



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOI
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA
JA PUURKAEVUDE PROJEKTEERIMINE
JÜRI ALEVIKUS**

**THE DESIGN OF ALAJAAMA WATER TREATMENT PLANT
AND BOREWELLS IN JÜRI BOROUGH**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kertu Orul
Üliõpilaskood: 204208 EAXM
Juhendaja: Vahur Värk, Tallinna Tehnikaülikooli
külalislektor
Kaasjuhendaja: Tarmo Vaalu, Schöttli Keskkonnatehnika
AS vanemprojekteerija

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.

"23" mai 2022. a.

Autor: */allkirjastatud digitaalselt/*

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"23" mai 2022. a.

Juhendaja(d): */allkirjastatud digitaalselt/*

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, **Kertu Orul**

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

„Alajaama veetöötlusjaama ja puurkaevude projekteerimine Jüri alevikus“,

mille juhendaja on **Vahur Värk** ja kaasjuhendaja **Tarmo Vaalu**

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.

/allkirjastatud digitaalselt/

23.05.2022

¹ 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 loomingu 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.

TalTech Ehituse ja arhitektuuri instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Kertu Orul, 204208
Õppekava, peeriala: EAXM, vee- ja keskkonnatehnika
Juhendaja(d): Vahur Värk, Tallinna Tehnikaülikooli külalislektor,
5102218
Tarmo Vaalu, Schöttli Keskkonnatehnika AS
vanemprojekteerija, 5211762

Lõputöö teema:

(eesti keeles) *Alajaama veetöötlusjaama ja puurkaevude projekteerimine Jüri alevikus*
(inglise keeles) *The design of Alajaama water treatment plant and borewells in Jüri Borough*

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kirjeldada vee peamisi omadusi ning võimalikke veetöötlustehnoloogiaid projekti piirkonnas.
2. Esitada uue Alajaama veetöötlusjaama ja puurkaevude projekteerimise tehniline lahendus (tehnoloogiline skeem, põhiseadmete valik ning dimensioneerimine).

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Riigihanke „Alajaama puurkaevude ja veetöötlusjaama projekteerimine ja ehitus“ põhi- ja tööprojektide koostamine.	31.03.2022
2.	Koostada ülevaade vee töötlemise meetodite kohta võttes arvesse projektiala toorvee analüüse ning kvaliteedinäitajaid.	29.04.2022
3.	Kirjeldada uue Alajaama veetöötlusjaama projekteerimist – tehnoloogiliste seadmete valik ja dimensioneerimine.	23.05.2022
4	Magistritöö vormistamine.	23.05.2022

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "23" mai 2022. a

Üliõpilane: Kertu Orul /allkirjastatud digitaalselt/ "23" mai 2022. a

Juhendaja: Vahur Värk /allkirjastatud digitaalselt/ "23" mai 2022. a

Kaasjuhendaja: Tarmo Vaalu /allkirjastatud digitaalselt/ "23" mai 2022. a

Programmijuht: Simo Ilomets "..." 2022. a
/allkiri/

3.5.1 Projekteeritud veevarustus	67
3.5.2 Projekteeritud reoveekanaliseerimine	69
4 PROJEKTEERIMISE PROTSESS	71
KOKKUVÕTE	76
SUMMARY	77
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	79
LISAD	90
GRAAFILINE OSA.....	101

EESSÕNA

Käesoleva töö teemaks on joogivee puhastamine ja veetöötlusjaama projekteerimine Jüri alevikus. Magistritöö eesmärgiks oli analüüsida veetöötlustehnoloogiad vastavalt projektiala toorvee kvaliteedinäitajatele ning käsitleda uue veetöötlusjaama projekteerimist – tehnoloogia ja põhiseadmete valikut ning dimensioneerimist.

Töö esimeses osas antakse ülevaade olemasolevast olukorrast projekti piirkonnas. Töö teises osas kirjeldatakse toorvee kvaliteedinäitajaid ning võimalikke tarbevee puhastusprotsesse. Kolmandas osas analüüsitakse uue veetöötlusjaama projekteerimise ja lahenduse valimisega seotud aspekte. Töö viimases osas tuuakse välja projekteerimisel kasutatud tarkvarad ning protsessi üldine kulg.

Võimaluse projekteerida Jüri alevikku uus Alajaama veetöötlusjaam ning välistorustikud andis mulle Schöttli Keskkonnatehnika AS, kellele soovin avaldada oma tänu. Sooviksin tänada Schöttli Keskkonnatehnika AS vanemprojekteerijat ja käesoleva töö kaasjuhendajat Tarmo Vaalut, kellega koostöös on antud magistritöö valminud ning kelle juhendamisel teostasin projekteerimistöid ja omandasin vastavad teadmised välistorustike ja veetöötlustehnoloogia projekteerimise kohta. Sooviksin tänada oma lõputöö juhendajat, Tallinna Tehnikaülikooli külalislektorit Vahur Värki, kes toetas mind nii töö kirjutamisel, andmete täpsustamisel kui ka töö üldise kontseptsiooni paika panemisel.

Võtmesõnad: Joogivesi, veetöötlusjaam, tehnoloogia, projekteerimine, magistritöö.

Lühendite ja tähiste loetelu

Peamised kasutatavad lühendid ja tähised:

AISI 316 – austeniitse roostevaba terase mark (ingl k *American Iron and Steel Institute, AISI*), mis järgib USA standardit (Euroopa normi kohaselt 1.4401) [98]

Cm-V – Kambriumi-Vendi põhjaveekogum

De – plasttoru välisläbimõõdu suurus, mõõdetud läbi toru mis tahes punktis [29]

DN – nimimõõt, mis on täisarvuline torustikuelementide suuruse tähis [29]

DWG – *AutoCAD* programmidele iseloomulik failinime laiend (ingl k *drawing*)

EPS – vahtpolüstüreen (ingl k *expanded polystyrene*) [109]

H₂S – divesiniksulfiidhape ehk väävelvesinik (ingl k *Hydrogen sulfide*) on mädamuna lõhnaga mürgine gaas, mida leidub põhjavee koostises [21]

HDPE – kõrgtihe polüetüleen (ingl k *high-density polyethylene*) [102]

HMO – radionukliidide eraldamise tehnoloogia (ingl k *Hydrous Manganese Oxide*) [25]

KMnO₄ – kaaliumpermanganaat (ingl k *Potassium permanganate*) on veetöötluses kasutatav lillaka värvusega kristalne tahke aine [36]

MnSO₄ – Mangaansulfaat (ingl k *Manganese sulfate*) [36]

MTBE – metüül-tert-butüüleeter ((CH₃)₃COCH₃) (ingl k *Methyl tert-butyl ether*) [36]

NaOCl – naatriumhüpoklorit (ingl k *Sodium hypochlorite*) on kergelt kollaka värvusega klooriühend, mida kasutatakse vee desinfitseerimiseks [36, 101]

O-Cm – Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum

PE- polüetüleen (ingl k *Polyethylene*) [102]

PK – puurkaev

PN – nominaalrõhk ehk rõhuklass, mis näitab torustikus suurimat lubatud töö rõhku [29]

PVC-U – plastifitseerimata polüvinüülkloriid (ingl k *Polyvinyl Chloride – Unplasticized*)

SCADA – tööstuslik arvutisüsteem tööstusprotsesside jälgimiseks ja juhtimiseks (ingl k *Supervisory Control And Data Acquisition*) [73]

SN – ringjäikuse klass, mis näitab ringsurvele vastu pidamist [29]

VTJ – veetöötlusjaam

ÜVK – ühisveevärk- ja kanalisatsioon

SISSEJUHATUS

Vesi on elutegevuse alustala, millele kogu elukeskkond toetub. Puhast vett aga ei ole külluses, mille tõttu on oluline säästa ja kaitsta veeressursse. Puhas põhjavesi on tekkinud aja jooksul ning selle kvaliteeti mõjutavad nii inimtegevus kui ka muul viisil pinna- ja põhjavee saastumine. Puhta vee saamiseks tuleb vett töödelda.

Vee töötlemisel lähtutakse sellest, et puhastatud vesi peab vastama tarbijateni jõudes joogivee kvaliteedinõuetele ning olema taskukohane. Toorvee puhastamine aitab eemaldada veest nii sinna lahustunud ühendid kui ka mikrobioloogilised saasteained. Elanikkonna kasvuga on kaasnud tarbimise suurenemine ning tagamaks joogiveele esitatud nõudeid on Eestis viimastel aastakümnetel rekonstrueeritud olemasolevaid veetöötlustehnoloogiaid ning ehitatud uusi veetöötlusjaamasid.

Magistritöös käsitletud projekti piirkond asub Jüri alevikus, Rae vallas, Harjumaal. Käesoleval ajal saadakse Jüri alevikus vesi põhjaveehaaretest. Jüri alevikus on kümme põhilist puurkaev-pumplat, millega tagatakse inimestele vajalik tarbevesi. **Seoses Rae riigigümnaasiumi ja spordihoone rajamisega ning tarbimise suurenemisega likvideeritakse olemasolev toimiv veetöötlusjaam ning rajatakse uus Alajaama puhasti.**

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli valida tehnilised lahendused Jüri alevikus puurkaevude ja veetöötlusjaama ehitamiseks lähtuvalt projekti piirkonna põhjavee kvaliteedinäitajatest ning dimensioneerida tehnoloogia ja koostada ehitusprojekt.

Magistritöö esimeses osas antakse ülevaade olemasolevast olukorrast projekti piirkonnas. Töö teises osas kirjeldatakse toorvee kvaliteedinäitajaid ning võimalikke tarbevee puhastusprotsesse. Kolmandas peatükis analüüsitakse uue veetöötlusjaama projekteerimisega ja lahenduse valimisega seotud aspekte. Töö viimases osas tuuakse välja projekteerimisel kasutatud tarkvaralised lahendused ning protsessi üldine kulg.

Alajaama puurkaevude ja veetöötlusjaama projekteerimiseks ja ehitamiseks korraldatud riigihankes tunnistati edukaks Schöttli Keskkonnatehnika AS. Töö autor sai võimaluse projekteerijana olla projektimeeskonnas ning osaleda projektis. Tööülesanneteks oli koostada vee- ja kanalisatsiooniosa ning veetöötlusjaama tehnoloogilise osa projektid põhi- ja tööprojekti staadiumites, taotleda ehitusload vastavatele rajatistele, osaleda iganädalaselt töökoosolekutel, et arutada väljapakutud lahenduste sobivust ning rääkida läbi olulised päevakorraküsimused. Ehitustegevus jätkub ning töö autor osaleb projektis kuni projekti lõppemiseni.

1 PROJEKTI ANDMED

Käesolevas peatükis esitatakse riigihanke „Alajaama puurkaevude ja veetöötlusjaama projekteerimine ja ehitus“ üldised andmed, asukoha kirjeldus ning ülevaade alusdokumentidest. Lisaks antakse ülevaade projektiala geoloogilistest tingimustest ning pinnase sobilikkusest ehitustööde teostamiseks.

1.1 Üldine

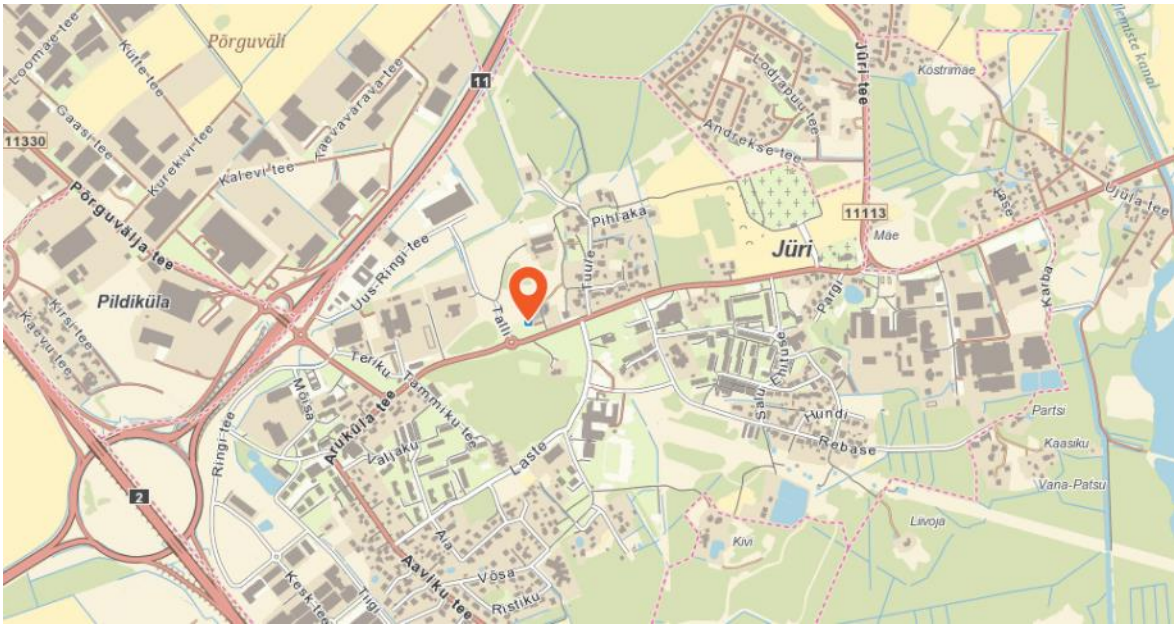
Käesoleva töö eesmärk on ehitushanke läbiviimiseks koostada Jüri alevikku planeeritava veetöötlusjaama projekt tööprojekti staadiumis. Projektiga on lahendatud veetöötlusjaama ja selle ühendustorustike rajamine Jüri aleviku olemasolevate hoonete ning planeeritava Rae riigigümnaasiumi ja spordihoone tarbeks. Ehitusprojekti põhieesmärk on esitada uue veetöötlusjaama ja välistorustike lahendus. Tööprojekti koosseisus on esitatud tehnilised lahendused veetöötlusjaamale ja torustikele jooniste, 3D mudelite, arvutuste ja ehituskirjelduse kaudu.

Tööprojekti on määratud erinevate kaevude ja torude materjal, nende läbimõõt, rajamissügavus, vajalikud seadmed ja rajatised. Lisaks esitatakse nõuded ehituskvaliteedile, keskkonnahoiule ja rajatiste eksploatatsioonile.

1.1.1 Rajatiste asukoht

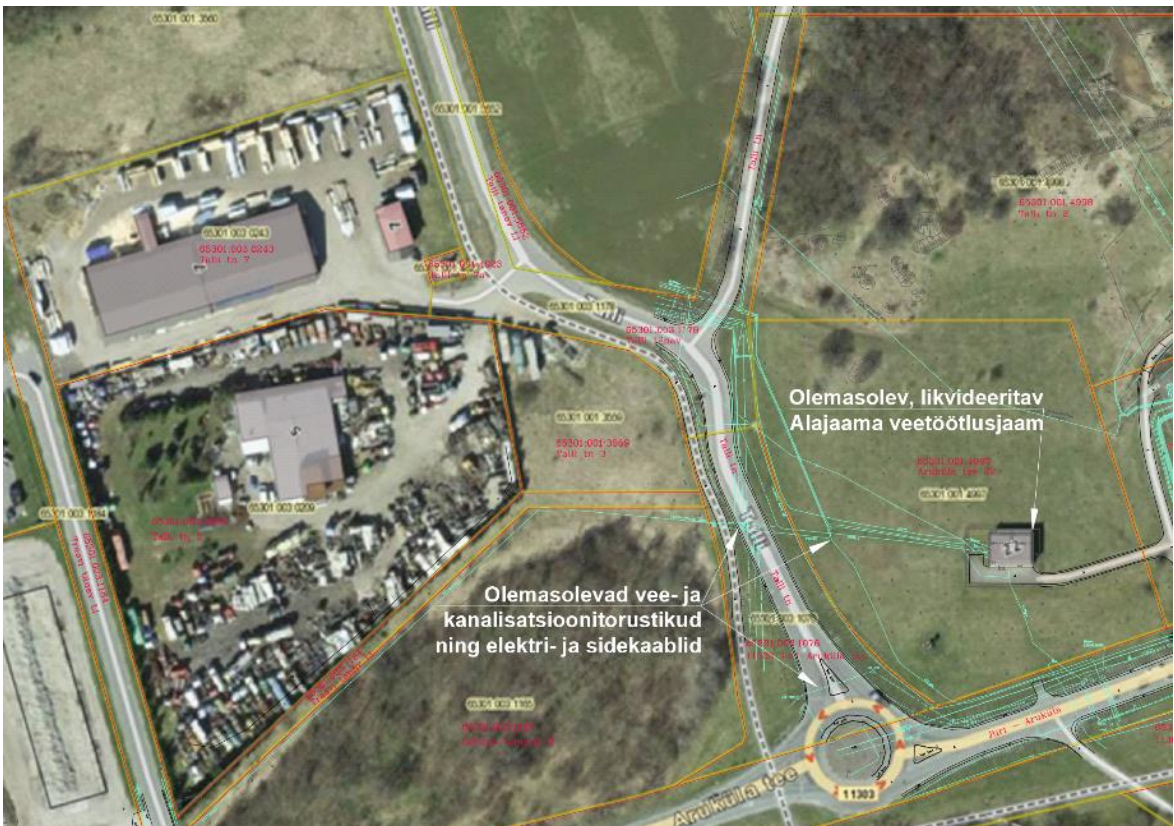
Projekti piirkond asub Harjumaal, Rae vallas, Jüri alevikus (vt joonis 1.1). Olemasolev Alajaama veetöötlusjaam asub kinnistul Aruküla tee 22 (katastri nr: 65301:001:4997). Projektiala koos olemasoleva Alajaama veetöötlusjaamaga on näidatud joonisel 1.2. [2]

Uus veetöötlusjaam on projekteeritud kinnistule Talli tn 2 (katastri nr: 65301:001:4998) [2]. Veetöötlusjaama tarbeks on projekteeritud piirkonda uued tarbevee-, toorvee- ja kanalisatsioonitorustikud. Uue veetöötlusjaamaga ühendatakse ka Veetorni (Teriku tn 6, katastri nr 65301:003:1202) ja Ratsabaasi (Talli tn 2b, katastri nr 65301:001:3371) puurkaevud vajaliku veetarbe tagamiseks. Tööprojekti raames koostatud asendiplaan koos uue veetöötlusjaama ning välistorustikega on toodud töö graafilises osas joonisel 1 (VK-4-01).



Joonis 1.1 Projekti piirkond (Maa-ameti kaardirakendus) [2]

Jüri aleviku olemasolev Alajaama veetötlusjaam likvideeritakse. Samuti ühendatakse ümber olemasolevad vee- ja kanalisatsioonitorustikud ning elektri- ja sidekaablid. Olemasoleva olukorra asukohaskeem on toodud joonisel 1.2. [2]



Joonis 1.2 Olemasolevad rajatised projektipiirkonnas (Maa-ameti kaardirakendus) [2, 48, 49]

1.1.2 Olemasolev olukord

Aruküla tee 22 kinnistul (katastri nr: 65301:001:4997) asub kaheastmeline puurkaev-pumpla, mis on üks põhilistest veehaaretest Jüri alevikus. Maapealne **puurkaev-pumpla** koos reservuaaridega on heas seisukorras, kuid tuleb likvideerida seoses kinnistule planeeritava Rae riigigümnaasiumi ja spordihoone rajamisega. [2, 13]

Jüri aleviku olemasolev **tarbeveevarustus** põhineb puurkaev-pumpla hoones asuval puurkaevul (nr 981), kust võetakse vajalik toorvesi. Puurkaevu sanitaarkaitsealaks on määratud 30 m [2]. Toorvesi juhitakse läbi aeratsioonipaagi ja filtersüsteemi töödeldud vee reservuaaridesse (kumbki mahuga 115 m³) ning mahutitest pumbatakse vesi läbi II-astme pumpade veevõrku. Võrgus rõhu tasandamiseks on puurkaev-pumplas 200 liitrine membraanhüdfoor. Lisaks asuvad hoones automaatse toitega generaator, elektri- ja automaatikaseadmed, kuivati, sulgarmatuur ning neid ühendavad vee- ja kanalisatsioonitorustikud. [13]

Jüri alevikus on väljaehitatud **ühiskanalisatsioonivõrk**, mis teenindab samuti Aruküla tee 22 kinnistul asuvat Alajaama puurkaev-pumplat. [2]

Planeeritava Rae riigigümnaasiumi ja spordihoone rajamisega tuleb olemasolev veetöötlusjaam likvideerida, ümber ühendada vee- ja kanalisatsioonitorustikud ning elektri- ja sidekaablid. Seoses veetarbimise suurenemisega tuleb ehitada suurema tootlikkusega veetöötlusjaam. Olemasolev Alajaama puurkaev, mille lubatud veevõtt on 144 m³/d [13], ei suuda tagada uue kompleksi normaalseks toimimiseks vajalikku toorvee kogust, seega on hankega ette nähtud kahe uue puurkaevu rajamine. [3]

1.1.3 Projekteeritud ehitiste lühikirjeldus

Projekteeritud veetöötlusjaama toorveega varustamiseks rajatakse kaks puurkaevu, millest üks hakkab paiknema veetöötlusjaama hoones ning teine veetöötlusjaamast lääne suunas eraldi asuvas rajatises. [3]

Veetöötlusjaam rajatakse kompleksina töödeldud vee reservuaaridega ning hakkab tööle kaheastmelisena. Sellega tagatakse olemasolevatele ja perspektiivsetele tarbijatele piirnormidele vastav joogivee kvaliteet, vajalik joogivee reservmaht ning tulekustutusvee vajadus. Varasematele veeanalüüsidele tuginedes, varustatakse veetöötlusjaam vajaliku tehnoloogiaga raua ja mangaani ning vees esinevate radionukliidide (raadiumi) ja mikrobioloogia eraldamiseks. Projekti raames rajatakse ka veetöötlusjaama ühendustorustikud ning toimub olemasolevate vee- ja kanalisatsioonitorude ning elektri- ja sidekaablite ümbertõstmine. [3]

1.1.4 Projekteerimise aluseks olevate materjalide loetelu

Projekti koostamisel on lähtunud järgmistest dokumentidest:

- Tellija lähteülesanne – AS ELVESO poolt läbi viidud riigihanke „Alajaama puurkaevude ja veetöötlusjaama projekteerimine ja ehitus“ raames koostatud hankedokumendid ja lisad;
- Jüri aleviku Talli tn 2 ja Aruküla tee 22 kinnistute ning lähiala detailplaneering (DP0950), koostanud Rae Vallavalitsus, kehtestatud 16.10.2018;
- Rae valla ühisveevärgi ja –kanalisatsiooni (ÜVK) arendamise kava 2017-2028;
- Projekteerimiskoosolekute protokollid;
- Projekteerimise alusplaanina on kasutatud topo-geodeetilist alusplaani mõõtkavas 1:500, mis on koostatud OÜ Melbra poolt, töö nr 110 G 21 „Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik Lehmja Tammik 2 kuni Teriku tn 6“ (mõõtmisaeg september 2021.a), koordinaadid L-Est 97 ja kõrgused EH2000 süsteemis;
- Projekteerimise alusplaanina on lisaks kasutatud topo-geodeetilist alusplaani mõõtkavas 1:500, mis on koostatud Hades Geodeesia OÜ poolt, töö nr 3191 „Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik Rae gümnaasium ja spordihoone maa-ala plaan tehnovõrkudega“ (mõõtmisaeg aprill 2021.a), koordinaadid L-Est 97 ja kõrgused EH2000 süsteemis;
- Ehitusgeoloogilise uuringuna on aluseks võetud OÜ REI Geotehnika poolt tehtud uuring „Pumpla. Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik, Talli tn 2“, töö nr 4949-21 (oktoober 2021.a);
- Ehitusgeoloogilise uuringuna on lisaks aluseks võetud Inseneribüroo REIB OÜ poolt koostatud uuring „Rae gümnaasiumi õppehoone ja spordihoone. Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik, Aruküla tee 22 ja Talli tee 2“, töö nr GE-3074 (mai 2021.a).

Projekteerimisel aluseks olnud seaduste, määruste, normide ja standardite loetelu:

- Veeseadus, RT I, 21.09.2021, 6, vastu võetud 30.01.2019;
- Sotsiaalministri 24.09.2019 määrus nr 61 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“;
- Majandus- ja taristuministri 01.03.2021 määrus nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“;
- EVS 835:2022 – Hoone veevärk;
- EVS 921:2022 – Veevarustuse välisvõrk;
- EVS 846:2021 – Hoone kanalisatsioon;
- EVS 848:2021 – Väliskanalisatsioonivõrk;
- EVS 847-1:2014 – Veevärk. Osa 1: Veehaarded;

- EVS 847-2:2016 – Veevärk. Osa 2: Veetöötlus;
- EVS 812-6:2012+A1+A2 – Ehitiste tuleohutus. Osa 6: Tuletõrje veevarustus;
- EPN 18.5.3 - Ühisveevärk. Osa 3. Veevärgi projekteerimine.

1.1.5 Muinsuskaitseameti erinõuded

Ehitusprojekti peavad olema kirjeldatud Muinsuskaitseameti erinõuded ning toodud välja mälestiste nimetused ja registrinumbrid [100]. Vastavalt Maa-ameti kultuurimälestiste kaardirakenduse andmetele asuvad projekti piirkonnas kultuurimälestiste objektid (vt joonis 1.3) [2]:

- | | |
|--|--------------------------------|
| • Talli tn 2 (Kivikalme) | Mälestise registrinumber 18741 |
| • Talli tänav (Kivikalme) | Mälestise registrinumber 18741 |
| • Traavi tänav L1 (Muistsed põllud) | Mälestise registrinumber 18750 |
| • 11303 Jüri-Aruküla tee (Muistsed põllud) | Mälestise registrinumber 18750 |



Joonis 1.3 Kaitsvate mälestiste kaitsevööndid (väljavõtte Maa-ameti kaardirakendusest) [2]

Hanketeates puudub arheoloogiliste uuringute nõue ning projekti piirkonnas juba asuvad erinevad kommunikatsioonid (survetorustikud, elektrikaablid, jt). Kaevetöödel aga tuleb olla tähelepanelik ning arheoloogilise kultuurikihi (sh inimluude, vanade müüride, arheoloogiliste leidude jms) ilmnemisel on leidja Muinsuskaitseametist tulenevalt (§ 31 lg 1, § 60) kohustatud tööd katkestama, jätma leiu leiukohta ning teatama sellest koheselt Muinsuskaitseametile. [14]

Projektiala paikneb kultuurimälestiste kaitsevööndis, kus enne tööde algust peab tööde teostaja esitama Muinsuskaitseametile tööde tegemise teatise (MuKS § 59 lg 3; <https://www.muinsuskaitseamet.ee/et/load> - tööde tegemise teatise vorm). Kui projekt on eelnevalt Muinsuskaitseametiga kooskõlastatud ei ole teatise esitamine vajalik. [14]

1.2 Ehitusgeoloogiline uuring

Maapinna reljeef ja geoloogia on kirjeldatud ehitusgeoloogiliste uuringutega. Projekti piirkonnas on teostatud kaks ehitusgeoloogilist uuringut:

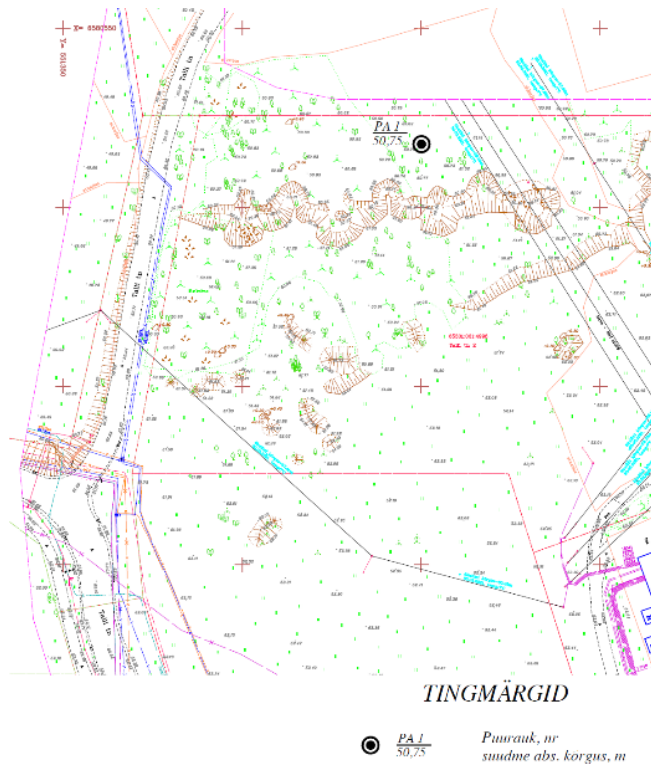
- „Pumpla. Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik, Talli tn 2“, töö nr 4949-21. Töö on koostatud OÜ REI Geotehnika poolt (oktoober 2021.a). [4]
- „Rae gümnaasiumi õppehoone ja spordihoone. Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik, Aruküla tee 22 ja Talli tee 2“, töö nr GE-3074. Töö on koostatud Inseneribüroo REIB OÜ poolt (mai 2021. a). [97]

Ehitusgeoloogilised uuringud on läbi viidud Harjumaal, Rae vallas, Jüri alevikus, Talli tn 2 ja Aruküla tee 22 kinnistutel, kuna vastavatele kinnistule on kavandatud rajada uus veetöötlusjaama hoone koos raudbetoonist veereservuaaridega ning lisaks Rae riigigümnaasium koos spordihoonega. Uuringuala on valdavalt võsastunud ala, maapind on reljeefne ning piirkonnas esineb kuhjatisi ja auke. [4]

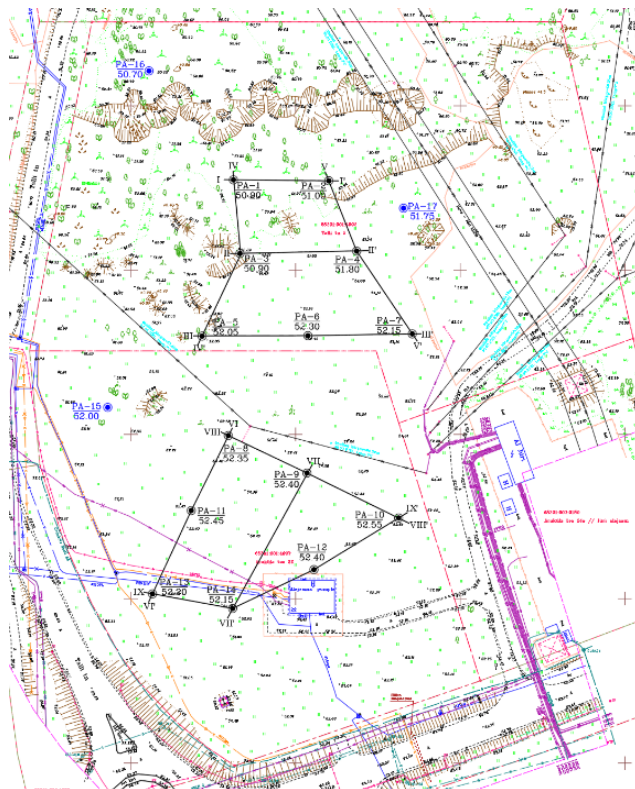
OÜ REI Geotehnika poolt puuriti uuringualale üks puurauk PA 1 (vt joonis 1.4) maksimaalse sügavusega 3 meetrit, mis on vajalik ehitusgeoloogiliste tingimuste hindamiseks veetöötlusjaama projekteerimisel. [4]

Insenerbüroo REIB OÜ poolt puuriti uuringualale 17 puurauku (PA-1 kuni PA-17) maksimaalse sügavusega 2,65 m, mis annavad informatsiooni Rae riigigümnaasiumi ja spordihoone rajamiseks vajalike geoloogiliste tingimuste kohta (vt joonis 1.5).

