



INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

# REOVEEPUHASTUSJAAMA AUTOMATISEERIMINE

## WASTEWATER TREATMENT PLANT AUTOMATION

### MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Roman Rudenko  
/nimi/

Üliõpilaskood: 192303 AAAM

Juhendaja: Taavi Möller, insener  
/nimi, amet/

Tallinn 2022

(Tiitellehe pöördel)

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina \_\_\_\_\_ (autori nimi)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on

\_\_\_\_\_ ,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

\_\_\_\_\_ (kuupäev)

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loominguulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

## LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

*Autor:* Roman Rudenko

*Lõputöö liik:* Magistritöö

*Töö pealkiri:* Reoveepuhastusjaama automatiseerimine

*Kuupäev:*  
18.05.2022

64 lk (*lõputöö lehekülgede arv koos lisadega*)

*Ülikool:* Tallinna Tehnikaülikool

*Teaduskond:* Inseneriteaduskond

*Instituut:* Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

*Töö juhendaja(d):* insener Taavi Möller

*Töö konsultant (konsultandid):* Raimo Hermet, Ivar Sirkas

*Sisu kirjeldus:*

Käesoleva töö käigus olid vaadeldud uus reoveepuhastusjaam ja selle osade rajamise protsessi erinevad etapid, alustades tehnoloogilise lahenduse ja sobivate seadmete valikust kuni objekti käivitamiseni ja automaatjuhtimise loogika peenhäälestamiseni.

Töö eesmärgiks oli koosta automaatika jaoks toimimisloogika ja programmi, käivitada projekti järgi ehitatud reoveepuhastusjaam, luua tingimused aktiivmuda kasvatamiseks, selle elushoidmiseks ja täita töödeldud vee kvaliteedi nõudeid, kasutades automaatikaseadmeid.

Reoveepuhastusjaama automaatjuhtimiseks olid valitud Siemens tootja poolt S7-1214C kontroller ning lahenduse koostamiseks vajalikud laiendused. Juhtimisloogika oli koostatud Ladder kujul TIA Portal tarkvaras, tuginedes varasemates projektides omandatud kogemustele.

Käivitatud projekti tulemused olid tehnoloogi poolt heaks kiidetud ja objekt on edukalt kasutusele võetud.

*Märksõnad:* Reoveepuhasti, Pumpla, PLC, MODBUS, automaatika, Siemens, HMI, SCADA.

## ABSTRACT

<i>Author:</i> Roman Rudenko <i>Title:</i> Wastewater treatment plant automation	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Date:</i> 18.05.2022	64 pages (the number of thesis pages including appendices)
<i>University:</i> Tallinn University of Technology <i>School:</i> School of Engineering <i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Supervisor(s) of the thesis:</i> engineer Taavi Möller <i>Consultant(s):</i> Raimo Hermet, Ivar Sirkas	
<p><i>Abstract:</i></p> <p>During the project, the new wastewater treatment plant and the various stages of the construction process of its parts were examined, starting from the selection of the technological solution and suitable equipment for the launch of the facility to the fine-tuning of the automation logic.</p> <p>The aim of the work was creation of the automation logic and program, launching the wastewater treatment plant, built according to the project, creating conditions for the grow of activated sludge and keeping it alive, as well as meeting the requirements for the quality of treated water using automation equipment.</p> <p>In order to create the solution, the S7-1214C controller and the necessary extensions from Siemens were selected for the wastewater treatment plant automation. The automation logic was compiled in the form of a Ladder in the TIA Portal software, based on the experience gained in previous projects.</p> <p>The results of the launched project were approved by the technologist and the object has been successfully taken into use.</p>	
<i>Keywords:</i> Wastewater treatment plant, Pumping station, PLC, MODBUS, automation, Siemens, HMI, SCADA.	

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Reoveepuhastusjaama automatiseerimine**

Lõputöö teema inglise keeles: **Wastewater treatment plant automation**

Üliõpilane: **Roman Rudenko, 192303AAAM**

Eriala: **Energiamuundus- ja juhtimissüsteemid**

Lõputöö liik: **Magistritöö**

Lõputöö juhendaja: **Taavi Möller**

Lõputöö kaasjuhendaja:  
(ettevõtte, amet ja kontakt)

Lõputöö ülesande  
kehtivusaeg: **31.12.2022**

Lõputöö esitamise tähtaeg: **18.05.2022**

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppekava juht (allkiri)

---

Kaasjuhendaja (allkiri)

## 1. Teema põhjendus

Täna sel päeval on suureks probleemiks inimeste väljaheidete ümbertöötlemine. Väljaheidete ümbertöötlemise protsess on üsna peenseadistatud protsess, kus puhastatud vee säästete kogus peab olema alla lubatud piire. Kui seda tööd teeb inimene, võib ta vigu teha ja puhastatud vesi ei pruugi vastata nõuetele. Selleks, et väljastada inimfaktori, oleks mõttekam seda protsessi automatiseerida.

## **2. Töö eesmärk**

Töö eesmärgiks on luua PLC programm kliendi poolt esitatud tehnoloogilise protsessi automatiseerimiseks, tekitada visualiseerimiskenduse ja käivitada objekti.

## **3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

Analüüsida tehnoloogiaprotsessi.

Valida automatiseerimiseks vajalike seadmeid ja andureid.

Koostada PLC programm, mille abil seadmeid juhtida.

Koostada operaatoritele visualiseerimiskendust.

Analüüsida tulemusi.

## **4. Lähteandmed**

Kliendi poolt saadud tehnoloogiaprotsessi joonis.

Kliendi erinõuded.

Eelnevates projektides mõned lahendused.

## **5. Uurimismeetodid**

Projekteerimise etapil loogika testimine ja andurite seadistamine teostan simuleerimise tarkvaras.

Valmisoleva programmi testimine, seadmete käivitamine ja andurite peenseadistamine teostan füüsiliselt objektil.

Tulemuste analüüsimine teostan graafikute alusel.

## **6. Graafiline osa**

Tehnoloogiline joonis

Programmi loogika diagrammid

Olekudiagrammid

SCADA pildid

## **7. Töö struktuur**

Puhastusjaamade tüübid

Tellijatehnikoloogilise skeemi analüüs

Automatiseerimiseks seadmete valik

Loogika koostamine

Tulemuste analüüs

## **8. Kasutatud kirjanduse allikad**

Seadmete kasutusjuhendid

Seadmete tehnilised spetsifikatsioonid

Temaatiline kirjandus

Teiste tudengite tööd

## **9. Lõputöö konsultandid**

Koostöötajad

- Raimo Hermet
- Ivar Sirkas

Juhendaja

- Taavi Möller

## **10. Töö etapid ja ajakava**

15.02.2022 – Magistritöö struktuuri loomine

28.02.2022 – Seadmete ja andurite valik

15.03.2022 – Loogika koostamine ja lahti kirjutamine

31.03.2022 – Tulemuste analüüs

15.04.2022 - Esimene versioon



# SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE .....	4
ABSTRACT.....	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE .....	6
EESSÕNA .....	11
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	12
SISSEJUHATUS .....	13
1.    TEHNOLOOGIATE ÜLEVAADE .....	14
1.1 Bioloogiline membraan reaktor (MBR).....	15
1.2 Perioodiline jadapuhastus reaktor (SBR) .....	16
1.3 Tehnoloogilise lahenduse kokkuvõtte .....	17
2.    AUTOMAATIKASÜSTEEMI RIISTVARA.....	18
2.1 PLC ja lisamoodulid .....	19
2.2 Sideseadmed .....	22
2.3 Pumpla .....	25
2.4 Võre .....	26
2.5 Ühtlustusmahuti .....	26
2.6 Protsessimahuti.....	27
2.7 Puhur.....	29
3.    TÖÖTLEMISPROTSESSI PÕHIETAPID JA SEADMETE LIIDESTAMINE .....	30
3.1 Pumpla .....	31
3.2 Võre .....	33
3.3 Ühtlustusmahuti .....	35
3.4 Protsessimahuti.....	36
3.5 Puhur.....	39
4.    JUHTIMISLAHENDUS, KASUTAJALIIDESED JA VISUALISEERIMINE .....	41
4.1 Pumpla .....	41

4.2 Võre .....	44
4.3 Ühtlustusmahuti .....	46
4.4 Protsessimahuti .....	48
4.5 Puhurid .....	50
4.6 Kasutajaliidesed ning SCADA .....	51
KOKKUVÕTE .....	55
CONCLUSION .....	57
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	59
LISA 1 .....	61
LISA 2 .....	62

# EESSÕNA

Tahan avaldada tänu ettevõttele OÜ SystemTest võimaluse eest kirjutada lõputöö valitud teemal ja täiendavate nõuandete lõputöö kirjutamise ajal.

Samuti tahan avaldada tänu oma lõputöö juhendaja Taavi Mölleri ja konsulantidele, kes abistas lõputöö kirjutamise ajal.

Käesoleva teema valimiseks oli pakutud ettevõtte OÜ SystemTest poolt reoveepuhastusjaama objekt, mis oli enda lähteandmete ja tehnilise jooniste poolt piisavalt huvitav ja keerukas magistritöö kirjutamiseks. Samuti oli see objekt magistritöö teemaks soovitatud kolleegide poolt.

# LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

<i>PLC</i>	Programmeeritav loogika kontrollier ( <i>Programmable logical controller</i> )
<i>RVPJ</i>	Reoveepuhastusjaam
<i>RVP</i>	Reoveepumpla
<i>NA</i>	Nivoo andur
<i>RA</i>	Rõhuandur
<i>TA</i>	Temperatuuri andur
<i>HA</i>	Hapniku andur
<i>GSM</i>	Mobiili võrk
<i>HMI</i>	Inim-masina liides ( <i>Human Machine Interface</i> )
<i>SCADA</i>	Järelevalve kontroll ja andmete hankimine ( <i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> )
<i>VPN</i>	Virtuaalne privaatvõrk ( <i>Virtual Private Network</i> )
<i>SBR</i>	Periodiline jadapuhastus reaktor ( <i>Sequence Batch Reactor</i> )
<i>MBR</i>	Bioloogiline membraan reaktor ( <i>Membrane Biological Reactor</i> )
<i>AH</i>	Alarm kõrge ( <i>Alarm High</i> )
<i>SH</i>	Lüliti kõrge ( <i>Switch High</i> )
<i>SL</i>	Lüliti madal ( <i>Switch Low</i> )
<i>AL</i>	Alarm madal ( <i>Alarm Low</i> )
<i>CE</i>	Euroopa majanduspiirkonna sertifitseerimistähis ( <i>Conformité Européenne</i> )
<i>JK</i>	Juhtkilp
<i>FC</i>	Sagedusmuundur ( <i>Frequency converter</i> )

# SISSEJUHATUS

Loodus on kõige olulisem element meie elus, sellest sõltub meie tervis ja elamise võimalus, sellega on tänase päeva inimkond otsustanud tähelepanu pöörata looduse kaitsmisele, kuhu kuuluvad sellised teemad nagu heitgaaside vähenemine, veekoguste puhastamine ja prügi ümbertöötlemine. Paremate tulemuste saavutamiseks uuendatakse nõudeid, mis reguleerivad tekitatavate heitgaaside ja vees olevad osakeside piirkoguseid. Reoveepuhastus on väga tähtis protsess, mis kuulub eelnevalt nimetatud teemadeks. Sellega tuleb selle protsessi samuti uuendada, et tulemused vastaksid kaasaegsetele nõuetele.

Pärast Eesti liitumist Euroopa Liiduga hakati erilist tähelepanu pöörama reoveepuhastuse küsimusele. Pärast Eesti õigusraamistiku sõlmimist ja Euroopa õigusraamistikuga kooskõlla viimist on Eesti võtnud kohustuse võimalikult lühikese aja jooksul korda teha või ehitada uued reoveepuhastusrajatised, mis vastavad reoveepuhastuse standarditele. See ajendas ehitama uue põlvkonna reoveepuhastid. Reovee puhastamine nõutavate tasemeteni on ülitäpne protsess, mis eeldab ülitäpse andurite kasutamist, mis võimaldaks biopuhastusprotsesse reaajas jälgida. [1]

Paralleelselt pööratakse tähelepanu ka elukvaliteedi peale. Mõeldakse sellest, kuidas saaks oma elu mugavamaks muuta. Väljaheidete ümbertöötlemine ei ole kõige prestiižsem töö ehk huvilisi, kes sooviks selles sektoris töötada ei ole piisavalt palju. Sellega tuleb teemaks selle protsessi automatiseerimine, mis võimaldab vabastada inimesi mustast tööst ehk vähendada reovees oleva bakteritega tekitavate haigestumisi tekitamist.

Kaasaegseks automatiseerimise viisiks on automatiseerida protsessi Programmable Logic Controller (PLC) abil. PLC kasutamine annab objekti haldajatele võimalust Human Machine Interface (HMI) kaudu jälgida protsessi parameetreid. Samal ajal on võimalik dispetšeritel juhtida objekti kaugelt poolt Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) kaudu.

Praegu on piisavalt palju automaatika seadmete tootjaid, kes pakuvad erinevaid lahendusi, mis sobiksid antud objekti lahenduseks. Kahjuks mitte kõik nendes on hinnaga ja võimalustega bilansis.

# 1. TEHNOLOOGIATE ÜLEVAADE

Reoveepuhastus on protsess, mille käigus kõrvaldatakse reoveest olevaid reoaineid ja soovimatuid organisme, kasutades mehaanilisi, bioloogilisi, füüsikalisi ja keemilisi võtteid. Reoveekäitluse eesmärgiks on muuta orgaanilist ainet ja baktereid sisaldava reovett piisavalt puhtaks, et selle saaks ohutult keskkonda juhtida.

Tänapäeval on mitu erinevat tehnoloogiat kuid populaarsemaid nendest on SBR või MBR tüübi reovee puhastusjaamad. Mõlemal tehnoloogial on oma eelised ja puudused, mida tuleb meeles pidada objekti lahenduse valimisel, kuid mõlemad nendest on aluseks võtnud aktiivmuda kasutamist. Aktiivmuda on bakterite kogum, mis suudab reoveest eraldada orgaanilisi aineid, lämmastiku ja fosforit.

Aktiivmuda on biotsenoos, mis on rohkelt asustatud aeroobsete bakterite ja muude mikroorganismidega. [2]

Aktiivmuda hingamiseks on vaja hapniku ehk aeroobse keskkonna, selleks on ettenähtud nitrifikatsiooni faas või eraldi seisev aeroobne mahuti. Nitrifikatsiooni faasis toimub peamiselt reovee lagunemine, mille jooksul eraldub vesi, süsiniku dioksiid ja energia. Energiat aktiivmuda kasutab omatarbeks. [3]

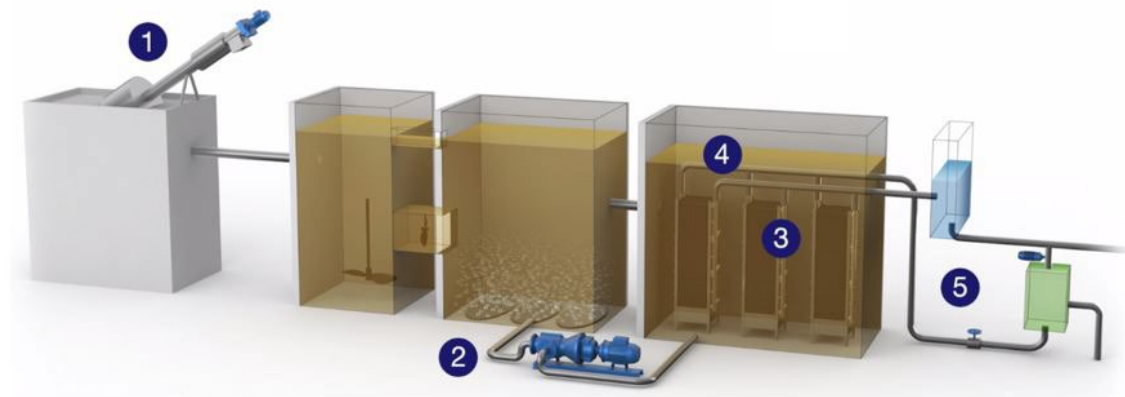
Aktiivmuda anaeroobses keskkonnas hapniku pole, kuid see on keemilistes ühendustes reovees. See on kõige keerulisem etapp reoveepuhastuse protsessis, kuna siin tekitakse nõutud keskkond bakterite ja mikroorganismide paljunemiseks. Selleks on ettenähtud denitrifikatsiooni faas või eraldi seisev anaeroobne mahuti. Bakterite ja mikroorganismide paljunemise käigus kasutatakse reovees oleva lämmastiku, fosforiidi ja nitrifikatsiooni faasis saadud energiat. [3]

Mõlemad faasid on olulised ja vajavad täpse seadistamist, vastaval juhul kaotab aktiivmuda oma efektiivsust, mis omal ajal viib aktiivmuda surmani.

## 1.1 Bioloogiline membraan reaktor (MBR)

Membraantehnoloogia võtab oma aluseid veel 1960 aastatel, kui leiutati asümmeetrilist tselluloos atsetaat membraani pöörd osmoosi jaoks. See koos mõne muu varajase arengutega sillutas teed kaasaegsete MBR membraanide väljatöötamisele. [4]

MBR puhastusjaama konstruktsiooniliselt erineb sellest, et sellise tüüpi puhastusjaamas on ühtlustusmahuti, protsessimahuti ja filtrimahuti omavahel ühendatud ja töödeldud vesi pumbatakse läbi membraanfiltrid välja (Joonis 1).



Joonis 1. MBR reoveepuhastusjaam (1 – Võre, 2 – Puhur, 3 – Membraanfiltrid, 4 – Protsessimahuti, 5 – Keemiline puhastussüsteem) [5]

Vedelikku pumbatakse läbi mehhaanilist filtri ehk võret, mis eraldab reoveest suuremaid osakesi. Edaspidi, suurematest osakestest filtreeritud reovesi jõuab ühtlustusmahutisse, kus toimub erineva kontsentratsiooniga reovee ühtlustamine.

MBR tüüpi puhastusjaama eripäraks on see, et ühtlustusmahuti on koos aeroobse ja anaeroobse mahutiga ühendatud, sellega peavad need mahutid olema alati täidetud määratud tasemeni.

Puhastusprotsess, toimub paralleelselt. Samal ajal toimub, kui nitrifikatsioon aeroobses mahutis, nii ka denitrifikatsioon anaeroobses mahutis. Määratud tsüklite arvu saavutamisel, toimub puhastatud vee väljapumpamine läbi membraanfiltrid. [5]

MBR tehnoloogia eeliseks on suur puhastuse efektiivsus tänu membraanfiltrile.

