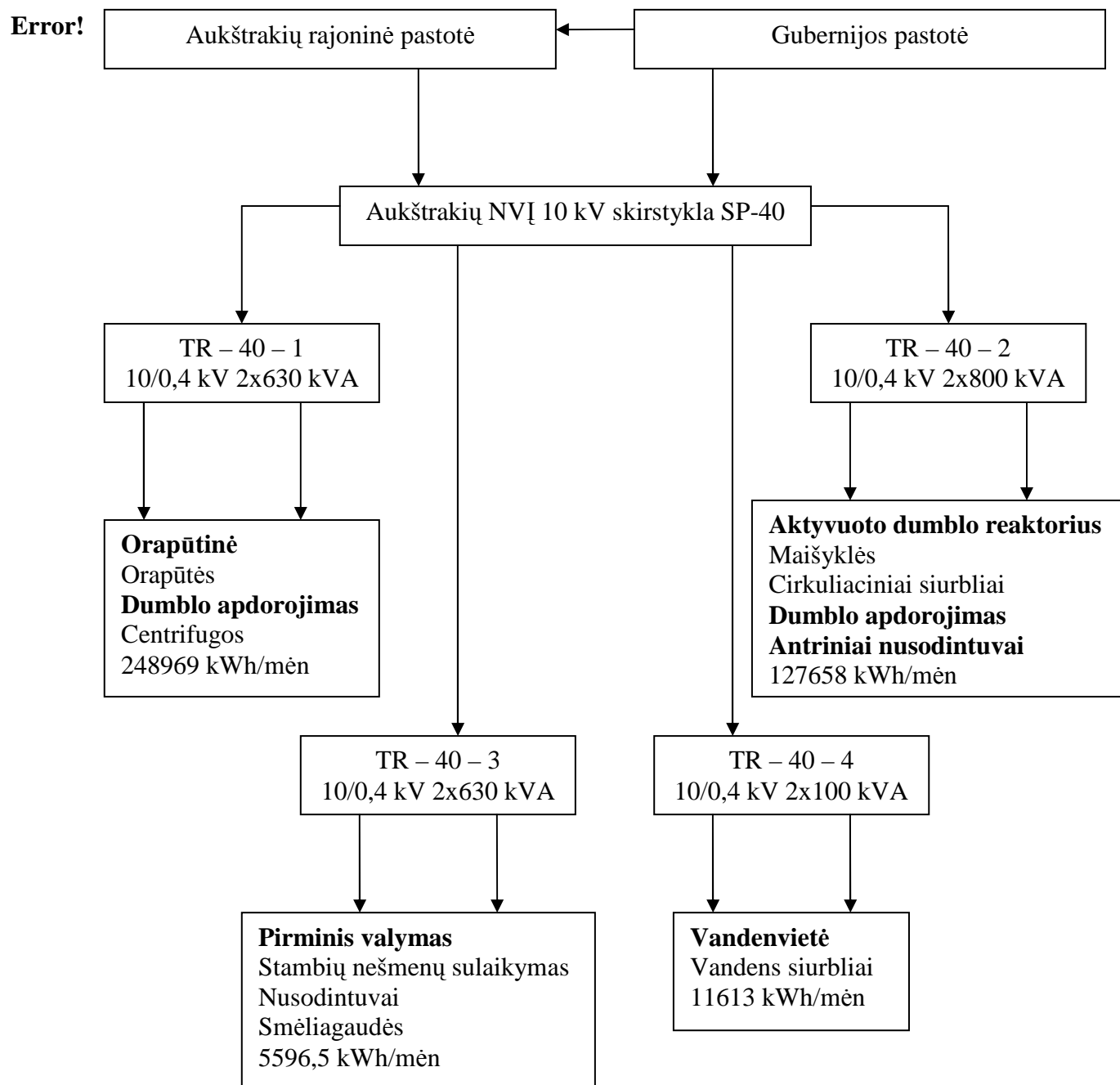
Komercinė elektros energijos apskaita įrengta UAB „Šiaulių vandenys“ priklausančiame 10 kV skirstymo punkte SP-40.

Per 2006 metus apdorota 7,726 mln. m<sup>3</sup> nuotekų.

2.1 lentelė

### Elektros energijos suvartojimo nuotekų valymo įrenginiuose 2006 metais BALANSAS

Elektros energijos vartojimas	MWh/metus	Procentas, %		Lyginamasis elektros suvartojimas, kWh/m <sup>3</sup>
		Bendras	Vartojimo dalyje	
Nupirktą elektros energijos	6047	100	100	0,783
Nuostoliai transformatoriuose, linijose	302	5	100	0,039
Lieka realizavimui	5745	95	100	0,744
Technologija, tame tarpe:	4411	72,9	100	0,571
Pirminis valymas	62	1,0	1,41	0,008
Biologinis valymas	3729	61,7	84,54	0,483
Dumblo apdorojimas	461	7,6	10,45	0,059
Techninis vanduo	128	2,1	2,9	0,016
Antriniai nusodintuvai	31	0,5	0,7	0,004
Elektrinis šildymas	313	5,2	100	0,041
Ūkio reikmės ir ventiliacija	1021	16,9	100	0,132



2.1 pav. Elektros energijos tiekimo schema

### 3. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO ANALIZĖ

Elektros energijos vartojimo efektyvumo nustatymui būtina atlikti visapusę elektros energijos vartojimo analizę ir, jos vartojimą atitinkantį, elektros įrenginių atlikto darbo įvertinimą. Anksčiau naudotas, valymo įrenginiuose, elektros energijos normavimas neturi jokio fizikinio pagrindo ir gali būti vertinamas tik kaip statistinis rodiklis.

Šiame skyriuje numatoma suskirstyti elektros vartotojus pagal technologinius procesus ir nustatyti jų dalyvavimo „svorį“ elektros energijos balanse.

Elektros vartojimo nustatymui galima panaudoti du metodus:

1. Pagal fizikines formules apskaičiuoti agregatų elektros energijos imtuvų galią, esant vidutinei apkrovai ir tikėtinam jų naudingo veiksmo koeficientui arba priimti skaičiavime, kad jų n. v. k. yra 100%, tuomet apskaičiuotą galią reikia vertinti, kaip reikalingą agregato atliekamam darbui;

2. Projekte numatytų imtuvų galią perskaičiuoti pagal agregato faktinę apkrovą.

Energijos vartojimo efektyvumui valymo įrenginiuose didelę įtaką turi gamtinių kritulių kiekis ir žiemą naudojamų gatvių dangos apdorojimui priemonių kiekis bei sudėtis. Kaip atskiras variantas gali būti naudojamas efektyvumo skaičiavimas vadovaujantis ne nuotekų, bet mieste suvartoto vandens kiekiais, tai yra iš analizės išbraukti gamtinius kritulius ir drenažinius vandenį, bet tai jau kitų studijų užduotis.

Agregatinės elektros energijos vartojimo normos nustatymui atliekama analizė. Tam tikslui, pagal esamas Aukštrakių nuotekų valymo įrenginių sąlygas, pateikiu agregatų galios skaičiavimus, kurie toliau gali būti naudojami, kaip atspirties taškas sąlyginių elektros vartojimo normų nustatymui ir elektros vartojimo efektyvumo įvertinimui.

#### 3.1. Vartotojų pasiskirstymas

Aukštrakių nuotekų valymo įrenginių elektros energijos imtuvus galime suskirstyti grupes pagal elektros energijos suvartojimą:

##### 1. Technologija 76 %, tame skaičiuje:

###### 1.1. Pirminis (mechaninis valymas) 1 %, tame tarpe:

1.1.1. Stambios nuotekų frakcijos atskyrimas

1.1.2. Smėliagaudės

1.1.3. Pirminiai nusodintuvai

###### 1.2. Biologinis valymas 71,5 %, tame tarpe:

1.2.1. Orapūtės



1.2.2. Veikliojo dumblo reaktorius

1.3. Dumblo apdorojimas 2 %

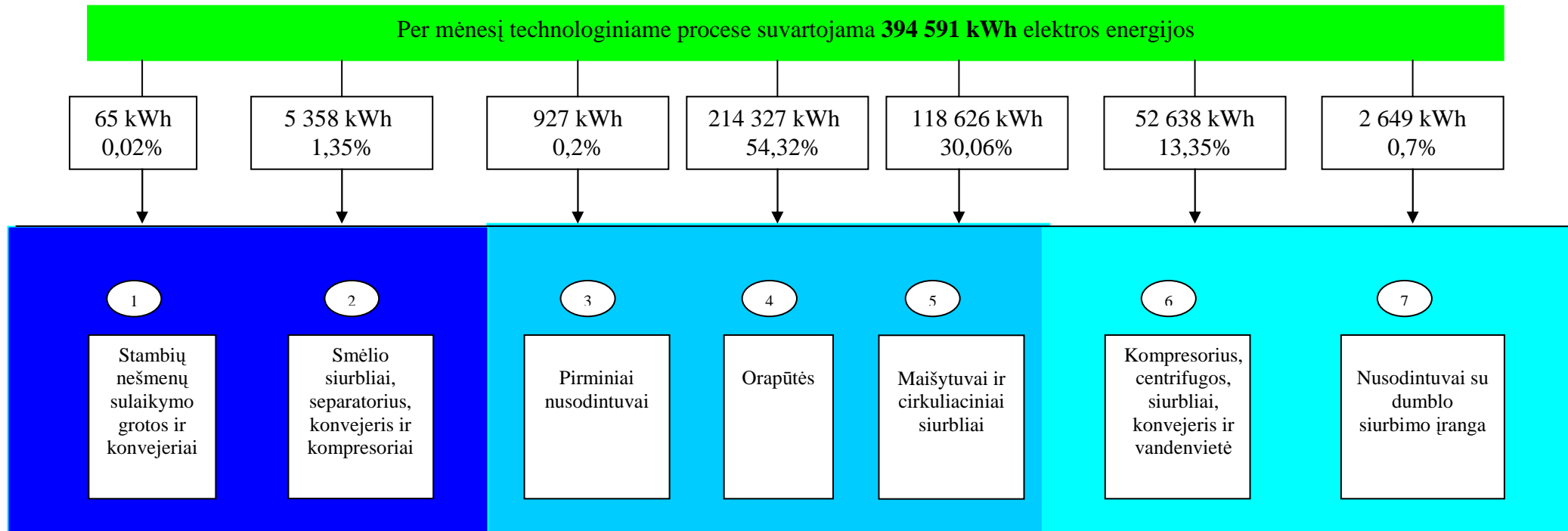
1.4. Techninis vanduo 0,5 %

1.5. Antriniai nusodintuvai 1 %

**2. Elektrinis šildymas 6 %**

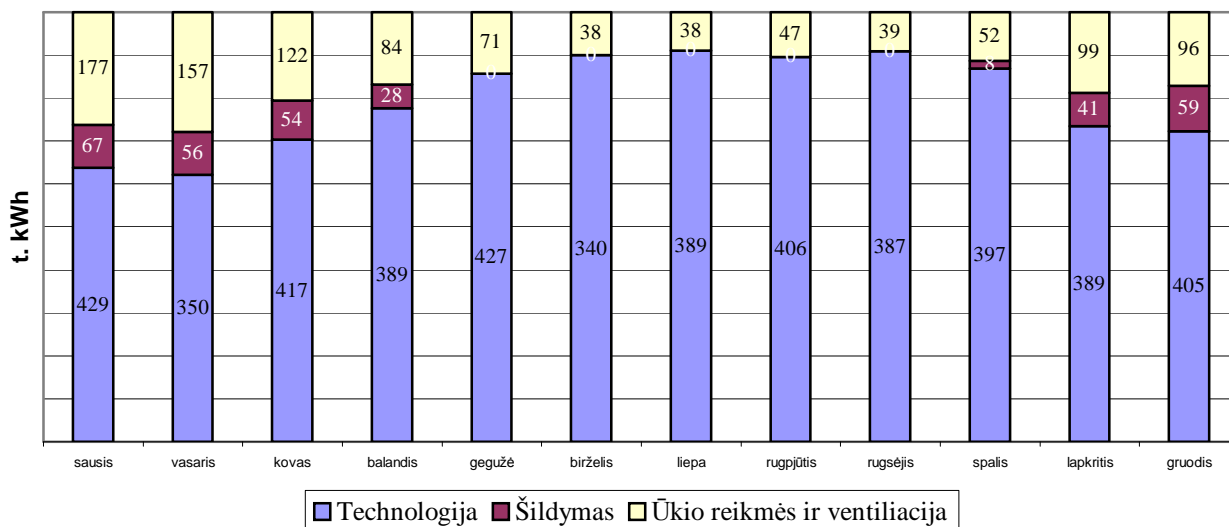
**3. Ūkio reikmės ir ventiliacija 18 %**

3.1 pav. pavaizduotas elektros energijos vartojimo kiekių pasiskirstymas pagal elektros apskaitos prietaisų rodmenis.



3.1 pav. Elektros energijos vartojimo schema

### Valymo įrengimų 2006 metų elektros energijos suvartojimas



3.1 pav. Elektros energijos vartojimo dinamika 2006 metais

Didžioji sunaudojamos elektros energijos dalis tenka technologiniam nuotekų valymo procesui. Čia vidutiniškai sunaudojama apie 400 MWh elektros energijos per mėnesį.

Elektros energijos vartojimas šildymui būdingas tik šaltuoju metų laiku ir yra tiesiogiai proporcingas vidutinei lauko temperatūrai.

Ūkio reikmėms ir ventiliacijai taip pat daugiau elektros energijos sunaudojama šaltuoju metų laiku. Tai paaiškinama žymiai ilgesniu tamsiuoju paros periodu, nei vasaros mėnesiais.

### 3.2. Technologinių agregatų darbo režimai

Tiriant elektros energijos vartojimą, visus imtuvus galime skirstyti į dvi grupes pagal: tiesiogiai priklausančius nuo nuotekų kiekio ir nepriklausančius. Pagrindinį dėmesį tenka skirti biologinio valymo ir dumblo apdorojimo įrenginiams. Šiuose procesuose vartojama 92,5% elektros energijos, naudojamos technologiniame procese. Pagrindiniai elektros energijos vartotojai – orapūtės. Orapūčių, techniniu atžvilgiu pateisintos, galios nustatymui vadovausimės skaičiavimų duomenimis pagal paduodamo oro kiekį ir slėgį. Paduodamo oro kiekis tiesiogiai priklauso nuo nuotekų kiekio ir jų užterštumo.

Dumblo apdorojimo agregatų naudojama elektros energija taip pat tiesiogiai priklauso nuo nuotekų užterštumo ir kiekio.

Stambių nešmenų sulaikymo įrenginių, pirminių ir antrinių nusodintuvų naudojama elektros energija tiesiogiai nepriklauso nuo nuotekų kiekio.

Vandenvietės siurblių darbą galime vertinti, nustatydami elektros energijos suvartojimą  $1\text{m}^3$  vandens. Giluminių siurblių darbą nuotekų kiekis neįtakoja.

### 3.3. Technologinių agregatų charakteristikos

Technologiniame nuotekų valymo procese vyrauja kelių tipų elektriniai agregatai. Tai transportavimo – perdavimo įrenginiai (nešmenų sulaikymo elektros pavaros ir konvejeriai), išcentriniai siurbliai (smėlio, dumblo, vandens), oro kompresoriai, oro ir skysčių maišytuvai bei orapūtės.

Šių įrenginių techniniai duomenys, pateikiami 3.1 – 3.4 lentelėse, čia nurodomi technologinių įrenginių numeracijos kodai pagal proceso dalis, oro ir skysčių debitai, slėgiai, transportavimo įrenginių ilgiai bei kėlimo aukščiai, sukimosi greičiai.

3.1 lentelė

#### Transportavimo – perdavimo įrenginiai

Transportavimo įrenginys	Kodas	Q, $\text{m}^3/\text{val.}$	L, m	H, m
Stambių nešmenų sulaikymas	1.1	140	3	3,5
Stambių nešmenų sulaikymas	1.2	140	3	3,5
Stambių nešmenų konvejeris	1.3	114	5	2
Smėlio separatorius	2.6	95	1,5	1,5
Nešmenų konvejeris	2.7	140	3,5	3
Dumblo konvejeris	6.6	230	4	3,5
Nusodintuvas	3.1	60	6	0,5
Nusodintuvas	3.2	60	6	0,5
Nusodintuvas	7.1	55	6	2,5
Nusodintuvas	7.2	55	6	2,5
Nusodintuvas	7.3	55	6	2,5
Nusodintuvas	7.4	55	6	2,5

3.2 lentelė

#### Išcentriniai siurbliai

Siurblys	Kodas	Q, $\text{m}^3/\text{val.}$	H, m	n, aps/min	$\eta_s$
Smėlio siurblys	2.1	8	24	1395	0,45
Smėlio siurblys	2.2	8	24	1395	0,45
Smėlio siurblys	2.3	8	24	1395	0,45

3.2 lentelės tęsinys kitame puslapyje

3.2 lentelės tęsinys

Siurblys	Kodas	Q, m <sup>3</sup> /val.	H, m	n, aps/min	η <sub>s</sub>
Cirkuliacinis siurblys	5.9	280	10	365	0,45
Cirkuliacinis siurblys	5.10	280	10	365	0,45
Cirkuliacinis siurblys	5.19	280	10	365	0,45
Cirkuliacinis siurblys	5.20	280	10	365	0,45
Dumblo siurblys	6.4	18	24	1430	0,45
Dumblo siurblys	6.5	18	24	1430	0,45
Vandens siurblys	6.7	90	90	2870	0,55
Vandens siurblys	6.8	90	90	2870	0,55

3.3 lentelė

**Kompresoriai**

Kompresorius	Kodas	Q, m <sup>3</sup> /val.	H, atm.	n, aps/min
Oro kompresorius	2.4	110	3	2900
Oro kompresorius	2.5	110	3	2900
Oro kompresorius	6.1	60	7,5	3000