Rajatud puuraukude põhjal on võimalik saada ülevaade projekti piirkonna ehitusgeoloogilisest läbilõikest, pinnasevee sügavusest ning ehitamise võimalikkusest.



Joonis 1.4 Puuraugu PA-1 asukohaplaan (väljavõtte OÜ REI Geotehnika ehitusgeoloogilise uuringu aruandest) [4]



Joonis 1.5 Puuraukude PA-1 kuni PA-17 asukohaplaan (väljavõtte Inseneribüroo REIB OÜ ehitusgeoloogilise uuringu aruandest) [97]

Uuritud ala paikneb Põhja-Eesti klindipealsel moreentasandikul, kus maapinna absoluutkõrgused jäävad vahemikku 50 kuni 51 m. Geoloogiline läbilõige projekteeritava veetöötusjaama lähistel on toodud joonistel 1.6 ja 1.7. Geoloogiline läbilõige koosneb pindmises osas valdavalt muldkattest ja jäälisest moreenist (antud juhul nn kivimoreenist), millele järgneb lubjakivi ja mergel. [4, 97]

G	Kaevandi nr PA 1			Koordinaadid	Pinnaseveetase (sügavus / abs.kõrgus, m)	
	Maapinna absoluutkõrgus, m 50,75				x = 6580518	-
Strat. Indeks	Kiht, m			Tähis	Kihid	Pinnasekirjeldus
	sügavus	abs.kõrg.	paksus			
IV	0,20	50,55	0,20		1	Muld lubjakivitükkidega
Q ₁	0,90	49,85	0,70		2	Kivimoreen ja murenenud lubjakivi: lubjakivitükid ja -lahmakad mõllise peenliiva vahetäitega, kivisus ca 60...70%, kuiv
O ₃ kh ₂	1,30	49,45	0,40		3	Lubjakivi, helehall, kesktugev, kuiv
	1,50	49,25	0,20			Mergel, pruun, kõva, sisaldab lubjakivitükke
	3,00	47,75	1,50		4	Lubjakivi, helehall ja -pruun, kesktugev, sisaldab õhukesi mergi vahekihte, kuiv

Joonis 1.6 Ehitusgeoloogilise uuringu puurimisinfo geotulp (väljavõte OÜ REI Geotehnika ehitusgeoloogilise uuringu aruandest) [4]

Kaevandi tähis ja nr.	PA-16	Suudme abs. kõrgus	50,70	Puuritud (kuup.) Seade	03.05.2021 GM 100GTT	Pinnasevee sügavus/abs. kõrgus	-	Veepind mõõdetud (kuup.)	03.05.2021
X=6580511					Y=551406				
Geo. Indeks	Sügavus m	Abs. kõrgus m	Paksus m	Geoloogiline lõige	Proovi (labori nr.)	Pinnase kirjeldus			
1	0,65	50,05	0,65			Muld			
2	2,30	48,40	1,65			Savimõllmoreen: Savine liiv (moreen) (clSa), sitke kuni poolkõva, alates 1,3m kõva			
	2,50	48,20	0,20+			Lubjakivi: kesktugev			

Joonis 1.7 Ehitusgeoloogilise uuringu puurimisinfo geotulp puuraugule PA-16 (väljavõte Inseneribüroo REIB OÜ ehitusgeoloogilise uuringu aruandest) [97]

Ehitusgeoloogilised tingimused on veetöötusjaama hoone vundeerimiseks sobilikud – maapinna lähedal on heade geotehniliste näitajatega pinnakihid, nagu lubjakivi ja savimõllmoreen ning veetase paikneb sügaval (puurauke puurides veetasemeni ei jõutud). Veetöötusjaama hoonet on võimalik rajada madalvundamendile. [4, 97]

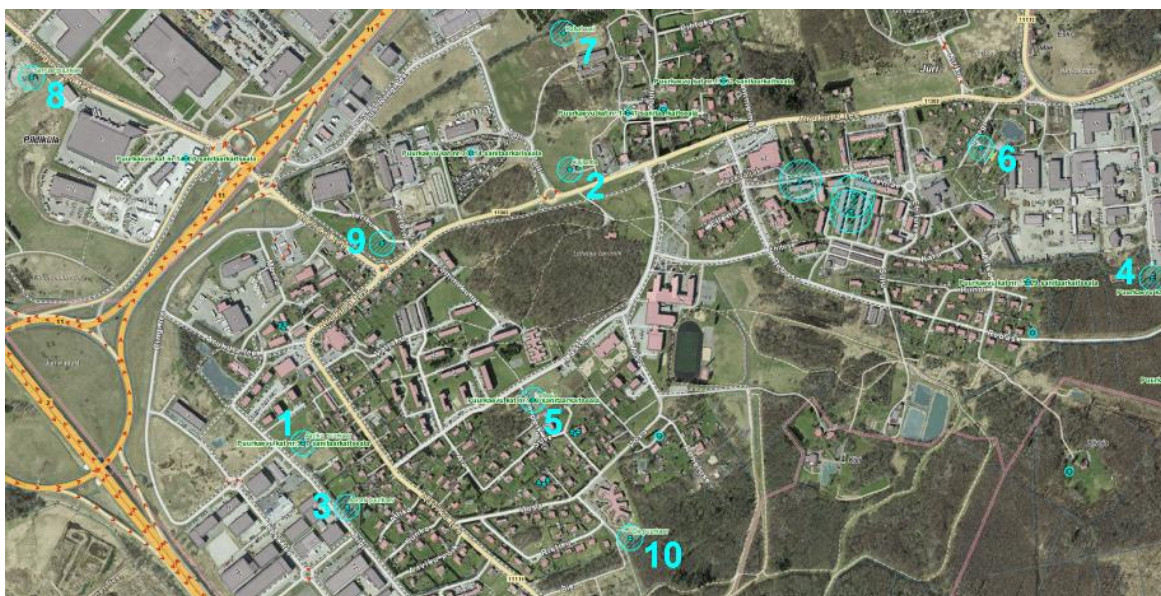
2 TARBEVEE TÖÖTLEMINE JÜRI ALEVIKUS

Käesolevas peatükis esitatakse ülevaade Jüri aleviku toorvee kvaliteedist projekti piirkonnas ning tarbevee puhastamise võimalustest. Tarbevee puhastamiseks on välja töötatud väga mitmeid tehnoloogiaid. Veetötlustehnoloogia valitakse vastavalt toorvee kvaliteedile ning ööpäevasele veevajadusele nii, et oleks tagatud vajalik vee kogus ja vee puhastamine vastavalt joogivee kvaliteedi nõuetele, mis on ka tarbijatele taskukohane.

Levinuimaks joogivee puhastusprotsessiks on oksüdatsioon hapnikuga koos järgneva filtreerimisega survefiltrites. Ülevaates on käsitletud levinumaid raua- ja mangaani ärastamise võimalusi ning nende tööpõhimõtteid, radionukliidide eemaldamist nii uuemal HMO meetodil, membraantehnoloogiaga kui ka ionvahetusmeetodil. Lisaks on välja toodud vee desinfitseerimise võimalused ning tööprintsüübid. Puhastustehnoloogia valimiseks on teostatud alternatiivsete lahenduste võrdlus radionukliidide eraldamiseks.

2.1 Toorvee kvaliteet

Harjumaal, Rae vallas, Jüri alevikus on mitmeid põhjaveehaardeid (vt joonis 2.1). Vaatluse alla on võetud projektiala piires asuvad puurkaevud ning nende veeanalüüside tulemused. Toorvee kvaliteedi hindamiseks on võetud analüüsimiseks puurkaevude veekvaliteet nii Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Cm) kui ka Kambriumi-Vendi (Cm-V) põhjaveekihtides. [10]



Joonis 2.1 Olemasolevad puurkaevud Jüri alevikus projektiala lähistel [2, 13]

Joonisel 2.1 olevate puurkaevude toorvee analüüsid on toodud järgmistes tabelites:

Tabel 2.1 Projektila puurkaevude toorvee analüüsid [11, 13]

JRK NR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PUURKAEVUD		Aaviku PK, nr 977	Alajaama PK, nr 981	Aroni PK, nr 979	Betooni PK, nr 6026	Lasteaia PK, nr 980	Pargi PK, nr 1132	Ratsabaasi PK, nr 1602	Sarruse PK, nr 11587	Veetorni PK, nr 982	Õie PK, nr 24449
PÕHJAVEEKOGUM		O-Cm	O-Cm	O-Cm	Cm-V	O-Cm	Cm-V	O-Cm	O-Cm	O-Cm	O-Cm
KUUPÄEV		17.11. 2021	22.06. 2020	22.06. 2020	14.07. 2020	22.06. 2020	22.06. 2020	22.06. 2020	22.06. 2020	18.06. 2020	22.06. 2020
NÄITAJA	PIIR- SISALDUS [11]	PUURKAEVUDE TOORVEEANALÜÜSID PROJEKTI PIIRKONNAS									
Raud [µg/l]	200	135	81	175	345	3300	2560	165	180	3060	165
Mangaan [µg/l]	50	11	9	12	55	25	48	7	11	24	13
Oksüdeeri- tavus [mgO ₂ /l]	5	1,10	0,64	0,96	0,96	1,50	1,80	0,96	0,64	0,88	0,64
Ammoonium [mg/l]	0,5	0,23	0,20	0,19	0,83	0,25	1,20	0,20	0,19	0,24	0,18
Nitraat [mg/l]	50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Nitrit [mg/l]	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	≥6,5 ja ≤9,5	7,9	7,9	7,8	8,0	7,9	8,2	7,9	7,8	7,9	7,8
Kloriid [mg/l]	250	43	40	41	114	44	140	43	42	43	37
Elektri- juhtivus [µS/cm]	2500	487	483	470	728	447	647	448	492	430	467
Naatrium [mg/l]	200	41,9	44,0	44,8	49,6	46,9	60,8	44,2	41,9	44,6	43,9
Sulfaat [mg/l]	250	5	6	3	6	9	8	7	7	10	4
Fluoriid [mg/l]	1,5	0,78	0,62	0,71	0,39	0,68	0,39	0,63	0,56	0,69	0,73
Üldkaredus [°DH]**	puudub	9	7,9	7,9	12,3	7,4	10,1	7,5	7,9	7,5	7,0
Värvus [mg/l Pt]	Märkus*	2	<2	4	7	19	26	5	<2	11	<2
Maitse [lahjendus- aste]	Märkus*	4	4		4			4	4		2
Löhn [lahjendus- aste]	Märkus*	4	4	2	4	8	16	4	4	8	4
Hägusus [NHÜ]	Märkus*	<1,0	<1,0	1,5	<1,0	56	50	2,4	1	53	<1,0

* - Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta.

** - Üldkaredus on teisendatud Saksa kareduskraadideks: 1 mg-ekv/l = 2,8 °DH ja
1 mmol/l = 5,61 °DH [80]

Märkus: Punasega on juhitud tähelepanu piirsisalduse ületamisele.

Tabel 2.2 Projektila puurkaevude mikrobioloogiliste näitajate veeanalüüsid [11, 13]

JRK	PUURKAEV	PÕHJAVEEKOGUM	KUUPÄEV	NÄITAJA			
				Enterokokid (arv/100 ml)	Escherichia coli (arv/100 ml)	Coli-laadsed bakterid (arv/100 ml)	Kolooniate arv 22°C (arv/ml)
PIIRSISALDUS [11]				0	0	0	100
PUURKAEVUDE MIKROBIOLOOGILISED ANALÜÜSID PROJEKTI PIIRKONNAS							
1	Aaviku PK, nr 977	O-C	16.11.2021	0	0	0	3
2	Alajaama PK, nr 981	O-C	18.06.2020	0	0	0	0
3	Aroni PK, nr 979	O-C	19.06.2020	0	0	0	5
4	Betooni PK, nr 6026	C-V	13.07.2020	0	0	0	<3
5	Lasteaia PK, nr 980	O-C	16.06.2020	0	0	0	>300
6	Pargi PK, nr 1132	C-V	16.06.2020	0	0	0	>300
7	Ratsabaasi PK, nr 1602	O-C	16.06.2020	0	0	0	216
8	Sarruse PK, nr 11587	O-C	18.06.2020	0	0	0	0
9	Veetorni PK, nr 982	O-C	16.06.2020	0	0	0	>300
10	Õie PK, nr 24449	O-C	18.06.2020	0	0	0	0

Märkus: Punasega on juhitud tähelepanu piirsalduse ületamisele.

Tabelite 2.1 ja 2.2 andmetest selgub, et Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekihi vesi ei vasta Sotsiaalministri määruse nr 61, 24.09.2019 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollnõuded ning analüüsimeetodid“ [11] nõuetele. Normiga lubatust esineb puurkaevudes rohkem rauaühendeid ning mikrobioloogilist reostust. [10]

Kambriumi-Vendi põhjaveekihi torveeanalüüsid ei vasta Sotsiaalministri määruse nr 61, 24.09.2019 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollnõuded ning analüüsimeetodid“ [11] nõuetele raua, mangaani, ammooniumi, mikrobioloogia ja radionukliidide sisalduse (vt tabel 2.3) osas. [10]

Radionukliidide analüüsid Jüri aleviku Harju vesikonna Cm-V põhjaveekogumi puurkaevudes

Radionukliidid on radioaktiivsed aatomituumad, mis on võimelised looduses iseeneslikult lagunema [67]. Nende sisaldus pärineb aluskorra kivimitest, mistõttu seostatakse neid eelkõige Kambriumi-Vendi põhjaveekihtide veega. [66]

Radionukliidide sisalduse kohta põhjavees annavad ülevaadet kaevudest võetud põhjaveeproovid, kus on analüüsitud ka radioloogilisi näitajaid. Jüri alevikus Harju vesikonna Kambriumi-Vendi põhjaveekogumi puurkaevudes on radionukliidide sisaldused lubatud piirnormidest kõrgemad. [10]

Pargi puurkaev asub kinnistul Pargi tn 3, Jüri alevik, Rae vald, Harju maakond (katastri nr: 65301:003:1081) ning Betooni puurkaev asub kinnistul Aruküla tee 57f, Jüri alevik, Rae vald, Harju maakond (katastri nr: 5301:003:1078) [2]. Kaevud on rajatud Kambriumi-Vendi põhjaveekogumisse olmevee saamiseks. Puurkaevudest võetud veeanalüüsides on näha radionukliidide sisaldust vees. [10]

Tabel 2.3 Radioloogilised näitajad Jüri alevikus Kambriumi-Vendi põhjaveekogumi puurkaevudes [11, 10]

Radioloogiline näitaja	Ühik	Piirnorm [11]	(6) Pargi puurkaev nr 1132	(4) Betooni puurkaev nr 754	
			15.12.2003	30.03.2004	30.09.2020
Indikatiivdoos (²²⁶ Ra, ²²⁸ Ra)	mSv	0,100	0,485	0,360	0,406

Märkus: Punasega on juhitud tähelepanu piirsisalduse ületamisele.

Indikatiivdoos on oodatav efektiivdoos tulenevalt aastasest sissevõtust, mis saadakse kõigist joogivees avastatud tehislisest ja looduslikest radionukliididest [11]. Efektiivdoos on kiirusenergia summa, mis on neeldunud inimeste organites või kudedes. Aastane joogiveega saadav efektiivdoos ei tohi ületada 0,1 mSv. [66]

Tabeli 2.3 tulemuste põhjal on näha, et radionukliidide sisaldused põhjavees ületavad ligikaudu neljakordselt määruses [11] kehtestatud viitetaset vastavates puurkaevudes.

Indikatiivdoosi piirsisalduste ületamise korral tuleb määruse [11] kohaselt hinnata terviseriski ning kui riskianalüüsi ja mõju hinnangu tulemusest selgub, et joogivee lubatust kõrgemate näitajate puhul inimese tervisele ohtu ei kaasne, võib seda vett kasutada joogiveena. [40]

Põhjaveest proovi võtmine

Põhjaveest proovi võtmine on seadusega [32] reguleeritud toiming. Põhjaveeproovi võtmiseks kasutatakse imi-, membraan- ja sukelpumpasid või proovivõtutorusid. Enne proovi võtmist tuleb jälgida, et proovivõtuvahend on puhas. [32]

Proovivõtukoht peab olema koordinaatidega kindlaks määratud ning esinduslik. Proovi võtmisel tuleb arvestada uuritava põhjaveekihi paiknemisega, lisaks olemasolevate puurkaevude või -aukudega. Enne põhjaveeproovi võtmist pumbatakse kaevust välja vähemalt 4–6-kordne vee maht, väikese põhjavee juurdevoolu korral tuleb kaev mõned korrad tühjaks pumbata. [32]

Peale kaevu läbipumpamist võetakse põhjaveeproov võimalikult puurkaevu lähedale paigutatud kraanist ühtlasest veejoast. Tuleb vältida proovivõtuvahendi ja kraani kokkupuudet. Lisaks ei tohi proovi võtmise ajal keerata kraane ja ventiile, et vältida saasteainete sattumist torustikust veeproovi. [32]

Peale proovi võtmist tuleb see katselaborisse toimetada võimalikult kiiresti, et proovivõtu ja selle analüüsimisevahelisel ajal säiliks proovi esialgne koostis. Proov tuleb katselaborisse toimetada hiljemalt 24 tunni jooksul. [32]

2.2 Joogivee kvaliteedinäitajad

Joogivee kvaliteedi põhinäitajad saab liigitada kolme suuremasse gruppi – füüsikalised, keemilised ja bioloogilised näitajad. Füüsikaliste omaduste hulka kuuluvad vee temperatuur, hägusus, lõhn, värvus, maitse jm. Keemilistest näitajatest on olulisemad aga elektrijuhtivus, karedus, gaaside sisaldus, lämmastiku- ja rauaühendite sisaldus, radioloogilised omadused, jm. Bioloogiliste näitajate gruppi kuuluvad viirused, bakterid ja hulkraksed organismid. Joogivee analüüsi järgi on võimalik valida õige puhastustehnoloogia ning dimensioneerida vastav veetötlussüsteem. [9]

Kõige olulisemad joogivee kvaliteedinäitajad on järgmised:

Lämmastikuühendid – sellesse gruppi kuuluvad ammooniumioon (NH_4^+), nitritid (NO_2^-) ja nitraadid (NO_3^-). Nende ühendite kõrgendatud sisaldus looduslikus vees viitab heitveest tingitud reostusele või väetiste sattumisest veekokku. Kontsentratsiooni mõõdetakse mg/l. [9]

Rauaühendid – raud (Fe) on üks levinumaid metalle maakoos. Põhjavees esineb raud lahustunult kas Fe^{2+} - või Fe^{3+} -ioonina, võib esineda ka kompleksühendite koosseisus. Raud annab veele kollaka värvuse, ebameeldiva ja metallise maitse ning põhjustab torustike kinnikasvamist ja tootmises toodangu rikkumist. Lisaks on rauarikas vesi sobivaks keskkonnaks rauabakteri kasvamisele ning suures koguses kahjulik inimese tervisele. Raua kontsentratsiooni mõõdetakse üldiselt mg/l. [9]

Mangaan (Mn) – ühend, mis tekitab torustikku sattudes $\text{Mn}(\text{OH})_4$ sademe teket. See võib jätta materjalide pinnale tumedad plekid või kile. Mangaani kontsentratsiooni mõõdetakse üldiselt mg/l. [9]

Lahustunud gaasid – Eesti tingimustes tuleb põhiliselt veetöötuses tegeleda süsihappegaasi ja väävelvesiniku eraldamisega. Gaasid põhjustavad metalli ja betooni korrosiooni ning väävelvesinik annab veele terava mädamunalõhna. [9]

Radionukliidid – radioaktiivsust põhjustavad osakesed, mis esinevad paljudes loodusvarades, aga pärinevad ka tehnoloogilistest protsessidest, tuumakütusest ja radioaktiivsetest jäätmetest. Joogivee radioaktiivsuse suhtes on tähtsaim indikatiivdoosi suurim lubatud väärtus 0,1 mSv (kiirgusdoosi ühik). Indikatiivdoos on efektiivdooside summa ning arvutatakse eeldusega, et inimene tarbib päevas 2 liitrit joogivett. Efektiivdoos näitab radioaktiivsete osakeste sisaldust vees. Eestis on olulisteks raadiumi isotoobid (Ra226 ja Ra228) ning radooni sisaldus. [9, 12]

Raskmetallid – keskkonnaohtlikud metallid, mille tihedus on üle 5000 kg/m^3 [21]. Raskmetalle leidub looduslikus vees mikrohulkades, mille järgi nimetatakse neid ka mikroelementideks. Osad raskmetallid, nagu vask (Cu), tsink (Zn), alumiinium (Al) jt, on bioloogiliselt aktiivsete ühendite (vitamiinid, hormoonid jms) koostises ning vajalikud organismi elutegevuseks, kuid suuremates hulkades siiski kahjulikud. Teised raskmetallid on aga toksilised, nagu kaadmium (Cd), elavhõbe (Hg), seleen (Se), plii (Pb) jt. [9, 21]

Fluor (F) – mikroelement, mida esineb fluoriidina (F^-) maapõue kivimites ning leostub sealt põhjavette. Fluori leidub põhja- ja joogivees kas ioonilises või seotud vormis. Fluori kasulik toime seisneb hammaste ja luude mineralisatsiooniprotsessis osalemises, muutes hambaemaili tugevamaks ning vastupidavamaks hapetele. Fluori ülemäärane sisaldus joogivees avaldab aga pikaajalisel tarbimisel negatiivset mõju hammaste heaolule, tekitades nt hambafluuroosi (eriti lastel). [9, 53]

2.3 Joogivee kvaliteedi tagamise meetodid

Järgnevalt kirjeldatakse olulisemaid vee töötlemiseks kasutatavaid tehnoloogiaid ning nende tööprintsippe nii raua ja mangaani ärastamisel, radionukliidide eraldamisel kui ka vee desinfitseerimisel.

2.3.1 Raua ja mangaani ärastamine

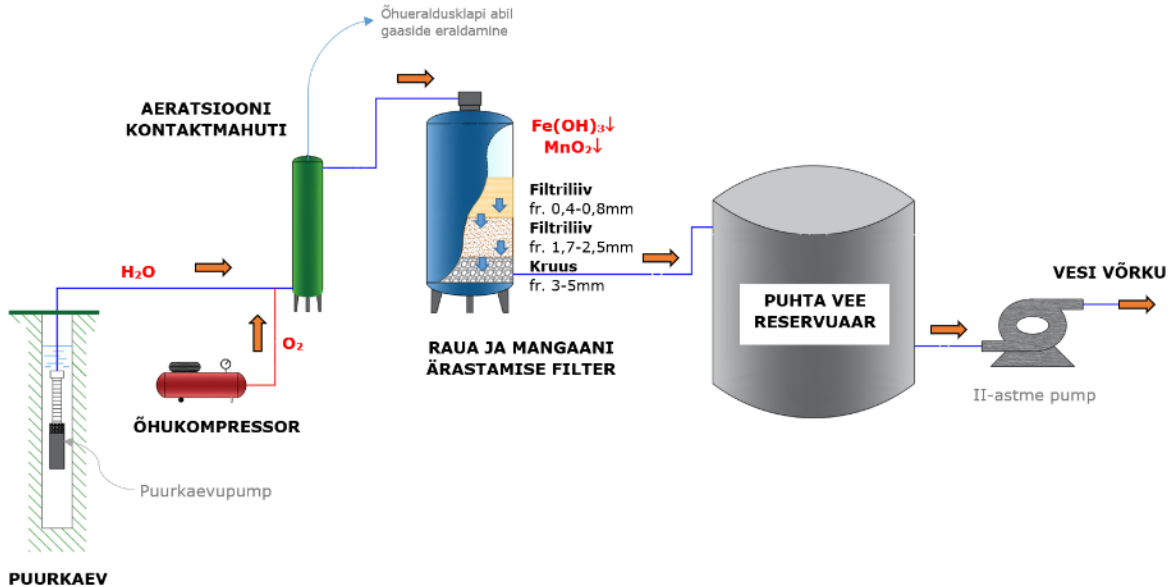
Raud (Fe) ja mangaan (Mn) esinevad põhjavees sageli lahustunud kujul või kompleksühendites. Enamlevinud raua ja mangaani eraldamine koosneb kahest põhilisest etapist: oksüdatsiooniprotsess, mille käigus lahustunud raua- ja mangaaniühendid oksüdeeritakse moodustades lahustumatuid sademeid ning filtratsioon, mille käigus eemaldatakse tekkinud sade veest. Raua ja mangaani eraldamiseks veest on ka teisi meetodeid, kasutades spetsiaalseid filtrimaterjale (nt *Greensand Plus*, *Aqua-Mandix* jt), ioonvahetust, membraanfiltreerimist, jm. [17]

Aeratsioon on õhu või hapnikku vette lisamine [21]. Aeratsiooniga eemaldatakse veest lahustunud gaasid (nt süsinikdioksiid, vesiniksulfiid, radoon) ning selle tulemusena lisandub vette oksüdatsiooniks vajalik hapnik. Aeratsioon on efektiivne ka lõhna- ja maitseprobleemide (nt mangaan ja vesiniksulfiid) ning lenduvate orgaaniliste ühendite (nt MTBE) eemaldamiseks. [41, 43]

Kahevalentse raua ja mangaani oksüdatsiooniprotsessi toimumiseks lisatakse vette hapnikku. Hapniku lisamisega muudetakse raud ja mangaan lahustunud ühenditest vees lahustumatuteks ühenditeks ning neid saab sadestada settimispaagis või eemaldada filtreerimise teel. [9, 41, 43]

Raua- ja mangaani oksüdatsioon hapnikuga on toodud järgmistes võrrandites [42]:





Joonis 2.2 Rauda ja mangaani ärastamine hapnikuga [autor]

Joonisel 2.2 on välja toodud aeratsiooni põhimõtteline skeem. Rauda ja mangaani ärastamine hapnikuga on keemiavaba ning looduslik protsess. Aeratsiooni abil toimub vee õhustamine, millega tagatakse saasteainete (raud ja mangaan) ning lahustunud gaaside eemaldamine veest.

Rauda ja mangaani ärastamisel on oluliseks osaks saasteainete eraldamine filtreerimise käigus. Kõige sagedamini kasutatakse filtrite täitematerjalina erinevate fraktsioonidega filtriliiva ja kruusa (vt joonis 2.2), kuid oksüdeerimise tõhusamaks toimimiseks kasutatakse ka mitmesuguseid **filtrimaterjale**, nagu *Greensand Plus*, *Aqua-Mandix*, *Crystal Right* jt.

Greensand Plus on musta värvi, peeneteraline ja mangaandioksiidi kihiga kaetud filtrimaterjal, mis toimib rauda ja mangaani oksüdatsioonil katalüsaatorina. Lisaks kasutatakse *Greensand Plus* filtrimaterjali mangaani juuresolekul radionukliidide eraldamiseks. Filtrimaterjali katalüütilise toime taastamiseks regenereeritakse materjali kaaliumpermanganaadi lahusega. [70, 87]

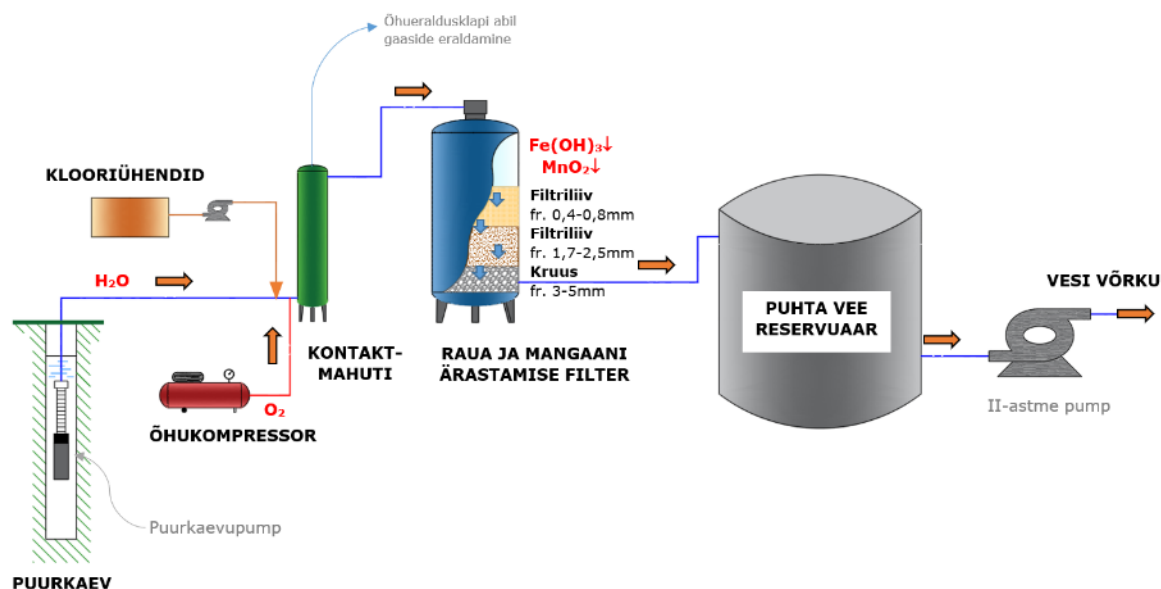
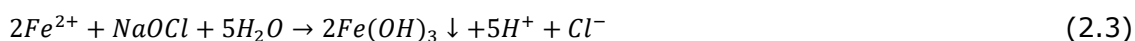
Aqua-Mandix on looduslik purustatud mangaandioksiid. Kasutatakse samuti filtris koos filtriliivaga rauda, mangaani ja vesiniksulfiidi eemaldamiseks. *Aqua-Mandixi* eeliseks on toimimine ka ammooniumi juuresolekul, ei vaja ideaalset pH-keskkonda ning materjali ei ole vaja kaaliumpermanganaadiga regenereerida. [71, 88]

Crystal Right on sünteetiline tseoliit, mida kasutatakse veest rauda, mangaani ja kareduse eemaldamiseks, happelise vee pH taseme tasakaalustamiseks ning ammooniumi

vähendamiseks. Filtrimaterjali omaduste taastamiseks regenereritakse materjali klooriga tagasipesu käigus. Uhtumisel eemaldatakse materjalist sinna adsorbeerunud ained ning regenererimise võimalus pikendab materjali kasutusiga. [110]

Sageli, kui raud ja mangaan on vees seotud orgaaniliste ühenditega, ei piisa rauaärastuse õnnestumiseks hapnikuga oksüdeerimisest, vaid vajalik on kasutada efektiivsemaid oksüdeerijaid – kloor, kaaliumpermanganaat, osoon. [89]

Lahustunud rauda ja mangaani on võimalik eemaldada **klooriühendite** lisamisega vette. Klooriühendid on efektiivsed nii oksüdeerijatena kui ka vee desinfitseerijatena. Klooriühendid on näiteks vedelkloor (Cl_2), naatriumhüpoklorit (NaOCl), kloordioksiid (ClO_2) jm. Kloorühenditest enimkasutatav on naatriumhüpoklorit, mida tarnitakse lahusena ning on kergesti kättesaadav. NaOCl reageerib lahustunud raua ja mangaani ühenditega muutes need vees lahustumatuteks ühenditeks ehk raud(III)hüdrosiidiks ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) ja mangaandioksiidiks (MnO_2) (vt võrrandid 2.3 ja 2.4). Vastavad ühendid on võimalik sadestada filtripadjale (vt joonis 2.3) [83, 86]:



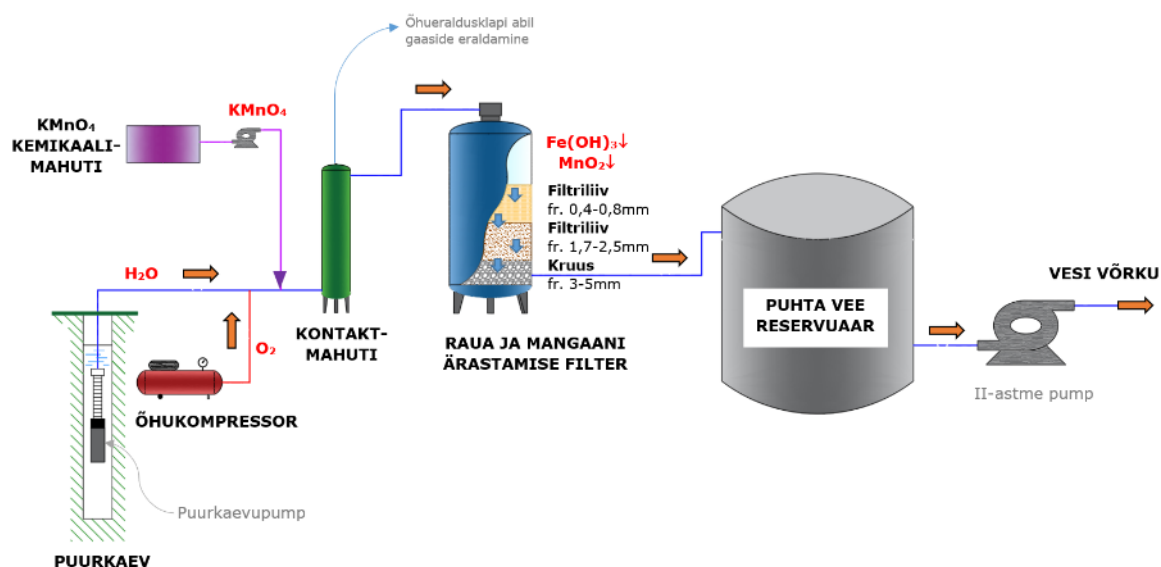
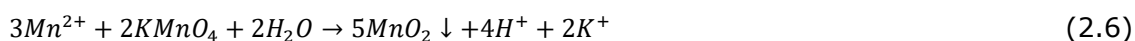
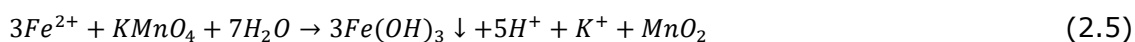
Joonis 2.3 Rauda ja mangaani eraldamine veest klooriühendite toimel [autor]

Klooriühendite kasutamise eeliseks on tõhus rauda ja mangaani ärastamine ning ka vee desinfitseerimine pikaajalise toimega. Kloor on aga toksiline ühend ning selle kasutamine vajab ohutusnõuete järgimist. Lisaks tuleb kontrollida, et jääkkloori sisaldus vees ei oleks tarbijateni jõudes suurem kui 0,5 mg/l ning veetöötusjaamast väljuvas

vees ei tohi see olla suurem kui 1 mg/l [11]. Kloor reageerib ka vees oleva ammoniumiga moodustades klooramiine, mida kasutatakse sageli kloori mõju pikendamiseks torustikes [90]. [9]

Kaaliumpermanganaat (KMnO₄) on väga tõhus oksüdeerija ning oksüdeerib raua ja mangaani vees lahustumatuteks osakesteks. Sademe täpne keemiline koostis sõltub vee olemusest, temperatuurist ja pH-st. Lisaks kasutatakse kaaliumpermanganaati maitset ja lõhna põhjustavate ühendite eemaldamiseks veest. Seda lisatakse vette pulbrina või lahjendatakse eelnevalt 4%-liseks lahuseks. Vee töötlemisel tuleb kaaliumpermanganaadi annust hoolikalt kontrollida, kuna liiga väikese annuse korral raud ja mangaan ei oksüdeeru ning üleannustamisel tekivad jäägid, mis annavad veele roosaka värvuse [16]. [20]

Raua ja mangaani oksüdatsioon KMnO₄-ga on välja toodud järgmistes võrrandites [20]:

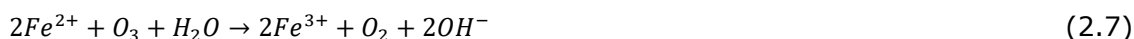


Joonis 2.4 Raua ja mangaani ärastamine kaaliumpermanganaadiga [autor]

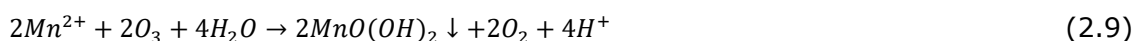
Joonisel 2.4 on toodud raua ja mangaani ärastamine kaaliumpermanganaadi lahusega. Seda doseeritakse koos õhuga kontaktmahutisse, kus vee, õhu ja kaaliumpermanganaadi koostoimel oksüdeeritakse veest raud ja mangaan. Tekkinud sade eraldatakse filtreerimise käigus.

Osoon (O_3) on tugev oksüdant, mis leiab laialdast otstarvet tarbevee töötlemises. Osooni kasutatakse raua- ja mangaani oksüdeerimisel, moodustades lahustumatuid osakesi, mida saab kergesti edasise filtreerimisega veest eraldada. [9, 54, 103]

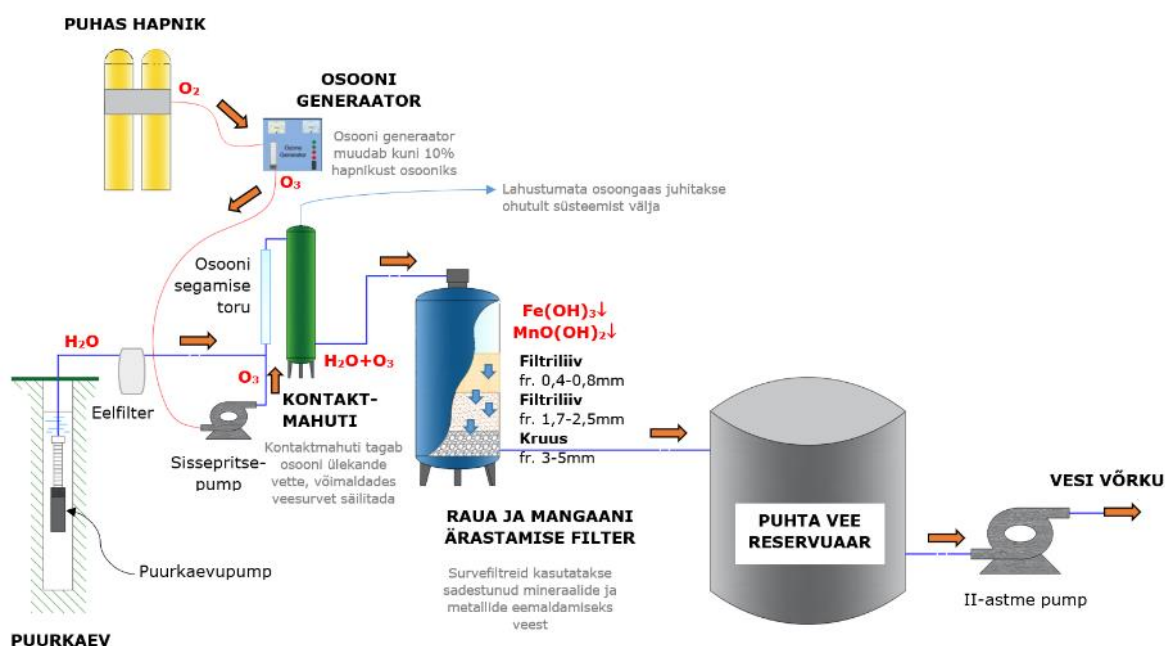
Raua reaktsioonis osooniga oksüdeerub esmalt kahevalentne raud kolmevalentseks raudiooniks (vt võrrand 2.7) ning seejärel hüdroolüüsi teel saadakse raud(III)hüdroksiid (vt võrrand 2.8), mis sadestatakse filtrimaterjalile. [20]



Mangaani reaktsioon osooniga tekitab mangaanoksüdihüdroksiidi ($MnO(OH)_2$), mida on võimalik samuti filtreerimise teel süsteemist eraldada (vt võrrand 2.9) [20].



Osooni eeliseks on see, et ta ei anna veele maitset ega ka lõhna ning lagundab ühendeid, mis kloori toimele ei allu (nt fenoolid). Seevastu on aga osoon toksiline ja korrodeeriv oksüdant. [9, 103]



Joonis 2.5 Osooni kasutamine raua ja mangaani eraldamisel [104, autor]

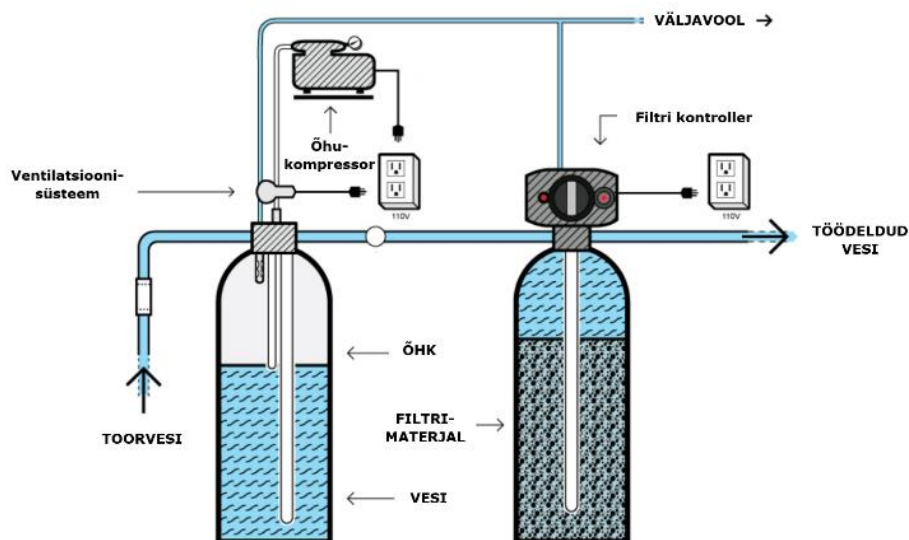
Joonisel 2.5 on toodud osooni kasutamise põhimõtteline skeem. Kasutatakse puhast hapnikku, millest genereeritakse osooni. Osoon viiakse süsteemi, kus see segatakse toorveega ning järgnevas kontaktmahutis toimub oksüdatsiooniprotsess, mille käigus tekkinud raua ja mangaani sade eemaldatakse filtreerimise käigus süsteemist.

Survelised ja gravitatsioonilised süsteemid raua ja mangaani eraldamiseks

Raua ja mangaani ärastamise enamlevinud meetoditeks on survelised ja gravitatsioonilised süsteemid, mis koosnevad vees lahustunud raua (Fe) ja mangaani (Mn) oksüdeerimisest ning sellele järgnevast filtreerimisest. Survelised süsteemid on kinnised, kus protsess toimub surve all ja oksüdatsiooniks vajalik hapnik lisatakse kompressoriga. Gravitatsioonilised süsteemid toimivad avatud mahutites atmosfääri rõhul ja vesi liigub ülevalt alla gravitatsioonijõul.

Survelise aeratsiooni peamine ülesanne on vee hapnikuga varustamine. Surveline aeratsioonipaak on pidevalt rõhu all ning vee juhtimiseks järgmistesse etappidesse kasutatakse torustiku rõhku. Kuna süsteem on rõhu all, on lahustunud gaaside ja lenduvate ühendite eraldamine süsteemist äärmiselt piiratud. See on vähesel määral võimalik aeratsioonipaagi ülaosas paikneva õhueraldusklapi abil. [37]

Survelisse süsteemi õhu lisamine käib õhukompressoriga, mida reguleeritakse solenoidklapi abil. Kompressori rõhk peab olema suurem süsteemi rõhust, et oleks võimalik õhku juurde lisada. Aereeritud vesi suunatakse surveliselt järgmistesse protsessidesse (vt joonis 2.6). [37]

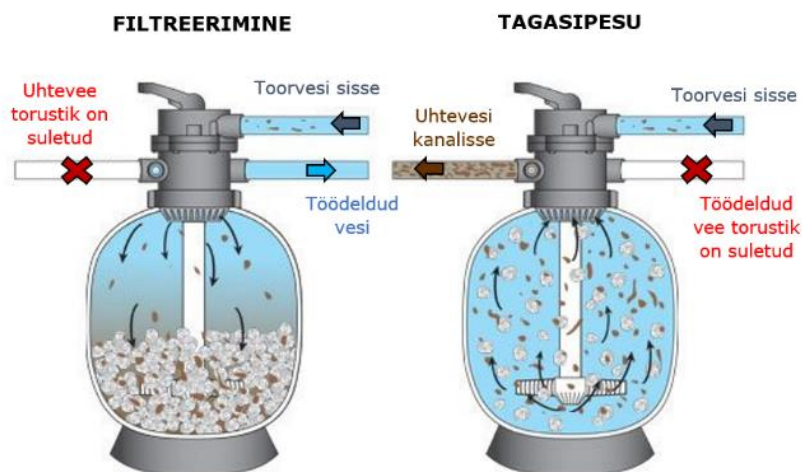


Joonis 2.6 Survelise aeratsiooni skeem [65]

Survefiltrid on veetötluses väga laialdaselt kasutusel. Filter koosneb veekindlast, korrosioonivastase kaitsekihiga teraspaagist, milles paikneb mitmekihiline filtrimaterjal ning mis on mõeldud ühe või mitme saasteaine eemaldamiseks. Filtripaagil on hermeetiliselt suletavad luugid filtrimaterjali vahetamiseks ning sulgarmatuur ja lisaseadmed filtri töö juhtimiseks. Tulemuseks on suletud süsteem, milles töödeldav

vesi läbib filtrimaterjali surve all. Filtreerimiskiirused varieeruvad tavaliselt 7-20 m/h (m^3/m^2h) vahel ning seetõttu võib survefiltri pindala olla väike. [9, 22]

Filtreerimisel kogunevad filtrisse saasteained, mis suurendavad filtri takistust (rõhukadu) ja vähendavad vee läbivoolu kiirust filtrist. Filtrite dimensioneerimisel võetakse arvesse filtri tootlikkuse vähenemist filtri töötsükli jooksul. Kui filtri tootlikkus on vähenenud lubatud piirini tulenevalt tekkinud rõhukadudest, uhutakse filtrid vastassuunaliselt läbi, et eemaldada filtrimaterjali kogunenud saasteained. Filtrite uhtumise sagedus sõltub tarbimisest ning saasteainete sisaldusest toorvees. Uhtumisel tõstetakse filtrimaterjal hõljuvasse olekusse ning teostatakse õhuga kobestamine ja intensiivne loputus veega. Sadestunud saasteained eraldatakse filtrimaterjalist ning juhitakse süsteemist välja (vt joonis 2.7). [9, 105]

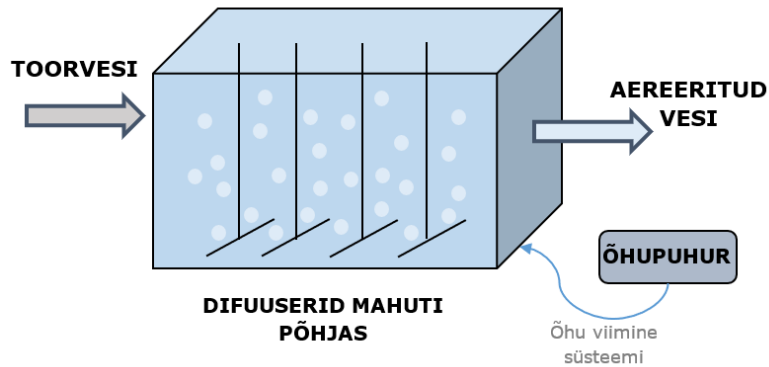


Joonis 2.7 Survefiltri tööpõhimõtte filtreerimisel ja tagasipesul [62]

Surveliste süsteemide eeliseks on vähene ruumivajadus, veetöötlusjaama seadmete paigutamine ühele tasapinnale ning seetõttu sobib süsteem paremini väikestesse veetöötlusjaamadesse. Lisaks on võimalus tagada kogu vajalik rõhk veetöötlusjaama I-astme pumpadega (kui puuduvad puhta vee reservuaarid).[9]

Lahtise aeratsiooni peamised eesmärgid on vee degaseerimine ehk gaaside eemaldamine veest ning vee rikastamine hapnikuga (O_2). Lahtist aeratsiooni kasutatakse eelkõige suuremates veetöötlusjaamades. Lahtise aeratsiooni teostamiseks on kaks võimalikku lahendust: õhu viimine tihedasse kontakti veega ning vee viimine kontakti õhuga. [41]

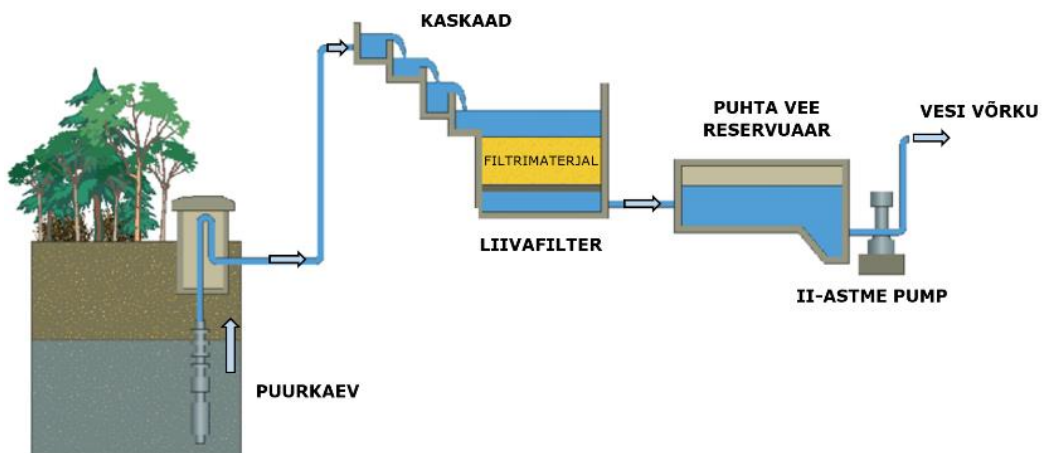
Esimesel juhul juhitakse puhuri abil õhk läbi vee alt ülesse. Sellisel viisil viiakse õhujoaga veest välja lahustunud gaasid ning hapniku lisamisel vette saavad toimuda ka raua ja mangaani oksüdatsiooniprotsessid. [41]



Joonis 2.8 Lahtise aeratsiooni põhimõte – õhu viimine tihedasse kontakti veega [autor]

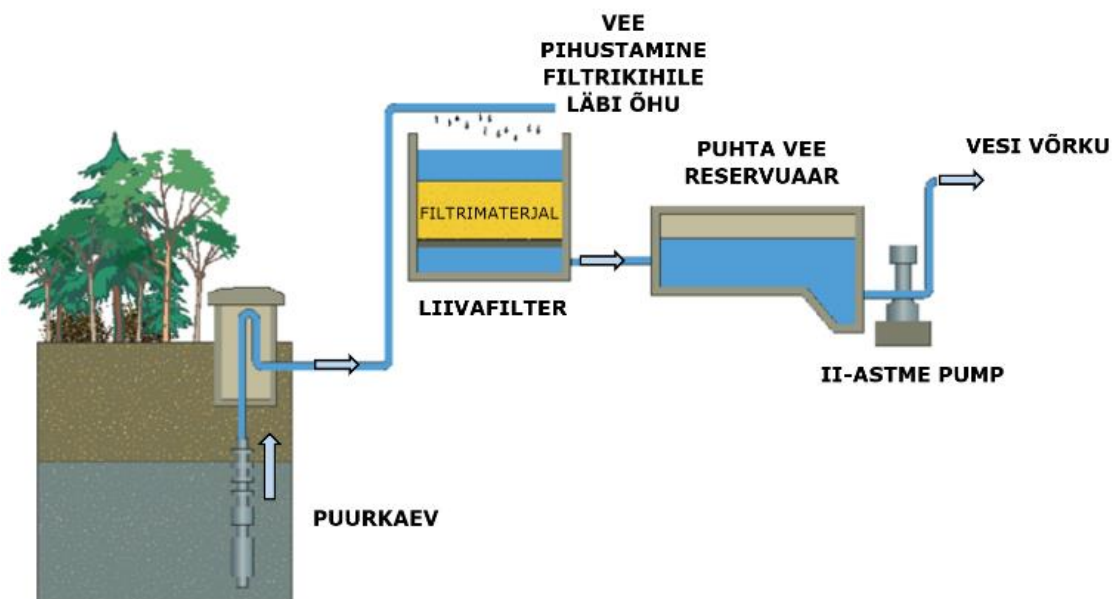
Joonisel 2.8 on näidatud lahtise aeratsiooni põhimõtteline skeem, kus õhk juhitakse õhupuhuriga süsteemi läbi mahuti põhjas asuvate difuuserite.

Teisel juhul suunatakse vesi õhukeskkonda. Seda on võimalik teha nii kaskaadis kui ka vee pihustamisega õhku. **Kaskaad** on üks vanimaid õhutussüsteeme, mis koosneb mitmest etapist. Selle tööprintsip seisneb vee voolamises üle paisu madalamasse süvendisse, luues õhu ja vee kokkupuute. Kui juga sukeldub järgmisesse süvendisse, haaratakse kaasa märkimisväärne kogus õhku, mis hajub seejärel mullidena vees ning õhustab vesikeskkonda (vt joonis 2.9). Süsteem rajatakse kontrollitud ruumi, et vältida vee saastumist. [45]



Joonis 2.9 Gravitatsioonilise veetöötuse skeem – kaskaad aeraator [50]

Vee pihustamine õhukeskkonda toimub pihustusdüüside abil (vt joonis 2.10), mis on ühendatud sissevoolutoruga. Pihustusdüüsid asuvad avatud paagi kohal. Vesi väljub düüsidest peene joana ning langeb läbi ümbritseva õhu filtrimaterjalile. Pihustusaeraatorid on tõhusad gaasiülekannetel, näiteks süsinikdioksiidi (CO₂) eemaldamisel ja lahustunud hapniku hulga suurendamisel. Lisaks oksüdeeritakse süsteemi abil rauda ja mangaani. Puuduseks on lühike kokkupuuteaeg vee ja õhu vahel ning ruumi vajadus seadmete paigutamiseks kõrgusliku skeemi alusel. [41]



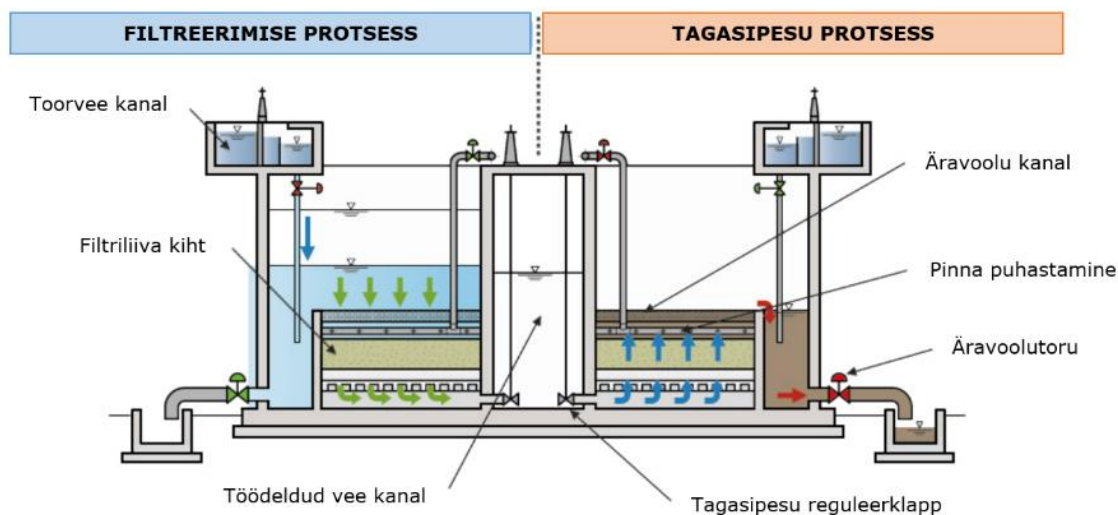
Joonis 2.10 Gravitatsioonilise veetötluse skeem – pihustusaeraator [50]

Gravitatsioonilisi filtreid kasutatakse laialdaselt mitmeastmelise veetötlussüsteemi ühe osana suuremates veetötlusjaamades. Gravitatsioonilised filtrid on pealt avatud basseinid, kus vee filtreerimine toimub raskusjõu mõjul läbi filtrikihi [9].

Filtrid valmistatakse kas betoonist või terasest ning võivad olla ruudu-, ringi- või ristkülikukujulised. Filtris vahepõranda peal paikneb mitmekihiline filtrimaterjal (nt liiv, antratsiit jms). Vahepõrandal paiknevad pilukuplid, mida kasutatakse uhtevee jaotamiseks kui ka filtreeritud vee kokku kogumiseks. Pilukuplitest suunatakse vesi järgmisesse puhastusetappi. Filtrimaterjali pinnale kogunenud osakesed põhjustavad teatud aja möödudes filtris ummistust ning seetõttu tuleb teostada tagasipesu. [22]

Tagasipesu teostamiseks suletakse toorvee pealevool ja filtraadi äravool ning avatakse uhtevee äravoolutorustik ja pealevool. Uhteveeks kasutatakse puhastatud vett reservuaaridest. Tagasipesu tsükkel algab filtri kobestamisest õhuga, seejärel toimub uhtumine õhu ja vee seguga ning intensiivne loputus veega. Uhtumisel pumbatakse vesi filtrisse nii, et oleks tagatud filtrikihi paisumine 20-40%. Filtrimaterjalist eralduvad

uhtumisega sinna settinud saasteained, mis eraldatakse uhtevee äravoolurenni kaudu. Peale uhtumist suletakse uhtevee pealevool ning avatakse toorvee pealevool ja filtraadi äravool. Algab uus töötükk. Filtri tööpõhimõte on toodud joonisel 2.11. [9, 106]



Joonis 2.11 Gravitatsioonilise filtri tööpõhimõte tavaolukorras ja uhtumisel [63]

Gravitatsiooniliste süsteemide puuduseks on madal voolukiirus ning veetötlusseadmete paigutamine. Gravitatsioonilise tehnoloogiaskeemi kasutamisel tuleb tagada vee isevoolne liikumine kõrgeimast punktist madalamasse ehk moodustub veetötlusjaama kõrguskeem. [9, 22]

2.3.2 Radionukliidide eemaldamine

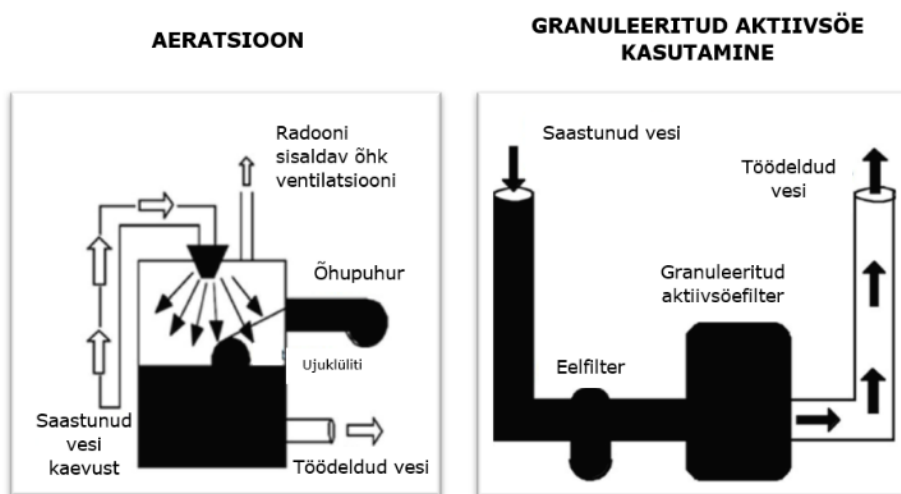
Radionukliidid esinevad looduslikult pinnases ja valdavalt aluskorra kivimites (graniit, gneiss jt). Selle tõttu on põhjavees suurem radionukliidide sisaldus seotud valdavalt Kambriumi-Vendi põhjaveekihtide veega. Radionukliidid põhjustavad organismile mitmeid tervisekahjustusi, mille tõttu on vajalik nende eemaldamine joogiveest. Joogiveetötluses on vaatluse all enamasti radooni ja raadiumi isotoobid. [34, 66]

Radoon (^{222}Rn) on loodusliku päritoluga radioaktiivne gaas, mis kiirgab ioniseerivat kiirgust. Radoon tekib uraani lagunemise käigus ning läbi Põhja-Eesti lõhelise paekivipinnase tõuseb vabalt maapinnale. Sissehingamisel või lahustunud radooni sisaldava joogivee pidev tarbimine põhjustab tervisekahjustusi. [34, 35]

Radooni on võimalik veest eraldada kas aeratsiooniga, granuleeritud aktiivsöe abil või neid mõlemaid kombineerides.