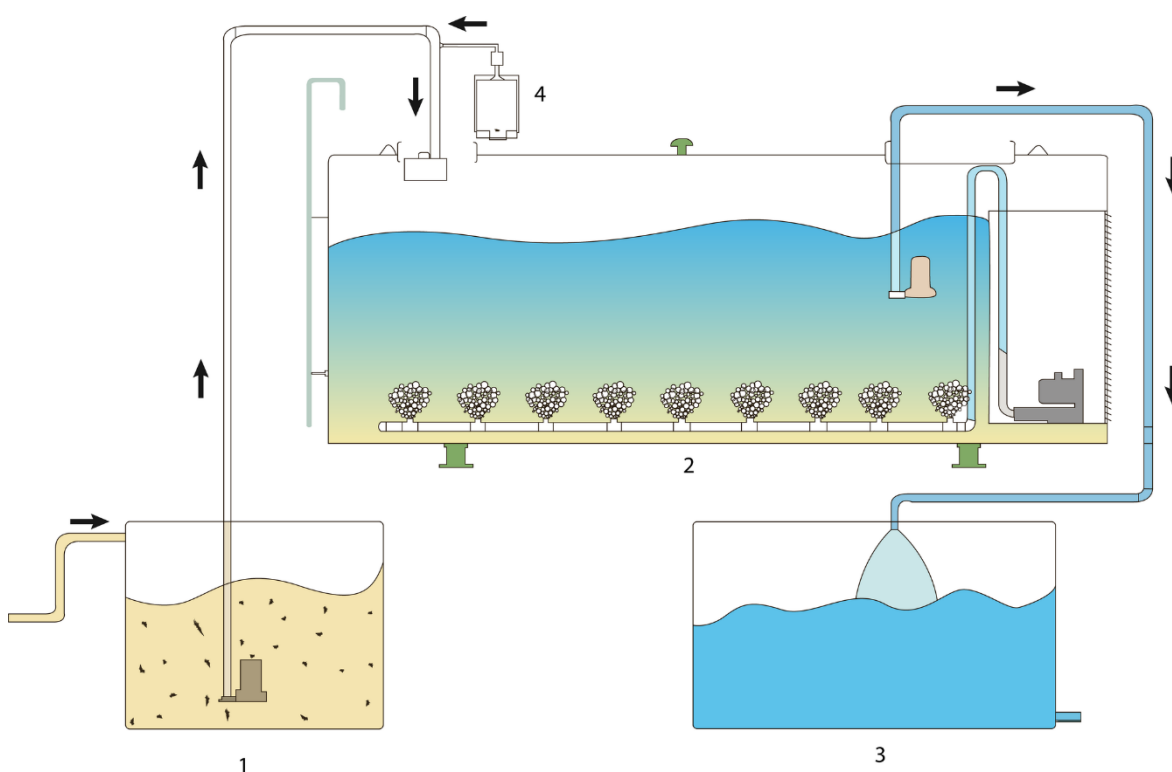
MBR tehnoloogia puudusteks võib tuua:

- Membraanfiltrid tõttu kõrgem hind.
- Kuna protsessid on eraldatud mahutiteks, siis nõuab suhteliselt palju ruumi.
- Väljapumpamise mahtuvus on suhteliselt väike, sellega on ka väiksem tootlikkus.

## 1.2 Perioodiline jadapuhastus reaktor (SBR)

SBR tehnoloogia pärineb aastast 1914, mis põhineb aktiivmuda kasutamise tehnoloogial. Tehnoloogia väljatöötamise aluseks oli olnud teaduslik eeldus, et perioodiline kokkupuude mikroorganismidega teatud protsessitingimustes saavutatakse tõhusalt partiiisüsteemis, milles kokkupuuteaega, kokkupuute sagedust ja sobivate kontsentratsioonide amplituudi saab määrata sõltumata sisselasketingimustest. [6]

SBR puhastusjaama konstruktsiooniliselt erineb sellest, et puhastusjaama ühtlustusmahuti on protsessimahutist eraldatud. Bioloogiline ja keemiline puhastus toimub ühises protsessimahutis (Joonis 2).



Joonis 2. SBR reoveepuhastusjaam (1 – Ühtlustusmahuti, 2 – Protsessimahuti, 3 – Tiik, 4 – Kemikaalimahuti)

Pumpla pumpab asulast tuleva reovett läbi mehhaanilist filtri ehk võret, mille läbimisel eraldatakse reoveest üleliigseid suuremaid objekte ja osakesi. Peale võret reovesi jõuab ühtlustusmahutisse, kus toimub reovee kogumine ja ühtlustamine. Ühtlustamise efektiivsuse tõstmiseks on mahutisse paigaldatud segistid.

Nõutud nivoo tase ja nõutud protsessimahutis etappi saavutamisel pumbatakse vett edasi protsessimahutisse. Protsessimahutis minimaalse protsessi käivitamiseks nivoo



saavutamisel käivitatakse bioloogiline puhastus protsess. Esimesena toimub nitrifikatsiooni faas, kus käivitatakse aeraatoreid, mis tõstavad vees hapniku vajaliku tasemeni. Samal ajal lisatakse koagulanti, mis tõstab aktiiv muda aktiivsust. Nitrifikatsiooni faasi läbimisel läheb süsteem denitrifikatsiooni faasi, kus aereeraatoreid lülitakse välja ja käivitatakse segistid, mis hoiavad vedeliku ühtluses seisus. Selle aja jooksul on aktiiv muda maksimaalselt aktiivne ehk toimub lämmastiku ja fosfori eraldamine reoveest. Neid kaht etappi käivitatakse tsükliliselt määratud korda. Peale kõike tsüklite läbimist toimub töödeldud muda settimine, mille jooksul jõuab muda põhja koguda. Settimis faasi möödumisel eraldatakse settitud muda ja töödeldud vesi ja käivitatakse puhastusprotsessi korduvalt. [7]

SBR tehnoloogia eelisteks võib tuua:

- Suhteliselt suur tootlikkus.
- Tehnoloogia lihtsus ja odavus.
- Ei nõua palju ruumi, sest nitrifikatsioon ja denitrifikatsioon toimuvad ühes mahutis.

SBR tehnoloogia puuduseks on madalam puhastatud vee kvaliteet, kuna väljapumpamine toimub ilma filtrita.

### **1.3 Tehnoloogilise lahenduse kokkuvõtte**

Tehnoloogilise lahenduse valikul lähtutakse mitmest punktist. Kõige olulisem punkt on puhastatud vee kvaliteedi vastavus kaasaegsetele nõuetele. Õnneks on mõlemad tehnoloogiad võimelised puhastada reovett vastavalt kaasaegsetele normidele. Teiseks oluliseks punktiks on võimalus tõsta puhastatud vee kvaliteedi minimaalse kuludega.

MBR-tehnoloogia ei anna võimalust väikeste kuludega parandada reoveekvaliteedi, ehk kvaliteedi tõstmiseks vajab filtri vahetust parema vastu. Filtri maksumus on kõvasti kõrge, sellega on ka lahenduse hind kõrge. Lisaks sellele, kõikide mahutite paigaldamiseks tehnoloogia rajanemine nõuab palju rohkem ruumi võrreldes SBR tehnoloogiaga.

SBR-tehnoloogia annab võimalust tulevikus tõsta reovee kvaliteedi tsüklite arvu ja faasi pikkuste muutumisega, kuid selle saab tõsta piiratud efektiivsuseni. Juhul, kui nõuded kasvavad liiga kõvasti, tuleb lisada filtri, et töödeldud vesi vastaks uutele nõuetele.

Viimaseks oluliseks punktiks on realiseerimise maksumus. Kaaludes tehnoloogiate eelised ja puudused ja lähtudes nõuetest jääb valik SBR tehnoloogia poole.

## 2. AUTOMAATIKASÜSTEEMI RIISTVARA

Reoveepuhastusjaama automaatika projekti koostamine toimub kliendi poolt püstitatud ülesandel, millega tulevad kaasa lähteülesanded ja erinõuded. Samal ajal aluseks on võetud eelnevatest projektidest kogutud kogemus.

Kõikide seadmete toite- ja signaalikaablitenä tuleb kasutada plastisolatsiooniga vasksoontega kaableid. Kasutatavad kaablid peavad vastama standardiseeria EVS-EN 50525 ning standardi EVS 720 nõuetele.

Elektritööde on juhitud dokumentidel, mis on toodud lisades. (LISA 1)

Liitumiskilbi parameetrid:

- Pinge: 3x400/230 V AC 50 Hz
- Juhistik: TN-C-S
- Peakaitse liitumiskilbis: 3x20 A
- Jaotuskilbi vool: 40 A
- IP aste: IP34

Objekti parameetrid:

- Installeeritud võimsus: 8 kW
- Arvutuslik võimsus: 4 kW

Kliendi poolt esitatavad erinõuded

- Käsi / Automaatjuhtimise valimise võimalus
- Iga seadme distantsilt käsitsi juhtimine
- Visualiseerimine
- Valvesüsteem
- SMS teavitamine

Seadmete valik on teostatud lähtudes Euroopa liidu sertifitseerimis nõuetele, et kasutatavad seadmed oleksid tähistatud CE märgisega, mis kitsendab seadmete valikut, kuna osa tooteid ei ole mõeldud EL-i turule. [8]

Seadmete valimisel on arvesse võetud ka logistika. Kuna üks suurimatest kuludest on tarne kulud, siis on raha säästmise eeliseks see, kui saaks maksimaalselt palju seadmeid osta ühelt tarnijalt.

Realiseeritava objekti kriitilisus on väga kõrge, sest nende tööst sõltub asulas elavate inimeste elukvaliteet, reoveepuhastusjaama aktiivmuda elu ja ümbritseva looduse seisukord. Selle tõttu peavad kõik kriitilised elemendid olema maksimaalselt töökindlad.

Lähtudes eelmainitud aspektidel on töökindlus esimesel kohal. Teiseks, kuna objekt on piisavalt suur ja igal elemendil võivad olla oma ühendus- või kasutus nüansid, siis oleks vaja kõige kriitiliste seadmetele saada küsimuste korral kiirest tagasisidet. Sellega teiseks kriteeriumiks on esinduse olemasolu. Kolmandaks, peab seade olema piisavalt odav, et seda osta tasuks.

Abiseadmete puhul valik põhineb esmaselt kvaliteedil, teisena kriteeriumina on hind. Esinduse olemasolu ei ole nende juhul kriitiline, kuna abiseadmete hind on piisavalt madal.

PLC ja laiendite valikul lähtutakse seadmete omadustest, nende arvust ja ühendusviisist. Lähtudes sellest, andureid ja seadmeid vaadeldakse eraldi.

## 2.1 PLC ja lisamoodulid

Programmeeritav loogikakontroller (PLC) on mikroprotsessoripõhise kontrolleri erivorm, mis kasutab programmeeritavat mälu käskude salvestamiseks ja selliste funktsioonide rakendamiseks nagu loogika, järjestus, ajastus loendamine ja aritmeetika masinate ja protsesside juhtimiseks. [9]

Kuna objektilt nõutakse päris suurt funktsionaalsust, siis valiku teostati kõige levinuimate tootjate poolt (SIEMENS ja Beckhoff) pakutatavate seadmete hulgast.

**Beckhoff** toodete eelisteks on kiiresti arenev kogukond, suhteliselt madal hind ja suur laienduste valik. Miinusteks on madalam turvalisus, laienduste ühendamiseks lisamoodulite vajadus, keerulisem lintsenseerimine ja keerulisem programmeerimine.

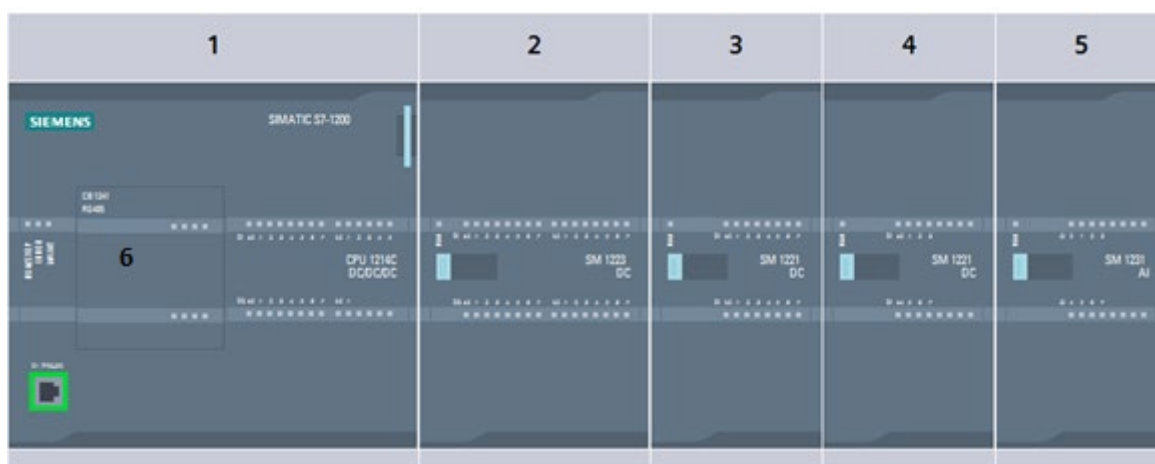
**Siemens** toodete eelisteks on kõrge turvalisus, lihtsus ja suur laienduste valik. Miinusteks on suurem hind.

SystemTest OÜ on Siemens toodete esindaja Eestis ning käsitletava objekti puhul Siemensi toodete ja Beckhoffi poolt pakutatavate analoogsete toodete hinna erinevus on minimaalne. Lisaks omab SystemTest OÜ aastate pikkust kogemust SIEMENS-i poolt pakutud S7-1200 põlvkonna kontrollritega, mis sai valitud ka antud töö teostamiseks.

Kuna käsitletav projekt on piisavalt suur, tuleb arvestama PLC mäluga. Samuti tuleb arvestada sellega, et kõik sisendid on DC vooluga. Seadmete käivitamine toimub peamiselt läbi kontaktoreid, sellega saab valida DC väljunditega PLC, mis hinna poolest on odavam, kui relee väljunditega mudel.

Võttes kõik eelnimetatud aspektid, on projekti realiseerimiseks valitud Siemens S7-1214C PLC, mis täidab kõike eelnevalt nimetatud nõudeid, omab võimalust laiendustega töötamist, on piisavalt paindlik projekti koostamiseks ja omab kõike vajalike kaasaegsete omandusi projekti realiseerimiseks. [10]

Relee automaatika, PLC ja Teltonika modemi tööks on vaja 24V DC pinget, sellega on süsteem varustatud AC/DC muunduriga. Hapnikuanduri tööks on vaja 12V DC pinget, sellega on süsteemi lisatud DC/DC muundur, mis muundab 24V DC pealt 9V DC peale. Muundurite tootjaks on MEANWELL. Tootja pakub keskmise kvaliteediga tooteid ja on keskmiselt 10% odavam võrreldes teiste tootjatega. Valitud eelnimetatud tootjalt 12V DC muunduriks on DDR-15G-12 muundur. Valitud eelnimetatud tootjalt 24V DC muunduriks on DRC-100B muundur, mille eeliseks on sisseehitatud suure mahtuvusega patarei. Selline lahendus annab kasutada muunduri UPS seadmena ja pingekatkestuse korral võimaldab jätkata juhtseadmete tööd ja teavitada pingekatkestusest operaatoreid ja dispetšeri.



Joonis 3. Kontrolleri ja lisamoodulite struktuur

PLC täpne mudel ja laienduste valik põhineb seadmete ja andurite sisendite ja väljundite arvul ja tüübil. Antud projekti sisendite ja väljundite loetelu saab näha lisades. (LISA 2)

Vastavalt IO tabelile on väljavalitud sisendite ja väljundite laiendused. (Joonis 3)

1. S7-1214C kontrolleri
2. CP1223 digitaalsisendite ja digitaalväljundite laiendus moodul, mis võimaldab suurendada digitaalsisendite arvu 16xDI ja 16xDQ kohta. [11]
3. CP1221 digitaalsisendite laiendus moodul, mis võimaldab suurendada digitaalsisendite arvu 16xDI kohta. [12]
4. CP1221 digitaalsisendite laiendus moodul, mis võimaldab suurendada digitaalsisendite arvu 8xDI kohta. [13]
5. CP1231 analoogsisendite laiendus moodul, mis võimaldab suurendada analoogsisendite arvu 8xAI kohta. [14]
6. CB1241 MODBUS side laiendus moodul, mis võimaldab tekitada MODBUS sidet. [15]

Objektil protsessi visualiseerimise on valitud Siemens KTP700 BASIC HMI paneel. Selle eelised teiste mudelite poolst on suure diagonaaliga 7 tolline värviline ekraan ja puutetundlikkus. Kogemuse alusel on valitud 7 tolline suurus, kuna ta on kõige optimaalsem sellise funktsionaalsuga objekti visualiseerimiseks. [16]

Valitud seadmed ja nende kogused on väljatoodud tabelis. (Tabel 1)

Tabel 1. PLC ja laiendused

Nimetus	Tootja / mudel	Kogus, tk	Hind, eur
DC-DC muundur 12V	MEANWELL / DDR-15G-12	1	26
UPS seade	MEANWELL / DRC-100B	1	63
PLC 1214C	Siemens / 6ES7214-1AG40-0XB0	1	785
HMI KTP700 BASIC	Siemens / 6AV2123-2GB03-0AX0	1	674
8xDI MOODUL SM 1221	Siemens / 6ES7221-1BF32-0XB0	1	162
16xDI MOODUL SM 1221	Siemens / 6ES7221-1BH32-0XB0	1	172
16xDI/DO MOODUL SM 1223	Siemens / 6ES7223-1BL32-0XB0	1	405
8xAI MOODUL SM 1231	Siemens / 6ES7231-4HF32-0XB0	1	380
MODBUS laiendus, RS485	Siemens / 6ES7241-1CH30-1XB0	1	104

## 2.2 Sideseadmed

Reoveepuhastusjaama ja juhtimiskeskus asuvad erinevates asukohad ja nende vahel on suur kaugus. Selle kauguse tõttu, side tekitamiseks ainsaks objektiivseks viisiks on mobiilne võrk. Siemens S7-1214C ei oma võimalust modemit mobiilse võrguga töötada, sellega PLC on ühendatud modemiga. Modemiks on valitud tootja Teltonika poolt pakutud RUT955 modem. Valik oli teostatud keskmise hinnaklassi modemite hulgast ja valiku teostati lähtudes kvaliteedist, funktsionaalsusest ja hinnast. Võrreldes teiste tootjatega on Teltonika poolt pakutatavate toodete hinnad ligikaudu 15% madalamad. Peamine funktsionaalne nõue oli Ethernet väljundid, VPN tunneli tekitamise võimalus ja mobiilse võrguga töötamine. [17]

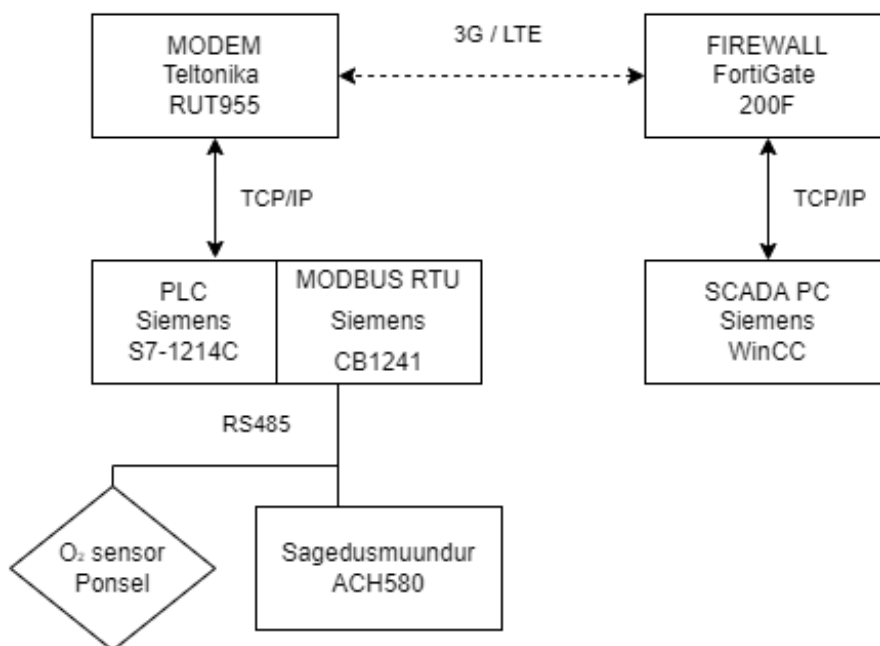
Siemens S7-1214C ja Teltonika vaheline side on tekitatud Ethernet kaabli kaudu, kasutades TCP/IP protokoll. TCP/IP protokoll eeliseks on tema lihtsus ja andmevahetuse kiirus. [18]

Reoveepuhastusjaam on ühendatud juhtimiskeskusega, kuhu on ühendatud ka teisi objekte. Seega peab olema andmeside võrk piisavalt turvaline, et kaitsta pahatahtlike sisse tungimiste eest ja olema võimeline tekitama iga objekti jaoks oma VPN tunneli. Sellise funktsionaalsuse annab pakutud tootja FortiNet poolt pakutud tule müüri sideseade FortiGate 200F. Seade oli valitud kõrgeima kvaliteedi seadmete hulgast ja peamiseks kriteeriumiks oli turvalisus.