3.4 lentelė

**Orapūtės ir maišytuvai**

Siurblys	Kodas	Q, m <sup>3</sup> /val.	H, atm.	n, aps/min
Orapūtė	4.1	6000	0,64	1500
Orapūtė	4.2	6000	0,64	1500
Orapūtė	4.3	6000	0,64	1500
Orapūtė	4.4	6000	0,64	1500
Orapūtė su dažnio keitikliu	4.5	4350	0,64	1500
Orapūtė su dažnio keitikliu	4.6	4350	0,64	1500
Orapūtė	4.7	5650	0,84	1500
Centrifuga	6.2	220	6	1500
Centrifuga	6.3	220	6	1500
Maišytuvas	5.1	620	0,2	470
Maišytuvas	5.2	620	0,2	470
Maišytuvas	5.3	620	0,2	470
Maišytuvas	5.4	620	0,2	470
Maišytuvas	5.5	620	0,2	470
Maišytuvas	5.6	620	0,2	470
Maišytuvas	5.7	620	0,2	470
Maišytuvas	5.8	620	0,2	470
Maišytuvas	5.11	620	0,2	470
Maišytuvas	5.12	620	0,2	470
Maišytuvas	5.13	620	0,2	470
Maišytuvas	5.14	620	0,2	470

3.4 lentelės tęsinys kitame puslapyje

3.4 lentelės tęsinys

Siurblys	Kodas	Q, m <sup>3</sup> /val.	H, atm.	n, aps/min
Maišytuvas	5.15	620	0,2	470
Maišytuvas	5.16	620	0,2	470
Maišytuvas	5.17	620	0,2	470
Maišytuvas	5.18	620	0,2	470

### 3.4. Elektros energijos vartojimas šildymui

Aukštrakių nuotekų valymo įrenginiuose yra įrengtas elektrinis šildymas, kadangi objektas nutolęs nuo miesto 8 km ir pajungti prie centralizuotos šildymo sistemos nėra galimybės. Kelių kilometrų spinduliu nėra ir dujotiekio.

Šildomos patalpos: administracinis pastatas, orapūčių pastatas ir kitos pagalbinės patalpos. Elektrinis šildymas realizuojamas tokiais būdais:

1. Įrengta elektrodinė katilinė – patalpos šildomos karštu vandeniu;
2. Elektriniai kaloriferiai, pučiantys pašildytą orą;
3. Termoakumuliacinės krosnelės.

Administracinio pastato šildymui įrengta elektrodinė katilinė. Pašildytu oru apšildomas orapūčių pastatas, o Termoakumuliacinės krosnelės įrengtos įvairiose, nedidelio tūrio, patalpose. Elektrinio apšildymo apskaitai visuose objektuose yra įrengti elektros energijos apskaitos prietaisai.

Kaip šildymo normatyvinį parametą naudosime DL – dienolaipsnius, kurie kiekvienam mėnesiui apskaičiuojami mėnesio vidaus ir išorės vidutinių temperatūrų skirtumą padauginus iš dienų skaičiaus mėnesyje. Praėjusį šildymo sezoną, vidutinei vidaus temperatūrai esant +18°C per lapkričio – kovo mėn. laikotarpį tai sudarė 2659,8 DL.

#### 3.4.1. Administracinio pastato šildymas

Administracinį pastatą apšildo šiuolaikiška elektrodinė katilinė su dviem 60kW galios elektrodiniais katilais: vienas – veikiantis, kitas – rezervinis. Katilų darbas (paduodamo vandens temperatūra) reguliuojamas pagal lauko ir vidaus temperatūrą. Šildomas plotas yra 1533 m<sup>2</sup>, vidaus temperatūra +18°C. Per nurodytą laikotarpį, tokios vidaus temperatūros palaikymui reikalinga 2870,4DL. Per 2006-2007 metų šildymo sezoną (pilni mėnesiai) sunaudota elektros energijos termofikacinio vandens šildymui 103430 kWh arba vidutiniškai 42,48 kWh/DL per mėnesį, tai atitinka vidutinę galią 0,059 kW/DL.

Norint įvertinti šį elektros kiekį, galima pasinaudoti elektros energijos sunaudojimu  $1\text{m}^2$  patalpos ploto šildymui. Minėtu laikotarpiu vidutiniškai buvo sunaudojama  $13,49\text{ kWh/m}^2$  per mėnesį. Tai atitinka vidutinę šildymo galią  $18,74\text{ W/m}^2$ .

Administracinio pastato elektros energijos sąnaudų šildymui duomenys pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė

### Elektros sąnaudos administracinio pastato šildymui

Mėnuo	Temperatūra		Dienų skaičius	DL	Plotas $\text{m}^2$	Elektros energija			
	$t_{\text{lauko}}$	$t_{\text{vidaus}}$				kWh	$\text{kWh/m}^2$	kWh/DL	$\text{kWh/m}^2\text{DL}$
Lapkritis	4,5	18	30	405	1533	16410	10,705	40,518	0,0264
Gruodis	4,2	18	31	427,8	1533	23570	15,375	55,096	0,0359
Sausis	0,5	18	31	542,5	1533	21390	13,953	39,428	0,0257
Vasaris	-8,0	18	28	728	1533	23460	15,303	32,225	0,0210
Kovas	4,7	18	31	412,3	1533	18600	12,133	45,113	0,0294
<b>Vidurkis</b>	<b>5,9</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>503,12</b>	<b>1533</b>	<b>20686</b>	<b>13,49</b>	<b>42,48</b>	<b>0,0277</b>

#### 3.4.2. Orapūčių pastato šildymas

Orapūčių pastatas apšildomas elektriniais kaloriferiais su oro pašildymu, pučiant pašildytą orą į patalpas. Oro šildymo intensyvumas priklauso nuo esamos patalpos temperatūros. Šildymo sezono laikotarpiu (lapkričio – kovo mėnesiais) orapūčių pastato šildymui sunaudota 389906 kWh. Šių patalpų nereikia šildyti iki  $+18^{\circ}\text{C}$ , tai technologinio proceso eigos pastatas ir patalpos šildomos iki  $10^{\circ}\text{C}$ . Nors pastato plotas nedidelis, tačiau dumblo tvarkymo patalpos aukštis virš 6 metrų, išvežant dumblą į išpylimo aikštes kelis kartus per dieną pakeliami vartai. Efektyvu būtų įrengti šilto oro užtvarą virš pakeliamų vartų, kuri veiktų tik atsidarius vartams ir kliudytų šaltam orui patekti į patalpas. Orapūčių patalpos papildomai šildyti nereikia, nes užtenka veikiančių įrengimų skleidžiamos šilumos.

Vieno kvadratinio metro apšildymui šiame pastate sunaudojama žymiai daugiau elektros energijos, nei administraciniame pastate, dėl aukščiau minėtų priežasčių. Tačiau šis šildymo būdas priimtinas, kadangi reikalinga greitai prišildyti (atidarius pakeliamus vartus į lauką) aukštas patalpas. Orapūčių pastate šildymui vidutiniškai sunaudojama  $620\text{ kWh/m}^2$  per mėnesį. Tai atitinka vidutinę šildymo galią  $860\text{ W/m}^2$ .

Orapūčių pastato elektros energijos sąnaudų šildymui duomenys pateikti 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė

### Elektros sąnaudos orapūčių pastato šildymui

Mėnuo	Temperatūra		Dienų skaičius	DL	Plotas m <sup>2</sup>	Elektros energija			
	t <sub>lauko</sub>	t <sub>vidaus</sub>				kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/DL	kWh/m <sup>2</sup> DL
Lapkritis	4,5	10	30	165	629	52698	83,78	319,38	0,508
Gruodis	4,2	10	31	179,8	629	49137	78,12	273,29	0,434
Sausis	0,5	10	31	294,5	629	83027	132,00	281,92	0,448
Vasaris	-8,0	10	28	504	629	135192	214,93	268,24	0,426
Kovas	4,7	10	31	164,3	629	69852	111,05	425,15	0,676
<b>Vidurkis</b>	<b>5,9</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>261,5</b>	<b>629</b>	<b>77981</b>	<b>619,88</b>	<b>313,6</b>	<b>0,498</b>

### 3.4.3. Kitų patalpų šildymas

Kitos patalpos (vandenvietės gręžinių pastatai, siurblynės, elektros skirstyklos, pagalbinės patalpos) yra šildomos akumuliacinėmis krosnelėmis, turinčiomis reguliatorių. Per lapkričio – kovo mėnesius, tai yra praėjusio šildymo sezono laikotarpį, sunaudota 14392 kWh. Šildomas plotas 518 m<sup>2</sup>, vidaus temperatūra iki 10°C, per tą laikotarpį buvo 1308 DL. Šildymo intensyvumas 12,77 kWh/DL arba 0,0246 kWh/m<sup>2</sup>DL.