Aeratsiooniprotsessis lisatakse süsteemi õhku ning kui vesi puutub õhuga kokku, eraldub veest enamasti kuni 99,9% radoonist (vt joonis 2.12). [64, 69]

Teine võimalus eemaldada radoongaas veest on kasutada **granuleeritud aktiivsütt**. Aktiivsüsi eemaldab radooni adsorptsiooni teel ehk vesi juhitakse läbi aktiivsöe, radoon koguneb selle pinnale ning eemaldatakse veest (vt joonis 2.12). Protsessi tõhusus sõltub vee pH-st, temperatuurist, voolukiirusest ja kokkupuute ajast materjaliga ning toorvee üldisest saasteainete koostisest ja kontsentratsioonist. Granuleeritud aktiivsüsi on pikema toimeajaga, kui vees on vähe saasteaineid ning vee voolukiirused läbi materjali on väikesed. Aktiivsöele akumulunud radoon muudab filtri pika kasutusaja jooksul radioaktiivseks ning seda tuleb käidelda vastavalt nõuetele [91]. Aktiivsütt saab kasutada ka peale aeratsiooni saastunud õhu puhastamiseks, et vähendada radooni kontsentratsiooni väljuvas õhus. [64, 69]

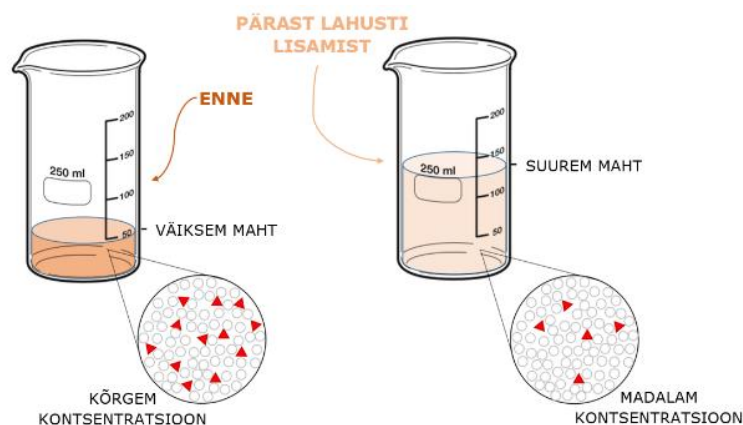


Joonis 2.12 Radooni eemaldamise võimalikud lahendused joogiveest [69]

Raadiumi isotoobid ^{226}Ra ja ^{228}Ra on põhjavee looduslikud saasteained, mis moodustavad 90% ülemäärasest oodatavast efektiivdoosist [66]. Raadium on leelismuldmetalli element ning keemilised omadused on sarnased kaltsiumi, magneesiumi ja baariumiga. Raadium on üks ohtlikumaid elemente kokkupuute korral ning tema isotoobid põhjustavad tõsiseid terviseprobleeme. [34]

Looduslikke radionukliide saab veest eemaldada mitmete puhastusmeetoditega, sh lahjendamine, ionvahetus, pöördosmoos ning uuem HMO tehnoloogia. [34]

Lahjendamine on lihtsaim viis saada vee kvaliteet joogivee nõuetele vastavaks. Lahjendamise käigus segatakse radionukliide sisaldav vesi teiste veeallikate veega, mille koostises ei sisaldu radionukliide. Vesi on väga hea lahusti, milles ainete osakesed kergesti lahustuvad. Vee lahjendamisel väheneb aga lahustunud aine kontsentratsioon vees ning lahuse maht suureneb (vt joonis 2.13). Nii on võimalik vähendada piirnormist kõrgemaid saasteainete sisaldusi ning jõuda soovitud tulemuseni. [23, 59]

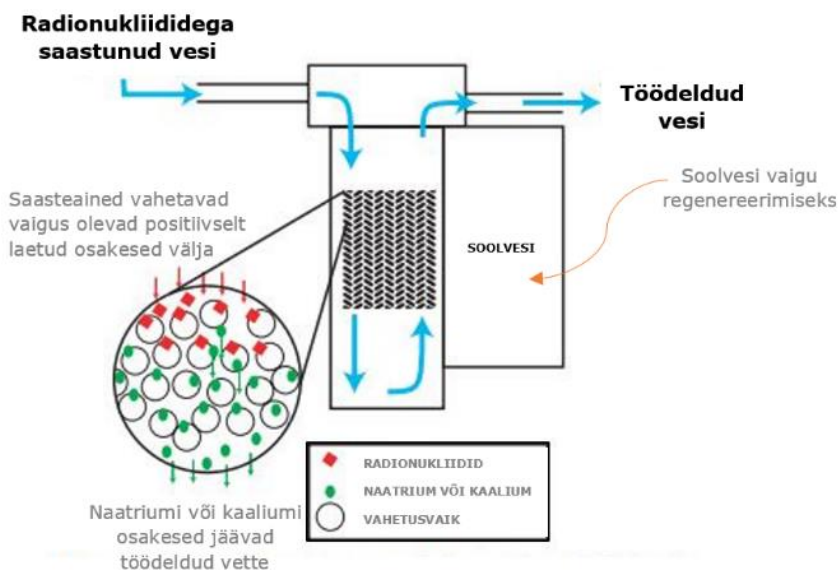


Joonis 2.13 Lahjendamise põhimõte [58]

Lahjendamise kasutamisel tuleb kontrollida, et kõikidest veeallikatest pärinev vesi segatakse omavahel põhjalikult enne tarbijateni suunamist. Lisaks tuleb ohutuse tagamiseks lahjendus määrata selliselt, et saasteainete tase jääks tunduvalt alla määrusega [11] kehtestatud piirsisalduste. [23]

Ionvahetus põhineb vee juhtimises läbi positiivselt (kation) või negatiivselt (anioon) laetud vaigukihi, mis seob endaga saasteained. Selle abil on võimalik joogiveest eemaldada ligikaudu 90% radionukliididest. Raadiumi isotoopide (^{226}Ra ja ^{228}Ra) eraldamiseks kasutatakse ionvahetusvaiguna enamasti naatriumi (Na) või kaaliumi (K) kationiite, mis eemaldavad lisaks radionukliididele ka rauda (Fe), mangaani (Mn), kaltsiumit (Ca) ja magneesiumit (Mg). [23, 64]

Joonisel 2.14 on näha ionvahetusprotsessi tööpõhimõtet. Ionvahetusprotsessi käigus suunatakse saastunud vesi läbi vaigukihi, mis sisaldab laetud osakesi (Na^+ või K^+). Vee voolamisel läbi kationitvaigu vahetuvad saasteained (Ra, Ca, Mg jt ühendid) vaigus olevate positiivselt laetud osakesega (Na^+ või K^+). Saasteaine jääb vaigu koostisse ja laetud osake eemaldatakse süsteemist koos töödeldud veega. Vaigu puhastusefektiivsuse langedes teostatakse regeneratsioon soolalahusega vaigu omaduste taastamiseks. [64]



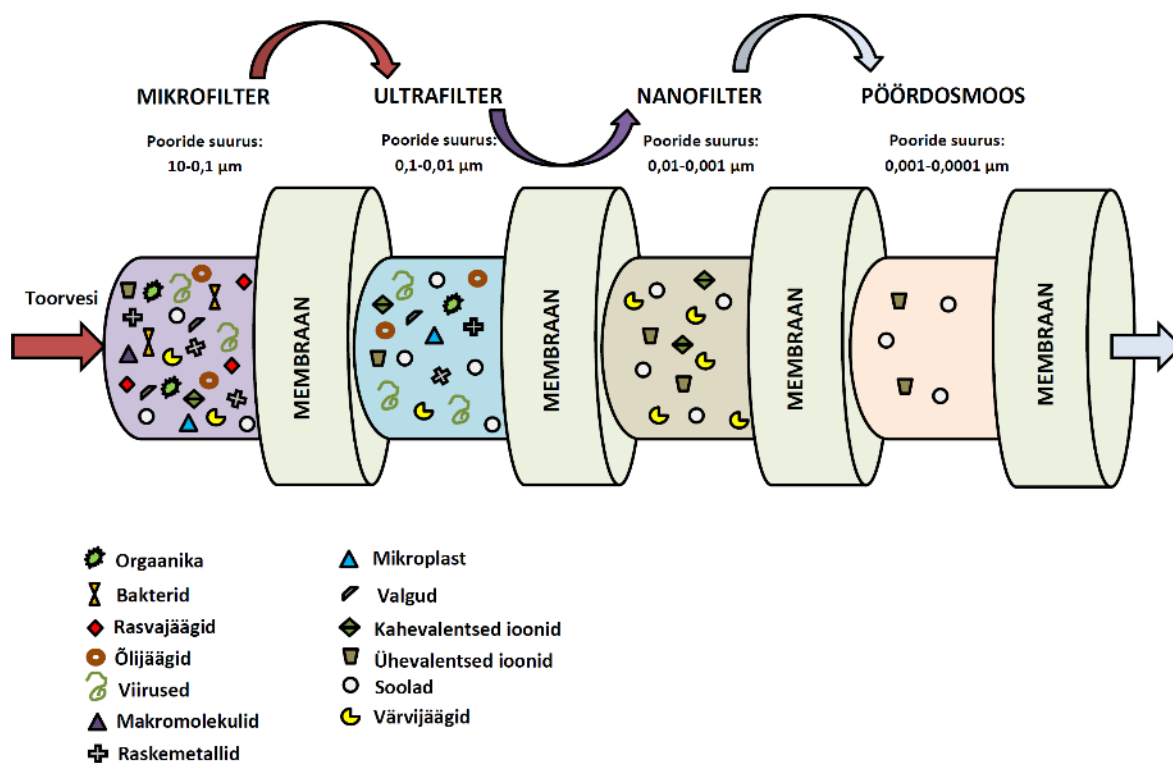
Joonis 2.14 Ioonvahetusprotsess [64]

Ioonvahetuse eeliseks on mitmete ühendite eemaldamine veest, kuid kõrge kareduse ja rauasisalduse tõttu võib vaigukeskkond kiiresti ummistuda ning soovitud efekti radionukliidide eemaldamiseks ei teki. [23]

Membraantehnoloogia kasutamine radionukliidide eemaldamisel on üks võimalik lahendus. See põhineb sellel, et kõrgsurvepumba abil surutakse vesi läbi poorse või tiheda membraani. Soolad, orgaanilised ained ja saasteained, sh ka radionukliidid jäävad kas retentaati või membraanide pooridesse kinni, puhas vesi aga läbib membraani. Põhiprintsiip seisneb lisarõhu andmises süsteemi, et juhtida vett kontsentreeritumast keskkonnast puhtasse [23]. Selle käigus eemaldatakse veest kõik lahustunud lisandid. [24]

Membraantehnoloogia jaguneb vastavalt membraani pooride suurusele neljaks protsessiks (vt joonis 2.15). Mikrofiltrid on mõeldud kõige suurema läbimõõduga osakeste eemaldamiseks torveest. Mikrofiltrites on poorid suurusega umbes 10-0,1 μm ning need eemaldavad veest koloidosakesed, rasva- ja õlijäägid ning ka bakterid. Mikrofiltrid vajavad vee membraanist läbisurumiseks rõhku 1-5 bar. Tiheduselt järgmised on ultramembraanfiltrid (pooride suurus 0,1-0,01 μm), mis eemaldavad veest makromolekulid, viirused, mikroplasti, valgud, orgaanika ja raskemetallid. Ultramembraanid vajavad toimimiseks rõhku 1-10 bar. Peale ultramembraanfiltrid tulevad kasutusele nanofiltrid, mille pooride suurus on 0,01-0,001 μm . Nanofiltritega eemaldatakse lahustunud värvained ja ioonid, kuid vee surumiseks läbi pooride vajavad filtrid suuremat rõhku, umbes 20-40 bar. Kõige suurema puhastusastmega on pöördosmoosi seadmed, milles kasutatakse tihedaid

membraane, mille pooride suurus on vaid 0,001-0,0001 μm . Pöördosmoosi abil on võimalik eemaldada veest soolad nagu kloriidid, fluoriidid, naatrium ja paljud teised soolad, samuti ka radionukliidid. Pöördosmoos on kõige tihedama membraaniga ning vajab tööks rõhku 20-60 bar. [26, 64, 99]



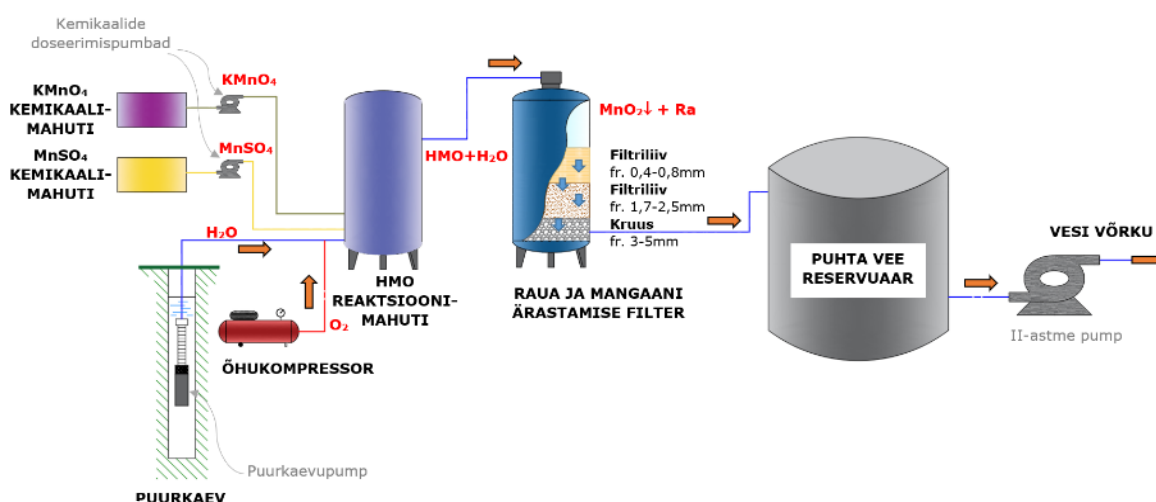
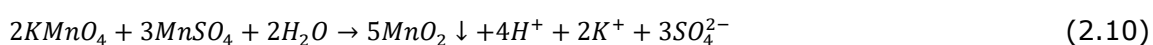
Joonis 2.15 Membraanprotsesside rakendamine puhastusastmete järgi [autor]

Pöördosmoosiga on võimalik eemaldada ligikaudu 87%-98% radionukliididest vees. Protsessi efektiivsus sõltub aga ka vee pH-st, hõljuvate ainete sisaldusest, membraani tüübist ning rõhust.

Pöördosmoosi puuduseks on suur energiatarve ning kontsentreeritud radioaktiivne retentaat, mis juhitakse kanalisatsiooni. Membraantehnoloogia eeldab põhjalikku eelpuhastust, et pikendada membraanide eluiga, vastasel juhul saastuvad membraanid kiiresti ning puhastusefektiivsus väheneb. Lisaks tuleb membraanidele teostada mõne aja tagant hapete ja alustega läbipesu, et taastada membraanide läbilaskevõime. Pöördosmoosi kasutamisel radionukliidide eemaldamiseks tuleb hoiduda membraanide rikestest, et saasteained, sh radionukliidid ei satuks töödeldud vette ning tarbijateni. Aja jooksul saastunud membraane tuleb radionukliidide olemasolul utiliseerida kui ohtlikku jäädet. [34, 25, 64]

Radionukliidide eraldamisele juhitakse üha enam tähelepanu ning **HMO tehnoloogia** (ingl k *hydrous manganese oxide*) kasutamine on üks uuematest raadiumi eraldamise meetoditest. Raadiumi eemaldamiseks on kaks põhimõtet: simultaansadestamine ja kontaktoksüdatsioon. [34]

Simultaansadestamise ehk samaaegse sadestamise protsess on sadestuskemikaali manustamine otse kontaktmahutisse [21]. Seda meetodi kasutatakse juhul, kui looduslikus toorvees esineb piisavalt mangaani või lisatakse täiendavalt mangaanühendeid juurde. Mangaandioksiidi ja raadiumi kompleks moodustab sademe, mida on võimalik välja filtreerida ning filtri pesutsükliga ka süsteemist eraldada (vt võrrand 2.10). [34]



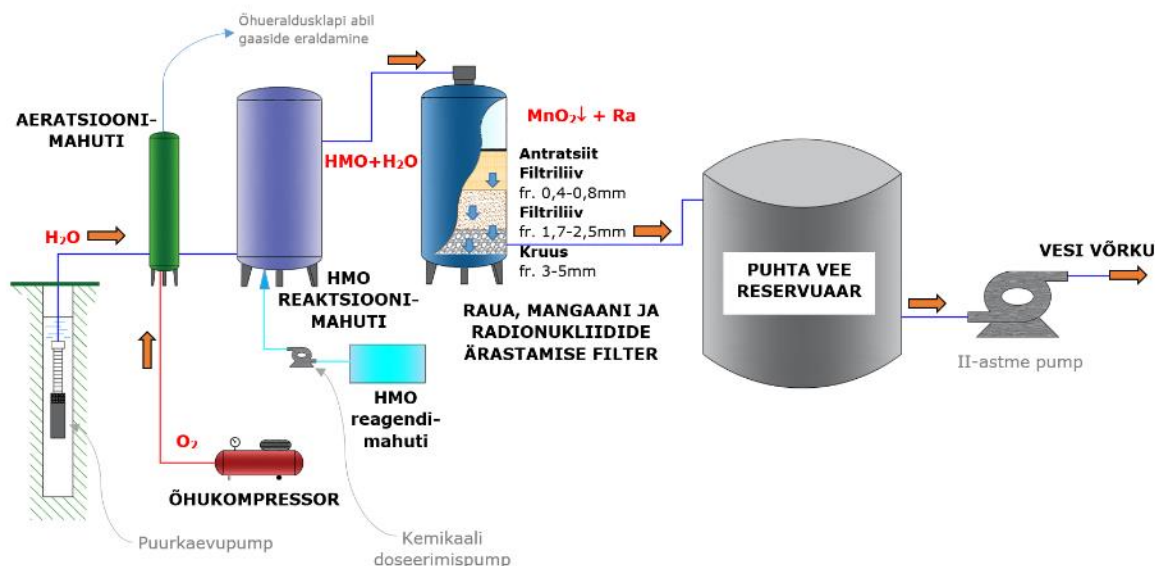
Joonis 2.16 HMO protsessi skeem simultaansadestamise korral [autor]

Joonisel 2.16 on HMO protsessi skeem, kus õhku ja kemikaale lisatakse otse reaktsioonimahutisse. Reaktsioonimahutis tekkinud sade eemaldatakse järgnevas filtris.

Kui toorvees ei ole piisavalt mangaani, siis lahustunud raadium adsorbeerub mangaandioksiidi kandjale ega eraldu läbipesu ajal. Raadium akumuleerub filtris ning lagunedes emiteerub radioaktiivne radoon. Selle tõttu soovitatakse seda tehnoloogiat hoolikalt kontrollida. [34, 25]

Kontaktoksüdatsiooni protsessis kasutatakse järgmist töötlemisprotsessi: toorvee õhustamine aeratsioonipaagis → kokkupuude HMO seguga → filtreerimine läbi liivafiltri. HMO segu on võimalik saada kaaliumpermanganaadi (KMnO_4) ja mangaansulfaadi (MnSO_4) soolalahuste kokkusegamisel eraldi reagentimahutis. Sellise skeemi alusel

toimub kaheastmeline oksüdeerimine, kus esmalt tekitatakse raud(III)hüdrokksiidi sade aeratsioonimahutis ning seejärel mangaandioksiidi sade HMO reaktsioonimahutis. Selle protsessi tulemuseks on palju tõhusam radionukliidide eraldamine kui süsteemides, kus lisatakse reagente ja õhku otse reaktsioonimahutisse. [34, 95, 96]



Joonis 2.17 HMO protsessi skeem kontaktoksidatsiooni korral [autor]

Joonisel 2.17 on näidatud HMO protsessi põhimõtteline skeem, kus esmalt toimub aereerimine ning seejärel doseeritakse HMO segu (KMnO_4 ja MnSO_4 soolalahused) eraldi reaktsioonimahutisse. Peale aeratsiooni ja oksüdeerimist HMO seguga sadestatakse raud, mangaan ja radionukliidid filtrimaterjalile.

Radioaktiivsete materjalide utiliseerimine

Looduslike radionukliidide eraldamisega põhjaveest tekivad nii gaasilised (desorbeeritud radoon), vedelad (filtrite tagasipesuvesi, ionvahetusvaigu regenereerimislahus, pöördosmoosi soolvesi jne) kui ka tahked (filtrimaterjalid, vaigud, membraanid) radioaktiivsed jäätmed. Jäätmete omadusi mõjutavad radionukliidide algne sisaldus vees, läbipesu teostamine, puhastusprotsessi efektiivsus, materjalide vahetamise sagedus jms. Mida kõrgem on tekkivate jäätmete radioaktiivsuse tase, seda tõhusam on radionukliidide eemaldamine veest. [34]

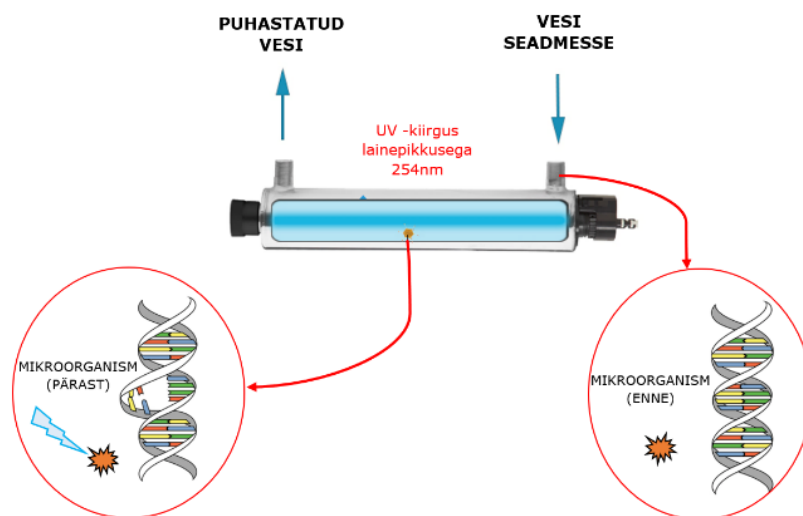
Vee töötlemisel eraldatavad radionukliidid kontsentreeruvad materjalides ja seadmeosades sellise määral, et aktiivsuskontsentratsioon ületab väljaarvamistasemeid (potentsiaalne NORM-jääde) ning nende jäätmete käitlemisel tuleb rakendada kiirgusohutuse ja -kaitse põhimõtteid. [77]

Looduslikke radionukliide sisaldavad materjalid ehk NORM-jäätmed (ingl k *Naturally Occuring Radioactive Material*) paigutatakse teatud tingimustel tavajäätmehooldlasse (kui seadus seda võimaldab) või radioaktiivsete jäätmete lõppladustuspaika [75]. Eestis tegeleb radioaktiivsete jäätmete puhastamise, käitlemise ja ladustamisega AS A.L.A.R.A ning nende hallatav radioaktiivsete jäätmete hooldla asub Paldiskis [76].

2.3.3 Vee desinfitseerimine

Vee desinfitseerimine on vajalik patogeensete mikroorganismide (viirused, bakterid), algloomade ning planktoni kõrvaldamiseks veest. Enne veevõrku juhtimist saab vett desinfitseerida ultraviolettkiirguse, kloorimise, osoonimise jm abil. [9]

Ultraviolettkiirgust kasutatakse vee desinfitseerimiseks. UV-seadme tööpõhimõte seisneb spetsiaalsete UV-lampide kasutamises, mis kiirgavad vette UV-kiirgust lainepikkusega vahemikus 230-280 nm. Vastav kiirgus põhjustab mikroorganismide bioloogilises struktuuris häireid, takistades nende paljunemisvõimet ja arengut, muutes nad sellisel moel ohutuks. Vastav tööpõhimõte on välja toodud ka joonisel 2.18. [18]



Joonis 2.18 UV-sterilisaatori tööpõhimõte [18, 52]

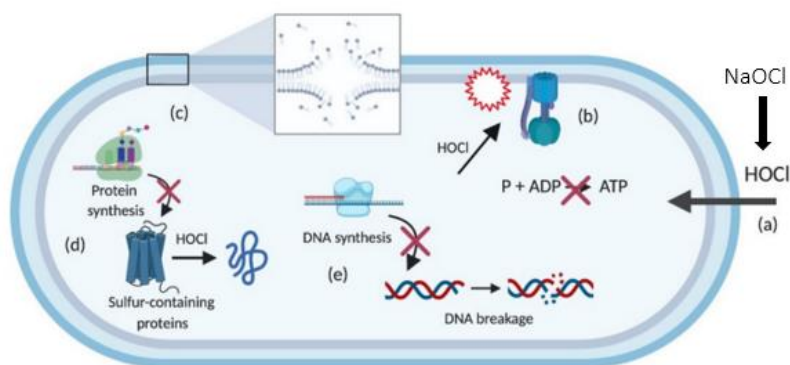
See protsess on väga lihtne ja tõhus ning hävitab valdava osa mikroorganismidest ilma kemikaale vette lisamata ning vee maitset ja lõhna muutmata. [18]

UV-seade ei eemalda veest teisi saasteaineid, nagu raskmetalle, ravimijääke, soolasisid, jm. Saasteainete eemaldamiseks veest on vaja kasutada lisaks UV-seadmele ka teisi puhastamise viise. Lisaks toimib UV-filter koheselt, kuid ei anna järelmõju võrgus. [19]

Naatriumhüpokloriti (NaOCl) vesilahuse kasutamine vee desinfitseerimiseks veetöötusjaamades on samuti levinud meetod. Naatriumhüpokloriti vesilahus on selge, kergelt kollaka värvuse ning iseloomuliku lõhnaga lahus. Naatriumhüpokloriti vesilahus on tugev oksüdeerija, mis reageerib tuleohtlike ühendite ja redutseerivate ainetega. Tavatingimustel laguneb (aktiivkloori sisaldus väheneb) aeglaselt, moodustades soola ja hapnikku. Lagunemist kiirendavad temperatuuri tõus, otsene päikesevalgus ning kokkupuude õhuga. Neid omadusi tuleb meeles pidada aine transportimisel, ladustamisel ja kasutamisel. [27, 101]

Kemikaalimahutid on tavaliselt valmistatud polüetüleenist (PE). Kemikaalimahutites tarnitakse enamasti 10% kuni 12%-list naatriumhüpokloriti vesilahust ning doseerimiseks veetöötussüsteemi kasutatakse membraandosatorpumpasid. [27, 47]

Naatriumhüpokloriti ja vee reaktsioon on järgmine [93]:



Joonis 2.19 Hüpokloorhappe mõju bakteritele kokkupuutes [74]

Joonisel 2.19 on välja toodud hüpokloorhappe (HOCl) mõju bakterirakule. HOCl (a) tungib kergesti läbi raku ning ründab mitmeid membraanikomponente ja -protsesse, sh transmembraanseid valke, mis häirivad ATP (bioloogiline energia kandja) tootmist (toimub rakuhingamisel) (b); lipiide, põhjustades membraani stabiilsuse kadu (c); valgusünteesi (d) ning DNA katkemist ja DNA sünteesi häireid (e). [74]

Vee desinfitseerimise meetodina naatriumhüpokloriti vesilahuse kasutamise eeliseks on pikaajaline mõju veevõrgule ning desinfitseeritud vee jõudmine tarbijateni.

Osooni (O₃) kasutatakse lisaks raua- ja mangaaniühendite ärastamisele ka vee desinfitseerimiseks ning organoleptiliste omaduste parandamiseks, mistõttu on osoon universaalne reagent. Osooni kasutamise põhimõtteline skeem on toodud joonisel 2.5. [9, 46, 103]

Osooni kasutamine desinfitseerimisel on aga ajutine ehk järelmõju töödeldud veele praktiliselt puudub. Lisaks võib osoneerimise tulemusena intensiivistuda mikroorganismide elutegevus, kui vees olevat orgaanilist ainet ei eemaldata piisavalt tõhusalt. Sellisel juhul võib osoon muuta mõned orgaanilised ained mikroorganismidele paremini omastatavaks. Osoon on hea oksüdant, kuid joogivee käitlusel tuleks kasutada osooni ja kloori kombineeritud lahendust, et saavutada soovitud tulemus. [9, 46, 103]

2.4 Kuluanalüüs seadmetele ning valiku tegemine

Otstarbekaima veepuhastusprotsessi valimiseks koostati veepuhastusmeetodite 30 aasta kuluanalüüs. Võrdlusesse on kaasatud raua ja mangaani ärastamise survefiltrid, millele on lisatud radionukliidide eralduseks, kas HMO tehnoloogia, pöördosmoos võiioonvahetus.

Vastavalt standardile [47] on arvestatud, et veetöötusjaam on püsiehitis, mille veevärgi osad ja elemendid peaksid olema kavandatud selliselt, et nende kasutusaeg oleks vähemalt tabelis 2.4 toodud suurus. Kasutusaja nõue ei kehti veetöötusjaama ajutistele osadele. [47]

Tabel 2.4 Veevärgi kavandatav kasutusaeg. [47]

Jrk	Kirjeldus	Kavandatav kasutusaeg aastates
1	Tootmishooned, sh pumbajaamad:	
1.1	hooned, konstruktsioonid	40
1.2	elektrimootorid, pumbad, masinad ja seadmed	15
2	Reservuaarid ja mahutid	40
3	Toorveetorustikud, tüvitorustikud, peatorustikud	40
4	Vee jaotusvõrk	40

Kuluanalüüsis on arvestatud, et veetöötusseadmete kuluosad tuleb vahetada välja 15 aasta tagant nagu on nõutud ka tabelis 2.4 ning seadmete osad, mis ei kulu peavad vastu pidama vähemalt 30 aastat. Lisaks on arvestatud vee tootlikkusega 810 m³/d.

Tabel 2.5 Kuluanalüüs radionukliidide eraldamise alternatiivsetele lahendustele

ALTERNATIIVSETE LAHENDUSTE VÕRDLUK:		HMO kontakt-mahuti	Pöörd-osmoos	Ioonvahetus-filter (<i>Duplex</i> süsteem)
1.	Ehitusmaksus, tuhat €:	56	174	89
1.1	Üldehitus (paagid, korpused jms)	32	130	49
1.2	Seadmed (EL-seadmed, pumbad, jm)	21	41	37
1.3	Torud	3	3	3
2.	Kasutuskulud, tuhat €/a:	54	379	146
2.1	Püsikulud:	12	18	13
2.1.1	<i>Hoolduskulud</i>	3	9	4
2.1.1.1	Filtrimaterjalid ja membraanid	3	7	3
2.1.1.2	Seadmed	0	1	1
2.1.1.3	Üldehitus	0	1	0
2.1.1.4	Torud	0	0	0
2.1.2	<i>Tööjõud [81]</i>	9	9	9
2.2	Muutuvkulud:	41	361	133
2.2.1	<i>Elekter</i>	0	50	0
2.2.2	<i>Kemikaalid:</i>	2	2	80
2.2.2.1	Kaaliumpermanganaat (KMnO ₄)	2	0	0
2.2.2.2	Sool	0	0	80
2.2.2.3	Sidrunhape	0	1	0
2.2.2.4	Naatriumdodetsüülsulfaat (SDS)	0	1	0
2.2.2.5	NaOH-helbed	0	0	0
2.2.2.6	Vaigu puhastusvahend "Resin Clean"	0	0	0
2.2.3	<i>Vee-erikasutuse tasu [82]</i>	29	36	29
2.2.4	<i>Kanalisatsioon</i>	11	273	24
30 aasta kulud kokku (tuhat €):		1686	11597	4510

*Võrdlus koostatud hinnapakkumiste põhjal ning tuleb arvestada, et maksumus muutub pidevalt.

Tabelis 2.5 on välja toodud alternatiivsete lahenduste kuluanalüüs radionukliidide eraldusseadmetele koos survefiltritega. Alternatiivsete lahenduste võrdluses on välja toodud ehitusmaksumus, kuhu on arvestatud seadmete enda kulu koos paigaldusega (ühik: tuhat €) ning aastased käitluskulud (ühik: tuhat €/aastas).

Käitluskulud jaotatakse püsikuludeks ja muutuvkuludeks. Püsikuludena arvestatakse veetötlussüsteemi toimimiseks tehtavaid kulutusi, mis ei olene vee tootlikkusest. Muutuvkulude alla käivad need kulutused, mis on otseselt seotud toodetud vee kogusest. [47]

Hoolduskulude alla kuuluvad nii materjalide ja filtrielementide kulu kui ka üldiseks seadmete toimimiseks tehtavad korralised kulutused. Aastase hoolduskulu arvestamisel lähtutakse üldehituse hooldamisel 0,5%, seadmete hooldamisel 2% ja torustike hooldamisel 0,25% investeringute maksumusest. [47]

Radionukliidide eraldamise alternatiivsetele lahendustele on võetud hinnapakumised, mille alusel on koostatud kuluanalüüs. Kuluanalüüsi teostamine on oluline, et võrrelda alternatiivseid lahendusi ning leida optimaalseim lahendus enne veetöötlusjaama rajamist. Lisaks annab selline analüüs ülevaate 30 aasta lisainvesteeringute vajadusest.

Vastavast kuluanalüüsist selgub, et radionukliidide eraldamiseks on kõige kasulikum rajada HMO süsteem, kuna lisakulutusi 30 aasta peale on kõige vähem. Kui võrrelda seda lahendustioonvahetusvaigu filtriga, siis tuleb selgelt välja, etioonvahetusfiltripuuduseks on märgatavalt suurem kemikaalikulu, kunaioonvahetusvaigu regenereerimiseks kasutatakse soola, mida suure tootlikkuse korral kulub palju.