Teltonika RUT955 modemi ja FortiGate 200F sideseadme vahel on tekitatud VPN tunnel, mis tekitab turvalisust kanali andmevahetuseks ja võimaldab pääseda Teltonika modemisse väljast poolt ja samal ajal teeb objekti nähtamatuks teistele. [19] [20]

FortiGate 200F ja SCADA arvuti vaheline side on tekitatud Ethernet kaabli kaudu, kasutades TCP/IP protokollid.

Üldist sidevõrku saab näha jooniselt. (Joonis 4)



Joonis 4. PLC ja SCADA vaheline võrk

Objekti hooldatavate operaatorite ja dispetšerite SMS teavitamine toimub läbi mobiilse võrku ja pakutatava mobiilse võrgu operaatori "Email To SMS" lisateenuse.

Sideseadmed ja nende kogused on määratud tabelis. (Tabel 2)

Tabel 2. Sideseadmed

Nimetus	Tootja / mudel	Kogus, tk	Hind, eur
Modem	Teltonika / RUT955	1	229
Võrgu turvasideseade	FortiNet / FortiGate 200F	1	3530

Mõned andurid ja seadmed ei oma võimalust edastada andmeid otse ühendades ja vajavad erilist andmevahetuse viisi. Hapnikuandur vajab andmevahetuseks MODBUS RTU sidet. Sagedusmuundur ACH580 omab vaikimisi MODBUS RTU side kanali ja Ethernet TCP/IP kasutamiseks on vaja paigaldada vastava laienduse [21]. Sellega oli otsustatud lihtsuse ja ökonoomia eesmärgil kasutada MODBUS RTU siled mõlema jaoks. [22]

On olemas mitu erinevat protokolle, kuid oma turvalisuse ja kiiruse poolest on käsitletava projekti jaoks parimaks RS485. Eelmainitud protokoll annab võimalust lihtsal viisil ühendada palju andureid ja seadmeid ilma lisasisendita. RS485 eeliseks on andmepaketti saatmine lihtsal viisil, kus iga seade omab oma unikaalse numbri ja andmepaketti on jagatud osadeks. (Joonis 5)

Siemens S7-1214C PLC vaikimisi ei oma MODBUS RTU väljundit, sellega side tekitamiseks on võetud kasutusele CB1241 MODBUS RTU laiendus moodul. [10] [15]

Modbus RTU Data Type	Common name	Starting address
Modbus Coils	Bits, binary values, flags	00001
Digital Inputs	Binary inputs	10001
Analog Inputs	Binary inputs	30001
Modbus Registers	Analog values, variables	40001

Joonis 5. MODBUS RTU mälu register [23]

Kuna töökindla tööks oleks vaja seadistada kõik seadmed ühe andmevahetuse kiirusele ja seadistustele, siis tuleb lähtuda hapnikuanduri ja sagedusmuunduri parameetritest. Kui sagedusmuunduri andmevahetuse parameetreid saab muuta, siis hapnikuanduris on mõned parameetrid kindlaks määratud, sellega lähtume hapnikuanduri parameetritest. (Tabel 3)

Tabel 3. MODBUS RTU andmevahetuse parameetrid

Parameetri nimetus	Väärtus
Baud rate	9.6 kbps
Parity	No parity
Data bits	8 bit per character
Stop bits	2



## 2.3 Pumpla

Pumpla on varustatud kahe sukelpumbaga. Sukelpumpade valik on teostatud kvaliteedi ja hinna alusel. Valiti Grundfos ja KSB tootja poolt pakutud sukelpumpade vahel. Kuna nende tootjate poolt pakutatavate toodete kvaliteet on ühel tasemel, siis peamiseks kriteeriumiks oli hind. Grundfos ettevõtte poolt pakutatavad tooted on keskmiselt 10% kallimad, kui KSB tooted, sellega valisin KSB tootja poolt pakutatavad 2.6kW KSB NF80 sukelpumbad, mis oma tootlikkuse poolest on piisavalt võimelised prognoositava reoveekoguse edasipumpamiseks.

Pumbad on varustatud sisseehitatud temperatuuri ja niiskuseanduriga, sellega võib teostada nende pumpade rikke kontrolli. [24]

Juhtimiseks on pumplasse paigaldatud kaks ujuki ATMI BIPSTOP ülemise ja alumise tööpiiri määramiseks. Ujukid on valitud tootja ATMI poolt, kuna kogemuse alusel saab öelda, et nendega on kõike vähem probleeme olnud. Teiste tootjate peamiseks probleemiks on ujuki kinni kiilumine torustikku või kinnijäämine mahutis oleva resti taha.

Tööpiiride täpsemaks seadistamiseks ja nivoo taseme jälgimise võimaluseks on pumpla mahutisse paigaldatud nivoo andur. Nivoo andur on NIVELCO tootja poolt pakutatav NPK-431-0, mis on võimeline mõõta kuni 5 meetrini. NIVELCO tooted on hea kvaliteediga ja võrreldes teiste tootjatega on kuni 20% odavamad.

Kuna pumpla ja selle juhtimiskilp asuvad peahoonest eemal, turvalisuse eesmärgil on pumpla luugile ja kilbile paigaldatud ukse herkonandurid, mille eesmärgiks on rakendumise korral teavitada ebasoovituslikku sissetungist. Herkonandurid on valitud MAXHUNT tootja poolt, sest need on kõige odavamad keskmise kvaliteedi ukse herkonandurite hulgast. Valik on teostatud hinna alusel, kuna need ukse herkonanduritest ei sõltu puhastusprotsess.

Kõik pumplas kasutatavad seadmed ja andurid on määratud tabelis. (Tabel 4)

Tabel 4. Pumpla andurid ja seadmed

Nimetus	Tootja	Kogus, tk	Hind, eur
Ujuk	ATMI / BIPSTOP	2	16
Nivoo andur	NIVELCO / NPK-431-0	1	256
Ukse herkonandur	MAXHUNT / MK2	2	8
Sukelpump, 2.6 kW	KSB / Amarex NF 80	2	2175

## 2.4 Võre

Mehhaanilistest osakestest eraldamiseks on kruvivõre tüüpi võret, mis põhineb Archimedese kruvi pumba põhimõttel. [25] Kruvivõre on valitud tootja SEFT poolt eritellimusena valmistatud FCPC 20 kruvivõre. Kruvivõre valik oli teostatud hinna ja garantii perioodi alusel. Kruvivõre on varustatud 0.75 kW ajamiga. Turvalisuse eesmärgil on võre varustatud kahe nivoo elektroodiga, millest üks on käivitamiseks ja teine on avarieelektrood.

Veehulga jälgimiseks on kruvivõre sisendtorule paigaldatud vooluhulga arvesti. Kuna vooluhulgaarvesi näidu alusel tellija hakkab edasi müüma oma teenuseid, peab vooluhulga mõõtja olema maksimaalselt täpne ja vastupidav. Sellega valik jääb Siemensi poolt pakutatava vooluhulgamõõtjale MAG 5100 peale, mis on oma kvaliteedi poolest tipp tasemel, omab kõrget täpsust ja on võimeline edastada kui 4-20mA väärtusega signaali, et jälgida hetk kulu, nii ka impulss signaale, millega saab statistikat koguda. [26]

Kõik võres kasutatavad seadmed ja andurid on määratud tabelis. (Tabel 5)

Tabel 5. Võre andurid ja seadmed

Nimetus	Tootja	Kogus , tk	Hind, eur
Võre 0,75 kW	SEFT / FCPC 20	1	-
Nivoo elektrood	Tarnitav võrega	2	-
Vooluhulgamõõtja MAG 5100	Siemens / 7ME6910-1AA10-1AA0	1	925

## 2.5 Ühtlustusmahuti

Ühtlustusmahuti on varustatud kahe sukelpumbaga. Sukelpumpade valik on teostatud kvaliteedi ja hinna alusel. Valiti Grundfos ja KSB tootja poolt pakutud sukelpumpade vahel. Kuna nende tootjate poolt pakutatavate toodete kvaliteet on ühel tasemel, siis peamiseks kriteeriumiks oli hind. Grundfos ettevõtte poolt pakutatavad tooted on keskmiselt 10% kallimad, kui KSB tooted, sellega valisin KSB tootja poolt pakutatavad 1.3kW KSB NF 65-220/014 ULG-155 sukelpumbad, mis oma tootlikkuse poolest on piisavalt võimelised prognoositava reoveekoguse edasipumpamiseks.

Pumbad on varustatud sisseehitatud temperatuuri ja niiskuseanduriga, sellega võib teostada nende pumpade rikke kontrolli. [24]

Juhtimiseks on ühtlustusmahutisse paigaldatud kaks ujuki ATMI BIPSTOP ülemise ja alumise tööpiiri määramiseks. Ujukid on valitud tootja ATMI poolt, kuna kogemuse alusel saab öelda, et nendega on kõike vähem probleeme olnud. Teiste tootjate peamiseks probleemiks on ujuki kinni kiilumine torustikku või kinnijäämine mahutis oleva resti taha.

Tööpiiride täpsemaks seadistamiseks ja nivoo taseme jälgimise võimaluseks on pumpla mahutisse paigaldatud nivoo andur. Nivoo andur on NIVELCO tootja poolt pakutatav NPK-431-0, mis on võimeline mõõta kuni 5 meetrini. NIVELCO tooted on hea kvaliteediga ja võrreldes teiste tootjatega on kuni 20% odavamad.

Kõik ühtlustusmahutis kasutatavad seadmed ja andurid on määratud tabelis. (Tabel 6)

Tabel 6. Ühtlustusmahuti andurid ja seadmed

Nimetus	Tootja	Kogus, tk	Hind, eur
Ujuk	ATMI / BIPSTOP	2	16
Nivoo andur	NIVELCO / NPK-431-0	1	256
Sukelpump, 1.3 kW	KSB / Amarex NF 65-220/014 ULG-155	2	1602

## 2.6 Protsessimahuti

Töödeldud vesi väljapumpamiseks on protsessimahuti varustatud tühjenduspumbaga. Oli valitud KSB tootja poolt pakutatava 0.8 kW 65-220/004ULG-125 ujuva veepõhjal dekanterpumba, mis oma tootlikkuse poolest on piisavalt võimeline prognoositava töödeldud veekoguse väljapumpamiseks.

Settitud muda väljapumpamiseks on protsessimahutisse paigaldatud liigmuda eemalduspump. Oli valitud KSB tootja poolt pakutatava 0.8 kW KSB 65-220/004ULG-145 sukelpumba, mis oma tootlikkuse poolest on piisavalt võimeline prognoositava liigmuda koguse väljapumpamiseks.

Mõlemad pumbad on varustatud sisseehitatud temperatuuri ja niiskuseanduriga, sellega võib teostada nende pumpade rikke kontrolli. [24]

Reovee ühtlustamiseks on ühtlustusmahutisse paigaldatud segisti. Segistit valiti kvaliteedi ja hinna suhe alusel. Valik jäi tootja KSB poolt pakutatava C 2925/06 UDG segisti peale. Valitud segisti on võimeline töötada kuni 3 meetrilisel sügavusel ja segada kuni 24 m<sup>3</sup> reovett, mis on piisavalt võimeline antud mahuti jaoks.

Tühjenduspumba, liigmuda eemalduspumba ja segisti valik on teostatud kvaliteedi ja hinna alusel. Valiti Grundfos ja KSB tootja poolt pakutud toodete vahel. Kuna nende tootjate poolt pakutatavate toodete kvaliteet on ühel tasemel, siis peamiseks kriteeriumiks oli hind. Grundfos ettevõtte poolt pakutatavad tooted on keskmiselt 10% kallimad, kui KSB tooted, sellega jäi valik KSB tootja poolt pakutatava toodetele.

Turvalisuse eesmärgil on ühtlustusmahutisse paigaldatud kolm ATMI BIPSTOP ujuki. Ujukite peamiseks eesmärgiks protsessimahutis on määrata maksimaalse ja minimaalse tööpiiri ja kaitsta seadmeid. Ujukid on valitud tootja ATMI poolt, kuna kogemuse alusel saab öelda, et nendega on kõike vähem probleeme olnud. Teiste tootjate peamiseks probleemiks on ujuki kinni kiilumine torustikku või kinnijäämine mahutis oleva resti taha.

Puhastusprotsessi juhtimiseks ja nivoo taseme jälgimise võimaluseks on protsessimahutisse paigaldatud nivoo andur. Nivoo andur on NIVELCO tootja poolt pakutatav NPK-431-0, mis on võimeline mõõta kuni 5 meetrini. NIVELCO tooted on hea kvaliteediga ja võrreldes teiste tootjatega on kuni 20% odavamad.

Aktiivmuda aktiivsuse jälgimiseks on protsessimahutisse paigaldatud hapnikuandur. Hapnikuandur on üks kriitilisematest seadmetest, sellega on valik teostatud kvaliteedi, mõõtmistäpsuse ja garantii pikkuse järgi. Valik jäi tootja PONSEL poolt pakutava OPTOT hapnikuanduri peale, sest ta on kõrge täpsusega, kõrge kvaliteediga, vastupidav reovee keskkonnale ja tootja pakub pikka garantii.

Kõik protsessimahutis kasutatavad seadmed ja andurid on määratud tabelis. (Tabel 7).

Tabel 7. Protsessimahuti andurid ja seadmed

Nimetus	Tootja	Kogus, tk	Hind, eur
Ujuk	ATMI / BIPSTOP	3	16
Nivoo andur	NIVELCO / NPK-431-0	1	256
Segisti, 1.8 kW	KSB / Amamix C 2925/06 UDG	1	1780
Liigmudaeemalduspump, 0.8 kW	KSB / Amarex NF 65-220/004 ULG-145	2	1565
Tühjenduspump, 0.8 kW	KSB / Amarex NF 65-220/004 ULG-125	2	1501
Hapnikuandur	Ponsel / OPTOD	1	947
Dosaatorpump	Jesco / Magdos LB-6	1	553

Kemikaali doseerimiseks on protsessimahutisse paigaldatud kemikaalipump. Kemikaalipumba valik oli teostatud doseerimise täpsuse ja kvaliteedi alusel. Valik jäi tootja Jesco poolt pakutava Magdos LB-6 dosaatorpumba peale, mille doseerimist saab reguleerida ajaliselt ja oleks võimalik saada dosaatorpumbalt tagasisidet. Ajaliselt doseerimine annab võimalust piisavalt täpselt doseerida puhastusprotsessi jaoks vajaliku kemikaali. [27]

## 2.7 Puhur

Mahutite aereerimiseks on objekti paigaldatud puhur. Puhuri valik oli teostatud tootlikkuse, kvaliteedi ja hinna alusel. Valik jäi tootja APPL poolt pakutava 3 kW Greatech G50 dual deck puhuri peale, millel on piisav tootlikkus kõikide mahutite aereerimiseks, keskmine kvaliteet ja suhteliselt madal hind. Võrreldes konkurentidega on selle APPL poolt pakutava puhuri hind umbes 40% madalam. [28]

Puhuri eluiga tõstmiseks, hapniku koguse reguleerimiseks ja mugavamaks juhtimiseks on puhur ühendatud läbi sagedusmuunduri. Kuna hapniku reguleerimine on kriitiline punkt puhastusprotsessis on peab sagedusmuundur olema piisavalt kvaliteetne, et olla võimeline seda reguleerimist teostada. Sagedusmuunduri valik oli teostatud tipp tootjate ABB ja Schneider Electric vahel. Mõlema tootja kvaliteet on kõrge, kuid hinnatase erineb keskmiselt 15% võrre. Võttes arvesse seda, et ABB sagedusmuunduri on lihtsam seadistada ja siduda Siemens S7-1214C kontrolleriiga, siis jääb valik ABB poolt pakutava ACH580 sagedusmuunduri peale.

Õhuvoolu vajalikku mahutisse suunamiseks on paigaldatud kolm elektromagnetventiili. Elektromagnetventiilide valik oli teostatud ventiili tüübi ja hinna järgi. Peamiseks kriteeriumiseks on ventiili toide kadumisel tagastamine alpositsiooni.

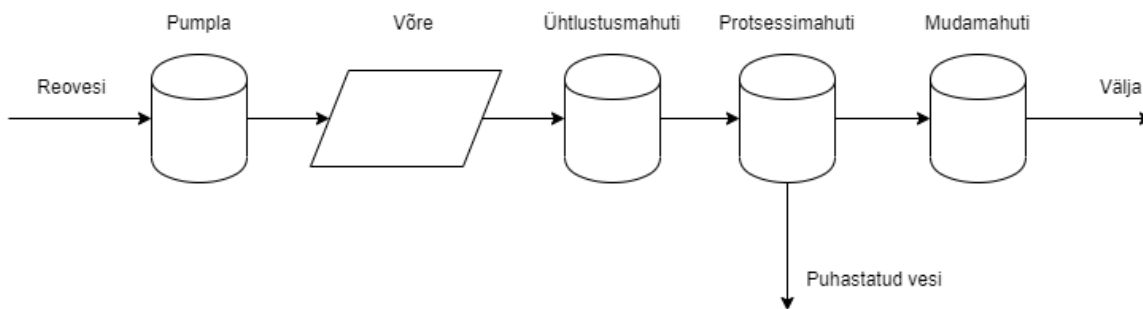
Kõik puhuriga seotud seadmed on määratud tabelis. (*Tabel 8*)

*Tabel 8. Puhuri seadmed*

Nimetus	Tootja / Mudel	Kogus, tk	Hind, eur
Puhur, 3kW	APPL / Greatech G50 dual deck	1	-
Sagedusmuundur, 3kW	ABB / ACH580-01-07A2-4+B056	1	739
Elektromagnetventiil, 24V 1.3W	-	3	-

### 3. TÖÖTLEMISPROTSESSI PÕHIETAPID JA SEADMETE LIIDESTAMINE

Reoveepuhastusprotsess on jagatud osadeks, sellega vaatleme ka tehnoloogilist protsessi lähimalt osadena (Joonis 6).