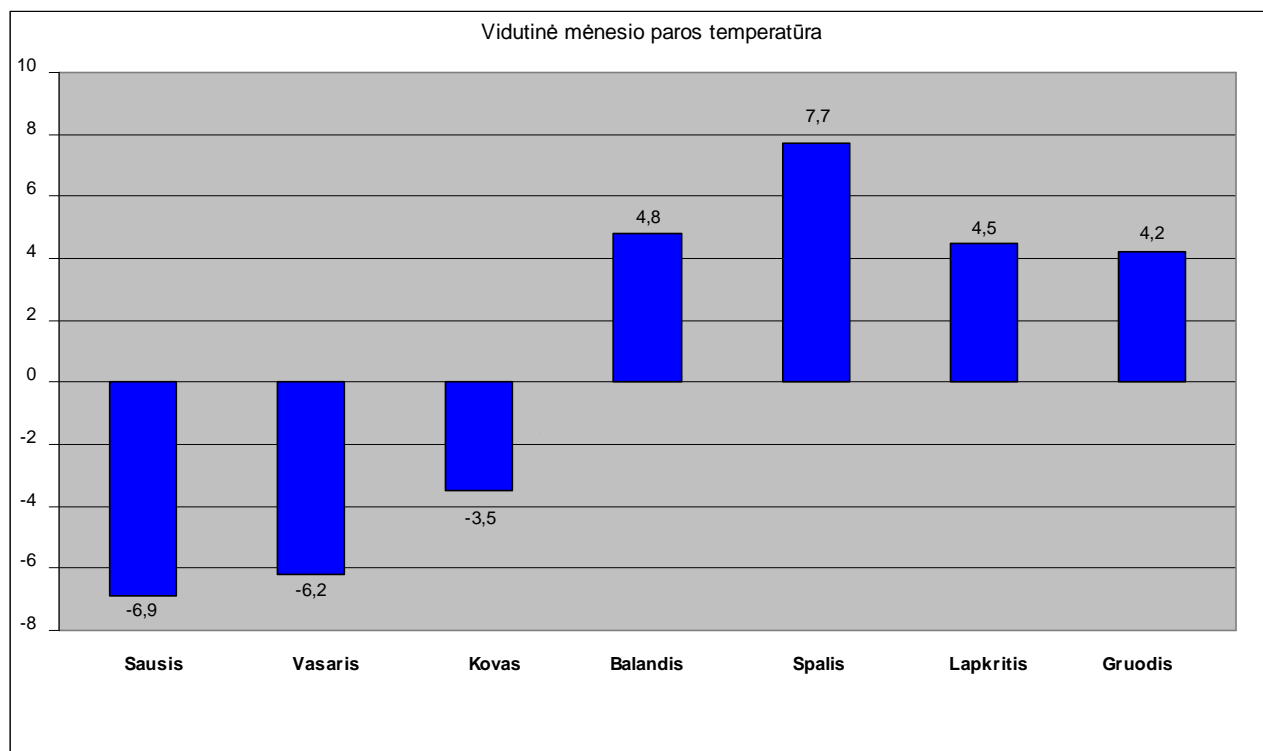
Kitų patalpų elektros energijos sąnaudų šildymui duomenys pateikti 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė

### Elektros sąnaudos kitų patalpų šildymui

Mėnuo	Temperatūra		Dienų skaičius	DL	Plotas m <sup>2</sup>	Elektros energija			
	t <sub>lauko</sub>	t <sub>vidaus</sub>				kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/DL	kWh/m <sup>2</sup> DL
Lapkritis	4,5	10	30	165	518	2459	4,75	14,9	0,029
Gruodis	4,2	10	31	179,8	518	2563	4,95	14,25	0,027
Sausis	0,5	10	31	294,5	518	3191	6,16	10,83	0,021
Vasaris	-8,0	10	28	504	518	3345	6,46	6,64	0,013
Kovas	4,7	10	31	164,3	518	2834	5,47	17,25	0,033
<b>Vidurkis</b>	<b>5,9</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>261,5</b>	<b>518</b>	<b>2878</b>	<b>5,56</b>	<b>12,77</b>	<b>0,0246</b>





3.2 pav. Vidutinė mėnesio paros temperatūra 2006 metais

Išvada: elektriniam šildymui šaltuoju metų laiku sunaudojama 5% visos Aukštųjų NVĮ vartojamos elektros energijos. Ekonomiškiausias elektrinio šildymo būdas – akumuliacinėmis krosnelėmis. Pasirenkant šį šildymo būdą galima apšildyti ir administracinį pastatą, nors elektrodinės katilinės šildymo kaštai tik nežymiai didesni.

Elektros energija, sunaudojama ūkio reikmėms ir ventiliacijai sudaro 17% visos vartojamos elektros. Didžioji dalis tenka ventiliacinėms sistemoms, kurios dirba visą parą. Šiose sistemose elektros energijos taupymas gali turėti neigiamų padarinių, nes tik pastovi oro ventiliacija įgalina apsaugoti metalines elektros įrenginių dalis nuo korozijos chemiškai agresyvioje aplinkoje.

## 4. AGREGATŲ GALIOS SKAIČIAVIMAI

### 4.1. Transportavimo – perdavimo įrenginiai

Pagrindiniai faktoriai, įtakojantys transportavimo – perdavimo įrenginių darbą yra transporterio apkrova realiomis Aukštakių NVĮ sąlygomis  $m^3/val$ . Taip pat žinome transporterio ilgį ir jo kėlimo aukštį. Transportavimo įrenginių variklių naudojama galia paskaičiuojama pagal formulę:

$$P_v = \frac{Q}{1000 \cdot \eta_{tr.} \cdot \eta_v} \cdot (L + H). \quad (4.1)$$

čia:  $Q$  – transporterio apkrova,  $m^3/s$ ;

$L$  – transporterio ilgis, m;

$H$  – kėlimo aukštis, m;

$\eta_{tr.}$  - transporterio mechanizmo naudingo veikimo koeficientas;

$\eta_v$  - transporterio elektros variklio naudingo veikimo koeficientas.

Pertvarkę 4.1 formulę, gauname išraišką:

$$P_v \cdot \eta_{bendr.} = \frac{Q \cdot (L + H)}{1000}, \quad (4.2)$$

čia:  $P_v$  – elektros variklio pareikalaujama iš tinklo galia, kW;

$\eta_{bendr.}$  - bendras agregato naudingo veikimo koeficientas.

Jeigu abi puses padauginsime iš laiko  $T$ , tai 4.2 formulė gali būti naudojama, kai žinoma informacija apie suvartotą elektros energiją ir transportavimo įrenginio atliktą darbą per nagrinėjamą laikotarpį. Jų išraišką galime užrašyti taip:

$$W_{el.} \cdot \eta_{bendr.} = \frac{T \cdot Q_{vid.} \cdot (L + H)}{1000} = N_{vid.} \cdot T \quad (4.3)$$

čia:  $W_{el.}$  – transporterio suvartota elektros energija, pagal registravimo prietaiso rodmenis, per periodą  $T$ ;

$Q_{vid.}$  – vidutinė transporterio apkrova  $m^3/s$  per laikotarpį  $T$ ;

$N_{vid.}$  – transporterio atliekamo darbo vidutinė galia, kW.

Čia pateikti samprotavimai įgalina apskaičiuoti suvartojamos įrenginiuose elektros energijos efektyvumo koeficientą  $e$ , kuris atitiktų bendrąjį sistemos variklis – įrenginys naudingo veikimo koeficientą  $\eta_{bendr.}$

Šiame skyriuje skaičiuojame visų agregatų atliekamo darbo galią  $N$ . Pasinaudoję 4.2 arba 4.3 formulėmis, gauname sekančią išraišką, agregato atliekamos galios skaičiavimui:

$$N = \frac{Q \cdot (L + H)}{1000}, \quad (4.4)$$

Transportavimo įrenginių atliekamo darbo galiai apskaičiuoti naudosime 4.4 formulę.

4.1 lentelė

**Transportavimo – perdavimo įrenginių matavimo ir skaičiavimo duomenys**

Transportavimo įrenginys	Kodas	Q, m <sup>3</sup> /val.	L, m	H, m	N, kW
Stambių nešmenų sulaikymas	1.1	140	3	3,5	0,91
Stambių nešmenų sulaikymas	1.2	140	3	3,5	0,91
Stambių nešmenų konvejeris	1.3	114	5	2	0,80
Smėlio separatorius	2.6	140	1,5	1,5	0,42
Nešmenų konvejeris	2.7	95	3,5	3	0,62
Dumblo konvejeris	6.6	230	4	3,5	1,73
Nusodintuvas	3.1	60	6	0,5	0,39
Nusodintuvas	3.2	60	6	0,5	0,39
Nusodintuvas	7.1	55	6	2,5	0,47
Nusodintuvas	7.2	55	6	2,5	0,47
Nusodintuvas	7.3	55	6	2,5	0,47
Nusodintuvas	7.4	55	6	2,5	0,47

Stambių nešmenų sulaikymas:

$$N = \frac{140 \cdot (3 + 3,5)}{1000} = 0,91 \text{ kW};$$

Nusodintuvas:

$$N = \frac{60 \cdot (6 + 0,5)}{1000} = 0,39 \text{ kW}.$$

Analogiškai atliekami ir kitų technologinių agregatų atliekamo darbo galios skaičiavimai.

## 4.2. Išcentriniai siurbLIAI

Siurblių atliekamo hidraulinio darbo galia kW, apskaičiuojama pagal formulę:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{1000}, \quad (4.5)$$

čia:  $\gamma$  – pumpuojamo skysčio tankis,  $N/m^3$ . Šalto švaraus vandens  $\gamma = 9810 N/m^3$ ;

$Q$  – siurblio apkrova,  $m^3/s$ ;

$H$  – kėlimo aukštis, m.