Pöördosmoosi puuduseks on seadme kõrge maksumus ning membraanide vahetus ja hooldus. Lisaks tekib pöördosmoosiga töötlemisel umbes 25% veest kõrge kontsentratsiooniga retentaat, mis juhitakse kanalisatsiooni. See aga eeldab 25% suuremat tootlikkust puurkaevudest, et tagada vajalik päevane veekogus. Samuti suurendab see oluliselt muutuvkulusid vee-erikasutustasu ja reostustasu näol. Jüri aleviku Alajaama veetöötlusjaama teenindavatest puurkaevudest ei lubata võtta rohkem vett kui 810 m³/d, mistõttu seda lahendust käesolevas projektis kasutada ei ole võimalik.

Seega on valitud uue Alajaama veetöötlusjaama radionukliidide eraldamise lahenduseks HMO tehnoloogia, mis on kirjeldatud alternatiividest soodsaim.

3 UUE ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA TEHNOLOOGIA VALIK JA PROJEKTEERIMINE

Rae valda, Jüri alevikku on projekteeritud uus Alajaama veetöötlusjaam. Käesolevas peatükis on analüüsitud veetöötlusjaama ja veehaarde perspektiivset tehnoloogilist lahendust. Lisaks on esitatud ülevaade uuest tehnoloogiast ja seadmete valikust ning dimensioneerimisest. Lahenduse projekteerimisel on arvestatud Tellija soovidega ning pakutud võimalikult efektiivne vee töötlemise lahendus. Veetöötlusjaama juhitakse kaugjuhtimissüsteemiga SCADA. Veetöötlusjaama tehnoloogiline skeem on toodud töö graafilises osas joonisel 2 (TE-5-01).

3.1 Projekteeritud veetöötlusjaama parameetrid ja tehnilised näitajad

3.1.1 Veehaarde ja veepuhastusjaama tootlikkus

Uue veetöötlusjaama vajaliku tootlikkuse määramiseks koostati 2020. aastal AS Infragate Eesti poolt EPANET 2.2 programmiga Jüri aleviku veevõrgu hüdrauliline mudel. Veevõrgumudeliga vaadeldi Alajaama survetsooni ulatust ning perspektiivset laienemist. Uue Alajaama veetöötlusjaama vajalik tootlikkus saadi Rae valla ühisveevärgi- ja kanalisatsiooni (ÜVK) arengukavas [13] välja toodud lubatud veevõtu ning Infragate Eesti AS koostatud veevõrgu mudeli analüüsi baasil. [56]

Tabel 3.1 Rae valla ÜVK arengukavaga [13] lubatud veevõtt ja arvutuslik perspektiivne lubatud veevõtt [56]

PUURKAEV	Lubatud veevõtt hetkel				Lubatud perspektiivne veevõtt (-10%)			
	m ³ /a	m ³ /d	m ³ /h	l/s	m ³ /a	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Uus-Alajaama O-Cm PK	52 600	144,1	6,0	1,7	47340	129,7	5,4	1,5
Uus-Alajaama Cm-V PK	0	0,0	0,0	0,0	148811	407,7	17,0	4,7
Ratsabaasi PK	52600	144,1	6,0	1,7	47340	129,7	5,4	1,5
Veetorni PK	6000	16,4	0,7	0,2	51025	139,8	5,8	1,6
Kokku:		304,7	12,7	3,5		806,9	33,6	9,3

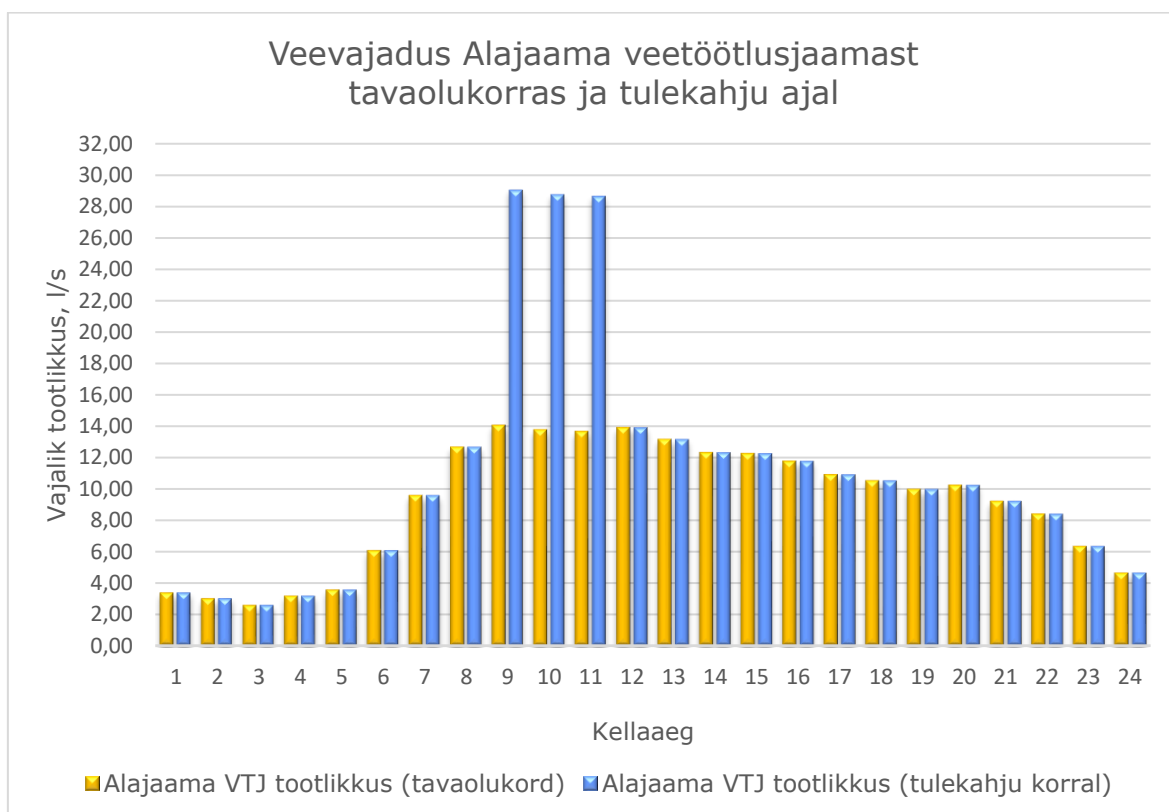
Tabelis 3.1 on toodud lubatud veevõtud uutest kaevudest kui ka olemasolevatest kaevudest. Lubatud perspektiivse veevõtu juures on reservmahuna maha arvestatud 10% lubatud veevõtu mahust.

Jüri alevikus on Keskkonnaministeeriumi käskkirjaga [8] lubatud veevõtt Kambriumi-Vendi põhjaveekihist 1000 m³/d. Vee-erikasutusloaga L.VV/325766 on lubatud vett võtta Betooni puurkaevust (Cm-V) 410 m³/d ja Pargi puurkaevust 137 m³/d [13, 92]. Uue Alajaama Kambriumi-Vendi (Cm-V) puurkaevu lubatud perspektiivne veevõtt on saadud seega järgmiselt:

$$1000 \frac{m^3}{d} - 410 \frac{m^3}{d} - 137 \frac{m^3}{d} = 453 \frac{m^3}{d} = 165345 \frac{m^3}{aastas} \quad (3.1)$$

Seega on vaba põhjaveevaru Kambriumi-Vendi põhjaveekihis 165345 m³/aastas ehk 453 m³/d ning selle alusel on arvestatud perspektiivne veevõtt uuest puurkaevust. [56]

Lisaks on arvestatud rajatavate puurkaevude ja veetöötlusjaama tootlikkuse leidmisel perspektiivsete tarbimisandmetega. Mudelisse sisestatud perspektiivsed tarbimisandmed põhinevad olemasolevate eratarbijate üldisel keskmisel tarbimisel ning Rae valla detailplaneeringute infol koos perspektiivselt kinnistul elavate inimeste arvu andmetega. Samuti on mudelis arvestatud ka planeeritava Rae riigigümnaasiumi ja spordihoone veetarbe vajadusega.



Joonis 3.1Mudeli andmed perspektiivse Alajaama VTJ tootlikkuse kohta 24h jooksul [56]

Joonisel 3.1 on välja toodud mudelisse sisestatud perspektiivse veetöötusjaama vajalikud tootlikkused 24h jooksul. Andmetest tuli välja, et tavaolukorras keskmine veevajadus on 9,1 l/s ehk 32,8 m³/h ning maksimaalne 14,1 l/s ehk 50,8 m³/h. Tulekahju olukorras on maksimaalne veevajadus 29,1 l/s ehk 104,8 m³/h. Tulekahju korral on arvestatud, et tulekahju kestvus on 3h ning veetarve 15 l/s selle aja vältel suurem. [56]

Nende andmete analüüsimisel on jõutud uue Alajaama veetöötusjaama tootlikkuse ni, kus on arvestatud nii tavaolukorra keskmise ja maksimaalse veetarbega kui ka tulekahju korral maksimaalse veetarbe vajadusega. Nende andmete järgi on projekteeritud veetöötusjaama ööpäevane võimsus, arvestades ka reservuaare, tootlikkusega 810 m³/d.

3.2 Uut veetöötusjaama teenindavad puurkaevud

3.2.1 Rajatavad puurkaevud Jüri alevikus

Hanke raames rajatakse kaks uut puurkaevu. Puurkaevud on planeeritud Talli tn 2 kinnistule. Alajaama veetöötusjaama ja selle kõrvale planeeritud puurkaevud on lahendatud OÜ BalRock projektiga nr 11846 [7] (ehitisregistri koodid 221381324 ja 221381326). Vett võetakse Kambriumi-Vendi ja Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksidest. Veetöötusjaamas oleva puurkaevu (Cm-V) tootlikkus on planeeritud 25 m³/h ning eraldi rajatises asuva puurkaevu (O-Cm) tootlikkus 15 m³/h. Cm-V puurkaev on projekteeritud 210 m sügavune ja O-Cm puurkaev 85 m sügavune. [7]

Veetöötusjaamas paikneva kaevu (edaspidi PK-1) koordinaadid on x=6580521,90; y=51436,54 ning veetöötusjaama kõrval, sellest lääne suunas paikneva kaevu (edaspidi PK-2) koordinaadid on x=6580522,43; y=551414,65. [7]

Tabel 3.2 Rajatavate puurkaevude prognoositavad andmed [7]

Puurkaev	Tootlikkus, m ³ /h	Staatiline veetase, m	Dünaamiline veetase, m	Veetaseme alanemine, m	Eritootlikkus, m ³ /hm
Cm-V (PK-1)	25	50	45	5	8
O-Cm (PK-2)	15	22	3	19	0,8

Tabelis 3.3 toodud andmeid kontrollitakse peale puurkaevude rajamist proovipumpamise käigus ning vajadusel täpsustatakse uuringuandmetest lähtuvalt puurkaevupumba valikut. Käesoleval ajal on puurkaevud rajamisel.

Projekti koostamisel on arvestatud, et uuritud ja kinnitatud põhjaveevaru Jüri alevikule Kambriumi-Vendi (Cm-V) veekompleksist kategoorias T₁ on koguses 1000 m³/d kuni aastani 2030 ning Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Cm) veekompleksist kategoorias T₂ on koguses 1000 m³/d kuni aastani 2030. [8]

Eeldatavalt ei vasta valitud veekihi vee kvaliteet joogivee nõuetele [11], piinormiga lubatust esineb eeldatavasti rohkem rauaühendeid (ca 0,5 mg/l), mangaani ja radionukliidide efektiivdoos võib olla veidi üle normi, kuid jääda ka selle piiresse. [10]

3.2.2 Olemasolevad puurkaevud

Veetötlusjaama sisenevad projektlahendusega lisaks uutele rajatavatele puurkaevudele ka Veetorni puurkaevust (nr 982) veetoru De110 PE ja Ratsabaasi puurkaevust (nr 1602) veetoru De110 PE (puurkaevude nimetused AS ELVESO poolt). Torustikule on projekteeritud elektriajamiga siibrid vee võtmiseks. Olemasolevatest puurkaevudest vee võtmine täpsustatakse peale uute puurkaevude rajamist.

Tabel 3.3 Olemasolevate Ratsabaasi ja Veetorni puurkaevude veeanalüüsid (jätkub lk 49) [3]

Näitaja	Ühik	Piirsisaldus [11]	Ratsabaasi puurkaev nr 1602	Veetorni puurkaev nr 982	
			22.06.2020	08.03.2010	18.06.2020
Raud	µg/l	200	165	115	3060
Mangaan	µg/l	50	7	16	24
Oksüdeeritavus	mgO ₂ /l	5	0,96	0,80	0,88
Ammoonium	mg/l	0,50	0,20	0,27	0,24
Nitraat	mg/l	50	<0,45	<0,45	<0,45
Nitrit	mg/l	0,50	<0,010	<0,003	<0,010
pH	pH ühik	≥ 6,5 ja ≤ 9,5	7,9	7,8	7,9
Kloriid	mg/l	250	43	40	43
Elektrijuhtivus	µS/cm	2500	448	480	430
Naatrium	mg/l	200	44,2	43,0	44,6

Näitaja	Ühik	Piirsisaldus [11]	Ratsabaasi puurkaev nr 1602	Veetorni puurkaev nr 982	
			22.06.2020	08.03.2010	18.06.2020
Sulfaat	mg/l	250	7	7	10
Fluoriid	mg/l	1,50	0,63	0,70	0,69
Üldkaredus	[°DH]*	puudub	7,5		7,5
Värvus	mg/l Pt	Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta	5	2	11
Maitse	lahjendusaste	Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta	4	2	
Lõhn	lahjendusaste	Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta	4	2	8
Hägusus	NHÜ	Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta	2,4	1,6	53

** - Üldkaredus analüüsilt on teisendatud Saksa kareduskraadideks: 1 mg-ekv/l = 2,8 °DH ja 1 mmol/l = 5,61 °DH [80]

Märkus: Punasega on juhitud tähelepanu piirsisalduse ületamisele.

Tabelis 3.2 toodud andmetest on näha, et olemasolevate puurkaevude (Ratsabaasi ja Veetorni) vee kvaliteet ei vasta joogivee nõuetele [11], normiga lubatust esineb rohkem rauaühendeid Veetorni puurkaevus aastal 2020.

3.2.3 Puurkaevu tehnoloogia

Puurkaevu mantelтору suue peab ulatuma min 0,3 m kõrgemale veetöötlusjaama põrandast, vajadusel tuleb seda tõsta. Lisaks tuleb mantelтору katta väljastpoolt roostekindla värviga. [38]

Puurkaevule rajatakse puurkaevu päis nii, et päise metallkonstruktsioonid peavad olema valmistatud roostevabast terasest. Puurkaevu päise terastorust äärikutega ning põlvega varustatud plaadi mõõtmed valitakse sõltuvalt olemasoleva puurkaevu mõõtmetest ning vastavate konstruktsiooniliste avade suuruselt, mis on vajalikud kaablite paigalduseks ning veetaseme mõõtmise seadmete kasutamiseks. Päise

rajamisel tuleb vältida tavalise metalli ja roostevaba materjali kokkupuutepindu kasutades vajadusel isolatsioonimaterjale. [7]

Puurkaevu tarbeks tuleb rajada uus torustik AISI 316 ning paigaldatakse mudakoguja, tagasilöögiklapp ja kulumõõtur. Lisaks tuleb ette näha vajalik sulgarmatuur, manomeeter ja rõhuandur, mis varustatakse kraaniga. Toorveele paigaldatakse proovivõtukraan. Projekteeritud veesõlmed asuvad veetöötlusjaama hoones. [39]

Puurkaevu paigaldatakse AISI 316 veetõstetoru ja puurkaevu pump. Pumba teenindamiseks nähakse ette roostevaba terastross. Puurkaevu päis peab võimaldama puurkaevu staatilise ja dünaamilise veetaseme mõõtmist. Selleks paigaldatakse puurkaevu 25 mm siseläbimõõduga plastiktoru koos puurkaevu veenivoo anduriga. [7]

Puurkaevu juhtimine toimub ühtsest veetöötlusjaama elektri- ja automaatikasüsteemist. Puurkaevupumba juhtimiseks tuleb ette näha ka sagedusmuundur. Puurkaevu toorvesi juhitakse filtrisüsteemi, kus leiab aset raua, mangaani, vees esinevate gaaside ja vajadusel ka radionukliidide (raadiumi, Ra-226, Ra-228) eraldamine, mis täpsustatakse peale puurkaevu analüüside järgse joogivee radionukliidide sisaldusest tarbijate tervisele tuleneva mõju hinnangust. Sealt liigub vesi edasi töödeldud vee reservuaaridesse. [3]

3.3 Veetöötlusjaama tehnoloogiline skeem

Projekteeritud veetöötlusjaama tehnoloogia valikul lähtuti eelnevalt koostatud alternatiivsete lahenduste võrdlusest (vt tabel 2.5) ning radionukliidide eraldamise süsteemiks valiti HMO tehnoloogia kontaktoksüdatsiooni protsess koos survefiltritega. Tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 3.1 (esitatud lk 53).

Puurkaevudest pärinev toorvesi juhitakse veetöötlusjaama, kuhu paigaldatakse vastavad veetöötlussüsteemid. Veetöötlussüsteemiks on valitud surveiline süsteem, mis on majanduslikult mõistlikum ning väiksema ruumivajadusega. Oksüdatsioonisüsteem põhineb aeratsioonimahutil AER.1. Aeratsiooniks vajalik õhukogus tagatakse õlivaba õhukompressori abil.

Aeratsioonisüsteemist juhitakse vesi edasi radionukliidide kontaktmahutitesse RN.1 ja RN.2. Kontaktmahutitele eelneva toru peale doseeritakse dosaatorpumbaga kaaliumpermanganaadi ($KMnO_4$) vesilahust, mis adsorbeerib radionukliide ning on tõhus raua ja mangaani ärastamisel. Peale kontaktmahuteid suunatakse vesi survefiltritesse F.1 ja F.2. Filtrimaterjalina kasutatakse joogiveetöötluses lubatavat, vastavat sertifikaati omavat katalüütilist materjali *Greensand Plus*. Filtrisüsteem

varustatakse elektriajamiga pöördklappidega. Klappe avades ja sulgedes on võimalik juhtida veetöötlusjaama tööprotsesse. Survefiltrite uhtumise ajal käivitatakse uhteveepumbad P.3.1 ja P.3.2.

Filtrisüsteemi läbipesusse lülitamine leiab aset vastavalt töödeldud vee kogusele või ajaintervallile ning uhtumise algust on võimalik seadistada kindlale, eelnevalt programmeeritavale kellaajale. Samuti peab uhtumist olema võimalik teostada ka manuaalselt, kui on vajadus filtrite läbipesemiseks. Filtrist väljuv uhtevesi juhitakse veetöötlusjaama pörandasüvendi kaudu veetöötlusjaama kõrval asuvasse reoveepumplasse.

Veekvaliteeti kontrollitakse iga veekäitlusprotsessi järel. Selleks nähakse ette nõuetele vastavad proovivõtukraanid selliselt, et proovivõtupudel mahub kraani alla ning kraanile oleks tagatud hõlbus juurdepääs. Samuti peab olema võimalik hinnata rõhku veesüsteemis. Vee desinfitseerimiseks on lisatud nii UV-seade (UV.1) kui ka vajadusel naatriumhüpokloriti (NaOCl) doseerimise võimalus.

Veetöötlusjaama on projekteeritud 6 survetõstepumpa [3], millest neli on II-astme pumbad (P.2.1, P.2.2, P.2.3, P.2.5), üks on öine pump (P.2.6) ning üks on tuletõrjepump (P.2.4). Ühe pumba häire korral peab olema tagatud vajalik vooluhulk ülejäänud pumpade abil. Veevõrgu II-astme pumpade juhtimine leiab aset vastavalt rõhule veevõrgus, mille tarbeks on väljuvale toruliinile projekteeritud rõhuandur.

Peale võrgupumpasid nähakse ette 300 liitrine membraanhüdrofoor (HF.1) torudes stabiilse rõhu tagamiseks. Hüdrofoor on osaliselt õhuga täidetud survemahuti, mida kasutatakse peamiselt väikestes veevärkides [21]. Hüdrofooris surutakse õhk kokku ning vee tarbimisel hakkab süsteemis rõhk langema. Teatud tasemele langedes lülitub pump taas tööle ning tõstab süsteemi rõhku. Hüdrofoori eesmärgiks on tasandada rõhku süsteemis. [78]

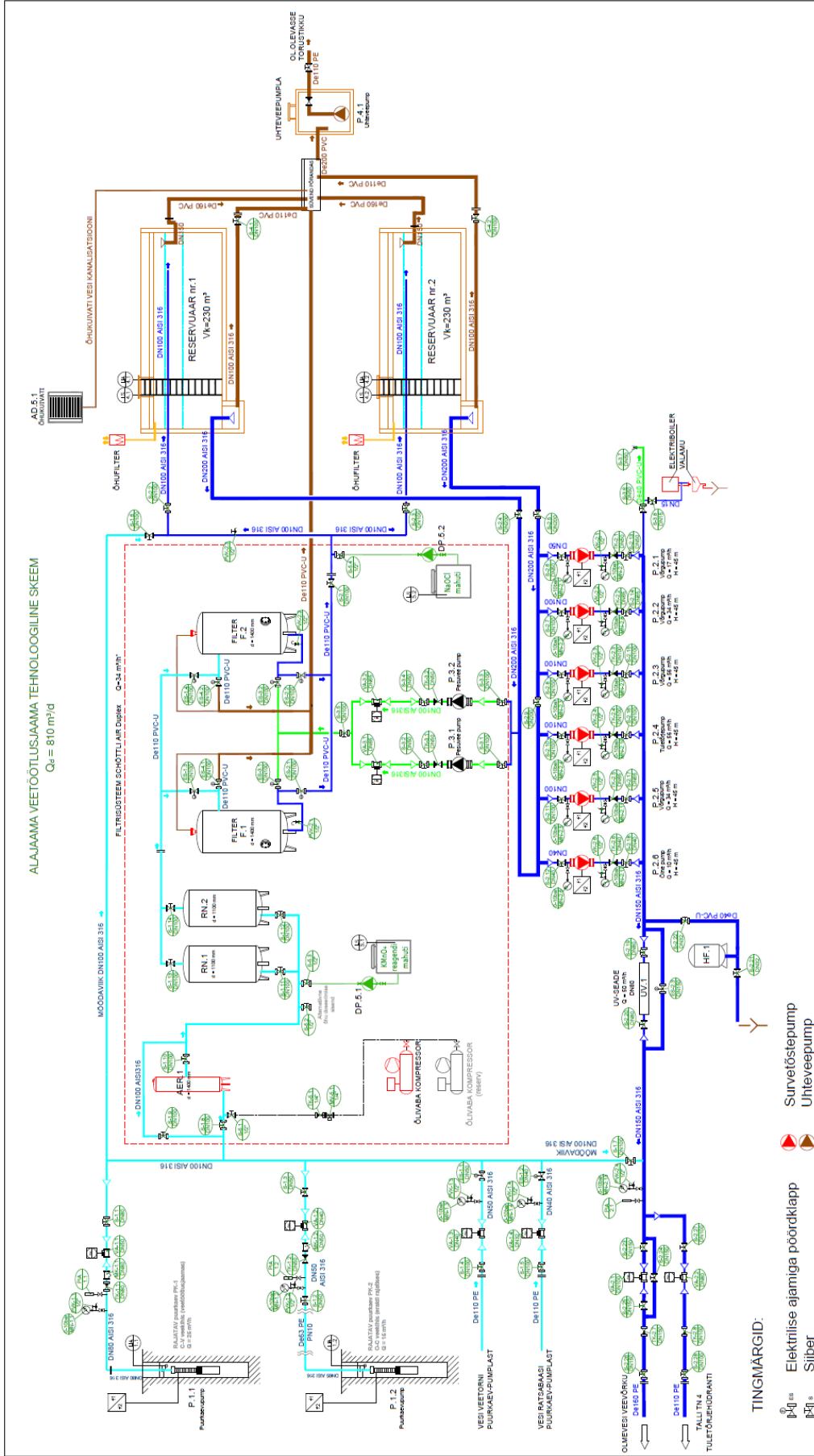
Pumpade juhtimisel võetakse arvesse võrku pumbatavat vooluhulka ning vajadusel (seadistatava piirväärtuse ületamisel) antakse häire kaugvalvesüsteemi. Kummagi väljuva veetoru vooluhulka on võimalik eraldi mõõta veearvestiga.

Töödeldud vee reservuaaride tühjenduseks rajatakse läbi reservuaaride seinte tühjendustorud tehnoloogiliste seadmete ruumis asuvasse pörandasüvendisse ning varustatakse tehnoruumi pool kiilsiibritega. Veereservuaaride tühjendusvesi ja ülevool, filtrite uhtevesi, valamü äravool ning õhukuivati kondensaad juhitakse pörandasüvendist edasi reoveepumplasse. Pumplast pumbatakse uhtevesi AS ELVESO poolt ettenähtud olemasolevasse torustikku.

Veetöötlusjaama juhtimine toimub kaugjuhtimissüsteemiga SCADA. SCADA on järelevalve- ja andmete kogumissüsteem infrastruktuuriprotsessidele nagu vee- ja reoveepuhastus, tuulepargid, gaasitrassid jm. Süsteemi abil on võimalik jälgida veetöötlusjaamas toimuvaid protsesse reaalajas ning saada informatsiooni võimalike tõrgete kohta. Ühte SCADA kaugjuhtimissüsteemi on võimalik koondada mitmeid infrastruktuuriprotsesse ning jälgida kõigi tööd ühest programmist. See programm optimeerib veetöötlusjaama operaatori tööd ning aitab ennetada veetöötlusjaama ohustavaid riske. [73, 99]

Vastavalt standardile [47] on nõutud üle 500 m³/d tootlikkusega jaamades kasutada paralleelfiltersüsteeme ning kriitilise tähtsusega tehnoseadmed peavad olema dubleeritud (nt õhukompressor, pump jt). Sellest nõudest lähtuvalt on dubleeritud nii survefiltrid kui ka radionukliidide kontaktmahutid. Lisaks on lisatud radionukliidide kontaktmahutitele eelneva toru peale alternatiivne sisend õhukompressori ümberühendamiseks ning projekteeritud aeratsioonimahutite möödavool. Sellise lahendusega tagatakse veetöötlusjaama toimimine ka rikete korral (ajutiselt madalamal tootlikkusel), kuna kontaktmahuteid on vajadusel võimalik aeratsioonimahutina kasutada. [47]

Veetöötlusjaama tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 3.1:



	Tallinna Tehnikaülikool Ehituse ja arhitektuuri instituut Ehitarhitektide 5. Tallinn, 19099	ALAJAAMA VEETÖÖTUSJAAMA JA PUURKAEVUDE PROJEKTEERIMINE JURITALEVIKUS
	Autor: Kertu Orul, 204208 EAXM	Juhtedidjad: Vahur Vaik, Tarmo Vaalu
Tellija: AS Elveco		
Projekt: Alajaama puurkaevude ja veetöötusjaama projekteerimine ja ehitus		
Joonis: TEHNOLOOGILINE SKHEEM		
Projektid nr: S21-21	Versioon: TP	Koostaja: Skheem
Koostaja: Infratek, Sallis	Staatium: TP	Projekt nr: S21-21
Koostaja: Kertu Orul	Koostaja: Raul Jürkam	Staatium: TP
Koostaja: Kertu Orul	Koostaja: Kertu Orul	Staatium: TP
Koostaja: Kertu Orul	Koostaja: Kertu Orul	Staatium: TP

MÄRKUS:
 *Veetöötussüsteemi tootlikkus läpsustatakse peale puurkaevude rajamist.

TINGMÄRGID:

- | | |
|--|--------------------------------|
| | Elektrilise ajamiga pöördklapp |
| | Siltber |
| | Tagasilöögiklapp |
| | Magnetventiil |
| | Veearvesti |
| | Mudakoguja |
| | Proovivõtukraan/veekraan |
| | Manomeeter |
| | Ülaminek |
| | Kompensaatior |
| | Rõhuandur |
| | Kuulkraan kiirliiteotsikuga |
-
- | | |
|--|-----------------------------|
| | Survetõstepump |
| | Uhtveepump |
| | Pesuveepump |
| | Dosaatorpump |
| | Puhur |
| | Sagedusmuundur |
| | Toorvesi |
| | Filteritud vesi |
| | Pesuvesi |
| | Kanaliseeritav vesi |
| | Õhutorustik |
| | Perspektiivne torustik |
| | Armatuur positsiooni number |
| | Seadme positsiooni number |

Joonis 3.1 Projekteeritud Alajaama veetöötusjaama tehnoloogiline skeem (projekteerija Kertu Orul).

3.3.1 Raua ja mangaani eraldamise filtrid

Põhjavee töötlemine põhineb surveisel aeratsioonil ning filtreerimisel. Aeratsioonimahutis leiab aset raua ja mangaani oksüdatsioon ning nende ühendite eraldamine järgnevates survefiltrites. Lisaks eemaldatakse aeratsioonimahuti ülaosast õhueraldusklaapi abil lahustunud gaasid (H_2S , radoon). Raua, mangaani ning väävelvesiniku eemaldamisega kaasneb vee hägususe vähenemine. Filtrisüsteem sisaldab katalüütilist mangaandioksiidiga (MnO_2) kaetud materjali *Greensand Plus*, millel toimub täiendav oksüdatsioon ning mis parandab filtrisüsteemis mangaanieralduse efektiivsust.

Veetöötlusjaama on projekteeritud aeratsioonimahuti AER.1 ning kaks survefiltrit F.1 ja F.2. Filtripaakidele on ette nähtud täite-, tühjendus- ning montaažiava [47]. Filtripaagi alaosas nähakse ette tühjenduse võimalus, mis varustatakse sulgventiiliga.

Filtrimaterjali on vajalik läbi pesta, et uhtuda materjalikihist välja raua, mangaani jm osakesed. Filtrite uhtumise toimumisaeg peab olema programmeeritav ning seda peab olema võimalik läbi viia, kui veetarbimine on minimaalne (nt öisel ajal). Filtrid on varustatud automaatikasüsteemiga, mille abil saab filtrite uhtumist aktiveerida nii taimeril abil, vastavalt töödeldud vee kogusele, kui ka manuaalselt.

Filtrimaterjali uhtumine toimub filtrimisele vastupidises suunas (vt joonis 2.7). Selle käigus tõstetakse filtrimaterjal hõljuvasse olekusse ning uhutakse filtrimistsükliga haaratud raua, mangaani jm osakesed kanalisatsiooni. Filtrite uhtumine on ette nähtud töödeldud veega joogivee reservuaaridest. Reeglina leiab filtripaakide uhtumine aset üksteise järel.

Survelise aeratsioonimahuti AER.1 dimensioneerimine

Survelise aeratsioonimahuti dimensioneerimise aluseks on võetud vee viibeaeg aeratsioonimahutis. Õhu ja vee kontaktajaks surveelises süsteemis on valitud 6 minut. [47, 107]

Aeratsioonipaagi suuruse saab vastavalt viibeajale leida järgmise valemi abil:

$$V_{aer} = t_v \times Q_{max}, \quad (3.2)$$

kus t_v – vee ja õhu kontaktaeg [min];

V_{aer} – aeratsioonimahuti maht [m^3];

Q_{max} – maksimaalne ööpäevane veetarbimine [m^3/h].

Vastavalt valemile 3.2 on leitud aeratsioonimahuti maht (V_{aer}):

$$V_{aer} = 6 \text{ min} \times \frac{34 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{60} = 3,4 \text{ m}^3$$

Aeratsioonimahuti läbimõõt on valitud tootja infolehel vastavalt arvutud mahule (V_{aer}). Aeratsioonimahuti vajalik läbimõõt 6 minuti viibeaja saavutamiseks on 1400 mm.