Joonis 6. SBR reoveepuhastusjaama lühendatud tehnoloogilise protsessi skeem

Asulatest tulev reovesi jõuab pumplasse, kus nõutud nivoo saamisel pumbatakse reovett edasi võresse. Võres reovesi puhastatakse mehaaniliselt suurematest osaketest ja suunatakse edasi ühtlustusmahutisse. Ühtlustusmahutis reovesi kogutakse ja ühtlustatakse. Selleks, et reovesi ühtlustaks efektiivsemalt ja muda ei settiks põhja, aereeritakse reovett ühtlustusmahutis perioodiliselt jämemull taldrikutega. Saavutades nõutud protsessi algamiseks reovee koguse, pumbatakse reovett edasi protsessimahutisse, kus reovett puhastatakse aktiivmuda kasutamisega. Setitud peale puhastusprotsessi muda pumbatakse mudamahutisse, kust seda viiakse teiste töötlemiskohtadesse. Puhastatud vesi pumbatakse tiiki.

## 3.1 Pumpla

Inimeste elutegevuse käigus tekivad bioloogilised jäätmed, mida tuleb töödelda. Reovee transportimiseks asulatest puhastiteni rajatakse trassipumplaid, mis on omavahel ühendatud torustikuga. Pumplate tootlikkus ja torude suurused sõltuvad asula elanike arvust. Mida rohkem inimesi elab asulas, seda suuremat pumplade tootlikust ja torude läbilaskevõimet vajatakse. Trassipumplate töö käigus juhitakse reovett reoveepuhastusjaama lähemale ning pumpade töötamisel jahvatatakse labadega suured osakesed.

Tavaliselt pumpla kujuneb ennast väikest mahutit, kuhu on uputatud sõltuvalt vajadusele üks või kaks pumba. Kaht pumba paigaldatakse peamiselt turvalisuse tõstmiseks ja hoolduse mugavamaks teostamiseks. Ühe pumba rike korral lülitatakse teine pump sisse ehk pumpla jätkab oma tööd. Trassipumplate puhul on võimalik suure reovee koguse kiiremaks edasipumpamiseks lülitada mõlemad pumpab korraga tööle. Käsitletava objekti raames mõlema pumba korraga käivitamine pole vajalik, sest rajatud reoveepuhasti on projekteeritud suure varuga ja reovett nii palju ei prognoosita.

### **Pumplale esitatavad nõuded**

- Töökindlus
- Hoolduse mugavus
- Võimalus töötada ilma PLC juhtimist (riike korral)
- Võimalus seadistada tööpiire

Töökindluse saavutamiseks on käsitletavasse pumplasse lisatud kaks pumba, mis annavad võimalust jätkata tööd juhul, kui üks nendest rikub. Samal ajal kahe pumbaga variant annab võimalust suure vee voolu korral lülitada teise pumba tööle, et välja pumbata üleliigset reovett, millega ei suuda üks pump hakkama saama.

Hoolduse mugavuse saavutamiseks on kahe pumba kasutamine ka suureks plussiks. Ühe pumba hoolduse käigus, teine jääb tööle.

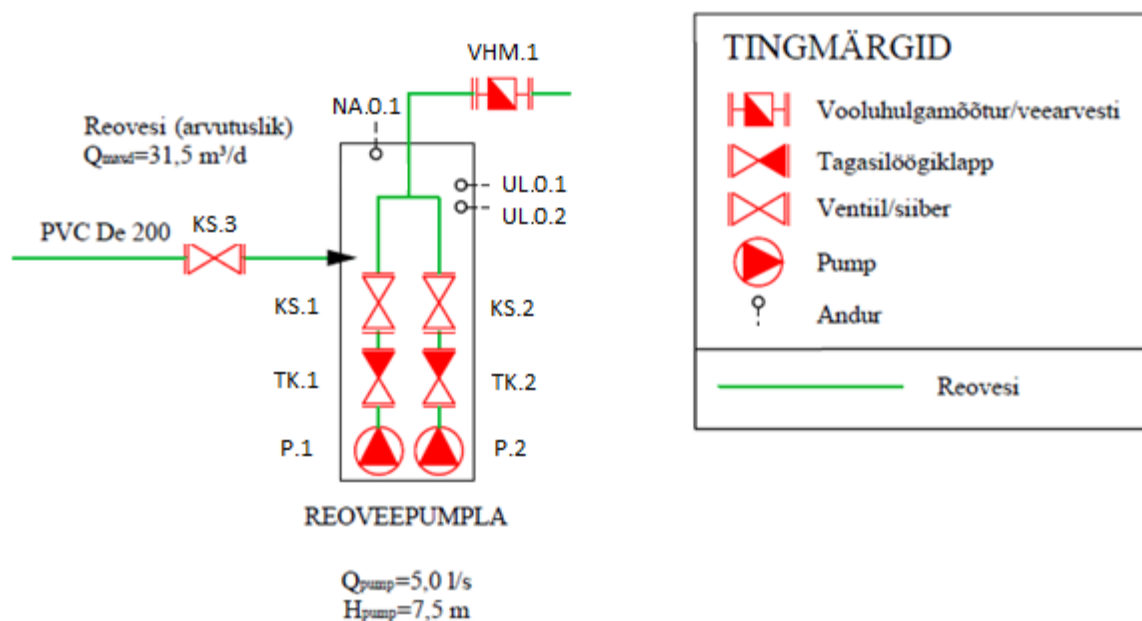
Selleks et pumpla saaks töötada ilma PLC, on lisaks integreeritud relee juhtimine, mis annab võimalust juhtida pumpade tööd sõltumatu PLC seisukorrale. Relee juhtimise realiseerimiseks on kasutusele võetud kaht ujukit, mis määravad pumpla tööpiire. Pumpla uppumisest kaitsmiseks on kasutusele võetud aegrelee, mis paneb tööle teise pumba juhul, kui esimesel ei õnnestu välja pumbata reovett määratud aja jooksul.

Selleks, et pumpla tööpiire saaks seadistada on paigaldatud nivoo andur. Tänu sellele on võimalik juhtimiseks tekitada programmi digitaalsed ujukid, mille järgi PLC saab pumplat edasi juhtida.

Valmis ehitatud pumplal tuleb meeles pidada, et füüsilised ujukid määravad maksimaalseid tööpiire, juhul, kui seadistada digitaalsed tööpiire, mis on üle ülemise ujuki või alla alumise ujuki, hakkab PLC neid ignoreerima, sest füüsilised ujukid rakenduvad varem, kui digitaalsed.

PLC juhtimisel saab ujukeid kasutada „Uppumise“ ja „Kuivamise“ indikatsiooniks ja rakendumise korral teavitada sellest operaatori või dispetšeri.

Pumplade suuremaks probleemiks on pumpade õhutamine, millest on raske lahti saada. Juhul, kui üks pumpadest õhutab ennast, ei pruugi ta reovett pumplast väljapumbata. Üheks lahenduseks on mõlema pumba korraga käivitamine. Mõlema pumba käivitamisel korrasolev pump tekitab veetõmme, mis selle tõmbega tõstab õhutatud pumbaga veetorus vett ja annab õhutatud pumba labadele puudutada vett ja lükata õhu välja.



Joonis 7. Pumpla tehnoloogiline skeem

Käsitletava objekti kuuluva pumplasse sisse volav reovesi tuleb läbi 200mm PVC toru, ehk jõuab pumpla mahutisse. Hoolduse eesmärgil on sisselasketoru ja mahuti vahele pandud käsisiiber KS.3, mille abil saab hoolduse eesmärgil või rike korral peatuda sisse pumpamist pumplasse. Mahuti on varustatud kahe pumbaga P.1 ja P.2. Mõlemad pumba torustikud on 80mm diameetriga ehk turvalisuse eesmärgil on varustatud tagasilöögiklappidega TK.1, TK.2. pumpade hoolduse eesmärgil on paigaldatud käsisiibritega KS.1 ja KS.2. Korraliku voolamise saavutamiseks mõlema pumba töötamise ajal on paigaldatud väljalasketoru suurusega 100mm. Läbitava reovee koguse jälgimiseks on väljalasketorule on paigaldatud vooluhulgamõõtja VHM.1. Pumpla relee automaatika juhtimiseks on paigaldatud ülemine ujuk UL.0.1 ja alumine



ujuk UL.0.2. PLC automaatika juhtimiseks on mahutisse paigaldatud nivoo andur NA.0.1. Väljapumpamiseks on paigaldatud pumbad P.1 ja P.2. (Joonis 7)

Pumpla tootlikus on määratud kliendi tehnoloogi poolt lähteandmetes, kus pumpla keskmine tootlikus peaks olema 5 liitri sekundis.

## 3.2 Võre

Võre peamiseks eesmärgiks on reovee eraldamine suurematest osakesest. Eraldamine toimub tänu võre konstruktsioonile, milles filtreeritav kruvi element on tehtud perforeeritud roostevaba terasest. Perforatsioon on piisavalt väike, et hoida suuremaid osakesi ja piisavalt suur, et lasta reovett läbi.

### Võrele esitatavad nõuded

- Töökindlus
- Hoolduse mugavus
- Võimalus töötada ilma PLC juhtimist (riike korral)
- Võimalus seadistada võre töötamise aega

Töökindluse saavutamiseks on võre varustatud pesuklappidega, millega iga määratud intervalli jooksul pestakse kruvi elementi. Selline lahendus annab võimalus kindlustada võre tööd soovitamata ummistumisest. Lisaks on võresse paigaldatud kaks nivoo elektroodi. Alumise nivoo elektroodi rakendumisel käivitatakse võret. Ülemise nivoo elektroodi rakendumisel teavitatakse dispetšeri ja operaatoreid. Turvalisuse eesmärgil, kui keegi ei reageeri teavitusele, võre on varustatud ülevoolu toruga, mis kaitseb „uppumise“ eest ja suunab reovett ühtlustusmahutisse.

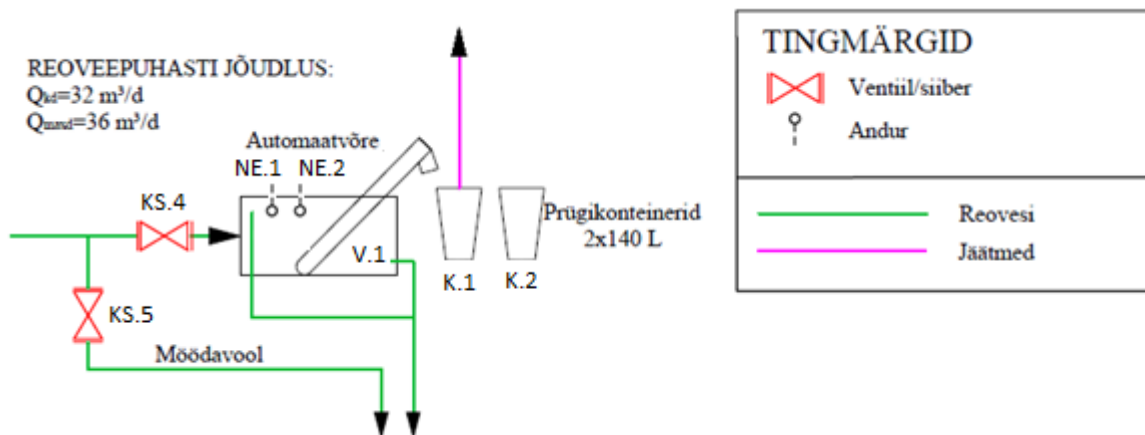
Hoolduse mugavuse saavutamiseks on võre varustatud kahe mahutiga ja käsiventilidega. Esimene mahuti ehk kruvimahuti on varustatud kruvi elemendiga, mis eraldab osakesi reoveest ja on ühendatud ülevoolu toruga teise mahutiga. Teine mahuti ehk hooldusmahuti on varustatud restiga, mis takistab suuremate osakeste läbimist ühtlustusmahutisse. Teist mahutit kasutatakse siis, kui esimene mahuti vajab hooldust. Käsiventilidega saab käsitsi suunata reovett kruvimahutisse või hooldusmahutisse. Mõlemad mahutid on ühendatud torustikuga, mis viib reovett ühtlustusmahutisse.

Selleks et pumpla saaks töötada ilma PLC, omab võre kui hooldusmahutit, kuhu saab reovett ümber suunata nii käsitsi, kui ka ülevoolu toru kaudu, mis on ettenähtud „uppumise“ eest kaitsmiseks. Kruvimahuti ummistumise korral üleliigne reovesi voolab üle hooldusmahutisse.

Selleks, et võre töötamise aega saaks seadistada on programmi tekitatud sellised parameetrid nagu töötamise ja seiskamise intervallid, millega saab seadistada võre töötamise ja seiskamise aega.

Kruvivõre käivitamine toimub nii alumise nivoo elektroodi rakendumise korral, nii ka ülemise nivoo elektroodi rakendumise korral. Selline lahendus tõstab töökindlust ja võimaldab jätkata kruvivõre tööd alumise elektroodi rikkumise korral.

Kruvivõre „kuivamist“ vältimiseks on realiseeritud perioodiline käivitamine, millega kruvivõre käivitatakse määratud perioodiga. Selline lahendus ei anna ummistumisel ära kuivada ja kinni kiiluda.



Joonis 8. Võre tehnoloogiline skeem

Kruvivõre sissevoolu torustik on hoolduse eesmärgil jagatud kaheks suunaks. Esimene on varustatud käsisiibriga KS.4 ja on suunatud kruvivõresse. Teine on varustatud käsisiibriga KS.5 ja on suunatud otse ühtlustusmahutisse. Kruvivõre juhtimine toimub nivooelektroodide NE.1 ja NE.2 abil. Alumise nivoo elektroodi NE.1 rakendumisel käivitatakse kruvivõret. Ülemise nivoo elektroodi NE.2 käivitamisel saadakse teade „Uppumisest“ operaatoritele ja dispetšerile. Kruvivõre V.1 töötamisel tõstetakse reoveest üleliigsed osakesi välja prügikonteinerisse K.1 või K.2. Suurematest osadest filtreeritud reovesi voolab edasi ühtlustusmahutisse (Joonis 8).

### 3.3 Ühtlustusmahuti

Ühtlustusmahuti peamiseks eesmärgiks on koguda reovett puhastusprotsessi alustamiseks ja ühtlustada reovett.

#### Ühtlustusmahutile esitatavad nõuded

- Töökindlus
- Hoolduse mugavus
- Võimalus kaitsta objekti uppumisest

Töökindluse saavutamiseks on ühtlustusmahutisse lisatud kaks sukelpumpa. Kahe sukelpumba kasutamine võimaldab jätkata tööd juhul, kui üks nendest rikub. Korraga mõlema pumba käivitamine ühtlustusmahutis pole nõutud, kuna protsessimahuti täitmine toimub kuni mahuti ei saavuta nõutud käivitamiseks nivoo. Pumpade kaitsmiseks ülekuumenemise eest on mahuti varustatud alumise ujukiga, mis rakendumise korral blokeerib pumpade tööd.

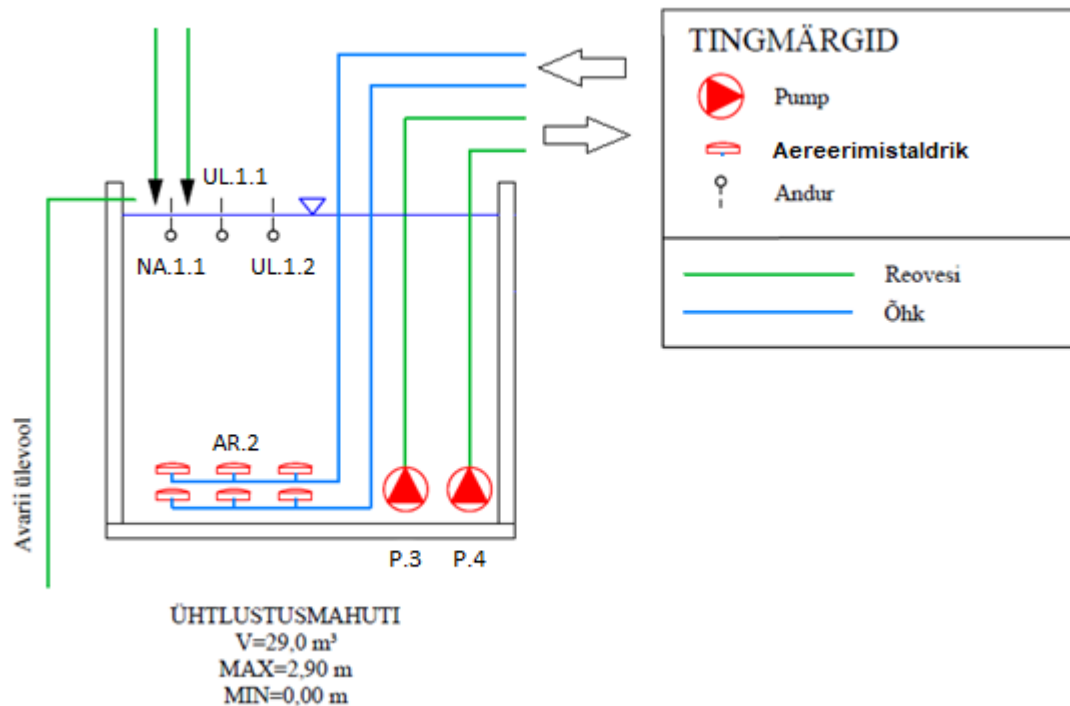
Ühtlustusmahuti on varustatud kui ujukitega, nii ka nivoo anduriga. Selline lahendus annab võimalus seadistada tööpiire, et täita protsessimahutit väiksemate portsjonitega ja tagada turvalisust nivoo anduri rikkumise korral.

Hoolduse mugavuse saavutamiseks on kahe pumba kasutamine ka suureks plussiks kuna juhul, kui üks pumpadest rikub või läheb hooldusele, saab ühtlustusmahuti jätkata oma tööd teise pumbaga.

Objekti „uppumisest“ kaitsmiseks on ühtlustusmahuti varustatud ülevoolu toruga, mis ülevoolu korral suunab vett otse tiiki. Selline lahendus ei ole kõige parem keskkonna säästlikusse poolest, kuid on turvaline tehnilisest poolest. Selleks, et vältida antud olukorda, on paigaldatud ülemine ujuk, mis rakendumise korral teavitab „Uppumisest“ dispetšeri ja operaatoreid.

Ühtlustusmahutis kasutatakse ujukeid peamiselt seadmete kaitsmiseks ja rakendumise korral teavitatakse „uppumisest“ või „kuivamisest“ operaatoreid ja dispetšeri.

Võrreldes pumplaga, õhutamise probleem on ühtlustusmahutis üsna haruldane, sest ühtlustusmahuti on palju suurem kui pumpla ja tööpiire annab seadistada nii, et nivoo kunagi ei lange sukelpumpadest alla.



Joonis 9. Ühtlustusmahuti tehnoloogiline skeem

Võrest või möödavoolu torustikust saanud reovesi jõuab 29 kuupmeetrilisse ühtlustusmahutisse, mis on varustatud turvalisuse eesmärgil ülevoolutoruga. Ühtlustusmahutisse on paigaldatud kaks sukelpumpa P.3 ja P.4 mis pumpavad vedeliku edasi protsessimahutisse. Enne väljapumpamist vedeliku segamiseks on paigaldatud jämemull aeraatorid AR.2, mis on ühendatud puhuriga. PLC juhtimise jaoks on mahutisse paigaldatud nivooandur NA.1.1, alumine ujuk UL.1.1 ja ülemine ujuk UL.1.2. (Joonis 9)

### 3.4 Protsessimahuti

Protsessimahuti on kõige varustatuim mahuti reoveepuhastusjaamas, sest siin toimub reovee puhastus protsess.