4.2 lentelė

Siurblių matavimo ir skaičiavimo duomenys

Siurblys	Kodas	$\gamma$ , $N/m^3$	$Q$ , $m^3/s$	$H$ , m	$N$ , kW
Smėlio siurblys	2.1	21600	0,002	20	0,86
Smėlio siurblys	2.2	21600	0,002	20	0,86
Smėlio siurblys	2.3	21600	0,002	20	0,86
Cirkuliacinis siurblys	5.9	18600	0,08	9	13,39
Cirkuliacinis siurblys	5.10	18600	0,08	9	13,39
Cirkuliacinis siurblys	5.19	18600	0,08	9	13,39
Cirkuliacinis siurblys	5.20	18600	0,08	9	13,39
Dumblo siurblys	6.4	20400	0,005	22	2,24
Dumblo siurblys	6.5	20400	0,005	22	2,24
Vandens siurblys	6.7	9810	0,025	90	22,07
Vandens siurblys	6.8	9810	0,025	90	22,07

Smėlio siurblys:

$$N = \left( \frac{21600 \cdot 0,002 \cdot 20}{1000} \right) = 0,86 \text{ kW};$$

Cirkuliacinis siurblys:

$$N = \left( \frac{18600 \cdot 0,08 \cdot 9}{1000} \right) = 13,39 \text{ kW};$$

Dumblo siurblys:

$$N = \left( \frac{16400 \cdot 0,05 \cdot 22}{1000} \right) = 6,73 \text{ kW}.$$

### 4.3. Oro kompresoriai

Oro kompresorių atliekamo pneumatinio darbo galia kW, nustatoma pagal formulę:

$$N = \frac{Q \cdot W}{1000}, \quad (4.6)$$

čia:  $Q$  – kompresoriaus apkrova,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$W$  –  $1\text{m}^3$  oro suspaudimui reikalingas atlikti darbas,  $\text{J}/\text{m}^3$ .

4.3 lentelė

**Kompresorių matavimo ir skaičiavimo duomenys**

Kompresorius	Kodas	$W$ , $\text{J}/\text{m}^3$	$Q$ , $\text{m}^3/\text{s}$	$N$ , kW
Oro kompresorius	2.4	117300	0,03	3,52
Oro kompresorius	2.5	117300	0,03	3,52
Oro kompresorius	6.1	224000	0,016	2,86

Oro kompresoriai:

$$N = \frac{0,03 \cdot 117300}{1000} = 3,52 \text{ kW};$$

$$N = \frac{0,016 \cdot 179000}{1000} = 2,86 \text{ kW}.$$

### 4.4. Orapūtės ir maišytuvai

Apskaičiuoti orapūčių ir maišytuvų atliekamo darbo galiai kW, naudosime sekančią formulę:

$$N = \frac{Q \cdot H}{1000}, \quad (4.7)$$

čia:  $Q$  – orapūtės (maišytuvo) apkrova,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$H$  – slėgis, Pa.

**Orapūčių ir maišytuvų matavimo ir skaičiavimo duomenys**

Siurblys	Kodas	$Q$ , $m^3/s$	$H$ , Pa	$N$ , kW
Orapūtė	4.1	1,55	62762	97,28
Orapūtė	4.2	1,61	62762	101,05
Orapūtė	4.3	1,53	62762	96,03
Orapūtė	4.4	1,50	62762	94,14
Orapūtė	4.5	1,12	62762	70,29
Orapūtė	4.6	1,14	62762	71,55
Orapūtė	4.7	1,57	82375	129,33
Centrifuga	6.2	0,06	$5,88 \cdot 10^5$	35,3
Centrifuga	6.3	0,06	$5,88 \cdot 10^5$	35,3
Maišytuvas	5.1	0,170	19613	3,33
Maišytuvas	5.2	0,169	19613	3,31
Maišytuvas	5.3	0,167	19613	3,27
Maišytuvas	5.4	0,171	19613	3,35
Maišytuvas	5.5	0,172	19613	3,37
Maišytuvas	5.6	0,170	19613	3,33
Maišytuvas	5.7	0,168	19613	3,29
Maišytuvas	5.8	0,167	19613	3,27
Maišytuvas	5.11	0,174	19613	3,41
Maišytuvas	5.12	0,167	19613	3,27
Maišytuvas	5.13	0,168	19613	3,29
Maišytuvas	5.14	0,167	19613	3,27
Maišytuvas	5.15	0,169	19613	3,31
Maišytuvas	5.16	0,172	19613	3,37
Maišytuvas	5.17	0,171	19613	3,35
Maišytuvas	5.18	0,170	19613	3,33

Orapūtė:

$$N = \frac{1,55 \cdot 62762}{1000} = 97,28 \text{ kW} ;$$

Centrifuga:

$$N = \frac{0,06 \cdot 588397}{1000} = 35,3 \text{ kW} ;$$

Maišytuvas:

$$N = \frac{0,17 \cdot 19613}{1000} = 3,33 \text{ kW} .$$

## 5. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMAS

### 5.1. Bendroji dalis

Elektros energijos vartojimo efektyvumas gali būti nustatomas kaip įrenginio arba agregato atlikto darbo santykis su sunaudotu tam darbui atlikti elektros energijos kiekiu. Kaip matome iš aukščiau pateiktos analizės ir skaičiavimų, valymo įrenginiuose esančių agregatų galią galime apskaičiuoti panaudojant informacinėje – valdymo sistemoje sukauptus metų, mėnesio, paros arba valandos duomenis. Duomenys suteikia informaciją apie suvartotą elektra ir apdorotą nuotekų kiekį. Tokie duomenys patogūs skaičiuoti įprastinį statistinį rodiklį  $\omega$ , kWh/m<sup>3</sup>, tačiau informacijos apie elektros vartojimo efektyvumą neduoda.

### 5.2. Momentiniai matavimai

Šiame darbe, aukščiau esančiose dalyse, apskaičiuota kiekvieno agregato atliekamo darbo vidutinė galia. Elektros imtuvų galia žinoma iš projektinės dokumentacijos arba iš agregatų techninio aprašymo. Tačiau, čia susiduriama su problema, kad valymo įrenginių projektinė galia tėra išnaudojama tik apie 50% . Todėl teks atlikti momentinius matavimus ir jų pagalba nustatyti veikiančių agregatų galios parametrus ir darbo trukmę pagal prietaisų rodmenis ar vadovaujantis tinklo analizatoriais.

Technologinių elektros įrenginių matavimo duomenys pateikti 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė

#### Technologinių elektros įrenginių matavimo rezultatai pagal 2007 metų kovo mėn. duomenis

Technologiniai įrenginiai	Kodas	Pilnoji galia, kVA	Aktyvioji galia, P <sub>agr</sub> , kW	cos φ	Darbo valandos, val./mėn.	Naudojama elektros energija, kWh/mėn.
<b>Stambios nuotekų frakcijos atskyrimas</b>						
Stambių nešmenų sulaikymas	1.1	3,06	1,98	0,646	8	15,8
Stambių nešmenų sulaikymas	1.2	3,21	2,03	0,632	8	16,2
Stambių nešmenų konvejeris	1.3	3,55	2,05	0,578	16	32,8
<b>Viso</b>		<b>9,82</b>	<b>6,06</b>	<b>0,619</b>	<b>-</b>	<b>64,8</b>
<b>Smėliagaudės</b>						
Smėlio siurblys	2.1	2,48	1,91	0,769	16	30,5
Smėlio siurblys	2.2	2,25	1,75	0,778	16	28
Smėlio siurblys	2.3	2,54	1,96	0,772	16	31,4
Oro kompresorius	2.4	8,61	6,99	0,812	742	5190
Oro kompresorius	2.5	-	-	-	-	-