Survefiltrite arvutus

Survefiltrite dimensioneerimise aluseks on summaarne lubatud ööpäevane veetootlikkus 810 m³/d. [3, 56]

Kiirfiltrite filtratsioonipind leitakse järgmise valemiga [9]:

$$A_f = \frac{Q_d}{T \times v - n \times q - n \times t \times v}, \quad (3.3)$$

kus Q_d – veetöötusjaama ööpäevane tootlikkus [m³/d];

T – veetöötusjaama töötundide arv ööpäevas [h];

v – arvutuslik filtratsioonikiirus (vahemikus 7-20 m/h) [m/h];

n – ühe filtri uhtumiste arv ööpäevas;

$q = 0,06 \cdot w \cdot t_l$ – uhtvee erikulu ühe filtri uhtumisel [m³/m²];

w – intensiivsus (vahemikus 12-18 l/sm²) [l/sm²];

t_l – uhtumise kestvus (vahemikus 10-15min) [min];

t – filtri uhtumisest tingitud seisuaeg (vahemikus 0,3-0,5h) [h];

$$q = 0,06 \times w \times t_l = 0,06 \times 13 \times 15 = 11,7 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \quad (3.4)$$

$$A_f = \frac{810}{24 \times 12 - 1 \times 11,7 - 1 \times 0,5 \times 12} = 3 \text{ m}^2$$

Ühe filtri pind on seega:

$$A_{filter} = \frac{A_f}{2} = \frac{3 \text{ m}^2}{2} = 1,5 \text{ m}^2, \quad (3.5)$$

kus A_f – kiirfiltrite filtratsioonipind [m²].

Selle järgi on võimalik välja arvutada ühe filtripaagi läbimõõt vastavalt pindala valemile:

$$A_{filter} = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.6)$$

$$d = \sqrt{\frac{A_{filter} \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{1,5 \text{ m}^2 \times 4}{\pi}} = 1,382 \text{ m} = 1382 \text{ mm} \approx \mathbf{1400 \text{ mm}}$$

Vastavalt arvutusele on valitud filtripaagi läbimõõduks 1400 mm.

Ühe filtri uhtevee kulu on leitav järgmiselt:

$$Q_{uhtevesi} = \frac{A_f}{2} \times w = \frac{3}{2} \times 13 = 19,5 \frac{\text{l}}{\text{s}} = \mathbf{70 \text{ m}^3/\text{h}}, \quad (3.7)$$

kus A_f – kiirfiltrite filtratsioonipind [m^2];

w – intensiivsus (vahemikus 12-18 l/ sm^2) [l/ sm^2];

$Q_{uhtevesi}$ – uhtevee kulu [m^3/h].

Ühe filtri uhtevee koguse saab välja arvutada järgmiselt:

$$V_{uhtevesi} = \frac{Q_{uhtevesi}}{60} \times t_I = \frac{70 \text{ m}^3/\text{h}}{60} \times 15 \text{ min} = \mathbf{17,5 \text{ m}^3}, \quad (3.8)$$

kus $Q_{uhtevesi}$ – uhtevee kulu [m^3/h].

$V_{uhtevesi}$ – uhtevee kogus [m^3].

Kahe filtri uhtevee kogus on seega **35 m³** pesutsükli kohta.

Tabel 3.4 Kokkuvõtte Alajaama survefiltrite süsteemi eeldatavatest andmetest

Veetöötlus-süsteem	Süsteemi nominaalne tootlikkus, m^3/h	Filtripaagi läbimõõt, mm	Pesuvee arvutuslik vooluhulk, m^3/h	Läbipesu kestvus (maks.), min	Filtrisüsteemi töö rõhk, bar	Filtripaakide arv, tk	Maksimaalne filtrimiskiirus, m/h	Uhtevee kogus pesutsükli kohta (m^3) (filtripaagi kohta)
Filtersüsteem (Fe, Mn, H_2S ja radionukliidide eraldamiseks*)	34*	1400*	70*	15*	0,5-2*	2	12*	17,5

*Andmed on indikatiivsed ning täpsustatakse vastavalt puurkaevu analüüsidele peale puurkaevude valmimist.

Tabelis 3.5 on välja toodud survefiltrite süsteemi eeldatavad ja dimensioneeritud suurused tuginedes arvutustele, mis täpsustatakse peale puurkaevude valmimist.

3.3.2 Joogivee reservuaarid

Veetöötlusjaama on ette nähtud rajada kaks veereservuaari, et oleks võimaldab teostada ühe reservuaari pesu, hooldust ja desinfitseerimist samal ajal, kui teine reservuaar on töös [47]. Veereservuaaride projekteerimisel on arvestatud perspektiivse veetarbimise ja kohalike oludega. Lisaks on oluline veereservuaarid ehitada viisil, et need ei kahjustaks veevärki ega halvendaks vee säilimisel joogivee kvaliteeti. [55]

Reservuaaride mahu määramisel on arvestatud, et reservuaarides hoitakse nii tarbimiseks vajalikku vett, filtrite pesemiseks vajalikku vett kui ka tuletõrje veevaru. Mõlemad mahutid on omavahel torustikega ühendatud ning hoolduse/remondi/jms tarbeks eraldatavad siibritega. Vee viibeaeg mahutis ei tohi olla üle 48 tunni. [47, 55]

Mahuti vajalik reguleeriv kogumaht (V) arvutatakse vastavalt standardile [29] järgmiselt:

$$V = A + B + C \quad (3.9)$$

kus A – tuletõrje veevaru [m^3];

B – reguleeriv maht (25% maksimaalsest ööpäevasest veevajadusest) [m^3];

C – avariimaht 25% ($A+B$) [m^3].

Tuletõrjevee mahu määramine

Puhta vee reservuaarid peavad võimaldama vajaliku tuletõrjevee mahu (V_{tul}) säilitamise, mis arvutatakse valemiga [29]:

$$V_{tul} = T \times q_{tul} \times 3,6 = 3h \times 15 \frac{1}{s} \times 3,6 = \mathbf{162 m^3}, \quad (3.10)$$

kus T – arvestuslik tulekahju kestus [h];

q_{tul} – vajalik tuletõrjevee kogus [l/s].

Seega on tagatud veetöötlusjaama veereservuaarides $162 m^3$ tuletõrjeveevaru (A).

Reguleeriva mahu määramine:

Arvestatakse ööpäevase maksimaalse veevajaduse järgi, millest reguleeriv maht (V_{reg}) moodustab 25% [29]:

$$V_{reg} = Q_{max} \times 0,25 = 810 \frac{m^3}{d} \times 0,25 = 202,5 m^3 \approx \mathbf{203 m^3}, \quad (3.11)$$

kus Q_{max} – maksimaalne ööpäevane veetarbimine [m^3/d].

Seega saadakse ööpäevaseks reguleerivaks mahuks $203 m^3$ (B).

Avariimahu määramine:

Avariimaht (V_{avarii}) moodustab 25% tuletõrjevee mahu ja reguleeriva mahu summast ning arvutatakse järgmiselt [25]:

$$V_{avarii} = (V_{tul} + V_{reg}) \times 0,25 = (162 m^3 + 203 m^3) \times 0,25 = 91,3 m^3 \approx \mathbf{92 m^3}, \quad (3.12)$$

kus V_{tul} – tuletõrje veevaru [m^3];

V_{reg} – reguleeriv maht [m^3].

Seega on avarii mahuks arvestatud $92 m^3$ (C).

Kogumahu määramine:

Kogumaht (V) saadakse valemiga 3.1:

$$V = A + B + C = 162 m^3 + 203 m^3 + 92 m^3 = 457 m^3 \approx \mathbf{460 m^3}$$

Vastavalt arvutustele on veereservuaaride kogumaht $V = 460 m^3$. Veetöötlusjaama on projekteeritud kaks reservuaari, seega ühe reservuaari kasulik maht on $V_k = 230 m^3$.

Mahutite täitmine toimub 100mm läbimõõduga torustikuga ning reservuaaridest imitorustik on projekteeritud läbimõõduga DN200 mm.

Arvestades reservuaaride kasuliku mahuga $V_k = 230 m^3$ on leitud mahuti pindala ning veetaseme kõrgus. Ühe mahuti pikkuseks on võetud $a = 12 m$ ja laiuseks $b = 4,86 m$. Selle järgi on võimalik välja arvutada reservuaari maksimaalne veekihi paksus h_{max} :

$$h_{max} = \frac{V_k}{a \times b} = \frac{230 m^3}{12m \times 4,86m} = 3,944 m \approx \mathbf{3,95m} \quad (3.13)$$

Seega maksimaalne veekihi paksus ühes mahutis on 3,95m.

3.3.3 Vee desinfitseerimine

Käesolevas projektis kasutatakse vee desinfitseerimiseks kombineeritud lahendust – UV-seade ja vajadusel naatriumhüpokloriti (NaOCl) doseerimine. UV-seade teeb mikroorganismid kahjutuks otsesel kontaktil UV-kiirgusega. Selle mõju aga ei ulatu tarbeveevõrgule. Lisaks võib peale veetöötlusjaama veevõrku sattuda torustike lekkimise tõttu mikrobioloogilist saastet ning sellisel juhul jõuab see ka tarbijateni.

NaOCl doseerimine võimaldab ära hoida mikrobioloogilist kasvu tarbeveevõrgus. NaOCl desinfitseerib kogu süsteemi ning tagab pikaajalisema ja efektiivsema toime veevõrgus. NaOCl doseerimist rakendatakse vajadusel peale filtreid, doseerides kemikaali süsteemi enne töödeldud vee reservuaare. Doseerides NaOCl enne reservuaare, tagatakse vee desinfitseerimiseks vajalik 30 min kontaktaeg mahutites ning hoitakse ära mikrobioloogiline kasv reservuaarides [89].

Vee viibeag reservuaarides

Vastavalt standardile [47] on veereservuaarid projekteeritud selliselt, et vee viibeag reservuaarides ei ületaks 48 tunni. Vee viibeaja saab vastavalt reservuaaride mahule arvutada valemi 3.14 järgi:

$$t_v = \frac{V}{Q} = \frac{460 \text{ m}^3}{810 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 0,57 \text{ d} = \mathbf{13,7 \text{ h}}, \quad (3.14)$$

kus t_v – vee viibeag reservuaarides [d];

V – mahutite kogumaht (kasulik) [m^3];

Q_{max} – maksimaalne ööpäevane veetarbimine [m^3/d].

Vastavalt valemile 3.14 on arvutuslik vee viibeag mahutites 13,7 h ehk kogu vesi vahetub reservuaarides ligikaudu 2 korda ööpäevas.

Toetudes valemile 3.14 saab välja arvutada ka vee viibeaja ühes reservuaaris, kui teine on tööst väljas kas desinfitseerimise, pesu või hoolduse tõttu:

$$t_v = \frac{V}{Q} = \frac{230 \text{ m}^3}{810 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 0,28 \text{ d} = \mathbf{6,7 \text{ h}}$$

Ühe reservuaari töö korral vahetub vesi iga 6,7 h tagant ehk ligikaudu 4 korda ööpäevas. Sellega on tagatud vee vahetumine reservuaarides.

Lisaks saab järeldada, et vajalik naatriumhüpokloriti (NaOCl) kontaktaeg, milleks on vähemalt 30 minutit, on tagatud.

NaOCl doseerimissüsteem

Veetöötlusjaama on projekteeritud doseerimissüsteem NaOCl doseerimiseks, kui peaks esinema mikrobioloogilist reostus. Doseerimist rakendatakse vaid vajadusel. NaOCl vesilahust hoitakse polüetüleenist (PE) mahutis. Doseerimissüsteem koosneb membraandosatorpumbast (DP.5.1) ning doseerimispumba ühendusvoolikutest ja klappidest. Püsivalt doseerimine aset ei leia, mistõttu ei ole ette nähtud ka kloori jälgimisseadmete paigaldamist.

Peamine, millega tuleb arvestada desinfitseerimisel:

1. NaOCl vesilahus kaotab kiiresti oma aktiivsuse, mistõttu selle pikaajaline ladustamine ei ole optimaalne. Seega, tuleb varu pidevalt vahetada ning vananenud kloorilahus neutraliseerida. Vastavalt aktiivkloori sisalduse vähenemisele tuleb korrigeerida doseerimise annust, et tagada vajalik efekt mikroorganismide eemaldamisel. [47]
2. NaOCl vesilahuse doseerimisel tuleb jälgida, et aktiivkloori sisaldus ei ületaks 0,5 mg/l [11] ning täpne NaOCl doos määratakse katsetamise käigus.

Veetöötlusjaama paigaldatakse naatriumhüpokloriti doseerimissüsteem töödeldud vee liinile peale rauaeraldusfiltreid ning enne töödeldud vee reservuaare, et vältida reservuaaride saastumist ja hoida vesi desinfitseerituna ka pikema viibeaja korral.

UV-seade

Välisvõrku suunatava vee desinfitseerimiseks on ette nähtud paigaldada tehnoruumi UV-seade. UV-seadme jõudlus valitakse maksimaalse tipptunni tarbimise järgi. Maksimaalne tipptunni tarbimine vastavalt hankedokumentidele [3] on:

$$Q_{max,h} = 15 \frac{l}{s} = 54 \frac{m^3}{h}$$

UV seadme korpus on valmistatud roostevabast terasest, sisend- ja väljund on läbimõõduga DN80 mm ning enne ja pärast UV-seadet on projekteeritud siibrid möödavoolu võimaldamiseks. UV-seade töötab pidevalt ning vesi juhitakse tarbeveevõrku läbi seadme.

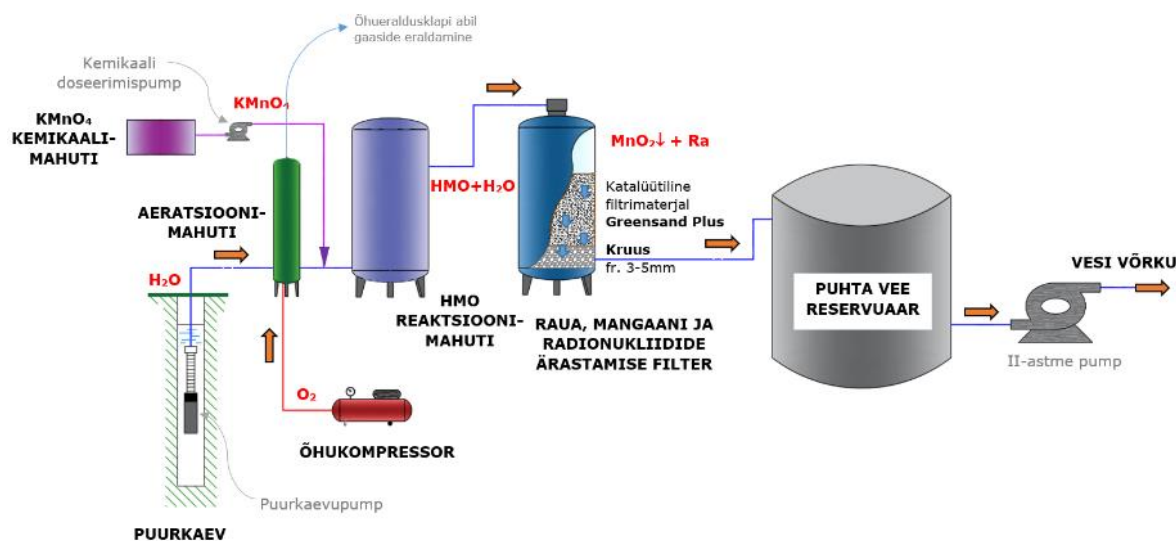
3.3.4 Seadmed radionukliidide eraldamiseks

Radionukliidide eralduseks sobiv lahendus põhineb uuemal HMO (ingl k *hydrous manganese oxide*) tehnoloogial (kontaktoksidatsioon). HMO protsessi tööpõhimõte seisneb selles, et vette tekitatakse mangaani sade, millele adsorbeeritakse vees sisalduvad radioaktiivsed raadiumi ioonid. Raadiumi adsorbeerumine mangaanisademele leiab aset põhiasjalikult filtrimahutitele eelnevas radionukliidide süsteemi kontaktmahutites.

Toorvesi suunatakse esmalt aeratsioonimahutisse AER.1, kus toimub raua ja mangaani oksüdatsioon ning vee õhustamine. Kontaktmahutitele eelneva toru peale doseeritakse kaaliumpermanganaadi lahust. Vastavalt standardile [47] tuleb veetöötlusjaamas dubleerida põhilised tehnoloogilised seadmed, mistõttu on projekteeritud kaks paralleelselt toimivat radionukliidide kontaktmahutit RN.1 ja RN.2. Kontaktmahutid on projekteeritud vajaliku reaktsiooni toimumiseks piisava kontakti aja tagamiseks. Peale kontaktmahutit suunatakse vesi katalüütilise materjaliga filtritesse (vt joonis 3.2).

Raadiumi eraldamise seade koosneb doseerimissüsteemist, reaktsioonipaakidest ning filtrimaterjaliga täidetud epoksiidkattega filtripaakidest. Filtrimaterjalina kasutatakse filtri põhjas kandva kihina kruusa ning mangaandioksiidi kihiga kaetud *Greensand Plus* [87] materjali.

Raadiumi eralduseks paigaldatakse veetöötlusjaama KMnO_4 lahuse doseerimissüsteem, mis koosneb lahusepaagist ja doseerimispumbast. Leiab aset pidev lahuse doseerimine reaktsioonipaakidesse juhitava vette.



Joonis 3.2 Radionukliidide eraldamise põhimõte uues Alajaama veetöötlusjaamas [autor]

Kui valitud skeem ei toimi piisava efektiivsusega radionukliidide eraldamisel, lisatakse süsteemi täiendavalt ka mangaansulfaati (MnSO_4) või hakatakse doseerima kohapeal valmistatud HMO lahust (vt joonis 2.17).

Radionukliidide kontaktmahuti dimensioneerimine

Kontaktmahutite suurus on dimensioneeritud vee viibeaja järgi. Oksüdatsiooniaeg kaaliumpermanganaadi (KMnO_4) lisamisel on vahemikus 5-10 minutit, kui vee pH on üle 7,0 [94]. Kontaktmahuti dimensioneerimisel on viibeajaks valitud 14 minutit. 14 minutit tagatakse kahe kontaktmahutiga ehk mõlemas mahutis on arvestatud viibeajaks 7 minutit. Kontaktmahutid töötavad paralleelselt, seega kumbki mahuti on dimensioneeritud poolele päevasele veetarbimisele.

Ühe kontaktmahuti veetootlikkus (Q_{KM}) saadakse järgmiselt:

$$Q_{KM} = \frac{Q_{max}}{2} = \frac{34 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}, \quad (3.15)$$

kus Q_{max} – veetötlussüsteemi maksimaalne tootlikkus [m^3/h].

Radionukliidide ühe kontaktmahuti suuruse saab vastavalt viibeajale leida järgmise valemi abil:

$$V_{rad} = t_v \times Q_{KM} = 7 \text{ min} \times \frac{17 \text{ m}^3/\text{h}}{60} = 2,0 \text{ m}^3, \quad (3.16)$$

kus t_v – vee ja reagendi kontaktaeg [min];

V_{rad} – radionukliidide kontaktmahuti maht [m^3];

Q_{KM} – ühe kontaktmahuti veetootlikkus [m^3/h].

Ühe radionukliidide kontaktmahuti läbimõõt on valitud tootja informatsioonilehelt vastavalt arvutud mahule (V_{rad}). Kontaktmahuti läbimõõt on 7 minuti viibeaja tagamiseks valitud 1100 mm.

Valitud viibeaja ja veetarbe tagamiseks (14 minutit ja $34 \text{ m}^3/\text{h}$) on veetötlusjaama projekteeritud kaks kontaktmahutit läbimõõduga 1100 mm.

3.3.5 Veetöötlusjaama II-astme pumbad

Veetöötlusjaama on projekteeritud kuus II-astme pumpa. Pumpade dimensioneerimisel lähtutakse veevõrgu hüdraulilisest mudelist [56]:

- Pumbagrupi päevane toodang tavaolukorras – max 810 m³/d ehk 34 m³/h.
- Maksimaalne vooluhulk tavaolukorras – 15 l/s ehk 54 m³/h.
- Maksimaalne vooluhulk tulekahju korral – 30 l/s ehk 108 m³/h.

Pumpade valikul on arvestatud, et veetöötlusjaama maksimaalne tootlikkus oleks tagatud tavaolukorras ühe pumbaga (54 m³/h) ning tulekahju korral kahe pumbaga (108 m³/h). [3]

Pumbad on varustatud sagedusmuunduritega ning hakkavad tööle automaatselt. Tavaolukorras töötab veetöötlusjaamas üks pump, ülejäänud pumbad lisanduvad automaatselt, kui pole võimalik tagada vajalikku vooluhulka (sh tulekahju olukorras). Ühe pumba häire korral peab olema automaatselt võimalik tagada piirkonnale vajalik vooluhulk ülejäänud pumpade abil ehk on arvestatud, et vajalik joogivee või tulekustutusvee vooluhulk on võimalik tagada ka juhul, kui üks survetõstepumpadest ei ole töökorras. [3]

Pumbad on valitud vastavalt:

- Üks öine pump tootlikkusega 10 m³/h [3];
- Üks pump tootlikkusega 17 m³/h;
- Kaks pumpa keskmise vooluhulga tagamiseks (2 x 34 m³/h);
- Üks pump maksimaalse vooluhulga tagamiseks (56m³/h);
- Üks tuletõrjveepump tootlikkusega 56 m³/h.

Tuletõrje veevajadus 15 l/s tuleb tagada 3 tunni jooksul.

Pumpadele nähakse ette vibratsioonisummutid ja vajalik sulgarmatuur ning tagasisivooluklapid. Kõikidele pumpadele on projekteeritud nii imi- kui ka survetorustikule manomeetrid.

3.3.6 Diisलगeneraator

Vee- ja kanalisatsioonirajatiste elektri varutoite tagamiseks on veetöötlusjaama projekteeritud diisलगeneraator, mis tagab võrgupumpade, puhuri, puurkaevupumba ja kompressori üheaegse töö. Generaator tagab pumpla toimimiseks vajaliku vooluhulga vähemalt kahekümne neljaks tunniks. Arvestatud on veel ka veetöötusjaama

3.3.7 Arvutuste kokkuvõte

- Veetöötlusjaama tootlikkus - 810 m³/d [3];
- väline tulekustutus - 15 l/s, 54 m³/h [3];
- veetöötlusseadmete uhtevõe kogus – 17,5 m³/d;
- reservuaaride kasulik maht – 2 x 230 m³ [3];
- projekteeritud maksimaalne veetase reservuaarides – 3,95 m;
- veetöötlusjaama tüüp – kaheastmeline;
- paigaldatavad veetöötlussüsteemid:
 - raua ja mangaani eraldus;
 - desinfektsioonisüsteem juhusliku mikrobioloogilise reostuse likvideerimiseks (UV-seade, vajadusel NaOCl doseerimine);
 - radionukliidide (radooni, Ra-226, Ra-228) eraldus;
- Survelise aeratsioonipaagi läbimõõt – 1400 mm;
- Radionukliidide kontaktmahuti läbimõõt (1 mahuti) – 1100 mm;
- Survefiltrite läbimõõt (1 filter) – 1400 mm;
- Vee viibeaeg reservuaarides – 13,7 h;
- Vee viibeaeg survelises süsteemis kokku (1 aeratsiooni kontaktmahuti, 2 radionukliidide kontaktmahutit) – 20 min;
- UV-seadme tootlikkus – 54 m³/h;
- Diiseldiiseli generaatori näivvõimsus (S_{gen}) – 110 kVA.

Töödeldud vee kvaliteet peab vastama Sotsiaalministri 24.09.2019. a määruse nr 61 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“ toodud nõuetele ning alljärgnevatele piirsaldustele [11, 3]:

- üldraud, Fe < 0,2 mg/l;
- mangaan, Mn < 0,05 mg/l;
- vees ei tohi esineda mikrobioloogilist reostust;
- radionukliidide efektiivdoos <0,1 mSv/aastas (vajadusel, täpsustatakse peale puurkaevude analüüsi, mõju hinnang).

3.4 Veetöötlusjaama sisesed torustikud

Kõik veetöötlusjaama pumplasisesed **veetorustikud** on valdavalt projekteeritud roostevabast terasest AISI 316. Väiksemad läbimõõdud kui DN40 ja filtrite ühendustorustikud on projekteeritud liimitavast plasttorust PVC-U PN10. Reservuaari toru tugede ja kinnituselementide materjal on samuti AISI 316. [3]

Roostevabast terasest torustikke, elemente ja konstruktsioone tuleb kaitsta oksiidikihiga mehaaniliste ja muude kahjustuste eest valmistamisel, transpordil ja ladustamisel. Roostevaba terast tohib töödelda ainult samast materjalist tööriistadega ning seda tuleb säilitada muudest metallmaterjalidest eraldi. Roostevabast terasest toodete töstmisel tuleb kasutada tekstiilist tõstetroppe. Tuleb vältida erinevate metallide kokkupuutepindu. [47]

Kõik toruliited peavad olema kergesti ja palju kordi monteeritavad ning demonteeritavad, et kergendada pumba, veetõstetorude jne välja tõstmist ja vajadusel toruarmatuuri ning seadmete väljavahetamist.

Tehnoloogilised torustikud tähistatakse vastavalt Tellija nõuetele [3] funktsiooni (toorvesi, puhastatud vesi, uhtevesi filtrisse, kanalisatsioon, vesi võrku jne) ja voolusuunaga.

Torud tuleb nõuetekohaselt toestada ning projekteerides tuleb arvestada, et neid ei tohi paigaldada kaablitega samale riulile. Tehnoloogilises ruumis paiknevad toed valmistatakse terasest, kuumtsingitakse või värvitakse. Toed tuleb paigutada nii, et ei takistataks torustiku soojuspaisumist. Torustike liikumisel tekkivad jõud ei tohi seadmeid koormata. Tugede ja toru vahele paigaldatakse kummiriba. [72]

Toestus peab olema tehtud selliselt, et seadmete ja armatuuri demontaaži saaks teostada ilma tugede eemaldamiseta. Kinnituskohtade vahekaugus tuleb arvestada vastavalt tootja tehnilisele informatsioonile või RT 84-10818-et [72] juhendteatmiku soovitudele. Kinnitusviis peab sobima kinnitatavate torustike läbimõõtudega. [72]

Kõik pumplasisesed tehnoloogilised **kanalisatsioonitorustikud** (sh reservuaaride tühjendus ja ülevool) suubuvad veetöötlusjaama põrandas asuvasse süvendisse, samuti kraanikausist ja õhukuivati kondensaadipaagist pärinev vesi. Põrandasüvendist väljuv toru on projekteeritud PVC SN8 plastist läbimõõduga 200 mm ja juhatakse läbi reoveepumpla edasi AS ELVESO poolt ettenähtud olemasolevasse kanalisatsiooni survetorustikku.

Ruumi põrandale nähakse ette minimaalne kalle ($i=0,01$) põrandasüvendi suunas.

3.5 Vee- ja kanalisatsiooni välisvõrgud

Projekti raames on projekteeritud uue veetöötlusjaama vee- ja kanalisatsiooni ühendustorustikud, sh ümberühendused alles jäävate torustikega, et tagada elanikkonnale tarbevesi. Torustike projekteerimisel on arvestatud ka üldkasutatava maa ja maantee kinnistute piiridega ning teiste olemasolevate kommunikatsioonide, sh ka ümbertöstatavate, paiknemisega. [3]

3.5.1 Projekteeritud veevarustus

Käesoleva projekti mahus on projekteeritud olmeveevarustuse torustik läbimõõtudega De160 PE ja De110 PE ning kinnistute liitumistorustikud vastavalt De63 PE (Talli tn 2) ja De75 mm PE (Aruküla tee 22). Veetorni puurkaev-pumplast (Teriku tn 6) ja Ratsabaasi puurkaev-pumplast (Talli tn 2b) uude veetöötlusjaama on projekteeritud toorveetorustikud läbimõõduga De110 PE. Projekteeritud torustikud on planeeritud rajada kinnisel meetodil ning torustike asukohad koos veetöötlusjaamaga on toodud asendiplaanil, mis on leitav töö graafilises osas joonisel 1 (VK-4-01). [3]

Projekteeritud veetorustiku rajamissügavus on 1,8 m toru peale. Juhul, kui veetoru peale jääva täite paksus on väiksem kui 1,8 m, tuleb torustik nendes lõikudes soojustada 100 mm vundamendile mõeldud EPS plaadiga minimaalselt 0,5 m mõlemale poole toru telge. Lahtisel meetodil (näiteks puurimiskaevikud) ehitatava torustiku kohale (ca 30...40 cm toru laest) paigaldatakse hoiatuslint vastava kommunikatsiooni nimega (veetorustikel sinine hoiatuslint tekstiga VESI). [30]

Olmeveetorustikule on projekteeritud Talli tee lähedusse lekkemõõdukaev läbimõõduga 1200 mm ning Talli tee kõrvale siibrikaev läbimõõduga 1600 mm. [3]

Lisaks on projekti piirkonda projekteeritud kaks maapealset tuletõrjehüdranti [3]. Esimene tuletõrjehüdrant on projekteeritud Talli tn 4 kinnistu äärde, Talli tänavast (tee nr: 6530362 [5]) 1 m kaugusele haljasalale. Tuletõrjehüdrandi toitetorustik on läbimõõduga De110 mm ning projekteeritud eraldi väljavõttena uuest veetöötlusjaamast. Teine tuletõrjehüdrant on projekteeritud Traavi tänav L1 ja 11303 Jüri-Aruküla tee kinnistute ristumispunkti kergliiklusteest 1 m kaugusele haljasalale. Tuletõrjehüdrandi väljavõte on projekteeritud olmeveetorustiku pealt läbimõõduga De110 mm.

Veevarustuse liitumispunktid on projekteeritud kahe kinnistu tarbeks – Talli tn 2 (katastri nr: 65301:001:4998) ja Aruküla tee 22 (katastri nr: 65301:001:4997). Talli tn 2 liitumistorustik on projekteeritud läbimõõduga De63 mm ja Aruküla tee 22 läbimõõduga De75 mm. Liitumispunktid on planeeritud teenindama tulevast Rae riigigümnaasiumit ja spordihoonet. [3]

Mõlemale kinnistule kinnistu piirist väljapoole (kuni 1 m) on projekteeritud maakraan koos spindlipikenduse ja kapega (25T haljasalal). Maakraanist kinnistu poole (kuni kinnistu piirini) paigaldatakse vähemalt 1 m pikkune veetoru ja suletakse elekterkeevis otsakorgiga.

Väline tuletõrjerveevarustus

Tulekustutuseks vajalik vooluhulk on 15 l/s ning arvestuslik tulekahju kestvus on kuni 3 h [31]. Väline tulekustutusvesi tagatakse nii uute maapealsete hüdrantide kui ka olemasolevate (Aruküla tee ääres) abil. Projekteeritud uue veetöötlusjaama ja tuletõrjehüdrantide asukohad on toodud veevarustuse ja kanalisatsiooni välisvõrkude asendiplaanil töö graafilises osas joonisel 1 (VK-4-01).

Hüdrandina on ette nähtud soojustatud hüdrant. Hüdrant on valitud selliselt, et sulgelemendi spindlipikendus asub tõusutorust väljaspool. Paigaldatav hüdrant peab olema surveklassiga PN10 ning soojustatud, varustatud siibriga, teleskoopse tõusutoruga, automaatse tühjendusklapi ja drenaažitoruga. [31, 108, 111]

Hüdrandi paigaldamisel tuleb jälgida, et hüdrant on vertikaalses asendis ning tagasitäitmise ja pinnase tihendamistööde käigus nende vertikaalne asend säilib, kuni kaevik ümber hüdrandi on maapinnani täidetud.