## **Protsessimahutile esitatavad nõuded**

- Töökindlus
- Hoolduse mugavus
- Võimalus kiiremini puhastada reovett eriolukorras
- Võimalus kasutada mahutit maksimaalselt
- Peenseadistamise võimalus
- Võimalus hoida elus aktiivmuda, juhul kui reovett ei ole piisavalt protsessi alustamiseks

Töökindluse saavutamiseks on protsessimahuti varustatud kui nivoo anduriga, nii ka ujukitega. Selline lahendus annab võimalus seadistada tööpiire ja tagada turvalisust nivoo anduri rike korral. Ülemise ujuki rakendumise korral teavitatakse dispetšeri ja operaatoreid ülevoolust. Keskmise ujuki rakendumise korral blokeeritakse dekanterpumba, et kaitsta seda ülekuumenemise eest. Alumise ujuki rakendumise korral blokeeritakse mudapump ja segisti, et kaitsta mudapumba õhutamise eest ja segistit ülekuumenemise eest.

Hoolduse mugavuse saavutamiseks on võimalik blokeerida iga seadme käivitamist digitaalselt või välja lülitades selle kaitseülitiga. Lisaks on puhastusprotsess jagatud sammudeks ehk ükski seade ei käivitu ennast enne oma sammu.

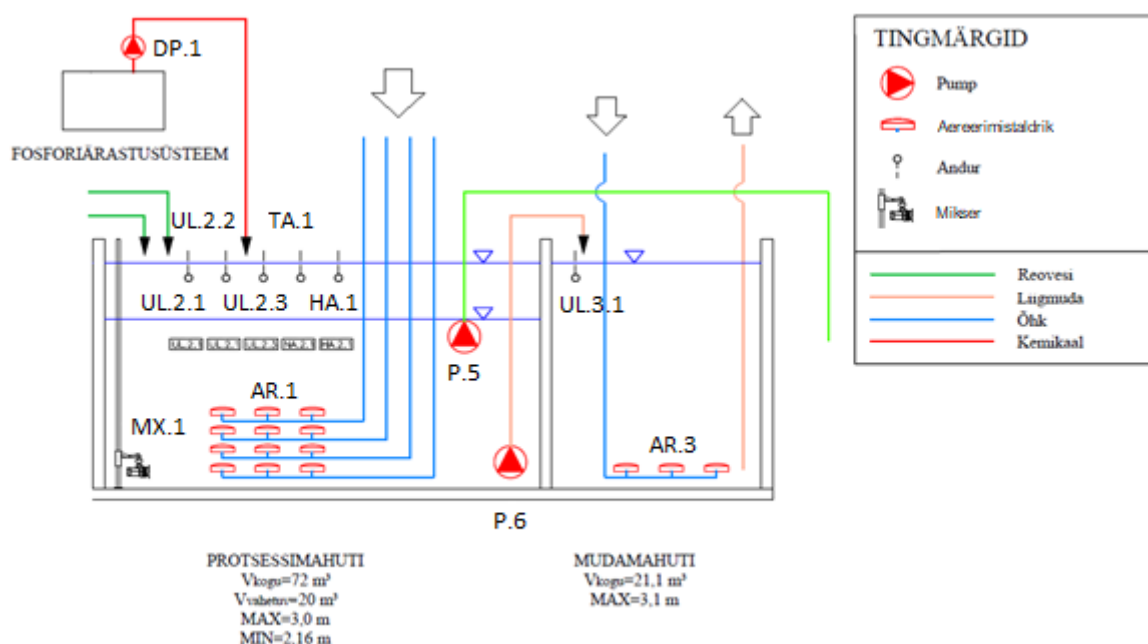
Objekti „uppumisest“ kaitsmiseks on protsessimahuti varustatud ülevoolu toruga, mis ülevoolu korral suunab vett tagasi ühtlustusmahutisse. Selleks, et vältida antud olukorda, on paigaldatud ülemine nivoo ujuk, mis rakendumise korral teavitab „uppumisest“ operaatoreid ja dispetšeri.

Kiiremat puhastamist eriolukorras on vaja selleks, et vältida ühtlustusmahuti „uppumist“ ja reovee otse tiiki üle suunamist. Teiste sõnadega, et mitte reostada ümbritseva keskkonna, on süsteem seadistatud nii, et eriolukorras muudakse puhastusprotsessi lühemaks. Selleks on realiseeritud funktsioon, mis aeg ajalt kontrollib ühtlustusmahuti nivoo ja juhul, kui ühtlustusmahuti nivoo ületab määratud väärtuse muudab puhastusprotsessi sammuid lühemateks intervallideks.

Mahuti maksimaalse kasutamise eesmärk on salvestada aega. Kuna võib tekkida olukord, kus esimest korda käivitatakse mahuti minimaalse käivitamiseks lubatud nivoo, ja selle käigus jõuab ühtlustusmahutisse juurde liiga palju reovett, võib tekkida olukord, kus ühtlustusmahuti hakkab „uppuma“ ja selle „uppumise“ käigus suunatakse üleliigse reovett otse tiiki. Sellise olukorda vältimiseks on realiseeritud funktsioon, mis aeg ajalt pumpab reovett protsessimahutisse juurde. Nii vähendatakse ühtlustusmahuti nivoo ja kasutatakse protsessimahutit maksimaalselt. Teiseks lahenduseks on võimalik üle viia kogu puhastusprotsessi kiirendatud režiimile.

Puhastusprotsessi peenseadistamise võimalus on kriitiline punkt süsteemis, sest selleks, et aktiivmuda oleks kõige efektiivsem, on vaja seadistada iga sammu. Aktiivmuda eluks vajalikud reovesi ja kemikaalid peavad olema bilansis, et puhastatud vee kvaliteet vastaks nõuetele. Kuna seadmed on konstantse tootlikkusega, siis nende reguleerimine on teostatud ajaliselt ehk neid käivitatakse määratud aja pikkusega. Selleks on puhastusprotsess lahti löödud sammudeks ja lisaks iga lisaseadmele antud eraldi töötamise viide. Selline lahendus annab reguleerida puhastusprotsessi iga sammu kestvuse ja iga seadme tööaega eraldi.

Aktiivmuda elushoidmiseks on realiseeritud funktsioon, mis kontrollib protsessimahuti täitmise kestvust ja juhul, kui määratud aja kõõksul protsessimahuti ei saavuta minimaalse puhastusprotsessi alustamiseks nivoo, aktiveeritakse nn ooteolekut, kus vahetuses käivitatakse nitrifikatsiooni ja denitrifikatsiooni faasid.



Joonis 10. Protsessimahuti ja mudamahuti tehnoloogiline skeem

Ühtlustusmahutist saabuv reovesi jõuab 72 kuupmeetrilise protsessimahutisse, kus toimib põhine reoveepuhastusprotsess. Protsessimahuti vedeliku segamiseks on mahutisse paigaldatud segisti MX.1. Puhastusprotsessi teostamiseks on protsessimahuti varustatud peenmull aeraatoriga AR.1, mille käivitamisel tõustakse hapniku kontsentratsiooni reovees. Kemikaali lisamiseks on protsessimahutisse ühendatud väljapool seisev kemikaalimahuti, kuhu on paigaldatud dosaatorpump DP.1, mille abil lisatakse kemikaali doseeritud koguses protsessimahutisse. Puhastatud vee väljapumpamiseks on protsessimahutisse paigaldatud dekanterpump P.5. Muda

eraldamiseks on paigaldatud liigmuda eralduspump P.6. PLC juhtimise jaoks on mahutisse paigaldatud nivooandur NA.2.1, mille alusel toimub täitmise ja tühjendamise kontroll. Aktiivmuda aktiivsuse jälgimiseks on protsessimahutisse paigaldatud hapnikuandur HA.2.1. „Uppumisest“ teavitamiseks on paigaldatud ülemine ujuk UL.2.3. Dekanterpumba kaitsmiseks on paigaldatud keskmine ujuk UL.2.2. Segisti ja liigmuda eralduspumba kaitsmiseks on paigaldatud alumine ujuk UL.2.1. Eraldatud protsessimahutis muda jõuab 21,1 kuupmeetrisse mudamahutisse. Muda ühtluseks segamiseks on mudamahuti varustatud jämemull aeraatoriga AR.3. Mudamahuti täis saamisest teavitamiseks on paigaldatud ülemine ujuk UL.3.1. (Joonis 10)

### 3.5 Puhur

Puhur on kriitiline osa puhastusprotsessi osas, sest aktiivmuda eluks on vaja reovee hapnikuga varustamist, mida võimalik teha reovee õhutamisega.

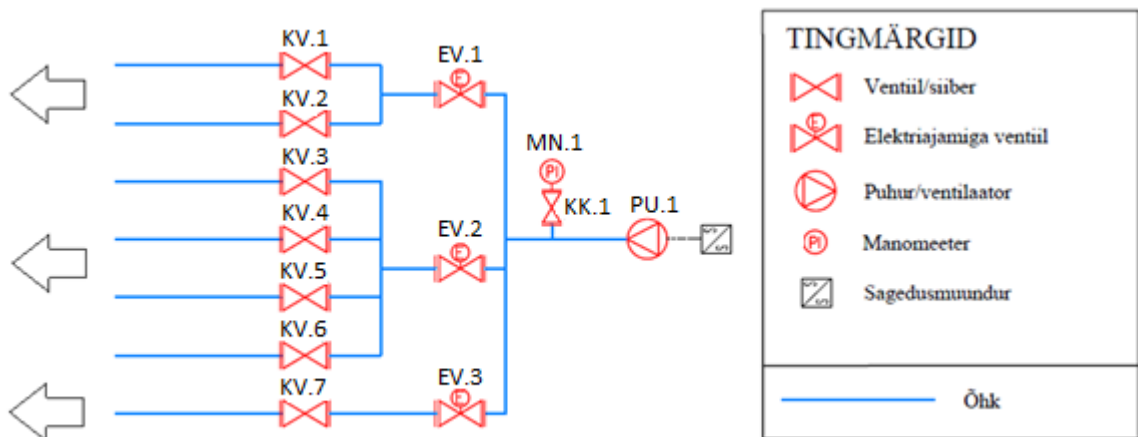
#### Ühtlustusmahutile esitatavad nõuded

- Töökindlus
- Hoolduse mugavus

Töökindluse saavutamiseks on puhur ühendatud läbi sagedusmuunduri, mis võimaldab seadistada puhuri kiirust, käivitada puhuri sujuvalt ja kaitsta seda ebasoovituslikest häiringutest. Lisaks, sagedusmuundur annab reguleerida puhuri tööd dünaamiliselt sõltuvalt hapnikuanduri näidu järgi.

Hoolduse mugavuse saavutamiseks on torustik jagatud sektoriteks, mis suunavad õhku erinevatesse mahutitesse ja iga sektor on varustatud käsiventilidega.

Ideaalseks lahenduseks oleks kahe puhuri kasutamine, sest nii saab ühe puhuri rikkumise korral jätkata tööd teise puhuriga, kuid kõrge hinna tõttu on see käsitletavas projektis väljastatud. Samuti kahe puhuri kasutamine eeldab ka kahe sagedusmuunduri kasutamist, mis tõstab hinda veelgi rohkem.



Joonis 11. Puhurite tehnoloogiline skeem

Mahutite aereerimiseks on loodud aereerimise süsteem, mis koosneb ühest puhurist PU.1, mis on ühendatud läbi sagedusmuunduri. Selline lahendus annab reguleerita puhuri sagedust ja vajadusel peatuda selle tööd. Kuna puhuri maksimaalne tootlikkus on piiratud, siis jagati õhutorustiku kolmeks sektoriks. Iga sektori torule on paigaldatud elektromagnetventiil EV.1, EV.2 ja EV.3. Elektromagnetventiilid on paigaldatud selleks, et sõltuvalt protsessimahuti olekust juhtida, mis mahutisse suunata õhku. Igas mahutis on aereerimis võimalus. Protsessimahutisse on paigaldatud peenmull aereerimistaldrikud, mis on ettenähtud hapniku reovees kontsentratsiooni tõstmiseks. Mudamahutisse ja ühtlustusmahutisse on paigaldatud jämemull aereerimistaldrikud, mis on ettenähtud segamiseks. Hoolduse ja õhukoguse reguleerimise eesmärgil on iga sektori õhumagistraalid varustatud käsiventiiilidega. Ühtlustusmahuti sektori õhumagistraalis on kaks rida aereerimistaldrikuid, mille torud on varustatud käsiventiiilidega KV.1 ja KV.2. Protsessimahuti sektori õhumagistraalis on neli rida aereerimistaldrikuid, mille torud on varustatud käsiventiiilidega KV.3 – KV.6. Mudamahutis on ainult üks rida aereerimistaldrikuid, mille toru on samuti varustatud käsiventiiiliga KV.7. Surve jälgimiseks on puhuri juurde paigaldatud manomeeter MN.1. Manomeetri hoolduseks on toru vahele paigaldatud kuulkraan KK.1. (Joonis 11)



## **4. JUHTIMISLAHENDUS, KASUTAJALIIDESED JA VISUALISEERIMINE**

Juhtimisloogika loomiseks on valitud lõpliku olekuga masina ehk oleku automaadi põhimõtet. Oleku automaadi põhimõtteks on olekute vahetamine kriteeriumite saavutamisel. Selline viis annab võimalust kiiresti luua nõutud olekud, siduda olekutega vajalikud seadmed ja luua tingimused olekute muutumiseks. Suureks eeliseks on see, et selle viisi kasutamisel on palju mugavam juhtimisloogika koostamine, selle kontrollimine ja kiiremini vigu tuvastamine. Samal ajal on juhtimisloogika muutumine palju lihtsam, sest mõne seade lisamiseks on ainult vaja määrata selle nõutud olekus, puudutamata kõik ülejäänud koodi. [29]

Siemens S7-1214C kontrolleri programmeerimiseks on tootja poolt pakutud Siemens Tia Portal tarkvara, mis võimaldab koosta programmi erineval viisil. Käesoleva objekti programmi koostamine on teostatud kasutades Ladder programmeerimise viisi. Ladderi viisil programmi koostamine võimaldab mugavamal viisil visuaalselt jälgida loogikat ja reaalselt jälgida loogika teostamist. Lihtsamate objektide puhul loogika koostamine palju kiirem. [30]

Juhtimisloogika kirjutamise ja vigade tuvastamise lihtsustamiseks on objekt samuti jagatud osadeks. Selline viis võimaldab jälgida kontrollida iga osa eraldi sõltumatu teiste osade seisukorrast ja olekust. Juhul, kui üks objekti osadest on rikkes, saavad teised objekti osad jätkata oma tööd.

### **4.1 Pumpla**

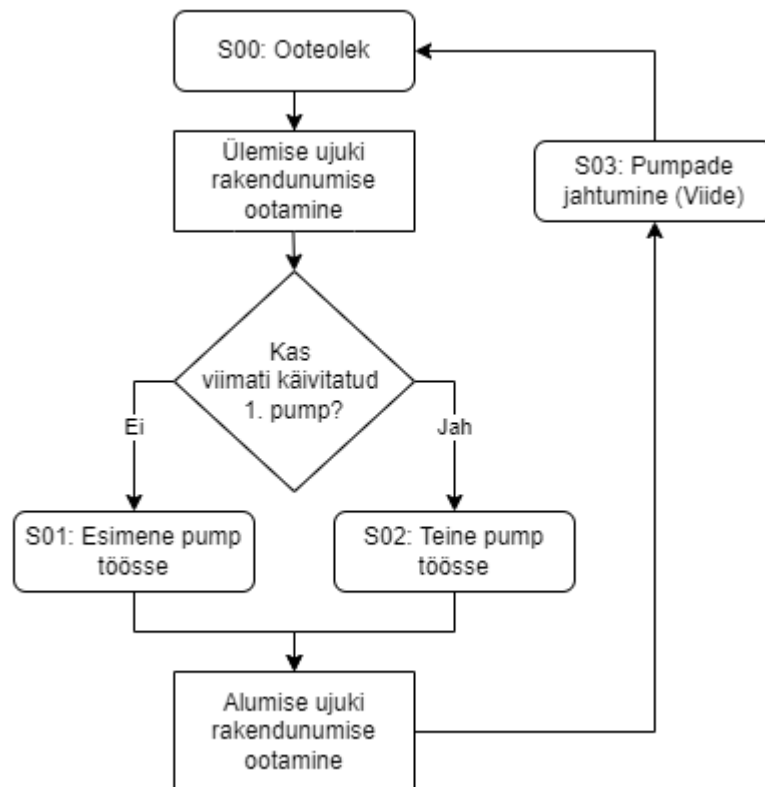
Pumpla juhtimisloogika on turvalisuse eesmärgiks jagatud kaheks osaks. Esimene osa on relee automaatika, mis juhib pumplat ujukite kaudu. Teiseks osaks on PLC juhtimine, mis juhib pumplat nivoo anduri järgi ja võimaldab seadistada pumpla tööpiire.

Relee-automaatika juhtimise peamine eesmärk on jätkata pumpla tööd PLC rikkumise korral. Selleks on mahutisse paigaldatud alumine ja ülemine ujukid, mis määravad maksimaalse ja minimaalse tööpiire. Alumine ujuk kaitseb pumbad P.1 ja P.2 „kuivamise“ eest. Ülemine ujuk kaitseb mahutis oleva elektroonika „uppumise“ eest.

Mahutis oleva reovee maksimaalse tase saavutamisel ehk ülemise ujuki rakendumisel, käivitatakse pumbad sõltuvalt järjekorrast. Juhul, kui üks pumpadest on rikkes, muudab süsteem pumpade järjekorda ja käivitub ennast teise pumpaga. Reoveetase

minimaalse tase saavutamisel ehk alumise ujuki rakendumisel lülitakse pumpasid välja, kuni maksimaalne tase ei ole saavutatud. (Joonis 12)

Relee automaatika on käsitletava objekti pumplas primaarne juhtimisviis, mis tähendab seda, et kui PLC juhtimisel digitaalse ujukite seadistamisel määrata tööpiire, mis ületavad füüsiliste ujukite tööpiire, ei rakendu need digitaalsed ujukid kunagi ja juhtimine toimub relee automaatika järgi. Selline viis annab kaitsta seadmeid inimfaktori eest.



Joonis 12. Reoveepumpla relee automaatika protsessi diagramm

PLC juhtimine võimaldab laiendada pumpla juhtimise võimalusi ja kasutada nivoo jälgimiseks nivoo anduri. Nivoo anduri kasutamisel saab määrata tööpiire digitaalselt ehk tekitada digitaalseid alumist ja ülemist ujukit, mille järgi saab pumpasid juhtida. Digitaalsete ujukite kasutamine võimaldab tihedamini teostada pumpamisi ja välistada pumpade ummistumist aeglasema mahuti täitmise korral. Samal ajal võimaldab PLC kasutada füüsilisi ujukeid „uppumise“ ja „kuivamise“ indikaatorina ja soovi korral teavitada sellest dispetšeri ja operaatoreid.