5.1 lentelės tęsinys kitame puslapyje

5.1 lentelės tęsinys

Technologiniai įrenginiai	Kodas	Pilnoji galia, kVA	Aktyvioji galia, kW	cos φ	Darbo valandos, val./mėn.	Naudojama elektros energija, kWh/mėn.
Smėlio separatorius	2.6	1,03	0,58	0,562	24	13,9
Nešmenų konvejeris	2.7	3,31	2,03	0,614	32	64,8
<b>Viso</b>		<b>20,22</b>	<b>15,22</b>	<b>0,718</b>	-	<b>5358,6</b>
<b>Pirminiai nusodintuvai</b>						
Nusodintuvas	3.1	0,48	0,42	0,423	742	311,64
Nusodintuvas	3.2	0,46	0,41	0,415	742	304,22
<b>Viso</b>		<b>0,54</b>	<b>0,83</b>	<b>0,419</b>	-	<b>927,5</b>
<b>Biologinis valymas (orapūtės)</b>						
Orapūtė	4.1	-	-	-	-	-
Orapūtė	4.2	-	-	-	-	-
Orapūtė	4.3	-	-	-	-	-
Orapūtė	4.4	168,65	142	0,842	696	99110
Orapūtė su dažnio keitikliu	4.5	148,15	112	0,756	742	83240
Orapūtė su dažnio keitikliu	4.6	150,74	112	0,743	285	31977
Orapūtė	4.7	-	-	-	-	-
<b>Viso</b>		<b>467,54</b>	<b>366</b>	<b>0,780</b>	-	<b>214327</b>
<b>Biologinis valymas (aktyvuoto dumblo reaktorius)</b>						
Maišytuvas	5.1	9,16	5,23	0,571	742	3882
Maišytuvas	5.2	8,05	5,07	0,630	742	3764
Maišytuvas	5.3	8,48	5,19	0,612	742	3851
Maišytuvas	5.4	7,76	4,98	0,642	742	3697
Maišytuvas	5.5	8,79	5,18	0,589	742	3842
Maišytuvas	5.6	9,13	5,22	0,572	742	3871
Maišytuvas	5.7	8,04	5,08	0,632	742	3768
Maišytuvas	5.8	8,61	5,14	0,597	742	3811
Cirkuliacinis siurblys	5.9	28,12	18,39	0,654	742	13645
Cirkuliacinis siurblys	5.10	29,59	19,03	0,643	742	14120
Maišytuvas	5.11	8,94	5,17	0,578	742	3834
Maišytuvas	5.12	8,89	5,06	0,569	742	3756
Maišytuvas	5.13	8,34	5,11	0,613	742	3791
Maišytuvas	5.14	7,97	5,14	0,645	742	3812
Maišytuvas	5.15	8,73	5,17	0,592	742	3838
Maišytuvas	5.16	8,07	5,09	0,631	742	3775
Maišytuvas	5.17	8,70	5,07	0,583	742	3761
Maišytuvas	5.18	8,31	5,08	0,611	742	3772
Cirkuliacinis siurblys	5.19	30,66	19,87	0,648	742	14743
Cirkuliacinis siurblys	5.20	32,61	20,61	0,632	742	15293
<b>Viso</b>		<b>256,95</b>	<b>159,88</b>	<b>0,612</b>	-	<b>118626</b>
<b>Dumblo apdorojimas</b>						
Oro kompresorius	6.1	5,88	4,68	0,796	180	842
Centrifuga	6.2	51,79	41,07	0,793	364	14949
Centrifuga	6.3	50,36	40,19	0,798	490	19693
Dumblo siurblys	6.4	4,80	3,90	0,812	355	1385
Dumblo siurblys	6.5	6,06	3,89	0,831	479	1868
Dumblo konvejeris	6.6	4,79	3,08	0,642	742	2288

5.1 lentelės tęsinys kitame puslapyje



5.1 lentelės tęsinys

Technologiniai įrenginiai	Kodas	Pilnoji galia, kVA	Aktyvioji galia, kW	cos φ	Darbo valandos, val./mėn.	Naudojama elektros energija, kWh/mėn.
<b>Viso</b>		<b>123,68</b>	<b>96,81</b>	<b>0,779</b>	-	<b>41025</b>
<b>Vandenvietė</b>						
Vandens siurblys	6.7	35,56	28,16	0,792	234	6590
Vandens siurblys	6.8	33,91	27,60	0,814	182	5023
<b>Viso</b>		<b>69,47</b>	<b>55,76</b>	<b>0,803</b>	-	<b>11613</b>
<b>Antriniai nusodintuvai</b>						
Nusodintuvas	7.1	2,10	0,92	0,438	742	684
Nusodintuvas	7.2	1,92	0,93	0,485	742	629
Nusodintuvas	7.3	1,78	0,91	0,512	742	675
Nusodintuvas	7.4	2,13	0,89	0,417	742	661
<b>Viso</b>		<b>7,93</b>	<b>3,65</b>	<b>0,463</b>	-	<b>2649</b>
<b>Iš viso technologiniai įrenginiai</b>		<b>948,08</b>	<b>704,21</b>	<b>0,649</b>	-	<b>394590,9</b>

Kaip matome iš 5.1 lentelėje pateiktų technologinių elektros įrenginių matavimo rezultatų, didžioji suvartojamos elektros energijos dalis tenka biologinio valymo procesui (orapūtės ir aktyvuoto dumblo reaktoriai). Šiuose procesuose sunaudojama apie 84% elektros energijos, naudojamos nuotekoms valyti.

### 5.3. Atskirų agregatų elektros energijos vartojimo efektyvumas

Technologinių agregatų elektros energijos vartojimo efektyvumas  $e$ , kaip aprašyta 34 psl., gali būti nustatomas pagal formulę:

$$e = \frac{N}{P_{agr}}, \quad (5.1)$$

čia:  $N$  – agregato atliekamo darbo galia, kW;

$P_{agr}$  – agregato elektrinė galia, pareikalaujama iš tinklo, kW.

Pagal fizikinius procesus, vykstant elektros energijos keitimui į mechaninį, hidraulinį ar kitokį darbą, šis santykis yra virsmo naudingojo veiksmo koeficientas, kuris įvertina nuostolius elektros variklyje, pavaroje, darbo mechanizme, apkrovos didumą, darbo režimo ypatumus ir kita.

Objektyvesni duomenys apie koeficientą  $e$  būtų gaunami įvertinus ne momentines galias, bet jų integralą, tai yra energijos skaitiklių rodmenis. Elektros atžvilgiu tai padaryti nesudėtinga, bet norint įvertinti agregatų atliktą darbą susiduriama su sunkumais (žiūrėti 4.3 formulę).

Šiame darbe technologinių agregatų elektros energijos naudojimo efektyvumo koeficientą e nustatysime palygindami projektines elektros variklių galias ir išmatuotas veikiančių agregatų variklių galias su agregatų apskaičiuotomis atliekamo jų darbo galiomis, pateiktomis 4.1 – 4.4 lentelėse.

Skaičiavimų ir matavimų rezultatai pateikiami 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė

### Technologinių agregatų elektros energijos naudojimo efektyvumas

Technologiniai įrenginiai	Kodas	Elektros variklio galia, kW		Agregato atliekamo darbo galia, N, kW	Efektyvumo koeficientas, e	
		Projektinė	Išmatuota		Projektiniai galiai	Išmatuoti galiai
<b>Stambios nuotekų frakcijos atskyrimas</b>						
Stambių nešmenų sulaikymas	1.1	2,2	1,98	0,91	0,41	0,46
Stambių nešmenų sulaikymas	1.2	2,2	2,03	0,91	0,41	0,45
Stambių nešmenų konvejeris	1.3	2,2	2,05	0,80	0,36	0,39
<b>Viso</b>		<b>6,6</b>	<b>6,06</b>	<b>2,62</b>	<b>0,397</b>	<b>0,432</b>
<b>Smėliagaudės</b>						
Smėlio siurblys	2.1	2	1,91	0,86	0,43	0,45
Smėlio siurblys	2.2	2	1,75	0,86	0,43	0,49
Smėlio siurblys	2.3	2	1,96	0,86	0,43	0,44
Oro kompresorius	2.4	7,5	6,99	3,52	0,47	0,50
Smėlio separatorius	2.6	0,75	0,58	0,42	0,56	0,72
Nešmenų konvejeris	2.7	2,2	2,03	0,62	0,28	0,31
<b>Viso</b>		<b>16,45</b>	<b>15,22</b>	<b>7,14</b>	<b>0,434</b>	<b>0,469</b>
<b>Pirminiai nusodintuvai</b>						
Nusodintuvas	3.1	0,52	0,42	0,39	0,75	0,93
Nusodintuvas	3.2	0,52	0,41	0,39	0,75	0,95
<b>Viso</b>		<b>1,04</b>	<b>0,83</b>	<b>0,78</b>	<b>0,75</b>	<b>0,940</b>
<b>Biologinis valymas (orapūtės)</b>						
Orapūtė	4.4	160	142	94,14	0,59	0,66
Orapūtė su dažnio keitikliu	4.5	132	112	70,29	0,53	0,63
Orapūtė su dažnio keitikliu	4.6	132	112	71,55	0,54	0,64
<b>Viso</b>		<b>424</b>	<b>366</b>	<b>235,98</b>	<b>0,556</b>	<b>0,645</b>
<b>Biologinis valymas (aktyvuoto dumblo reaktoriaus)</b>						
Maišytuvas	5.1	5,5	5,23	3,33	0,61	0,64
Maišytuvas	5.2	5,5	5,07	3,31	0,60	0,65
Maišytuvas	5.3	5,5	5,19	3,27	0,59	0,63
Maišytuvas	5.4	5,5	4,98	3,35	0,61	0,67
Maišytuvas	5.5	5,5	5,18	3,37	0,61	0,65
Maišytuvas	5.6	5,5	5,22	3,33	0,61	0,64
Maišytuvas	5.7	5,5	5,08	3,29	0,60	0,65
Maišytuvas	5.8	5,5	5,14	3,27	0,59	0,64
Cirkuliacinis siurblys	5.9	25	18,39	13,39	0,54	0,73
Cirkuliacinis siurblys	5.10	25	19,03	13,39	0,54	0,70
Maišytuvas	5.11	5,5	5,17	3,41	0,62	0,66