Tuletõrjehüdrandi viide paigaldatakse eelduslikult hoone seinale, tarale või muule alusele tuletõrjehüdrandist maksimaalselt 20 m kaugusele ja 2,5 m kõrgusele maapinnast. Kui projekteeritud hüdrandi viita pole võimalik paigaldada aiale, hoone seinale või lähedal asuva tänavavalgustusposti külge, tuleb viit paigaldada betoonist alusega metallist raamile. [108]

3.5.2 Projekteeritud reoveekanalisisatsioon

Projekti piirkonna kanalisatsioonisüsteem on projekteeritud lahkvoolsena ning seetõttu on sademevee juhtimine kanalisatsioonitorustikku keelatud. Sademevee ärajuhtimine on lahendatud eraldi projektina ega käsitleta käesoleva projekti mahus. Torustike projekteerimisel on arvestatud eelkõige üldkasutatava maa kinnistu piiridega ning teiste olemasolevate kommunikatsioonide paiknemisega. Riigigümnaasiumi ja spordihoone olmereovee ärajuhtimine ei ole lahendatud käesoleva projekti raames.

Isevoolne reoveekanalisisatsioonitorustik

Käesoleva projekti mahus on projekteeritud isevooline reoveekanalisisatsioonitorustik läbimõõduga De200 mm uuest veetöötlusjaamast kuni reoveepumplani. Reoveepumpla on planeeritud veetöötlusjaama lähedale, umbes 40 m kaugusele hoonest ning sinna juhitakse uuest veetöötlusjaamast pärinevat survefiltrite uhtevett. Projekteeritud torustik on planeeritud rajada lahtisel meetodil. Projekteeritud kanalisatsioonitorustiku eluiga on minimaalselt 40 aastat.

Isevoolse kanalisatsioonitorustiku minimaalne rajamissügavus toru alla on 1,3 m. Projekteeritud kanalisatsioonitorustikud, mis paigaldatakse maapinnale lähemale kui 1 m mõõdetuna toru pealispinnast, tuleb soojustada 100 mm vundamendile mõeldud EPS plaadiga minimaalselt 0,5 m mõlemale poole toru telge.

Reovee kanalisatsiooni survetorustik

Projekti alasse rajatakse reoveepumpla uue veetöötlusjaama teenindamiseks. Reoveepumplast alates on projekteeritud survetorustik HDPE torust läbimõõduga De110 mm PN10. Projekteeritud reovee survetorustiku eluiga on 40 aastat. Projekteeritud torustik on planeeritud rajada kinniselt suundpuurimise meetodil vastavalt asendiplaanile, mis on leitav töö graafilises osas joonisel 1 (VK-4-01).

Projekteeritud survekanalisatsiooni torustiku rajamissügavus on min 1,8 m toru peale. Juhul, kui torustiku peale jääva täite paksus on väiksem kui 1,8 m, tuleb torustik nendes lõikudes soojustada. Survetorustiku puurimiskaevikus varustatakse torustik umbes 30 kuni 40 cm toru laest paigaldatud hoiatuslindiga vastava kommunikatsiooni nimega (survekanalisatsiooni torustikul kollane hoiatuslint tekstiga SURVEKANALISATSIOON ning isevoolsel kanalisatsioonitorustikul pruuni värviga ja tekst KANAL). [30]

Projekteeritud kanalisatsiooni survetorustik ühendatakse olemasoleva kanalisatsiooni survetorustikuga elekterkeevismuhvide abil.

Reoveepumpla

Projekteeritud reoveepumpla on planeeritud Talli tn 2 kinnistule. Pumpla on projekteeritud veetöötusjaama lähedale, umbes 40 m kaugusele hoonest ning on mõeldud ainult uue veetöötusjaama teenindamiseks. Maapind reoveepumpla ümber peab olema kas looduslikult pideva kaldega pumplast eemale (vähemalt 3 m raadiuses ümber pumpla; väljaspool seda ala peab olema tagatud vee äravool pumpla ümbrusest) või tuleb see täitmise teel nii kujundada.

Kohaliku omavalitsuse detailplaneeringu [6] kohaselt on kinnistule Talli tn 2 planeeritud sõidutee ja juurdepääsutee veetöötusjaama hoone teenindamiseks. Reoveepumpla asukoht on valitud selliselt, et pumpla jääks tulevasesst sõiduteest umbes 6 m eemale haljasalale. Reoveepumpla ümbruses peab olema kolmest küljest minimaalselt 1 m laiune teenindusala. Ühest küljest on tagatud võimalus pumpla juurde sõita ka teenindaval autol ning parkida projekteeritud teenindusteele hooldustööde teostamise ajaks.

Reoveepumplana kasutatakse tehaselise ettevalmistusega silindrilisi kompaktpumplaid. Pumplasse paigaldatakse sukelreoveepump [3] koos põhjaliitmike ja juhtsiinidega. Pumba survetorule on ette nähtud siiber ja tagasilöögiklapp. Kõik pumplasisesed torustikud on projekteeritud happekindlast roostevabast terasest (AISI 316). Metallkonstruktsioonid (platvormid, redelid, pumba juhtsiinid jne) ning kinnitusvahendid pumpla sees peavad olema samuti happekindlast roostevabast terasest (AISI 316). Siibrid ja tagasilöögiklapid on valitud temperamalmist ning kaetud epoksiidkattega.

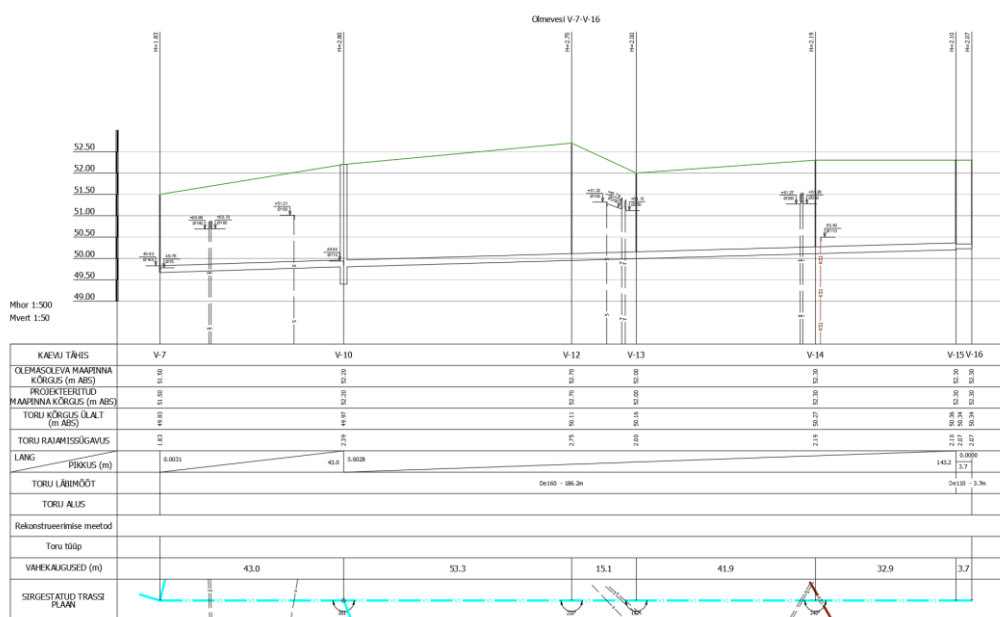
4 PROJEKTEERIMISE PROTSESS

AS ELVESO poolt korraldatud riigihankes „Alajaama puurkaevude ja veetötlusjaama projekteerimine ja ehitus“ tunnistati edukaks Schöttli Keskkonnatehnika AS. Projekt algas projekteerimistöde teostamisega septembri alguses 2021. aastal.

Projekteerimistöde esimese etapina teostati välistorustike projekt. Projekti alas Jüri alevikus tuli ühendada olemasoleva veetötlusjaama torustikud ning projekteerida uued ühendused Veetorni ja Ratsabaasi puurkaev-pumplatega (puurkaevude nimetused AS ELVESO poolt).

Välistorustike projekt teostati arvutipõhises **AutoCAD** joonestusprogrammis, mis on enamlevinud projekteerimise programm 2D ja 3D jooniste tegemiseks ning kasutatakse paljude projekteerimisprotsesside teostamiseks. Programmiga väljastatakse DWG joonis, mis on *AutoCAD*´le iseloomulik failivorming. Lisaliidesena on kasutatud *AutoCAD* programmi juures VK-programmi (kuulub O. Möldrele, ARX Süsteemid OÜ), mille Schöttli Keskkonnatehnika AS on ametliku litsentsina soetanud ning mille abil saab luua torustike pikiprofiile (vt joonis 4.1), kaevukellasid (vt joonis 4.2), koordinaattabeleid (vt joonis 4.3) jms. Samuti ka lihtsustada välistorustike joonistamist.

Välistorustike projekti raames tuli vormistada ka isikliku kasutusõiguse ala (IKÕ) plaanid. Transpordiameti isikliku kasutusõiguse ala plaan on toodud Lisas 4. Lisaks tuli projekti raames teha koostööd Rae valla, Transpordiameti ja olemasolevate tehnovõrkude valdajatega.



Joonis 4.1 VK-programmiga loodud Alajaama projekti veetorustiku pikiprofiil

Kaevu tähis V-10	Kogus 1	Tüüp V	Kaevu läbimõõt [mm] 1600	Kaevu materjal	Kaevu kõrgus [m] 2.80	Kaevu sügavus vv-st [m] 0.54
	Nr	Trassi läbimõõt [mm]	Trassi materjal	Nurk	Trassi kõrgus vv-st [m]	
	1	110.00	De110	0°	0.00	
	2	160.00	De160	125°	0.03	
	3	160.00	De160	285°	0.03	

Joonis 4.2 VK-programmiga loodud Alajaama projekti kaevukell

Tähis	Y	X	Märkus
H-1	551374.95	6580522.89	Projekteeritud hüdrant
H-2	551354.09	6580366.05	Projekteeritud hüdrant
MK-1	551368.52	6580427.08	Maakraan spindlipikenduse ja kaepa
MK-2	551368.62	6580422.59	Maakraan spindlipikenduse ja kaepa
V-4	551384.93	6580519.96	Veetoru sõlm
V-10	551369.15	6580380.03	Siibrikaev
V-16	551478.05	6580308.52	Veetoru sõlm
V-19	551350.52	6580367.03	Lekkemõõdukaev
V-27	551057.60	6580214.90	Veetoru sõlm
VTJ	551451.83	6580523.49	Projekteeritud veetöötusjaam

Joonis 4.3 VK-programmiga loodud Alajaama projekti koordinaattabel

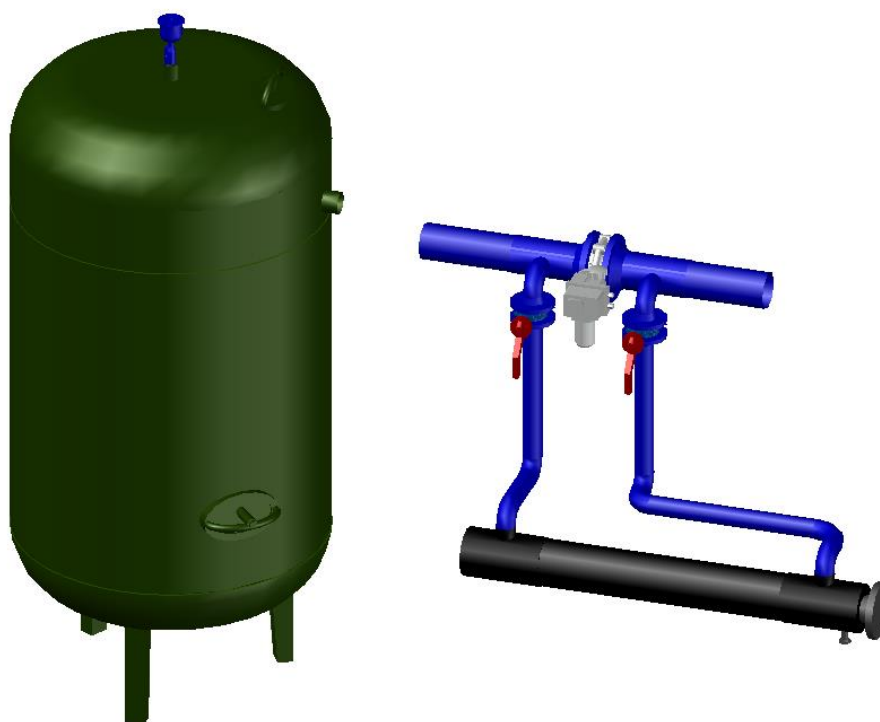
Välistorustike projektile lisaks tuli koostada Alajaama veetöötusjaama tehnoloogiline projekt. Tehnoloogiline projekt koostati 3D mudelina.

Uue Alajaama veetöötusjaama tehnoloogilise projekti põhiosana loodi veetöötusjaamast 3D mudel **AutoCAD Plant 3D** tarkvaras. Mudeli koostamise eesmärgiks oli saada võimalikult ökonoomne ruumipaigutus ning tagada Tellijale mõistlike kuludega veepuhastusjaama kasutus. Mudeli koostamisel lähtuti AS ELVESO poolt veetöötusjaamale esitatud lähteandmetest ning nõudmistest [3]. Lisaks võeti mudeli koostamisel aluseks eelnevalt valmisprojekteeritud konstruktiivse osa joonised - hoone plaan ja lõiked.

Veetöötusjaama 3D mudeli koostamist alustati 2D-s teostatud konstruktiivse osa tehnohoone plaani ja lõigete sissetoomisega 3D tarkvarasse. Vastavate plaanide sissetoomine lihtsustab seinte ja pörandate loomist 3D-s. Seinte ja pörandate loomisega antakse veetöötusjaama hoonele väline kuju.

Veetöötlusjaama hoonesse on projekteeritud 2 ruumi – tehnoruum (ca 90 m²) ja generaatoriruum (ca 10 m²). Lisaks on hoone külge planeeritud rajada kaks raudbetoonist veereservuaari kumbki pindalaga ca 60 m². Tehnohoone ja veereservuaaride välise kuju paika panemisele järgnes tehnoloogiliste seadmete, ühendustorustike ja armatuuri paigutamine hoonesse ja veereservuaaridesse.

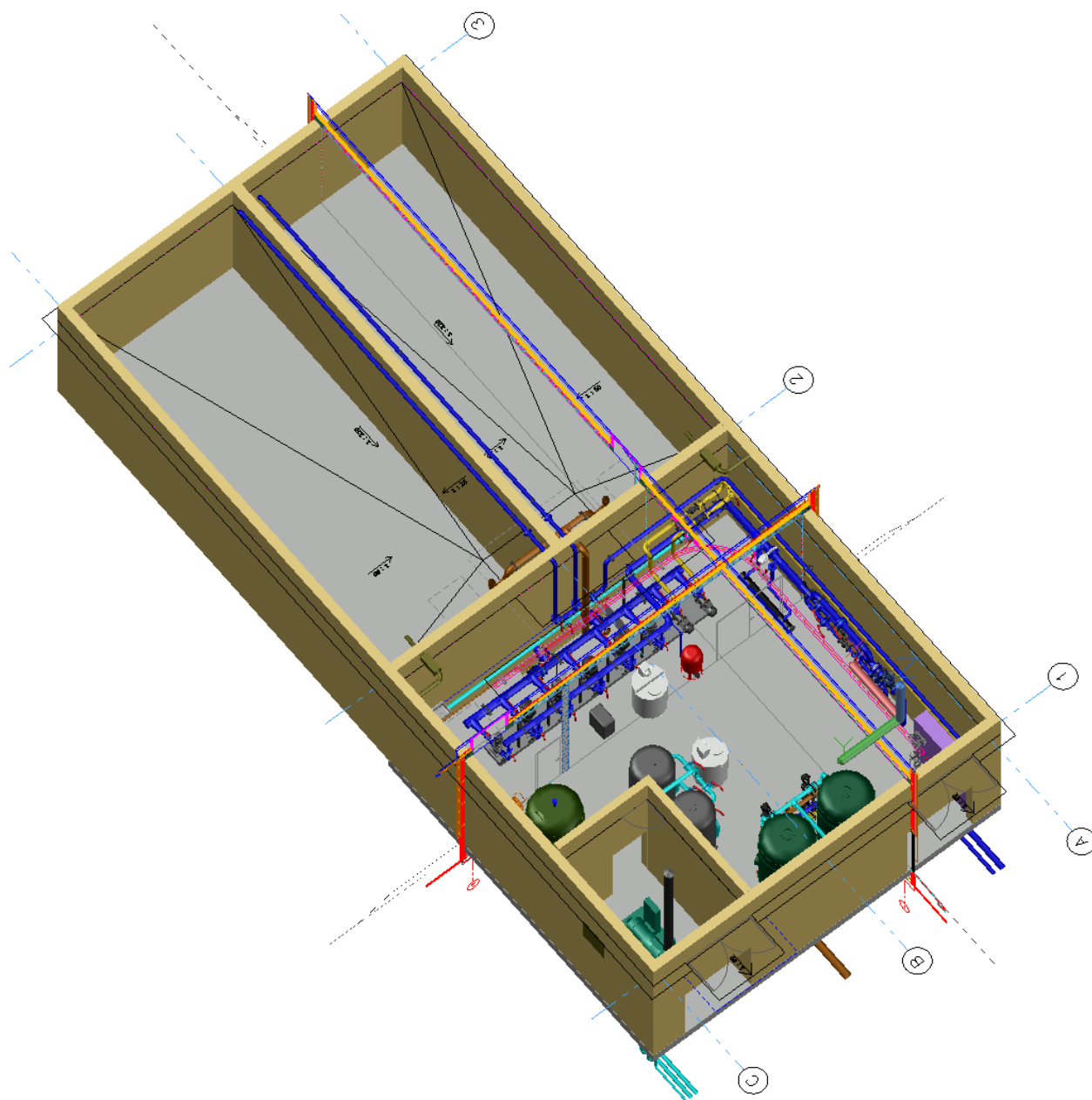
Tehnoloogia modelleerimiseks kasutati võimalusel vastavate tootjate kodulehtedelt alla laetavaid 3D mudeleid. Alla laetud mudelid oli võimalik *AutoCAD Plant 3D* tarkvarasse sisse tuua. Kui seadmete ja armatuuri 3D mudeleid ei olnud võimalik tootjatelt saada, kasutati sarnaste gabariitidega 3D mudeleid kas *AutoCAD Plant 3D* programmist leitavatest mallidest või loodi vastavalt tootelehel olevatele andmetele käesoleva magistritöö autori poolt (vt joonis 4.4).



Joonis 4.4 Aeratsioonimahuti ja UV-seadme 3D mudelid (projekteerija Kertu Orul)

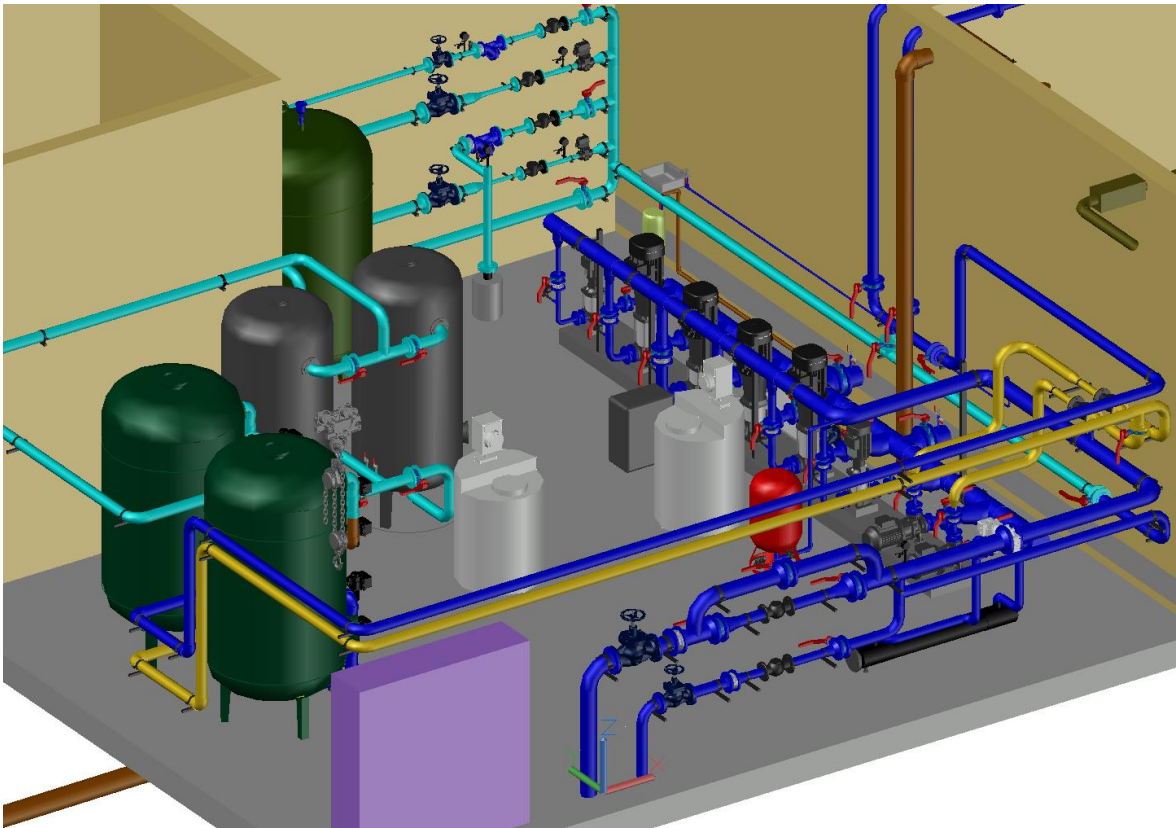
Kõigi vajalike mudelite olemasolul paigutati suuremad tehnoloogilised seadmed hoonesse. Vastavalt tehnoloogilisele skeemile (vt töö graafiline osa joonis 2) ühendati seadmed torustikega ning lisati vajalik toruarmatuur.

3D programmis koostatud tehnoloogiline projekt annab võimaluse visualiseerida kõikide seadmete ja torude paigutust ruumis ning hoida ära torustike ristumised, ebapiisavad vahekaugused seadmete vahel jms. Mudeli koostamine aitab leida optimaalsemaid viise tehnoloogiliste seadmete ja torusiku paigutamiseks ning annab võimaluse katsetada erinevaid lahendusi.



Joonis 4.5 Uue Alajaama veetötlusjaama 3D mudel (projekteerija Kertu Orul)

Joonisel 4.5 on välja toodud Alajaama veetötlusjaama 3D mudel koos aluseks võetud 2D konstruktsioonijoonistega. Selline mudel annab koheselt tagasisidet projekteeritud lahendusest. *AutoCAD Plant 3D* programmis on võimalik Alajaama veetötlusjaama mudelit pöörata ning näha kogu ruumi erinevate külgede pealt.



Joonis 4.6 Uue Alajaama veetöötusjaama tehnohoone 3D vaade (projekteerija Kertu Orul)

Joonisel 4.6 on näidatud veetöötusjaama tehnohoone seadmete, torustike ja toruarmatuuri paiknemine.

Lisaks annab 3D mudeli koostamine võimaluse luua ortograafilisi jooniseid. Need on torustike, seadmete jm kahemõõtmelised vaated, lõiked ja plaanid. Seega, kui 3D mudelis muudetakse seadmete või torustike asukohta, on võimalik uuendada olemasolevat lõiget ning saada koheselt uuendatud kahemõõtmeline joonis, mis hoiab kokku projekteerimise ressursi ja aega.

Sellise 3D mudeliga töötamine kiirendab projekteerimise protsessi, annab kohese ülevaate riskantsetest kohtadest ning aitab visualiseerida veetöötusjaama tervikuna.

Alajaama veetöötusjaama tehnoloogilise projekti skeem, plaan, lõiked ja 3D joonised on esitatud töö graafilises osas joonistel 2 kuni 6.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on esitada uue Alajaama veetöötlusjaama ja puurkaevude projekteerimise tehniline lahendus, selgitades valitud tehnoloogiat ning näidates dimensioneerimisega seotud arvutusi.

Lõputöö esimeses osas kirjeldati projekti piirkonna olemasolevat olukorda, toodi välja puurkaev-pumpla likvideerimise põhjused ning piirkonna ehitusgeoloogilised tingimused. Olemasoleva puurkaev-pumpla kinnistule on planeeritud rajada uus Rae riigigümnaasium, mille tõttu tuleb puurkaev-pumpla likvideerida. Samuti ei ole olemasolev puurkaev võimeline tagama perspektiivset vooluhulka, mis kaasneb elanikkonna kasvuga ning uue koolimaja ehitusega.

Töö teises osas esitati ülevaade Jüri aleviku toorvee kvaliteedinäitajatest ning enamlevinud veetööstustehnoloogiatest. Enamasti kasutatakse veetöötlusjaamades puhastusprotsessina aeratsiooni koos filtreerimisega survefiltrites, eemaldades veest raua- ja mangaaniühendid ning lahustunud gaasid. Lisaks kirjeldati radionukliidide eraldamise ning vee desinfitseerimise võimalikke puhastustehnoloogiaid. Peatüki lõpus esitati kuluanalüüs radionukliidide eraldamise alternatiivsetele lahendustele.

Töö kolmandas osas kirjeldati Jüri aleviku uue veetöötlusjaama lahendust ning esitati puhasti dimensioneerimisega seotud arvutused. Uue Alajaama veetöötlusjaama lahenduseks on valitud survealine süsteem, mille eeliseks on kompaktsus. Veetöötlusjaama projekteeriti aeratsioonimahuti raua ja mangaani oksüdatsiooniks, radionukliidide adsorptsiooni süsteem, survefiltrid ning vee desinfitseerimiseks mõeldud UV-seade ja NaOCl doseerimissüsteem. Veetöötlusjaama juurde kuuluvad kaks joogivee reservuaari vajaliku veekoguse tagamiseks. Lisaks veetöötlusjaamale projekteeriti ühendustorustikud olemasolevate puurkaevudega ning asula torustikega.

Töö neljandas osas kirjeldati projekteerimise protsessi ning kasutatud tarkvaralisi lahendusi. Samuti toodi välja 3D tarkvaras mudeli koostamise põhimõtte ning kirjeldati 3D projekteerimise eeliseid. 3D mudeli koostamine kiirendab projekteerimistöid ning selle abil visualiseeritakse veetöötlusjaama tehnoloogiline lahendus.

Lõputöös käsitletud projekteerimisprojekt on eelduseks Jüri aleviku Alajaama veetöötlusjaama ehituseks. Veetöötlusjaama lahenduse valimisel on arvestatud perspektiivse veetarbe vajadusega ning puurkaevudest lubatud veetootlikkuse saamisega. Kõikidele projektiosadele on väljastatud ehitusluba – puurkaevud (ehitusluba nr. 2212271/00379), välistorustikud (ehitusluba nr 2212271/07730), veetöötlusjaam (ehitusluba nr 2212271/07715). Ehitustöödega alustati märtsis.

SUMMARY

The aim of this master's thesis is to present a technical solution and design of the new Alajaama water treatment plant and borewells, explaining the chosen technology and showing calculations related to dimensioning.

The first part of the thesis described the current situation of the project area, the reasons for the demolishing of the borewell pumping station and the geological conditions of the area. A new Rae gymnasium is planned to be built on the plot of the existing borewell pumping station, due to which the borewell pumping station must be demolished. Furthermore, the existing borewell will not cover the prospective flowrate due to the growth of population and the construction of a new school building in Jüri borough.

The second part of the work provided an overview of the groundwater quality parameters of the Jüri borough and the most common water treatment technologies. In most water treatment plants, aeration is used in purification process with filtration through pressure filters to remove iron and manganese compounds and dissolved gases from the water. In addition, possible purification technologies for radionuclide removal and water disinfection were described. At the end of the chapter, a cost analysis was presented for alternative solutions for radionuclide separation.

In the third part of the work, the technological solution of the new water treatment plant was described, and the calculations related to the dimensioning of the treatment plant were presented. The solution of the new Alajaama water treatment plant is a pressurized system with the advantage of compactness. The water treatment plant was designed with an aeration tank for iron and manganese oxidation, a radionuclide adsorption system, pressure filters for iron, manganese and radionuclide removal and finally a NaOCl dosing system and a UV device for water disinfection. The water treatment plant has two drinking water reservoirs to ensure the necessary water output capacity. In addition to the water treatment plant, the connecting pipelines for the water treatment plant with the existing pumping stations and the pipelines of the borough were designed.

The fourth part of the work described the design process and the software solutions used. The principle of modelling in 3D software was also presented and the advantages of the design were described. Creating a 3D model speeds up the design work and visualizes the technological solution of the water treatment plant.

The design project discussed in the thesis is a precondition for the construction of the Alajaama water treatment plant in Jüri borough. The prospective water consumption and obtaining the permitted water productivity from borewells were taken into account

to choose the water treatment plant solution. A building permit has been issued for all parts of the project – borewells (building permit no. 2212271/00379), external pipelines (building permit no. 2212271/07730) and a water treatment plant (building permit no. 2212271/07715). Construction began in March.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] AS ELVESO, 2022. [Online].
<https://www.elveso.ee/> Kasutatud: 01.03.2022.
- [2] Maa-ameti geoportaal, 2022. [Online].
<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>
Kasutatud: 01.03.2022.
- [3] AS ELVESO, *Alajaama puurkaevude ja veetöötusjaama projekteerimine ja ehitus*, Hanke alusdokumendid (hanke nr 237143), III osa, Tellija tingimused, 2021.
- [4] OÜ REI Geotehnika, *Pumpla. Ehitusgeoloogilise uuringu aruanne*, töö nr 4949-21, oktoober 2021. [Aruanne]. Kasutatud: 02.03.2022
- [5] Teeregister, 2022. [Online].
<https://teeregister.mnt.ee/reet/search> Kasutatud: 02.03.2022.
- [6] Rae valla geoportaal. Detailplaneeringud ja projekteerimistingimused. [Online].
<https://map.rae.ee/gis/apps/webappviewer/index.html?id=234f9ff842cf4fb9a1153385b406fc39> Kasutatud: 03.03.2022.
- [7] OÜ BalRock. (2021). Harjumaa, Rae vald, Jüri aleviku puurkaevu nr 981 lammutamise ja kahe uue puurkaevu projekt. Projekti nr 11846. Tööprojekt. Kasutatud: 03.03.2022.
- [8] Keskkonnaministeerium, *Harju maakonna põhjaveevarude kinnitamine*, 2006. Käskkiri. [Online]. Loetud aadressil:
<https://envir.ee/kehtestatud-pohjaveevarud> Kasutatud: 03.03.2022.
- [9] J. Karu, *Veevärk*. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2016.
- [10] VEKA. 2010. EELIS (Eesti Looduse Infosüsteem). [Online].
<https://veka.keskkonnainfo.ee/veka.aspx> Kasutatud: 18.03.2022.
- [11] *Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid*. Riigi Teataja I, 26.09.2019, 2. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.riigiteataja.ee/akt/126092019002> Kasutatud: 18.03.2022.
- [12] Keskkonnaministeerium, *Looduslikud radionukliidid*, 2021. [Online].
Loetud aadressil:
<https://envir.ee/keskkonnakasutus/kiirgus/looduslikud-radionukliidid#radionukliidid-phja> Kasutatud: 18.03.2022.