Mahuti viibib ooteolekus S00, mis on ettenähtud mahuti täitmiseks. Mahutis oleva reovee maksimaalse tase saavutamisel ehk digitaalse ülemise ujuki rakendumisel, läheb süsteem olekusse S01 või S02, sõltuvalt pumpade järjekorrast ja käivitatakse pumpa. Juhul, kui valitud olekus määratud pump on rikkes, teavitatakse sellest operaatoreid ja

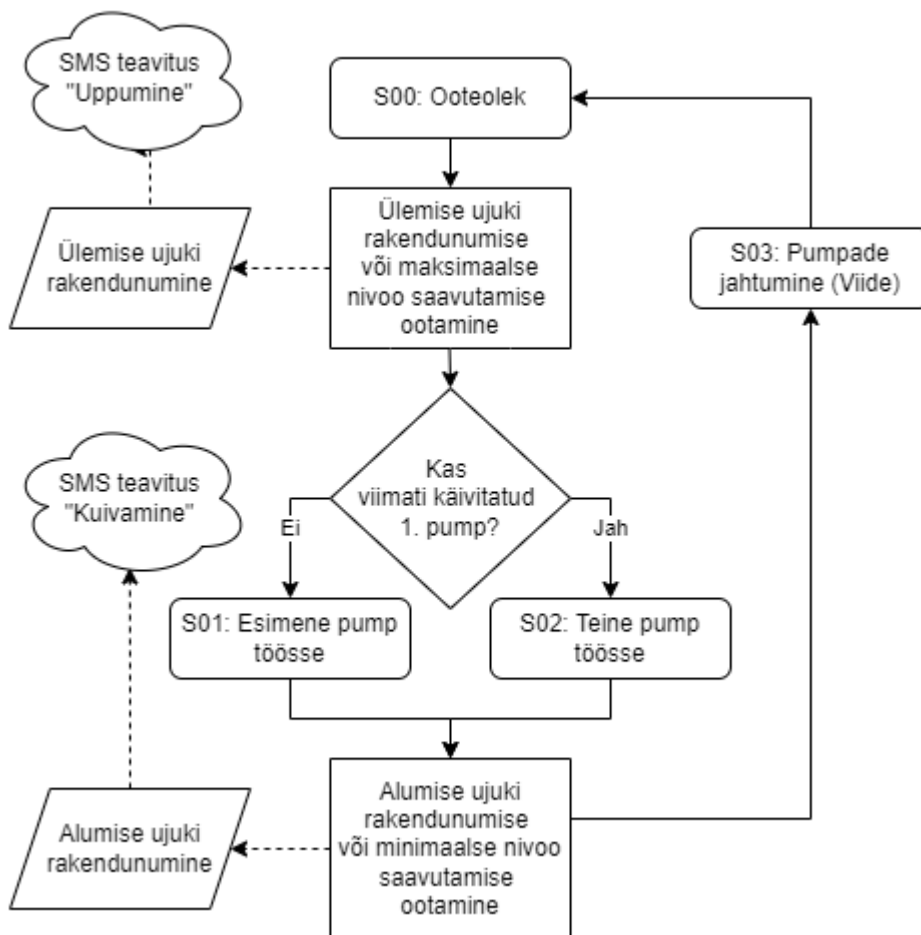
dispetšeri ja muudakse oleku S01 või S02 vastu, sõltuvalt pumpade seisukorrast, kus käivitatakse teist pumpa. Reoveetase minimaalse tase saavutamisel ehk digitaalse alumise ujuki rakendumisel, läheb süsteem olekusse S03, kus lülitakse pumpad välja ja oodatakse määratud seadetes jahtumis viide. Viide möödumisel läheb süsteem tagasi olekusse S00. (*Joonis 13*)

PLC juhtimisel on pumplasse paigaldatud füüsilised ujukid peamiselt hädaolukorrast kaitsmise ja teavitamise jaoks. Pumpade kuivale jäämise kaitseks on loodud loogika, kus alumise ujuki rakendumise korral blokeeritakse pumbad ning saadetakse SMS teavitus „Kuivamine“ operaatoritele ja dispetšerile. Samas ülemise ujuki rakendumisel saadetakse SMS teavitus „Uppumine“ operaatoritele ja dispetšerile.

Pumpla olekud ja nendega seotud seadmed on väljatoodud tabelis. (*Tabel 9*)

*Tabel 9. Pumpla olekudiagramm*

Olek	P.1	P.2
S00 - Ooteolek	-	-
S01 - Üks pump töö	x	-
S02 - Mõlemad pumbad töö	-	x
S03 - Jahtumine	-	-



Joonis 13. Reoveepumpla PLC juhtimise lihtsustatud protsessi diagramm

PLC juhtimine võimaldab käsitsi või distantsilt käivitada pumпасid sõltumatu ujukite olekust, maskida rikkes olevad seadmeid ja simuleerida nende tööd, mis lihtsustab objekti häälestamist ja käiku võtmist.

Hoolduse eesmärgil salvestatakse seadmete käivitamise arvu ja tööaegu statistikat. Mugavuse eesmärgil on tekitatud hooldus funktsioon, mis teavitab operaatoreid ja dispetšeri seade tööaja ületamisest ja hoolduse teostamise vajadusest.

## 4.2 Võre

Relee automaatika kasutamine võre puhul pole vajalik, sest kruvivõre omab oma konstruktsioonis ülevoolu toru, mis kruvi mahuti ummistuse korral suunab reovett läbi teise mahuti edasi. Samal ajal relee-automatika juhtimise lisamine teeb süsteemi kallimaks. Sellega võre juhtimine põhineb ainult PLC juhtimisel.

Kruvivõre suureks miinuseks on kruvi positsiooni jälgimise võimaluse puudus, mis teeb kruvivõre seisukorda kontrolli võimatuks ja nõuab ajalist juhtimist. Sellega kruvivõre töötamine ja seiskamine käivad loendurite järgi.

Kruvivõre teiseks suureks probleemiks on see, et väikese reovee juurdevoolu ajal kuivavad reoveest filtreeritud osakesed kruvil ja takistavad võre tööd. Selle olukorra vältimiseks on realiseeritud läbipesu režiim, mille käigus käivitatakse võre sõltumatu nivoo elektroodi rakendumisest loenduri järgi, et hoida reoveest filtreeritud osakesi niiskes seisus.

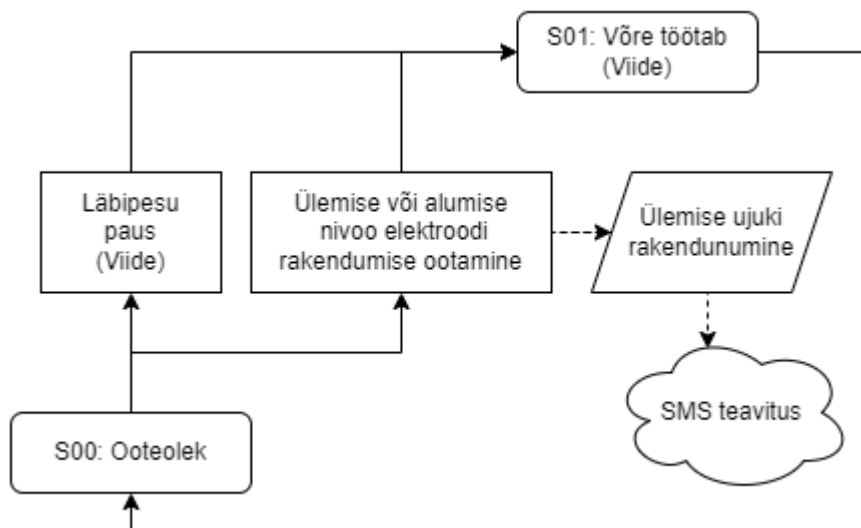
Võre töö on seotud nivoo elektrodidega. Alumise nivoo elektroodi rakendumisel, läheb võre olekusse S01, kus kruvi töötab määratud seadetes aja jooksul. Töötamise viide möödumisel, läheb süsteem olekusse S02, mis on ettenähtud võre ajami jahtumiseks. Jahtumise viide möödumisel, läheb süsteem tagasi olekusse S00. (Joonis 14)

Kruvivõre olekud ja nendega seotud seadmed on väljatoodud tabelis. (Tabel 10)

Tabel 10. Võre olekudiagramm

Olek	V.1
S00 - Ooteolek	-
S01 - Võre käivitamine	x
S02 - Võre jahtumine	-

Turvalisuse eesmärgil on paigaldatud ülemine nivoo elektrood, mille rakendumisel teavitatakse võre „ummistumisest“ operaatoreid ja dispetšeri.



Joonis 14. Võre lihtsustatud protsessi diagramm

### 4.3 Ühtlustusmahuti

Protsessimahutis toimuva reovee puhastusprotsessi tundlikus on väga suur, sellega on ühtlustusmahuti ainsaks juhtimisviisiks PLC juhtimine. Ühtlustusmahuti põhiliseks eesmärgiks on reovett koguda, ühtlustada ja edasipumbata seda protsessimahutisse määratud selleks tingimustel. Turvalisuse eesmärgil on ühtlustusmahuti varustatud ülevoolu toruga.

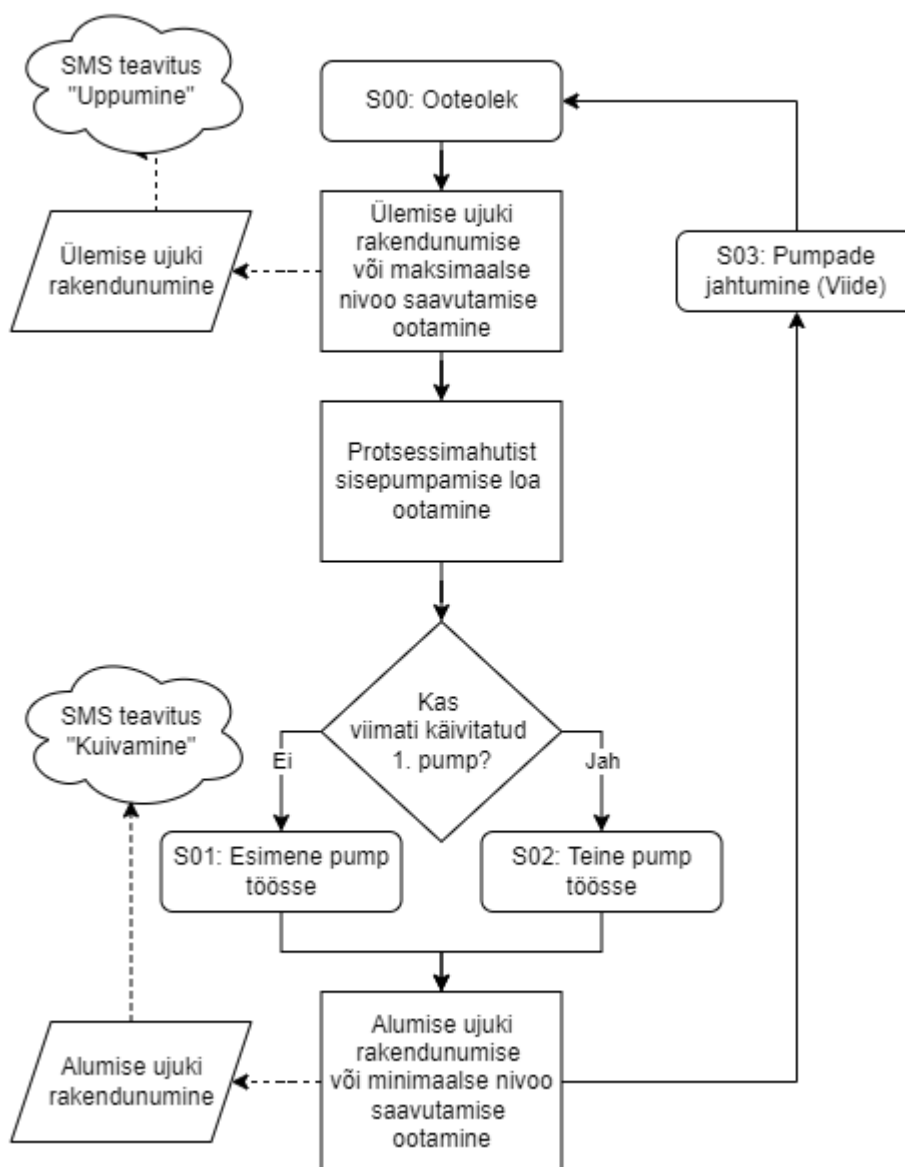
Mahuti viibib ooteolekus S00, mis on ettenähtud mahuti täitmiseks. Mahutis oleva reovee maksimaalse tase saavutamisel ehk digitaalse ülemise ujuki rakendumisel ja protsessimahutist loa saamisel, läheb süsteem olekusse S01 või S02, sõltuvalt pumpade järjekorrast ja käivitatakse pumpa. Juhul, kui valitud olekus määratud pump on rikkes, teavitatakse sellest operatoreid ja dispetšeri ja muudakse oleku S01 või S02 vastu, sõltuvalt pumpade seisukorrast, kus käivitatakse teist pumpa. Reoveetase minimaalse tase saavutamisel ehk digitaalse alumise ujuki rakendumisel või protsessimahutist loa kaotamisel, läheb süsteem olekusse S03, kus lülitakse pumpad välja ja oodatakse määratud seadetes jahtumis viide. Viide möödumisel läheb süsteem tagasi olekusse S00. (Joonis 15)

Ühtlustusmahutisse paigaldatud füüsilised ujukid on peamiselt hädaolukorrast kaitsmise ja teavitamise jaoks. Pumpade kuivale jäämise kaitseks on loodud loogika, kus alumise ujuki rakendumise korral blokeeritakse pumbad ning saadetakse SMS teavitus „Kuivamine“ operaatoritele ja dispetšerile. Samas ülemise ujuki rakendumisel saadetakse SMS teavitus „Uppumine“ operaatoritele ja dispetšerile.

Ühtlustusmahuti olekud ja nendega seotud seadmed on väljatoodud tabelis. (Tabel 11)

Tabel 11. Ühtlustusmahuti olekudiagramm

Olek	P.3	P.4
S00 - Ooteolek	-	-
S01 - Esimene pump töötab	x	-
S02 - Teine pump töötab	-	x
S03 - Jahtumine	-	-



Joonis 15. Ühtlustusmahuti lihtsustatud protsessi diagramm

## 4.4 Protsessimahuti

Protsessimahuti on reoveepuhastusjaama kõige olulisem ja keerulisem osa, sest seal toimuvad tundlikud puhastusprotsessid, mis nõuavad peenseadistusi. Puhastusprotsessi tundlikkuse tõttu on relee-automaatika juhtimise kasutamine väljastatud. Sellega omab protsessimahuti ainult PLC juhtimist.

Protsessimahuti viibib olekus S00, kuni ühtlustusmahutis ei kogu piisav täitmiseks nivoo tase. Ühtlustusmahutis nõutud nivoo saavutamisel, läheb süsteem olekusse S01, kus protsessimahuti edastab ühtlustusmahutisse täitmiseks luba ja ühtlustusmahutis käivitatakse pumba sõltuvalt järjekorrast. Juhul, kui üks pumpadest on rikkes, muudab süsteem pumpade järjekorda ja käivitub ennast teise pumpaga. Protsessimahuti täitmist kontrollitakse nivoo anduri järgi ehk täitmine toimub kuni ei rakendu nivoo anduri maksimaalne tase. Turvalisuse eesmärgil peatub täitmist ka füüsiline ülemine ujuk. Täitmist teostatakse määratud seadetes viite jooksul, mille läbimisel, kontrollitakse, kas mahuti on puhastusprotsessiks piisavalt käivitatud. Juhul, kui protsessimahuti ei ole puhastusprotsessi alustamiseks piisavalt täidetud, jääb süsteem täitmist ootama. Kui määratud aja jooksul täitmist ei toimu, läheb süsteem ooteolekusse, kus aktiivmuda elushoidmiseks käivitatakse perioodiliselt reovee aereerimine S12 ja segamine S13, kuni protsessimahuti ei saavuta alustamiseks piisavalt reovett. Protsessimahuti piisava nivoo tase saavutamisel, läheb süsteem nitrifikatsiooni olekusse S02, kus toimub reovee aereerimine ja kemikaali doseerimine. Nitrifikatsiooni faasi läbimisel läheb süsteem olekusse S03, kus toimub mahuti lisatäitmine maksimumini ja reovee segamine. Nitrifikatsiooni ja denitrifikatsiooni faase korratakse mitu korda, kuni süsteem ei jõua olekusse S09, kus toimub reovee settimine. Peale settimist läheb süsteem olekusse S10, kus toimub settitud liigmuda väljapumpamine mudamahutisse. Liigmudamuda väljapumpamise viide möödumisel, läheb süsteem olekusse S11, kus toimub puhastatud vee väljapumpamine tiiki. Peale seda, läheb süsteem tagasi olekusse S00. (*Joonis 16*)

Protsessimahutisse paigaldatud füüsilised ujukid on peamiselt hädaolukorrast kaitsmise ja teavitamise jaoks. Liigmudapumba ja segisti kuivale jäämise kaitseks on loodud loogika, kus alumise ujuki rakendumise korral blokeeritakse pumbad ning saadetakse SMS teavitus „Kuivamine“ operaatoritele ja dispetšerile. Keskmise ujuki rakendumise korral blokeeritakse dekanterpump ja ülemise ujuki rakendumisel saadetakse SMS teavitus „Uppumine“ operaatoritele ja dispetšerile.