5.2 lentelės tęsinys kitame puslapyje

5.2 lentelės tęsinys

Technologiniai įrenginiai	Kodas	Elektros variklio galia, kW		Agregato atliekamo darbo galia, N, kW	Efektyvumo koeficientas, e	
		Projektinė	Išmatuota		Projektiniai galiai	Išmatuotai galiai
Maišytuvas	5.12	5,5	5,06	3,27	0,59	0,65
Maišytuvas	5.13	5,5	5,11	3,29	0,60	0,64
Maišytuvas	5.14	5,5	5,14	3,27	0,59	0,64
Maišytuvas	5.15	5,5	5,17	3,31	0,60	0,64
Maišytuvas	5.16	5,5	5,09	3,37	0,61	0,66
Maišytuvas	5.17	5,5	5,07	3,35	0,61	0,66
Maišytuvas	5.18	5,5	5,08	3,33	0,60	0,65
Cirkuliacinis siurblys	5.19	25	19,87	13,39	0,54	0,67
Cirkuliacinis siurblys	5.20	25	20,61	13,39	0,54	0,65
<b>Viso</b>		<b>188</b>	<b>159,88</b>	<b>106,68</b>	<b>0,567</b>	<b>0,667</b>
<b>Dumblo apdorojimas</b>						
Oro kompresorius	6.1	5,5	4,68	2,86	0,52	0,61
Centrifuga	6.2	55	41,07	35,3	0,64	0,86
Centrifuga	6.3	55	40,19	35,3	0,64	0,88
Dumblo siurblys	6.4	7,5	3,90	2,24	0,30	0,57
Dumblo siurblys	6.5	7,5	3,89	2,24	0,30	0,57
Dumblo konvejeris	6.6	4	3,08	1,73	0,43	0,56
<b>Viso</b>		<b>134,5</b>	<b>96,81</b>	<b>79,67</b>	<b>0,592</b>	<b>0,823</b>
<b>Vandenvietė</b>						
Vandens siurblys	6.7	30	28,16	22,07	0,74	0,78
Vandens siurblys	6.8	30	27,60	22,07	0,74	0,82
<b>Viso</b>		<b>60</b>	<b>55,76</b>	<b>44,14</b>	<b>0,74</b>	<b>0,792</b>
<b>Antriniai nusodintuvai</b>						
Nusodintuvas	7.1	0,98	0,92	0,47	0,48	0,51
Nusodintuvas	7.2	0,98	0,93	0,47	0,48	0,50
Nusodintuvas	7.3	0,98	0,91	0,47	0,48	0,52
Nusodintuvas	7.4	0,98	0,89	0,47	0,48	0,53
<b>Viso</b>		<b>3,92</b>	<b>3,65</b>	<b>1,88</b>	<b>0,48</b>	<b>0,515</b>
<b><i>Iš viso technologiniai įrenginiai</i></b>		<b><i>834,51</i></b>	<b><i>704,21</i></b>	<b><i>478,89</i></b>	<b><i>0,574</i></b>	<b><i>0,680</i></b>

Technologiniai agregatai dirba ne pilnos apkrovos darbo režime, bendra naudojama galia yra 704,21 kW, o variklių bendra galia – 834,51 kW. Tokia situacija susidaro dėl mažo nuotekų kiekio. Kadangi projektuojant Aukštrakių NVĮ buvo žiūrėta su perspektyva nuotekų kiekio augimui, tai šiuo metu įrengimų apkrova siekia tik apie 50% projektinės apkrovos. Įvertinus šią situaciją matome, kad technologiniai agregatai dirba efektyviai (bendras NVĮ efektyvumo koeficientas 0,680). Galima daryti išvadą, kad perspektyvoje didėjant nuotekų srautui, Aukštrakių nuotekų valymo įrenginių elektros vartojimo efektyvumas didės.

## **6. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO DIDINIMO GALIMYBĖS**

### **6.1. Bendroji dalis**

Elektros energijos vartojimo efektyvumą galima didinti keliais būdais: nustatant agregatines elektros vartojimo normas atskiriems įrenginiams bei valymo proceso dalims, efektyviai reguliuojant pagrindinių elektros vartotojų, orapūčių, darbą, vykdant reaktyvinės energijos kompensavimą kuo arčiau vartotojų, pasirenkant ekonomiškiausią, termoakumuliacinių krosnelių, šildymo būdą visame objekte. Galima būtų mažinti elektros energijos sunaudojimą ventiliacijai, bet tai atsilieptų įrengimų eksploatacijos ilgaamžiškumui.

Kadangi technologiniai elektros įrenginiai dirba ne pilnos apkrovos režime, galingesniems vartotojams (dumblo, cirkuliaciniai, vandens siurbliai) tikslinga būtų instaliuoti dažnio keitiklius.

Įrengiant katilinę, kūrenamą biodujomis, patalpų šildymui galima būtų sutaupyti apie 5% visos vartojamos elektros energijos. Tačiau šio plano įgyvendinimui reikalingos ne mažos investicijos.

### **6.2. Elektros energijos normavimas**

Efektyvumo koeficientas  $e$  yra pagrindas nustatyti techniniu atžvilgiu pagrįstas elektros vartojimo normas kiekvienam agregatui ir, turint jų sumą, Aukštrakių nuotekų valymo įrenginiams.

Techninės elektros energijos suvartojimo normos agregatams turi būti nustatomos atsižvelgiant į fizikinius įrenginių parametrus. Maksimali elektros vartojimo norma gali būti parenkama esant dar leistiniems naudojamoms įrangos naudingojo veiksmo koeficientams. Minimali norma – esant geriems, atitinkantiems vardinius darbo režimus, naudingojo veiksmo koeficientams. Realios normos – atsižvelgiant į statistinius ir išmatuotus realius parametrus.

Šiose normose turi būti priimamas realus elektros energijos suvartojimas, įvertinant įrengimų susidėvėjimą bei elektros nuostolius. Jos turi būti koreguojamos pasikeitus fizikiniams agregatų parametrams, arba išaiškėjus matavimo prietaisų paklaidoms. Tai būtų veiksminga

priemonė skatinti aptarnaujantį valymo įrenginius personalą sekti agregatų apkrovas, jų darbo režimus ir taupyti elektros energiją.

Šiuo metu Aukštrakių nuotekų valymo įrenginiai dirba ne pagal projektinę apkrovą. Projektinis skaičiuotas Aukštrakių NVĮ nuotekų kiekis 50 000 m<sup>3</sup>/parą, o šiuo metu atitekančios nuotekų kiekis iki 25 000 m<sup>3</sup>/parą. Agregatų darbo sąlygos neatitinka skaičiuotąsias, todėl jų darbo rodikliai gali skirtis nuo projektinių, todėl teisingai nustatyti elektros suvartojimo normą yra aktualu ir būtina Aukštrakių nuotekų valymo įrenginiams.

### 6.3. Aeracinių sistemų modernizavimas

#### 6.3.1. Skaičiavimo metodika

Nutekamųjų vandenų aeracija – tai didžiausių elektros energijos sąnaudų reikalaujantis procesas, nuotekų valymo technologiniame procese. Šiuolaikiniuose nuotekų valymo įrenginiuose tai sudaro iki 80% bendrų elektros energijos sąnaudų. Todėl aeracijos sistemų parinkimas, projektavimas, montażas ir eksploatacija didžiąja dalimi nusako proceso efektyvumą.

Bendrai pripažintas aeracinių sistemų palyginimo ir apskaičiavimo kriterijus yra standartinis deguonies burbuliukų pernešimo efektyvumas į vandenį (Standard Oxygen Transfer Efficiency – SOTE). SOTE išreiškiama procentais, o fiziškai tai yra deguonies ore, praeinančio per vandenį, neturintį deguonies, absorbcijos procentas.

SOTE priklauso nuo šių faktorių: oro burbuliukų dydžio ir jų galimybių didėti, aeratorių panardinimo gylio ir jų tarpusavio išdėstymo, aeracinių talpų geometrijos ir aeratorių įrengimo vietos jose bei oro išėigos per aeratorių.

Aeratorių sulyginimui nustatytame jų panardinimo gylyje užtenka duomenų apie SOTE, bet aeracijos sistemos paskaičiavimui reikia realių nuotekų skysčio sąlygų. Tam užtenka įvertinti sekančius faktorius: nuotekų temperatūrą, deguonies tirpumo ir greičio pasikeitimus nuotekose, palyginus su švairiu vandeniu, darbinę deguonies koncentraciją.

Deguonies pernešimo efektyvumui iš oro burbuliukų nuotekose (Waste Water Oxygen Transfer Efficiency – WWOTE) nustatymui naudojama formulė:

$$WWOTE = SOTE \cdot \alpha \cdot \theta^{(T-20)} \cdot (\beta \cdot C_a - C_0) / C_{a,st}; \quad (6.1)$$

čia:  $\alpha$  - masės pernešimo koeficientas nuotekose, lyginant su švairiu vandeniu;

$\theta$  - Temperatūros faktorius ( $\theta = 1,024$ );

$\beta$  - faktorius, įvertinantis deguonies tirpumo ir greičio pasikeitimus nuotekose, lyginant su švairiu vandeniu ( $\beta = 0,95$ );

$C_a$  - oro deguonies tirpumas švairiame vandenyje, įvertinant aeratoriaus panardinimo gylį  $h_a$ , mg/l,

$$C_a = (1 + h_a \cdot d_e / 10,33) \cdot C_t ; \quad (6.2)$$

čia:  $d_e$  - aeratorių panardinimo gylio įtakos faktorius ( $d_e = 0,4$ );

$C_t$  - švaraus vandens prisotinimas deguonimi, kurio temperatūra T, mg/l;

$C_{a,st}$  - tai yra  $C_t$  standartinėmis sąlygomis, mg/l;

$C_0$  - ištirpusio deguonies darbinė koncentracija, mg/l.

$\alpha$  faktoriaus analogas yra vandens kokybės koeficientas miesto nuotekoms  $k_n$  ( $k_n = 0,85$ ).  $\alpha$  faktoriaus reikšmė kinta nuo 0,4 iki 0,7.

Tam, kad nustatyti reikalingą aeratorių kiekį ir bendrą oro išeią, būtina žinoti aeracijos talpos deguonies poreikį (Oxygen Requirement – OR). Praktiškai tai deguonies kiekis nuotekose mg/l, kurį būtina į jas paduoti, kad suskystinti teršalų priemaišas pagal biocheminį deguonies suvartojimo rodiklį (BDS<sub>5</sub> – deguonies kiekis, reikalingas nuotekose esančioms organinėms medžiagoms biochemiškai oksiduoti per penkias paras). Aukštrakių NVĮ matuojamas BDS<sub>7</sub>, tai yra 7 parų,  $BDS_5 = \frac{BDS_7}{1,15}$ .

Aeracijos talpos ar jos sekcijos deguonies poreikį priimta išreikšti kilogramais deguonies per valandą. OR dažnai vertinamas pasitelkiant sekančias lygybes:

$$OR = (\Delta BDS_5 / 0,68 + 4,57 NO_x - N) \cdot q_w / 1000 ; \quad (6.3)$$

$$OR = (\Delta BDS_5 / 0,68 + 4,57 \Delta NH_4 - N) \cdot q_w / 1000 ; \quad (6.4)$$

čia:  $\Delta BDS_5$  - skirtumas tarp atitekančiose nuotekose esančio BDS<sub>5</sub> ir ištekančių iš aeracinių talpų, mg/l;

0,68 – BDS<sub>5</sub> perskaičiavimo koeficientas iki maksimalaus deguonies poreikavimo;

4,57 – stochometrinis koeficientas;

$NO_x - N$ ,  $\Delta NH_4 - N$  - azoto nitritų ir nitratų kiekis išvalytame vandenyje bei amonio azoto skirtumas įėjime ir išėjime, mg/l;

$q_w$  - nuotekų išėiga, m<sup>3</sup>/val.

Žinant WWOTE ir OR reikšmes nesunku sudaryti materialinį deguonies balansą kiekvienoje aeracinių talpų sekcijoje ir, pagal (6.5) formulę, nustatyti reikalingą oro kiekį Q:

$$Q = OR / (WWOTE \cdot 0,23\rho); \quad (6.5)$$

$\rho$  - oro tankis, kai oro temperatūra 20<sup>0</sup>C,  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ .

### 6.3.2. Oro poreikio skaičiavimas

Deguonies poreikio skaičiavimui naudosime (6.4) formulę. Duomenys skaičiavimams pateikti 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė

#### Nuotekų priemaišos

Atitekančių BDS <sub>5</sub> , mg/l	Ištekančių BDS <sub>5</sub> , mg/l	Atitekančių NH <sub>4</sub> -N, mg/l	Ištekančių NH <sub>4</sub> -N, mg/l	Nuotekų išėiga, m <sup>3</sup> /val.
300	10	31	7,4	833

Aeracinių talpų deguonies poreikis per valandą:

$$OR = (290/0,68 + 4,57 \cdot 23,6) \cdot 833/1000 = 445 \text{ m}^3\text{O}_2 / h.$$

Apskaičiuojame deguonies pernešimo iš oro burbuliukų efektyvumą. Skaičiavimui reikalingas deguonies tirpumas švariame vandenyje:

$$C_a = (1 + 6 \cdot 0,4/10,33) \cdot 10,24 = 12,62 \text{ mg/l};$$

Pernešimo iš oro burbuliukų efektyvumo skaičiavimui reikalingi duomenys pateikti 6.2 lentelėje.

**Orapūčių paduodamo oro duomenys**

SOTE, %	$\alpha$	$\theta$	$\beta$	$C_a$ , mg/l	$C_0$ , mg/l	$C_{a,st}$ , mg/l
45	0,55	1,024	0,95	2,98	9,02	2,0

Deguonies pernešimo efektyvumas, iš oro burbuliukų, nuotekose:

$$WWOTE = 0,45 \cdot 0,55 \cdot 1,024^{(20-14,1)} \cdot (0,95 \cdot 12,98 - 9,02) / 2,0 = 0,472 .$$

Aeracinėms talpoms reikalingas oro kiekis per valandą:

$$Q = 445 / (0,472 \cdot 0,23 \cdot 1,2) = 3423 \text{ m}^3 / \text{h} .$$

Matavimų metu dirbo trys orapūtės: viena 160kW galios ir dvi po 132kW su dažnio keitikliais. Faktiškai paduodamas oro kiekis į aeracines talpas 6350 m<sup>3</sup>/val. Paduodamo oro kiekis žymiai didesnis, nei reikalingas biologinio nuotekų valymo procesui vykti. Oro kiekio padavimo valdymas vykdomas pagal nustatytą paduodamo oro slėgį, o ne pagal deguonies kiekį valomose nuotekose. Žinodami reikalingą oro kiekį, paskaičiuojame kokios galios orapūtė būtų reikalinga, (6.4) formulė, atliekant reguliavimą pagal deguonies kiekį:

$$P_v = \frac{1,3 \cdot 6350 \cdot 3600 \cdot 2}{1000 \cdot 0,6 \cdot 0,85} = 116,54 \text{ kW} .$$

Iš atliktų skaičiavimų matome, kad įrengus orapūčių reguliavimą pagal deguonies kiekį nuotekose, technologinio proceso palaikymui užtektų ir vienos, 132 kW galios, orapūtės. Jos elektros vartojimo efektyvumo koeficientas:

$$e = 116,54 / 132 = 0,883 .$$



## 7. IŠVADOS

1. Parengta metodika sudėtingų technologinių įrengimų elektros energijos vartojimo efektyvumo nustatymui;
2. Apskaičiuotas elektros energijos vartojimo efektyvumo koeficientas turi būti naudojamas elektros energijos suvartojimo normų apskaičiavimui techniniu požiūriu;
3. Aukštrakių NVĮ elektros energijos vartojimo, tai yra realiai esančios apkrovos, nustatytos pagal išmatuotas galias, efektyvumo koeficientas  $e = 0,680$ . Turint omenyje, kad atiteka tik 50% projektinio nuotekų srauto – valymo įrenginiai, palyginti, efektyviai naudoja elektros energiją;
4. Perspektyvoje, pasiekus projektinį atitekančių nuotekų kiekį, reikalinga atlikti naują elektros vartojimo efektyvumo tyrimą. Yra didelė tikimybė, kad šis rodiklis tik gerės;
5. Nuotekų valymo įrengimai nauji, jų susidėvėjimo laipsnis labai mažas;
6. Orapūčių darbo reguliavimą efektyviau atlikti pagal ištirpusio deguonies kiekį nuotekose. Efektyvumo koeficientas  $e = 0,883$  vietoj, šiuo metu esančio  $e = 0,63$ . šiuo metu dirba 3 orapūtės, o reguliuojant jų darbą pagal ištirpusio deguonies kiekį užtektų vienos;
7. Tolimesniam elektros energijos vartojimo efektyvumo tyrimui bei technologinių elektros vartojimo normų nustatymui tikslinga įrengti energetikos informacinę valdymo sistemą;
8. Ekonomiškiausias elektrinio šildymo būdas – elektrinės krosnelės. Pasirenkant šį šildymo būdą galima apšildyti administracinį pastatą, pakeičiant šiuo metu esantį šildymą karštu vandeniu;
9. Ateityje galima galvoti ir apie patalpų šildymą, naudojant biodujas (metaną), kuri galima išgauti rauginant susikaupianti dumblą. Arba pastatyti katilinę, kūrenamą išdžiovinto dumblo briketais.

## 8. LITERATŪRA

1. UAB “Šiaulių vandenys” NVĮ technologinio proceso aprašymas. Šiauliai, 2002. 54p.
2. Talino technikos universitetas, Lietuvos pramoninkų konfederacija, Inžinerinės ekologijos asociacija. Nuotekų valymas. Vilnius, 1998. 164p.
3. Leznovas В. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. Москва, 1998. 324p.
4. Žurnalas. Водоснабжение и санитарная техника. Москва, 2005. Nr.11. 36p.
5. Jakovlev S. V. Kanalizacija. Москва, 1987. 365p.
6. Water Environment Federation. Operation of Municipal Wasterwater treatment plants Alexandria. USA, 2002. 421p.
7. UAB “Ogmandija” [interaktyvus]. Matavimo vienetų skaičiuoklės. Prieiga per internetą: <<http://ogmandija.lt/Skaiciuokles.htm>>.