Protsessimahuti olekud ja nendega seotud seadmed on väljatoodud tabelis. (*Tabel 12*)



Tabel 12. Protsessimahuti olekudiagramm

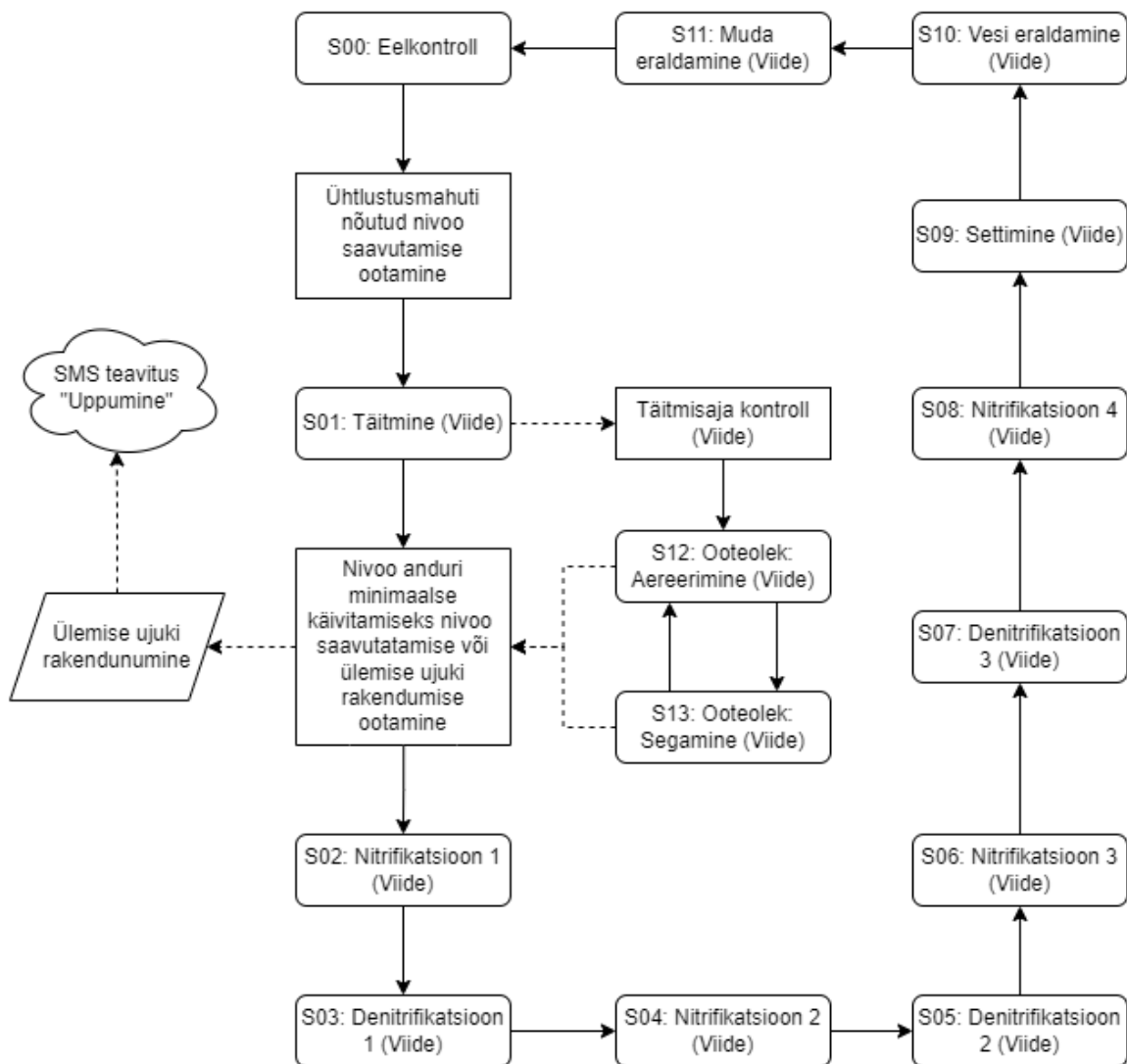
Olek	Luba täitmisele	MX.1	AR.1	P.5	P.6	DP.1	EV.1	EV.2	EV.3
S00 - Eelkontroll	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S01 - Täitmine	Y	X	-	-	-	-	X	-	-
S02 - Nitrifikatsioon 1	-	-	X	-	-	O	-	X	-
S03 - Denitrifikatsioon 1	Y	X	-	-	-	-	X	-	-
S04 - Nitrifikatsioon 2	-	-	X	-	-	O	-	X	-
S05 - Denitrifikatsioon 2	Y	X	-	-	-	-	X	-	-
S06 - Nitrifikatsioon 3	-	-	X	-	-	O	-	X	-
S07 - Denitrifikatsioon 3	Y	X	-	-	-	-	X	-	-
S08 - Nitrifikatsioon 4	-	-	x	-	-	O	-	X	-
S09 - Settimine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10 - Muda eraldamine	-	-	-	-	X	-	-	-	-
S11 - Vesi eraldamine	-	-	-	X	-	-	-	-	X
S12 - Ootelek (Aereerimine)	-	-	X	-	-	-	X	-	-
S13 - Ootelek (Segamine)	-	X	-	-	-	-	-	X	-

X – töötab pidevalt järgmise olekuni

Y – aktiivne, kuni ei täida nõuet (Kuni protsessimahuti ei saavuta maksimaalse nivoo taset)

O – töötab määratud aja jooksul

Puhastusprotsessi tsükli periood on tehase poolt eelseadistatud ja kõik puhastusprotsessi sammud kestavad määratud aja jooksul. See tagab seadme kõrge töökvaliteedi ning võimaldab vastavalt olukorrale protsessi seadistusi muuta.



Joonis 16. Protsessimahuti lihtsustatud protsessi diagramm

## 4.5 Puhurid

Puhuri puhul on relee automaatika kasutamine võimalik, kuna aktiivmuda eluks on vajalik kindel hapniku kontsentratsioon reoveses, sellega puhur nõuab reguleerimist. Reguleerimiseks on puhur ühendatud läbi sagedusmuunduri, mis võimaldab teostada reguleerimis sageduse muutumisel.

Teistes mahutites segistite puudumise tõttu on segamine realiseeritud jämemull aereerimise kaudu. Puhuri tootlikus on piiratud, sellega aereerimise suunda reguleerimiseks on paigaldatud kolm elektrimagnetventiili. Suunda reguleerimine toimub protsessimahuti oleku alusel. Elektrimagnetventiilide olekud on kirjeldatud tabelis. (Tabel 12)

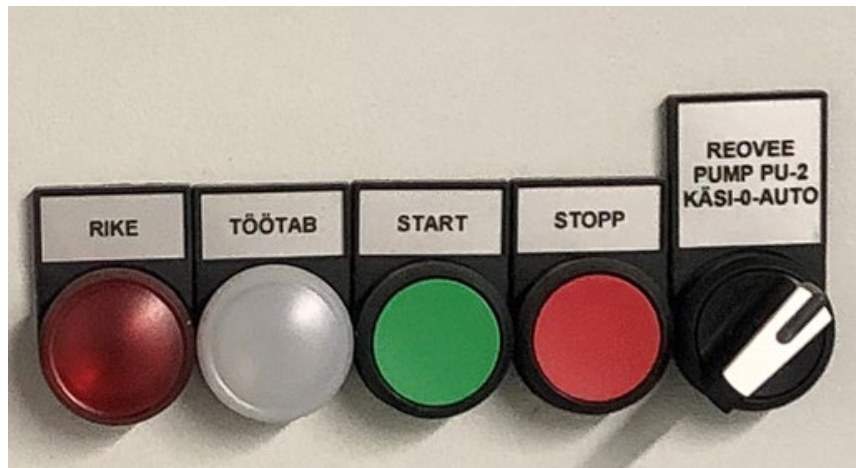
Protsessimahuti täitmise ja denitritseerimise olekutes toimub ühtlustusmahuti aereerimine ehk elektromagnetventiil EV.1 läheb lahti ja EV.2 ja EV.3 lähevad kinni. Nitrifikatsiooni olekutes toimub protsessimahuti aereerimine ehk elektromagnetventiil EV.2 läheb lahti ja EV.1 ja EV.3 lähevad kinni. Vesi eraldamise olekus toimub mudamahuti aereerimine ehk elektromagnetventiil EV.3 läheb lahti ja EV.1 ja EV.2 lähevad kinni.

Elektromagnetventiilide tagasiside puudumise tõttu on puhuri turvalisuse tõstmiseks lisatud iga elektrimagnetventiilile ajaline viide, mille jooksul nad kindlasti muudavad oma oleku. Elektromagnetventiili oleku muutumise ajal on puhuri töö blokeeritud.

## **4.6 Kasutajaliidesed ning SCADA**

Kasutajaliidesed on tähtsad osad automaatikas, kuna võimaldavad lihtsam ja kiiremini aru saada, mis seisus on seade, tuvastada rikkeid ja vajadusel käsitsi neid käivitada või peatuda. Kasutajaliideseid on üsna palju ja erinevad peamiselt funktsionaalsuse poolest. Käsitletavas projektis on kasutusel kolme tüüpi kasutajaliideseid: käsijuhtimine, HMI juhtimine ja SCADA juhtimine.

Käsijuhtimise funktsionaalsus võib erineda kliendi nõuetest. Käsijuhtimise peamine eesmärk on anda operaatorile objektile külastamisel lihtne võimalus lokaalselt jälgida seadmete olekuid ja käsitsi neid juhtida. Käsitletava objekti funktsionaalsus on piiratud seadme seisukorra indikatsiooniga, käsitsi käivitamise võimalusest ja juhtimisrežiimi valikuga. Indikatsiooni poolest on realiseeritud rike (punane lamp) ja töötamise indikatsioon (valge lamp). Käsitsi juhtimiseks on paigaldatud kaks nuppu, millest roheline on seadme käivitamine ja punane on seadme peatumine. Juhtimise režiimi valimiseks on paigaldatud 3-positsiooniline lüliti, millest „Käsi“ asendi valikul töötab süsteem käsijuhtimise režiimis, „Auto“ asendi valikul töötab süsteem PLC automaatjuhtimisel või relee automaatjuhtimist ja „0“ asendi valikul on seade blokeeritud mõlema juhtimise jaoks. (*Joonis 17*).

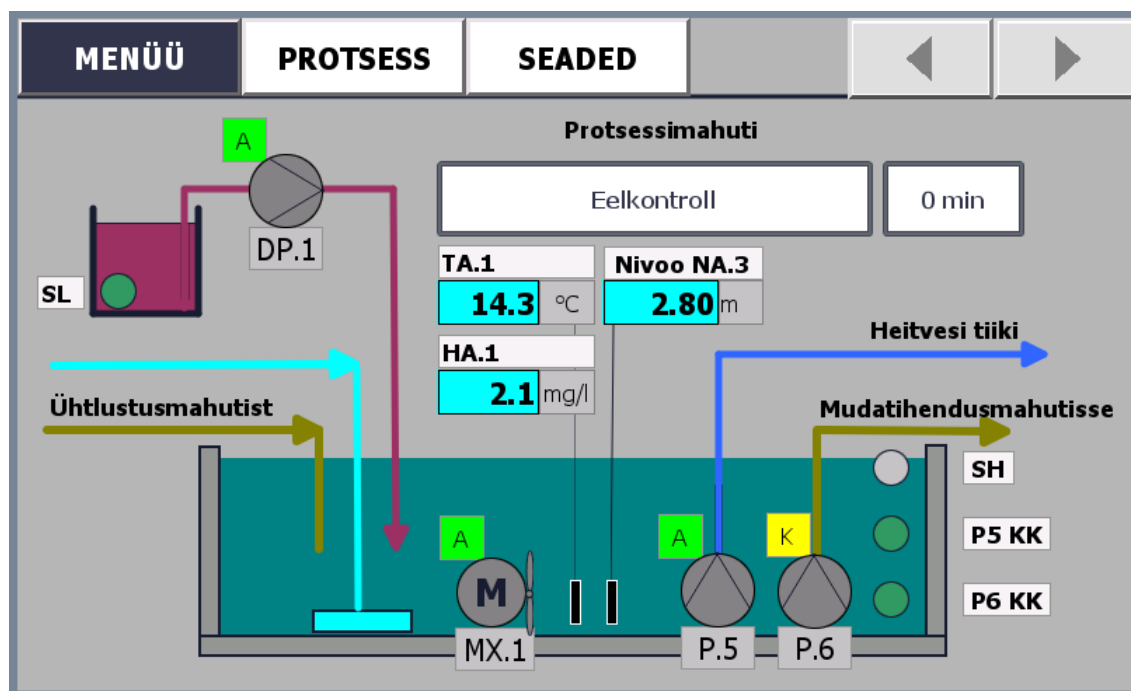


*Joonis 17. Seadmete käsijuhtimine*

HMI juhtimine on laiendatud viis protsessi ja seadmete jälgimiseks, mis annab võimalust edastada operaatorile kogutud anduritest ja seadmetest PLC juhtimisel informatsiooni graafilisel kujul. [31]

Käsitleva objekti HMI juhtimine on realiseeritud Siemens KTP700 BASIC HMI paneelil, mille 7 tolline ekraan annab mahutada kõik protsessi osadena. Iga protsessi osa visualiseerimiseks on tekitatud eraldi ekraanid, kuhu on väljatoodud selle protsessi osa puudutavad ujukid, andurid ja seadmed. Ujukite visualiseerimiseks on valitud ringkujulised ikoonid, mille taust värvitakse oleku muutumisel. Ujukite ikoonide juures on nende tähistused, millest „SH” on alumine ujuk, „P5 KK” on dekanterpumba kuivkaitse ujuk ja „P6 KK” on liigmuda eemalduspumba kuivkaitse ujuk. Rike või alarmi korral muudab ujuki ikooni taust oma värvi punaseks, korras seisu korral on ikooni tausta värv hall või roheline, sõltuvalt ujuki asukohast. Analoogandurite näidud on skaleeritud reaalkäituse kujul ja samuti väljatoodud ekraanile. Analooganduri ikoon värvitakse vastavalt määratud süsteemis piirideele. Häire piiride ületamisel värvitakse analooganduri ikooni taust kollaseks. Alarm piiride ületamisel värvitakse analooganduri ikooni taust punaseks. Pumbad ja nende olekud on visualiseeritud mootori ikooni kujul, segistid on visualiseeritud mootori ikooni kujuga. Seadmete ikoonide taustade värvid muudakse sõltuvalt seisukorrale. Hall taust näitab, et seade on seiskamise olekus, roheline taust näitab seadme töötamist ja punane taust näitab, et seade on rikkes. Juhtimise režiimi indikatsiooniks on seadmete ikooni juurde tekitatud juhtimise režiimi ikoon, mis näitab, mis juhtimise režiim on valitud antud seadme jaoks. Käsijuhtimise puhul on selle ikooni taust kollane ja ikoonile on kujutatud täht „K”, automaatjuhtimise puhul on taust roheline ja ikoonile on kujutatud täht „A”, distantsilt juhtimise puhul on ikooni taust sinine ja ikoonile on kujutatud täht „D”. Puhastusprotsessi jälgimise mugavuse eesmärgil on tekitatud lahter, kuhu on väljatoodud hetkeseisu samu nimetus

ja selle kestvus järgmise sammuni. Sagedusmuunduriga seadmete visualiseerimiseks on tekitatud muunduri kujuline ikoon, kuhu lisaks on väljatoodud seadme hetk voolu ja sageduse näidud. (Joonis 18).



Joonis 18. HMI juhtimine

Seadmete parameetrite seadistamiseks on tekitatud „SEADED“ ekraan, kuhu on väljatoodud seadmete põhilised parameetrid, sellised nagu seade blokeerimise nivoo ja jahtumise viide. Puhastusprotsessi seadistamiseks on tekitatud „PROTSESS“ ekraan, kuhu on väljatoodud kõik protsessi puudutavad parameetrid ja selle viited.

Kuna analoogandurite paigaldus kõrgus võib erineda projektis määratud kõrgusest, on programmis tekitatud võimalus seadistada anduri näidu nihet, mis kompenseerib paigaldamis kõrguse nihet ja tulemus jääb reaalse näidu juurde. Ebasoovituslikes kõikumisest lahtisaamiseks on programmi tekitatud näidu filtreerimise funktsioon.

Seadmete hoolduse eesmärgil on realiseeritud seadme kasutamise statistika, mis näitab palju oli seade käivitatud, kui kaua on ta töös olnud ja kui kaua on tema järgmine hoolduseni aega jäänud.

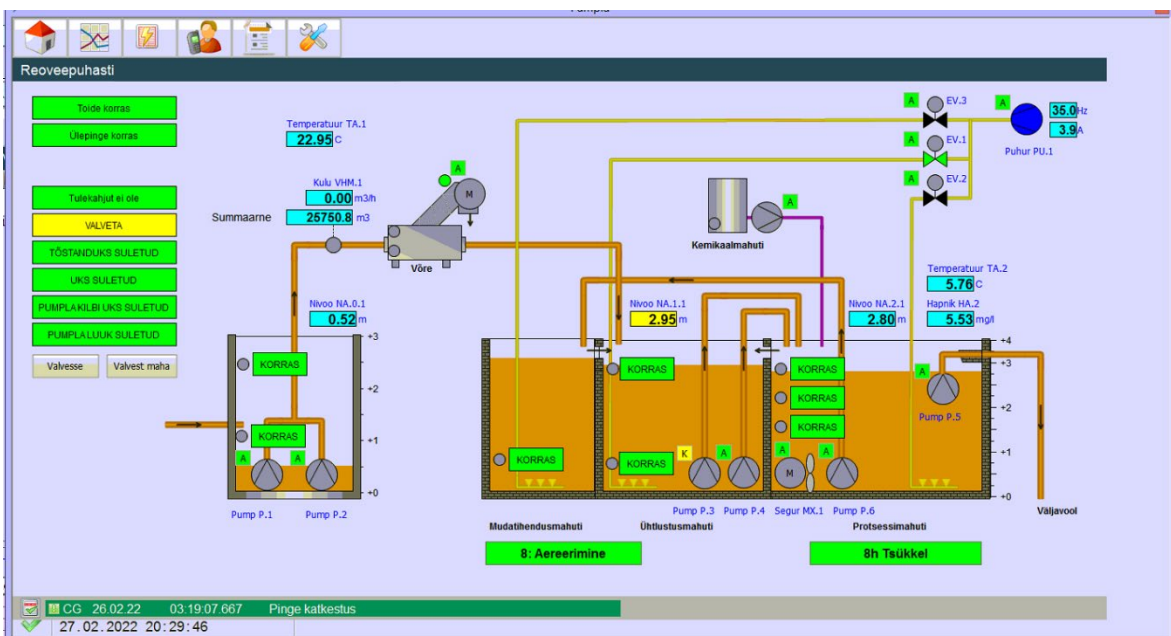
Süsteemi diagnostika eesmärgil on tekitatud võimalus iga seadet, andurit ehk lülitit simuleerida. Samuti on antud võimalus ignoreerida olemasolevaid vigu, mis võivad blokeerida seadme tööd.

Erinõuete täitmiseks on paneeli kaudu realiseeritud distantsjuhtimine, mis on realiseeritud käsijuhtimise näitel ehk seadme saab käivitada ja peatuda „Start“ ja „Stopp“ nuppude kaudu.

Turvalisuse jaoks on realiseeritud valvesüsteem, mis nõuab ukse avamisel uksekoodi sisestamist määratud aja jooksul, vastaval juhul teavitatakse operatoreid ja dispetšerit sissetungist objektile.

SCADA on kaasaegne informatsiooni kogumise ja visualiseerimise süsteem, mille peaülesandeks on tehnoloogilise protsessi andme kogumine, selle ümbertöötlemine ja arhiveerimine, tehnoloogilise protsessi visualiseerimine, aruannete koostamine ja tehnoloogilise protsessi juhtimine väljast poolt. [32]

Käsitletava objekti SCADA visualisatsioon on sarnane HMI visualisatsiooniga, kuid on laiendatud funktsionaalsusega. SCADA ekraanile on kujutatud objekt tervikuna. Ekraanile on väljatoodud kõik protsessipuudutavad seadmed, andurid ja ujudid. Võrreldes HMI visualisatsiooniga on SCADA visualisatsioonile lisaks toodud valve süsteem ja üldiste andurite olekud. (Joonis 19).



Joonis 19. SCADA juhtimine

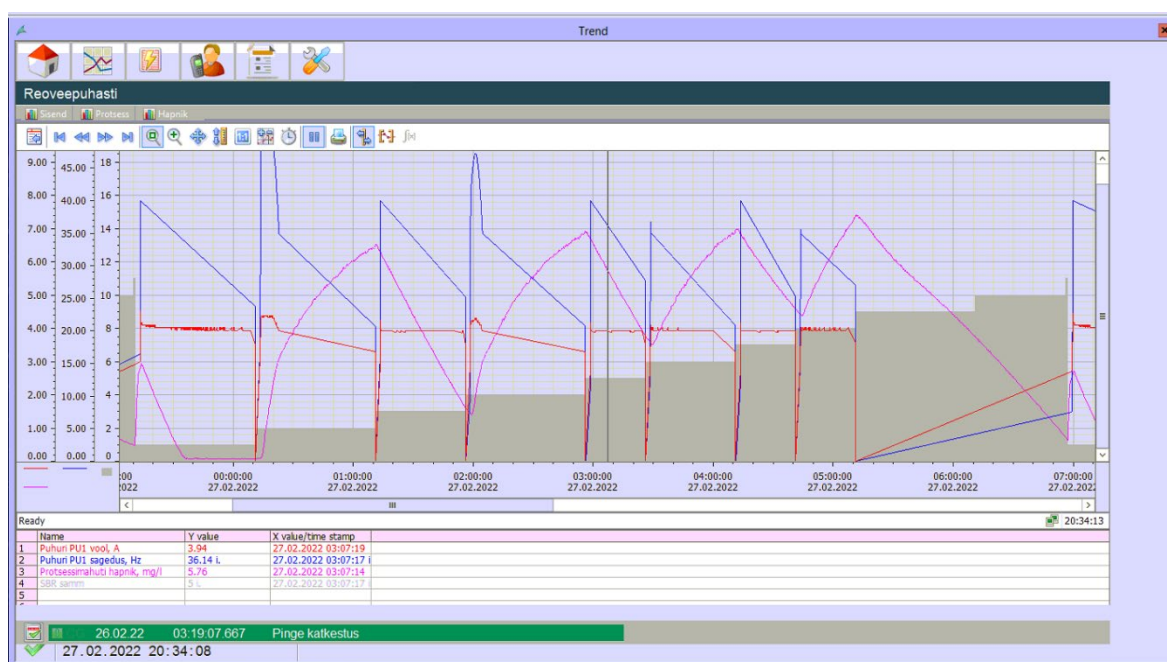
Funktsionaalsuse poolest on SCADA visualisatsioonile palju võimelisem, kui HMI visualisatsioon, kuna SCADA süsteem omab oma programmeerimise tarkvara ja annab teha kogutud informatsiooniga arvutusi ja analüüsi. Indifikatsiooni poolest on SCADA visualisatsioon sarnane HMI visualisatsiooniga ehk ikoonid ja nende tähistused on samad. Turvalisuse jälgimise eesmärgil on SCADA visualisatsiooni tekitatud objekti vigade arhiiv, mis annab jälgida kui aktiivseid nii ka ajaloolisi vigu.

## KOKKUVÕTE

Käsitleva objekti peamiseks ülesandeks oli objekti käivitamine ja aktiivmuda kasvatamiseks ja selle elushoidmiseks tingimuste loomine. Aktiivmuda kasvatamiseks on vaja täita nõutud tingimused ehk tekitada piisavas koguses reovett, doseerida nõutud kogust kemikaali ja varustada reovett määratud koguses hapnikuga. Aktiivmuda tekitamise indikaatoriks võib võtta hapnikuanduri näidu, mis aktiivmuda tekitamisel hakkab lühikese aja jooksul langema ehk sellega saab jälgida, mida kiiremini hapniku näi langeb, seda suurem on aktiivmuda kogus reovees.

Reoveepuhastusjaama käivitamisel, kui aktiivmuda ei olnud veel tekkinud, oli hapniku näit peaaegu konstantne, mis rääkis sellest, et aktiivmuda kogus oli liiga väike.

Kaks nädalat pärast objekti käivitamist oli graafiku näit kõvasti muutunud ja kogutud informatsiooni põhjal oli koostatud graafik, kus on selgelt näha, et hapniku näit kiiresti langeb, mis tähendab aktiivmuda koguse suurendamist. Töödeldud vee kogus ja selle kvaliteet sõltuvad aktiivmuda kogusest ja aktiivsusest. (Joonis 20).



Joonis 20. Andurite näidud (Hapniku näit on väljatoodud lilla värviga)

Tellijä poolt kutsutud tehnoloogi proovivõttude analüüs näitas, et loodud reoveepuhastusjaama väljundvee kvaliteet on piisavalt hea ja vastab hetkel kehtivatele nõuetele.

Antud reoveepuhastusjaam on hästi läbimõeldud, kuid sellel esineb nõrku kohti, mida omalt poolt soovitaksin muuta.

Esimeseks muudetavaks kohaks võiks olla kruvivõre konstruktsioon, mille kruvimahuti on avatud konstruktsiooniga. Inimeste kaitsmiseks see võiks olla suletud ja omada anduri, mis blokeeriks kruvi tööd avamise korral, et vältida avatud kontakti liikuvate osadega.

Teiseks muudatuseks oleks operaatoritele Sm@rtServer funktsiooni kasutusvõimaluse loomine, mis võimaldaks käivitada HMI visualisatsiooni arvuti kaudu. Selline lahendus võimaldab kiiremat probleemide lahendamist, juhul, kui see ei ole füüsiline probleem.

Kolmandaks soovituseks oleks segisti paigaldamine ühtlustusmahutisse, sest aeraatorid ei suuda korralikult reovett segada ning mingi osa mudast settib juba ühtlustusmahutis.

Neljandaks soovituseks on kaalude kasutamine prügikonteineri täimise jälgimiseks, kuna esines olukordi, kus suure reoveekoguse sissetuleku korral oli prügikonteiner üle täidetud ning kõik üleliigne filtreeritud prügi läks otse põrandale.

Lisaks oleks võimalik kogu objektile paigaldada valvekaameraid, mille abil saaks jälgida objekti seisukorda, tuvastada suurimad vead, mida ei saa lahendada distantsilt ning sissetungi korral leida kuritegija kiiremini.

Vaatamata sellele, et kõik eespool nimetatud muudatused/lahendused vajavad lisa finantseerimist, mõned muudatused/lahendused on odavamad, kui operaatorite regulaarsete väljasõitude maksumus.



## CONCLUSION

The main task of the object in question was to start the object and create conditions for growing activated sludge and keep it alive. In order to grow activated sludge, it is necessary to fulfill the required conditions, in other words, to generate a sufficient amount of wastewater, to dose the required amount of chemical and to supply the wastewater with a certain amount of oxygen. The indicator of the formation of activated sludge can be the reading of an oxygen sensor, which starts to decrease in a short time when the activated sludge is generated, in other words, the faster the amount of oxygen decreases, the higher is the amount of activated sludge in the wastewater.

When starting up the sewage treatment plant, when the activated sludge had not yet formed, the oxygen reading was almost constant, which indicated that the amount of activated sludge was too small.

Two weeks after activating the object, the graph had changed significantly and based on the information gathered from this graph, another graph had been drawn up, showing that the oxygen reading was decreasing rapidly, indicating an increase in activated sludge. The amount of treated water and its quality depends on the amount and activity of the activated sludge. (*Figure 20*).

The analysis of the sampling taken by the technologist invited by the customer showed that the quality of the effluent of the established wastewater treatment plant is sufficiently good and meets the current requirements.

This wastewater treatment plant is well thought out, but it has some weaknesses that I would recommend changing.

The first thing to be modified could be a screw grid construction with an open screw construction. To protect people, it could be closed and have a sensor that would block the screw when opened to prevent open contact with moving parts.

For the second, I would allow operators to use the Sm@rtServer function, which allows you to run HMI visualization from a computer. In case there is no physical problem, the solution makes solving of the problem faster.

A third recommendation would be to install a mixer in the leveling tank, as the aerators will not be able to mix the wastewater properly and some of the sludge will already settle in the leveling tank.

The fourth recommendation is to use scales to monitor the filling of the rubbish bin, as there were situations where the rubbish bin was overfilled in the event of a large amount of sewage income and all the excess filtered rubbish flew directly to the floor.

In addition, security cameras could be installed throughout the site to monitor the situation, to detect critical problematic situations at the site and find the offender more quickly in the event of an intrusion.

Despite the fact that all of the changes I have mentioned cost extra money, some of the changes are cheaper than the cost of regular visits of the operator.

# KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Keskonnaamet, „Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused,“ 15 11 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/112112019006>.
- [2] Н. Захватаева и А. Шеломков , Активный ил как управляемая экологическая система, 2013.
- [3] Э. Доскина, А. Москвичева, Е. Москвичева и А. Геращенко, «Обработка и утилизация осадков городских сточных вод,» Litres, 2019.
- [4] F. I. Hai, K. Yamamoto and C.-H. Lee, "Membrane Biological Reactors," IWA Publishing, 2013.
- [5] Aquantis, «Контейнерные очистные сооружения Biobox MBR,» [В Интернете]. Available: <https://aquantis.com.ua/ru/product/22/mbr>.
- [6] R. L. I. M. C. Peter A. Wilderer, "Sequencing Batch Reactor Technology," IWA Publishing, 2001.
- [7] "Sequential Batch Reactor (SBR)," [Online]. Available: <https://www.thewatertreatments.com/wastewater-sewage-treatment/sequential-batch-reactor-sbr/amp/>.
- [8] Wikipedia, "CE marking," [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/CE\\_marking](https://en.wikipedia.org/wiki/CE_marking).
- [9] W. Bolton, "Programmable Logic Controllers," Elsevier, 2011.
- [10] SIEMENS, "SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller," 2012. [Online]. Available: <https://www.sahkonumerot.fi/2702074/doc/technicalinfodoc/>.
- [11] SIEMENS, "DIGITAL I/O SM 1223," 18 08 2014. [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/d28e/0900766b8125161a.pdf>.
- [12] SIEMENS, "Digital input SM 1221, 16 DI, 24 V DC," 23 11 2020. [Online]. Available: <https://adegis.com/media/asset/ba60526194e0342d9e28aa4a18701aaa4444a15d5ac815dcfc07a7ca88e4f8ac.pdf>.
- [13] SIEMENS, "Digital input SM 1221, 8 DI, 24 V DC," 17 01 2021. [Online]. Available: <https://media.automation24.com/datasheet/en/6ES72211BF320XB0.pdf>.
- [14] SIEMENS, "SM 1231 analog input module specifications," [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109759862?c=112662947467&lc=en-AF>.
- [15] SIEMENS, "SIMATIC S7-1200, Communication Board CB 1241," 2022. [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7241-1CH30-1XB0>.
- [16] SIEMENS, "KTP700 Basic color PN," 9 02 2021. [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/7df4/0900766b813a9d2b.pdf>.

- [17] Teltonika, "RUT955 LTE CAT4 INDUSTRIAL CELLULAR ROUTER," [Online]. Available: [https://www.eurodk.com/files/catalogue/teltonika/rut955\\_datasheet.pdf](https://www.eurodk.com/files/catalogue/teltonika/rut955_datasheet.pdf).
- [18] S. S. M. Ajaykumar Venkatesulu, "TCP/IP Architecture, Design, and Implementation in Linux," John Wiley & Sons, 2009.
- [19] A. C. Alex Shneyderman, "Mobile VPN: Delivering Advanced Services in Next Generation Wireless Systems," John Wiley & Sons, 2003.
- [20] Fortinet, "FortiGate 200F Series," [Online]. Available: <https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/data-sheets/fortigate-200f-series.pdf>.
- [21] ABB, "ACH580-01, -04 drives Installation, Operation and Maintenance," 2021. [Online]. Available: [https://library.e.abb.com/public/034705a38836452d85814b6b1c31ce79/ACH580\\_Inst\\_Op\\_Maint\\_RevH.pdf](https://library.e.abb.com/public/034705a38836452d85814b6b1c31ce79/ACH580_Inst_Op_Maint_RevH.pdf).
- [22] PONSEL, "OPTOD NUMERICAL SENSOR," 2021. [Online]. Available: <https://en.aqualabo.fr/userfiles/doc/User%20Manual%20Oxygen%20Optical%20digital%20sensor%20OPTOD.pdf>.
- [23] Real Time Automation, "An introduction to MODBUS RTU," [Online]. Available: <https://www.rtautomation.com/technologies/modbus-rtu/>.
- [24] KSB, "Amamix Type series booklet," [Online]. Available: [https://shop.ksb.com/ims\\_docs/00/00215A9B0E3D1EDAA4ACD5D7D341662F.pdf](https://shop.ksb.com/ims_docs/00/00215A9B0E3D1EDAA4ACD5D7D341662F.pdf).
- [25] S. Keating, Archimedes: Ancient Greek Mathematician, Simon and Schuster, 2014.
- [26] SIEMENS, "Transmitter MAG 5000/6000," 2013. [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/a61b/0900766b812c3507.pdf>.
- [27] Jesco, "Magdos LB - Solenoid-diaphragm dosing pump Operating instructions," 2021. [Online]. Available: [http://www.lutz-jesco.com/fileadmin/data/dokumente/pg1/LJ-MAGDOS\\_LB-EN-BA.pdf](http://www.lutz-jesco.com/fileadmin/data/dokumente/pg1/LJ-MAGDOS_LB-EN-BA.pdf).
- [28] APPL, "GREATECH ROTARY LOBE BLOWERS," [Online]. Available: <https://www.airpowerproducts.com/Product/DownloadFile?FileID=168>.
- [29] Wikipedia, "Finite-state machine," [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Finite-state\\_machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Finite-state_machine).
- [30] T. M. Antonsen, PLC Controls with Ladder Diagram (LD), Books on Demand, 2021.
- [31] G. Blokdyk, Human Machine Interface a Complete Guide, Emereo Pty Limited, 2020.
- [32] М. К. Владимир Кангин, Разработка SCADA-систем, Litres, 2022.

# LISA 1

## Kasutatavate normdokumentide ja standartide loetelu

- EESTI STANDARD EVS-EN 61439-1:2012. MADALAPINGELISED APARAADIKOOSTED. Osa 1: Üldreeglid. (Low voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 1: General rules)
- EESTI STANDARD EVS-EN 60204-1:2018. Masinate ohutus. Masinate elektriseadmestik. Osa 1: Üldnõuded. (Safety of machinery. Electrical equipment of machines- Part 1: General requirements)
- EESTI STANDARD EVS-HD 60364-1:2008. MADALAPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED. Osa 1: Põhialused, üldiseloostus, määratlused. (Electrical installations of buildings. Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions)
- EESTI STANDARD EVS-EN 61140:2016. KAITSE ELEKTRILÖÖGI EEST. Ühisnõuded paigaldistele ja seadmetele
- EESTI STANDARD EVS-EN 50110-1:2013. ELEKTRIPAIGALDISTE KÄIT. Osa 1: Üldnõuded. (Operation of electrical installations. Part 1: General requirements)
- EESTI STANDARD EVS-HD 60364-4-43:2010. MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse
- EESTI STANDARD EVS-HD 60364-4-41:2017. MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED. Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest
- EESTI STANDARD EVS-HD 60364-5-54:2011. MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED. Osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine, kaitsejuhid ja kaitsepotentsiaali ühtlustusjuhid
- EESTI STANDARD EVS-HD 60364-5-51:2009. EHITISTE ELEKTRIPAIGALDISED. Osa 5-51: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Üldjuhised
- EVS-EN 60529:2001. ÜMBRISTEGA TAGATAVAD KAITSEASTMED (IP-KOOD)
- Seadme ohutuse seadus;
- Ehitusseadustik

## LISA 2

### IO loetelu

Address	Seade	Selgitus	
AI0	A1: S7-1214C	Reserv	
AI1		Reserv	
Q0.0		Automaatvõre V.1 käivitus	
Q0.1		Reoveepumba P.1 käivitus	
Q0.2		Reoveepumba P.2 käivitus	
Q0.3		Ühtlustusmahuti tühjenduspumba P.3 käivitus	
Q0.4		Ühtlustusmahuti tühjenduspumba P.4 käivitus	
Q0.5		Protsessimahuti tühjenduspumba P.5 käivitus	
Q0.6		Liigmuda-eemalduspumba P.6 käivitus	
Q0.7		Seguri MX.1 käivitus	
Q1.0		Dosaatorpumba DP.1 käivitus	
Q1.1		Reserv	
I0.0		Vooluhulga- arvesti VA-1 impulss	
I0.1		Liigpinge- piirik	
I0.2		Pinge-kontrolli-relee	
I0.3		Automaatvõre V-1 auto moel	
I0.4		Automaatvõre V1 korras	
I0.5		Automaatvõre V1 töötab (edasi)	
I0.6		Reserv	
I0.7		Reserv	
I1.0		RKPi pump P.1 auto moel	
I1.1		RKPi pump P.1 korras	
I1.2		RKPi pump P.1 töötab	
I1.3		RKPi pump P.2 auto moel	
I1.4		RKPi pump P.2 korras	
I1.5		RKPi pump P.2 töötab	
I2.0		A2: CP1223	Ühtlustus-mahuti pump P.3 auto moel
I2.1			Ühtlustus-mahuti pump P.3 korras
I2.2	Ühtlustus-mahuti pump P.3 töötab		
I2.3	Ühtlustus-mahuti pump P.4 auto moel		
I2.4	Ühtlustus-mahuti pump P.4 korras		
I2.5	Ühtlustus-mahuti pump P.4 töötab		
I2.6	Protsessi-mahuti pump P.5 auto moel		
I2.7	Protsessi-mahuti pump P.5 korras		
I3.0	Protsessi-mahuti pump P.5 töötab		

I3.1		Liigmuda-eemalduspump P.6 auto moel
I3.2		Liigmuda-eemalduspump P.6 korras
I3.3		Liigmuda-eemalduspump P.6 töötab
I3.4		Segur MX.1 auto moel
I3.5		Segur MX.1 korras
I3.6		Segur MX.1 töötab
I3.7		reserv
Q2.0		Aeratsiooni mootorajamiga kuulkraan EV.1 avada/sulgeda
Q2.1		Aeratsiooni mootorajamiga kuulkraan EV.2 avada/sulgeda
Q2.2		Aeratsiooni mootorajamiga kuulkraan EV.3 avada/sulgeda
Q2.3		PLC reset
Q2.4		alumine ehk võre ja kruvi pesu magnetklapp
Q2.5		ülemine ehk pressimistsooni pesu magnetklapp
Q2.6		Reserv
Q2.7		Reserv
Q3.0		Reserv
Q3.1		Reserv
Q3.2		Reserv
Q3.3		Reserv
Q3.4		Reserv
Q3.5		Reserv
Q3.6		Reserv
Q3.7		Reserv
I4.0	A3: CP1221	RKP madala taseme nivoo UL.0.1
I4.1		RKP kõrge taseme nivoo UL.0.2
I4.2		Automaatvõre V.1 nivooandur NA4.1
I4.3		Automaatvõre V.1 avariinivoo elektrood E.2
I4.4		Ühtlustus-mahuti nivoo madal UL.1.1
I4.5		Ühtlustus-mahuti nivoo kõrge UL.1.2
I4.6		Protsessi-mahuti nivoo madal UL.2.1
I4.7		Protsessi-mahuti pumba P.6 kuivkäigukaitse UL.2.2
I5.0		Protsessi-mahuti nivoo kõrge UL.2.3
I5.1		Mudamahuti aeratsiooni blokeerimine UL.3.1
I5.2		RKP_004 luuk avatud
I5.3		Turvalülite kilbi JK_RKP uks avatud
I5.4		RVP välisuks avatud
I5.5		RVP protsessimahuti luuk avatud
I5.6		Reserv
I5.7		ATS, suitsuandurite SD1 või SD2 häire

<b>I6.0</b>	<b>A4: CP1221</b>	24V UPS AC OK
<b>I6.1</b>		Kemikaali-mahuti nivoolüliti UL.5.1
<b>I6.2</b>		Reserv
<b>I6.3</b>		Reserv
<b>I6.4</b>		Reserv
<b>I6.5</b>		Reserv
<b>I6.6</b>		Reserv
<b>I6.7</b>		Reserv
<b>AI1.0</b>	<b>A5: CP1231</b>	Sisendi vee vooluhulk VHM.1
<b>AI1.1</b>		Voore_RKP_004 nivoo NA.0.1
<b>AI1.2</b>		Ühtlustus-mahuti nivoo NA.1.1
<b>AI1.3</b>		Protsessi-mahuti nivoo NA.2.1
<b>AI1.4</b>		TA-1 Ruumi temperatuur
<b>AI2.0</b>		Reserv
<b>AI2.1</b>		Reserv
<b>AI2.2</b>		Reserv