- [13] Infragate Eest AS, *Rae valla ühisveevärgi ja –kanalisatsiooni ning sademevee ärajuhtimise arendamise kava aastateks 2017-2028*, töö nr: 147-16/RAE10, Tallinn, Mai 2017. [Online]. Loetud aadressil: https://www.rae.ee/documents/823250/15820815/RAE_Seletuskiri1705_11.pdf/42a4cccb-1030-479b-92fc-6ad775b15610 Kasutatud: 18.03.2022.
- [14] *Muinsuskaitseseadus*. Riigi Teataja I, 10.12.2020, 22. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119032019013> Kasutatud: 18.03.2022.
- [15] Lenntech, *Iron Removal by physical-chemical ways*. [Online]. <https://www.lenntech.com/processes/iron-manganese/iron/iron-removal-physical-chemical-way.htm> Kasutatud: 28.03.2022.
- [16] M. Elsheikh, H. Guirguis, A. Fathy, "Removal of iron and manganese from groundwater: a study of using potassium permanganate and sedimentation". *MATEC Web of Conferences*, vol. 162, no. 05018, May 2018. [Online] Loetud aadressil: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/21/mateconf_bcee32018_05018.pdf Kasutatud: 29.03.2022.
- [17] P.K. Labhasetwar, P.M. Patni, G.K. Khadse, "Removal of iron and manganese from drinking water supply", *Sustainable Water Resources Management*, vol. 1, 157–165, August 2015. [Online]. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40899-015-0017-4> Kasutatud: 29.03.2022.
- [18] U. Saha, L. Sonon, P. Turner, G. Hawkins, K. Mickler, "Household Water Treatment: Disinfection Methods and Devices". The University of Georgia, April 2018. [Online]. Loetud aadressil: <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1487&title=Household%20Water%20Treatment:%20Disinfection%20Methods%20and%20Devices> Kasutatud: 30.03.2022.
- [19] W. McGowan, *Water processing: residential, commercial, light-industrial*, 3rd ed. USA: Water Quality Association, 2000. Kasutatud: 30.03.2022.
- [20] M. Isaeva and N.M. Castro, "Water Treatment for the Removal of Iron and Manganese", [Bakalaureuse projekt], Mechanical Engineering–Development Assistance, 2011. [Online]. Loetud aadressil: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:460329/FULLTEXT01.pdf> Kasutatud: 31.03.2022.
- [21] Environmental Dictionary EnDic, 2004. Soome: Finnish Environment Institute (SYKE). [Online]. Loetud aadressil: <https://mot.kielikone.fi/mot/indic/netmot.exe?UI=ened&height=165> Kasutatud: 31.03.2022.
- [22] SUEZ, *Handbook of Industrial Water Treatment*, Technologies & Solutions, 2022. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.suezwatertechnologies.com/handbook/chapter-06-filtration> Kasutatud: 01.04.2022.

- [23] WesTech Engineering, *Removing Radionuclides from Drinking Water*, May 2019. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.westech-inc.com/blog/removing-radionuclides-from-drinking-water> Kasutatud: 04.04.2022.
- [24] Puretec Industrial Water, *What is Reverse Osmosis?* [Online]. Loetud aadressil: <https://puretecwater.com/reverse-osmosis/what-is-reverse-osmosis#:~:text=Reverse%20Osmosis%20works%20by%20using,behind%20in%20the%20reject%20stream> Kasutatud: 04.04.2022.
- [25] U.S. Environmental Protection Agency, *Radionuclides in Drinking Water*, Ameerika Ühendriigid, July 2015. [Online]. Loetud aadressil: https://cfpub.epa.gov/safewater/radionuclides/radionuclides.cfm?action=Rad_Reverse%20Osmosis Kasutatud: 04.04.2022.
- [26] M.K. Selatile, S.S. Ray, V. Ojijo, R. Sadiku, "Recent developments in polymeric electrospun nanofibrous membranes for seawater desalination", *RSC Advances*, vol. 8, no. 166, pp. 37916-37919, 2018. [Online]. Loetud aadressil: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/RA/C8RA07489E#!divAbstract> Kasutatud: 04.04.2022.
- [27] J. Rowe, "Understanding Sodium Hypochlorite", *Treatment Plant Operator*, December 2013. [Online]. Loetud aadressil: https://www.tpomag.com/editorial/2013/12/understanding_sodium_hypochlorite_wso Kasutatud: 05.04.2022.
- [28] Eesti Keele Instituut, *Võõrsõnade leksikon*, Tallinn: Kirjastus Valgus, 2012. [Online]. Loetud aadressil: <http://www.eki.ee/dict/vsl/vsl.html> Kasutatud: 05.04.2022
- [29] *Veevarustuse välisvõrk*, EVS 921:2022, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, Tallinn, 2022.
- [30] *Linnatänavad*, EVS 843:2016, Eesti Standardikeskus, Tallinn, 2016.
- [31] *Ehitiste tuleohutus. Osa 6: Tuletõrje veevarustu*, EVS 812-6:2021+A1+A2. Eesti Standardikeskus, Tallinn, 2017.
- [32] *Proovivõtumeetodid*. Riigi Teataja I, 08.10.2019, 1. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108102019001> Kasutatud: 06.04.2022.
- [33] *Ehitise kasutamise otstarvete loetelu*, Riigi Teataja I, 26.02.2021, 6, Lisa. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015001?leiaKehtiv> Kasutatud: 06.04.2022

- [34] R. Munter, "Technology for the removal of radionuclides from natural water and waste management: state of the art", *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, vol. 62, nr. 2, pp. 122-132, May 2013. Tallinn: Estonian Academy Publishers. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.proquest.com/docview/1370727728> Kasutatud: 07.04.2022
- [35] Keskkonnaministeerium, *Radoon*, 2021. [Online]. Loetud aadressil: <https://envir.ee/keskkonnakasutus/kiirgus/radoon> Kasutatud: 07.04.2022.
- [36] PubChem, 2022. [Online]. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> Kasutatud: 08.04.2022.
- [37] N. Olszak, "Aeration processes", *Complete Water Solutions*, May 2020. [Online]. Loetud aadressil: <https://complete-water.com/resources/aeration-processes> Kasutatud: 08.04.2022.
- [38] *Nõuded salvkaevu konstruktsiooni, puurkaevu või -augu ehitusprojekti ja konstruktsiooni ning lammutamise ja ümberehitamise ehitusprojekti kohta, puurkaevu või -augu projekteerimise, rajamise, kasutusele võtmise, ümberehitamise, lammutamise ja konserveerimise korra ning puurkaevu või -augu asukoha kooskõlastamise, ehitusloa ja kasutusloa taotluste, ehitus- või kasutusteatise, puurimispäeviku, salvkaevu ehitus- või kasutusteatise, puurkaevu või -augu ja salvkaevu andmete keskkonnaregistrisse kandmiseks esitamise ning puurkaevu või -augu ja salvkaevu lammutamise teatise vormid*, Riigi Teataja I, 14.07.2015, 1. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/114072015001> Kasutatud: 09.04.2022.
- [39] AS ELVESO, *AS ELVESO tehnilised üldnõuded*, 2020. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.elveso.ee/vesi/tehnilised-yldnouded/> Kasutatud: 09.04.2022.
- [40] AS Tallinna Vesi, *Põhjavee kvaliteet*. [Online]. Loetud aadressil: <https://tallinnavesi.ee/ettevete/pohjavee-kvaliteet/> Kasutatud: 09.04.2022.
- [41] J. Kjaersgaard, "Drinking Water Treatment – Aeration", *Drinking water and human health*, August 2019. [Online]. Loetud aadressil: <https://drinking-water.extension.org/drinking-water-treatment-aeration/> Kasutatud: 09.04.2022.
- [42] A. H. Lundquist, "Chemical and biological removal of iron and manganese from drinking water", [Magistritöö], Environmental Engineering, Montana State University, Bozemann, Montana, 1999. [Online]. Loetud aadressil: <https://scholarworks.montana.edu/xmlui/handle/1/8618> Kasutatud: 09.04.2022.

- [43] L. M. McFarland, "Drinking Water Problems: Iron and Manganese", *Texas A&M AgriLife Extension*. [Online]. Loetud adressil: <https://agrilifeextension.tamu.edu/library/water/drinking-water-problems-iron-and-manganese/#:~:text=Water%20contaminated%20with%20iron%20and, and%20can%20clog%20water%20systems> Kasutatud: 09.04.2022.
- [44] Evoqua Water Technologies, *Iron and manganese removal with chlorine dioxide*, 2020. [Online]. Loetud adressil: https://www.evoqua.com/siteassets/documents/products/disinfection/m_sfmnap.pdf Kasutatud:09.04.2022.
- [45] M.F. Syazwan, M. R. Rozainy and R. Jamil, "Removing iron and manganese by using cascade aerator and limestone horizontal roughing filters", *IOP Publishing*, vol. 864, 2nd Joint Conference on Green Engineering Technology & Applied Computing, Thailand, Bangkok, February 2020. [Online]. Loetud adressil: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/864/1/012006> Kasutatud: 09.04.2022.
- [46] J. Swancara, "Ozone as a disinfectant", *Water Quality Products*, August 2007. [Online]. Loetud adressil: <https://www.wqpmag.com/ozone-disinfectant> Kasutatud: 09.04.2022.
- [47] *Veevärk. Osa 2: Veetöötlus*, EVS 847-2:2016, EVS. Eesti Standardikeskus, Tallinn, 2016.
- [48] OÜ Melbra, Harjumaa, *Rae vald, Jüri alevik Lehmja Tammik 2 kuni Teriku tn 6*, töö nr 110 G 21, september 2021. [Aruanne]. Kasutatud: 20.04.2022.
- [49] OÜ Hades Geodeesia, Harjumaa, *Rae vald, Jüri alevik Rae gümnaasium ja spordihoone maa-ala plaan tehnovõrkudega*, töö nr 3191, aprill 2021. [Aruanne]. Kasutatud: 20.04.2022.
- [50] W. W. J. M. de Vet, J. C. van Dijk jt, "Water quality and treatment of river bank filtrate", *Drinking Water Engineering and Science*, vol. 3, no. 1, pp. 79–90, 2010, doi: [10.5194/dwes-3-79-2010](https://doi.org/10.5194/dwes-3-79-2010) Kasutatud: 25.04.2022.
- [51] D. van Halem, "Introduction to Water Treatment. Aeration", *TU Delft*. [Online]. Loetud adressil: https://courses.edx.org/c4x/DelftX/CTB3365DWx/asset/D4b_SlidesTekst.pdf Kasutatud: 25.04.2022.
- [52] A. Voiland and D. Herring, "UV Exposure Has Increased Over the Last 30 Years, but Stabilized Since the Mid-1990s", *NASA 's Earth Science News Team*, March 2010. [Online]. Loetud adressil: <https://www.nasa.gov/topics/solarsystem/features/uv-exposure.html> Kasutatud: 25.04.2022.

- [53] Tartu Ülikooli tervishoiu instituut, *Fluoriid joogivees*. [Online]. Loetud aadressil: https://www.sm.ee/sites/default/files/content-editors/eesmargid_ja_tegevused/Tervis/Rahvatervis/Keskkonna_tervis/i_nfoleht_fluoriid_joogivees_2008.pdf Kasutatud: 26.04.2022.
- [54] Oxidation Technologies, *Well Water Treatment*, 2017. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.oxidationtech.com/applications/water-treatment/well-water.html> Kasutatud: 26.04.2022.
- [55] *Ühisveevärk. Osa 3: Veevärgi projekteerimine*, EPN 18.5.3, EESTI PROJEKTEERIMISNORMID, Eesti Ehitusteave, Tallinn, 2004.
- [56] AS Infragate Eesti, *AS ELVESO veevõrgu hüdrauliline analüüs ja mudeli kaasajastamine Rae vald, Hrju maakond*, EPANET 2.2 veemudel, 2020.
- [57] EUWA, *Disinfection of water*, Saksamaa. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.euwa.com/disinfection-of-water.html> Kasutatud: 27.04.2022.
- [58] Wikipedia, *Dilution (equation)*. [Pilt]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_\(equation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_(equation)) Kasutatud: 27.04.2022
- [59] Toppr, *Dilution Formula*. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.toppr.com/guides/chemistry-formulas/dilution-formula/> Kasutatud: 27.04.2022.
- [60] M. Kaarma, "Vesi meie igapäevalus", 2015. [Online]. Loetud aadressil: https://www.tervisekool.ee/tervisekool/failid/File/lugemist/tervislk%20toitumine/Merike%20Kaarma_%20Vesi_.pdf Kasutatud: 28.04.2022.
- [61] L. Snowden-Swan, J. Piatt, A. Lesperance, "Chlorine Dioxide (ClO₂); advantages and disadvantages in the water industry", *Bridge Biotechnology*, March 2018. [Online] Loetud aadressil: <https://www.bridgebiotechnology.com/chlorine-dioxide-clo2-advantages-disadvantages-water-industry/> Kasutatud: 28.04.2022.
- [62] Aqua-Tech, *How to Backwash Your Pool Sand Filter*, May 2019. [Online]. Loetud aadressil: <https://aqua-tech.ca/2019/05/how-to-backwash-your-pool-sand-filter/> Kasutatud: 28.04.2022.
- [63] Hitachi, *Natural Balance Type Rapid Sand Filter*. [Pilt]. Kasutatud: 28.04.2022. https://www.hitachi.com/businesses/infrastructure/product_site/water_environment/rapid_sand_filter/index.html

- [64] B. J. Lesikar, R. H. Melton jt, "Drinking Water Problems: Radionuclides", *Texas A&M AgriLife Extension*. [Online]. Loetud aadressil: <https://agrillifeextension.tamu.edu/library/water/drinking-water-problems-radionuclides/> Kasutatud: 28.04.2022.
- [65] Pure Water Products, *Aer-Max Closed Tank Aeration Systems for Iron and Hydrogen Sulfide Treatment*. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.purewaterproducts.com/aer-max-aeration-systems> Kasutatud: 29.04.2022.
- [66] Eesti Põhjaveekomisjon, *Eesti põhjavee kasutamine ja kaitse*, Tallinn: Maves AS, 2008.
- [67] M. Lepasson, U. Rand, *Keskkonna ioniseeriva kiirguse seire 2013. aasta tulemused*, Keskkonnaamet, 2013. [Aruanne].
- [68] Envir, *Looduslike radionukliide sisaldavate ja looduslike radionukliididega saastunud materjalide käitlemise valikud*, eksperthinnang, Tartu, 2010.
- [69] B. Swistock, D. Rizzo, "Reducing Radon in Drinking Water", *PennState Extension*, The Pennsylvania State University, May 2015. [Online]. Loetud aadressil: <https://extension.psu.edu/reducing-radon-in-drinking-water> Kasutatud: 29.04.2022.
- [70] Schöttli Keskkonnatehnika AS, *Greensand Plus*. [Online]. Loetud aadressil: <https://schottli.ee/tooted/vesi/eriseadmed-ja-materjalid/filtrimaterjalid/greensand-plus/> Kasutatud: 30.04.2022.
- [71] Aqua-TECHNIEK B.V., Aqua-mandix / Manganese dioxide. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.aqua-technik.com/products/aqua-mandix-manganese-dioxide/> Kasutatud: 30.04.2022.
- [72] *Torustike ja õhukanalite toestamine*, RT 844-10818-et, Eesti Ehitusteabe Fond, juhenditeatmik, 2004.
- [73] SCADA Systems. [Online]. Loetud aadressil: <http://www.scadasystems.net/> Kasutatud: 30.04.2022.
- [74] W. S. da Cruz Nizer, V. Inkovskiy, J. Overhage, "Surviving Reactive Chlorine Stress: Responses of Gram-Negative Bacteria to Hypochlorous Acid", *Microorganisms*, vol. 8, nr. 8, pp. 5, August 2020. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/1/136/htm> Kasutatud: 30.04.2022.
- [75] AS A.L.A.R.A., *Looduslike radionukliide sisaldavate materjalide puhastamine ning hinnang selle efektiivsusele*, 2010.

- [76] AS A.L.A.R.A. [Online].
<https://alara.ee/> Kasutatud: 30.04.2022.
- [77] Eesti Keskkonnaministeerium, *Radioaktiivsete jäätmete käitlemise riiklik tegevuskava*, Tallinn, 2019.
- [78] D.R. Sanitaartechnika OÜ, *Hüdrofoorid*. [Online]. Loetud aadressil:
<https://dr-sanitaartechnika.ee/veevark/hydrofoorid/>
Kasutatud: 03.05.2022.
- [79] ABB AS, *Alajaama VTJ elekter-automaatika*, töö nr 11096, tööprojekt, märts 2022.
- [80] AS Tallinna Vesi, *Kui kare on joogivesi Tallinnas?*, 2014. [Online]. Loetud aadressil:
<https://tallinnavesi.ee/kui-kare-on-joogivesi-tallinnas/>
Kasutatud: 05.05.2022
- [81] Statistikaamet, *Keskmine brutokuupalk*. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/tooelu/palk-ja-toojoukulu/keskmine-brutokuupalk> Kasutatud: 09.05.2022.
- [82] *Vee erikasutusõiguse tasumäärad veevõtu eest veekogust või põhjaveekihist*, RT I, 21.11.2014, 11, Lisa "Vee erikasutusõiguse tasumäärad veevõtu eest veekogust või põhjaveekihist aastateks 2016–2025". [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.riigiteataja.ee/akt/121112014011> Kasutatud: 10.05.2022.
- [83] SUEZ degremont water handbook, *Oxidation-disinfection: sources of chlorine*. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.suezwaterhandbook.com/processes-and-technologies/oxidation-disinfection/oxidation-and-disinfection-using-chlorine/sources-of-chlorine> Kasutatud: 10.05.2022.
- [84] J. F. McPeak and H. L. Aronovitch, *Iron in water and processes for its removal*, 1983. [Online]. Loetud aadressil:
https://www.hungerfordterry.com/files/Iron_in_water.pdf
Kasutatud: 11.05.2022.
- [85] The Engineering ToolBox, *Air - Density, Specific Weight and Thermal Expansion Coefficient vs. Temperature and Pressure*. [Online].
https://www.engineeringtoolbox.com/air-density-specific-weight-d_600.html Kasutatud: 12.05.2022
- [86] M. G. Salema, M'd H. El-Awadyb and E. Amin, "Enhanced Removal of Dissolved Iron and Manganese from Nonconventional Water Resources in Delta District, Egypt", *Energy Procedia*, vol. 18, pp. 983-993, 2012. [Online]. Loetud aadressil:
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.113> Kasutatud: 12.05.2022.

- [87] The Inversand Company, *Performance Media for Water Filtration*. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.inversand.com/our-product/greensandplus/>
Kasutatud: 12.05.2022.
- [88] Aqua-Techniek B.V., *Aqua-mandix / Manganese dioxide*. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.aqua-techniek.com/products/aqua-mandix-manganese-dioxide/> Kasutatud: 12.05.2022.
- [89] H. Kiuru, (Ed.), *RIL 124-2 Vesihuolto II*, 1st ed. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 2004.
- [90] E. Karttunen, (Ed.), *RIL 124-1 Vesihuolto I*, 1st ed. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 2003.
- [91] *Radioaktiivsete jäätmete klassifikatsioon, registreerimise, käitlemise ja üleandmise nõuded ning radioaktiivsete jäätmete pakendi vastavusnäitajad*, RT I, 05.10.2016, 6. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.riigiteataja.ee/akt/105102016006> Kasutatud: 16.05.2022.
- [92] KOTKAS - Keskkonnaotsuste infosüsteem, *Keskkonnaluba L.VV/325766*, Keskkonnaamet. [Online]. Loetud aadressil:
https://kotkas.envir.ee/permits/public_detail_view?1=1&permit_id=124808 Kasutatud: 16.05.2022.
- [93] Chemical Equations online!. [Online]. Loetud aadressil:
[https://chemequations.com/en/?s=NaOCl+%2B+H2O+%3D+HOCl+%2B+NaOH#:~:text=NaOCl%20\(l\)%20%2B,%2B%20NaOH%20\(aq\)](https://chemequations.com/en/?s=NaOCl+%2B+H2O+%3D+HOCl+%2B+NaOH#:~:text=NaOCl%20(l)%20%2B,%2B%20NaOH%20(aq))
Kasutatud: 17.05.2022.
- [94] U.S. Environmental Protection Agency, *Alternative disinfectants and oxidants guidance manual*, vol 99, no. 14, Ameerika Ühendriigid, 1999.
- [95] Life Alchemia, *Purification of drinking water from natural radionuclides and management options for NORM*, handbook, 2020. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.lifealchemia.eu/wp-content/uploads/2021/10/Handbook-estonia-EN.pdf> Kasutatud: 18.05.2022.
- [96] L. Lumiste, R. Munter jt, "Radioactivity of Estonian groundwater and technology for its removal", *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, vol 164, 2012. [Online]. Loetud aadressil:
<https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/WP12/WP12018FU1.pdf> Kasutatud: 18.05.2022.
- [97] Inseneribüroo REIB OÜ, *Rae gümnaasiumi õppehoone ja spordihoone. Harjumaa, Rae vald, Jüri alevik, Aruküla tee 22 ja Talli tee 2*, töö nr GE-3074, Mai 2021. [Aruanne]. Kasutatud: 18.05.2022.

- [98] A. Velling, "Mis on erinevus klassi 304 ja 316 roostevaba terase vahel?", *Fractory Solutions OÜ*, 2019. [Online]. Loetud aadressil: <https://fractory.com/et/erinevus-klassi-304-ja-316-roostevaba-terase-vahel/> Kasutatud: 19.05.2022.
- [99] K. Orul, "Uulu asula reoveepuhasti rekonstrueerimine", [Bakalaureusetöö], Inseneriteaduskond, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, Eesti, 2019.
- [100] *Nõuded ehitusprojektile*, RT I, 26.02.2021, 7. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015007?leiaKehtiv> Kasutatud: 20.05.2022
- [101] AS Ingle, *Ohutuskaart: Naatriumhüpokloriti vesilahus*, 2014. [Online]. Loetud aadressil: <http://www.ingle.ee/failid/mta4nzy5.pdf> Kasutatud: 20.05.2022.
- [102] GREENFORCE OÜ, *Polüetüleen PE*. [Online]. Loetud aadressil: <https://greenforce.ee/poluetuleen-pe/> Kasutatud 21.05.2022.
- [103] R. Munter, *Osooni ja vee lugu*, Tallinn: [S.n.], 2011.
- [104] Oxidation Technologies LLC, *Well Water Treatment*, 2017. [Plit]. <https://www.oxidationtech.com/applications/water-treatment/well-water.html>
- [105] *Sand Filter Backwash*, 2014. [Online]. <https://www.youtube.com/watch?v=3o16tAr5ZHY> Kasutatud: 21.05.2022.
- [106] *Rapid gravitational filtration (Filtraflo TGV)*, 2015. [Online]. <https://www.youtube.com/watch?v=PYbq-brYU7c> Kasutatud: 21.05.2022.
- [107] Office of Water Programs/University Enterprises Inc, *Water treatment plant operation*, vol. 2, 7th ed., 2020.
- [108] Veevõtukohta rajamise, katsetamise, kasutamise, korrashoiu, tähistamise ja teabevahetuse nõuded, tingimused ning kord, RT I, 23.02.2021, 20. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/123022021020> Kasutatud:21.02.2022.
- [109] Estplast Tootmine OÜ [Online]. Loetud aadressil: <https://estplast.ee/est/mis-on-eps/> Kasutatud: 21.05.2022.
- [110] Water-Right Group, *What is Crystal-Right and how does it affect water?*, February 2017. [Online]. Loetud aadressil: <https://www.water-rightgroup.com/resources/what-is-crystal-right/> Kasutatud:22.05.2022.

- [111] *Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded*, RT I, 23.02.2021, 13. [Online].
Loetud aadressil:
<https://www.riigiteataja.ee/akt/104042017014?leiaKehtiv>
Kasutatud: 21.05.2022.



RAE VALLAVALITSUS

KORRALDUS

Jüri

04. jaanuar 2022 nr 5

**Ehitusloa väljastamine
Jüri alevikus Talli tn 2 kinnistule
puurkaevude rajamiseks**

Lähtudes ehitusseadustiku § 38 lõikest 1, § 39 lõikest 1, § 43 lõikest 1, § 45 lõikest 1, § 122 lõikest 1 ja Rae Vallavolikogu 19.11.2021 otsusest nr 16 „Seadusega kohaliku omavalitsuse pädevusse antud küsimuste lahendamise otsustusõiguse delegeerimine Rae Vallavalitsusele“ ning taotleja 22.11.2021 ehitusloa taotlusest, mis on ehitisregistris registreeritud nr 2111271/41979 all (menetlus 283513), Rae Vallavalitsus annab

korralduse:

1. Väljastada ehitusluba puurkaevude (ehitisregistri koodid 221381324 ja 221381326) rajamiseks ning olemasoleva puurkaevu lammutamiseks järgmistel Harjumaal Rae vallas Jüri alevikus asuvatel kinnistutel:
 - 1.1. Talli tn 2 (registriosa 3078050; katastritunnus 65301:001:4998; sihtotstarve 100% ühiskondlike ehitiste maa);
 - 1.2. Aruküla tee 22 (registriosa 14617402; katastritunnus 65301:001:4997; sihtotstarve 100% ühiskondlike ehitiste maa).
2. Vähemalt kolm päeva enne ehitamisega alustamist tuleb Rae Vallavalitsusele läbi ehitisregistri esitada vormikohane teatis ehitamise alustamise kohta.
3. Ehitusluba kehtib viis aastat. Kui ehitamisega on alustatud, siis kehtib ehitusluba kuni seitse aastat ehitusloa kehtima hakkamisest.
4. Ehitise valmimisel tuleb ehitistele taotleda kasutusluba.
5. Korraldus jõustub teatavakstegemisest.
6. Korralduse peale võib esitada Rae Vallavalitsusele vaide haldusmenetluse seaduses sätestatud korras 30 päeva jooksul arvates korralduse teadasaamise päevast või päevast, millal oleks pidanud korraldusest teada saama, või esitada kaebuse Tallinna Halduskohtule halduskohtumenetluse seadustikus sätestatud korras 30 päeva jooksul arvates korralduse teatavakstegemisest.

/allkirjastatud digitaalselt/

Madis Sarik
vallavanem

/allkirjastatud digitaalselt/

Martin Minn
vallasekretär

Lisa 2 Vee- ja kanalisatsioonitorustike ehitusluba



RAE VALLAVALITSUS

KORRALDUS

Jüri

15. märts 2022 nr 412

Ehitusloa väljastamine

Jüri alevikus Talli tänava kinnistutele

vee- ja kanalisatsioonitorustike (EHR 221384754) rajamiseks

Lähtudes ehitusseadustiku § 38 lõikest 1, § 39 lõikest 1, § 43 lõikest 1, § 45 lõikest 1 ja Rae Vallavolikogu 19.11.2021 otsusest nr 16 „Seadusega kohaliku omavalitsuse pädevusse antud küsimuste lahendamise otsustusõiguse delegeerimine Rae Vallavalitsusele“ ning taotleja 26.01.2022 ehitusloa taotlusest, mis on ehisregistris registreeritud nr 2211271/02111 all (menetlus 290668), Rae Vallavalitsus annab

korralduse:

- Väljastada ehitusluba vee- ja kanalisatsioonitorustike (ehitisregistri koodid 221384754 ja 221384690) rajamiseks järgmistel Harjumaal Rae vallas Jüri alevikus asuvatel kinnistutel:
 - Talli tänav (registriosa 14383402; katastritunnus 65301:003:1178; sihtotstarve 100% transpordimaa);
 - Talli tn 2 (registriosa 3078050; katastritunnus 65301:001:4998; sihtotstarve 100% ühiskondlike ehitiste maa);
 - 11303 Jüri-Aruküla tee (registriosa 10264350; katastritunnus 65301:003:1076; sihtotstarve 100% transpordimaa);
 - 11303 Jüri-Aruküla tee (registriosa 5831650; katastritunnus 65301:003:0260; sihtotstarve 100% transpordimaa);
 - Traavi tänav L1 (registriosa 14383702; katastritunnus 65301:003:1184; sihtotstarve 100% transpordimaa);
 - Lehmja tammik 2 (registriosa 14304002; katastritunnus 65301:003:1165; sihtotstarve 100% üldkasutatav maa);
 - Aruküla tee 20a (registriosa 13563602; katastritunnus 65301:003:1093; sihtotstarve 100% elamumaa);
 - Aruküla tee 20 (registriosa 13567702; katastritunnus 65301:003:1092; sihtotstarve 100% elamumaa);
 - Veetorni tänav (registriosa 14215502; katastritunnus 65301:003:1142; sihtotstarve 100% transpordimaa).
- Vähemalt kolm päeva enne ehitamisega alustamist tuleb Rae Vallavalitsusele läbi ehisregistri esitada vormikohane teatis ehitamise alustamise kohta.
- Ehitusluba kehtib viis aastat. Kui ehitamisega on alustatud, siis kehtib ehitusluba kuni seitse aastat ehitusloa kehtima hakkamisest.

4. Ehitise valmimisel tuleb ehitisele taotleda kasutusluba.
5. Korraldus jõustub teatavakstegemisest.
6. Korralduse peale võib esitada Rae Vallavalitsusele vaide haldusmenetluse seaduses sätestatud korras 30 päeva jooksul arvates korralduse teadasaamise päevast või päevast, millal oleks pidanud korraldusest teada saama, või esitada kaebuse Tallinna Halduskohtule halduskohtumenetluse seadustikus sätestatud korras 30 päeva jooksul arvates korralduse teatavakstegemisest.

/allkirjastatud digitaalselt/

Madis Sarik
vallavanem

/allkirjastatud digitaalselt/

Martin Minn
vallasekretär



RAE VALLAVALITSUS
KORRALDUS

Jüri

15. märts 2022 nr 413

Ehitusloa väljastamine

**Jüri alevikus Talli tn 2 kinnistule
veetöötlusjaama (EHR 221385231) rajamiseks**

Lähtudes ehitusseadustiku § 38 lõikest 1, § 39 lõikest 1, § 43 lõikest 1, § 45 lõikest 1 ja Rae Vallavolikogu 19.11.2021 otsusest nr 16 „Seadusega kohaliku omavalitsuse pädevusse antud küsimuste lahendamise otsustusõiguse delegeerimine Rae Vallavalitsusele“ ning taotleja 04.02.2022 ehitusloa taotlusest, mis on ehitisregistris registreeritud nr 2211271/06290 all (menetlus 291795), Rae Vallavalitsus annab

korralduse:

1. Väljastada ehitusluba veetöötlusjaama (ehitisregistri kood 221385231) rajamiseks järgmisel Harjumaal Rae vallas Jüri alevikus asuval kinnistul:
 - 1.1. Talli tn 2 (registriosa 3078050; katastritunnus 65301:001:4998; sihtotstarve 100% ühiskondlike ehitiste maa).
2. Vähemalt kolm päeva enne ehitamisega alustamist tuleb Rae Vallavalitsusele läbi ehitisregistri esitada vormikohane teatis ehitamise alustamise kohta.
3. Ehitusluba kehtib viis aastat. Kui ehitamisega on alustatud, siis kehtib ehitusluba kuni seitse aastat ehitusloa kehtima hakkamisest.
4. Ehitise valmimisel tuleb ehitisele taotleda kasutusluba.
5. Korraldus jõustub teatavastegemisest.
6. Korralduse peale võib esitada Rae Vallavalitsusele vaide haldusmenetluse seaduses sätestatud korras 30 päeva jooksul arvates korralduse teadasaamise päevast või päevast, millal oleks pidanud korraldusest teada saama, või esitada kaebuse Tallinna Halduskohtule halduskohtumenetluse seadustikus sätestatud korras 30 päeva jooksul arvates korralduse teatavastegemisest.

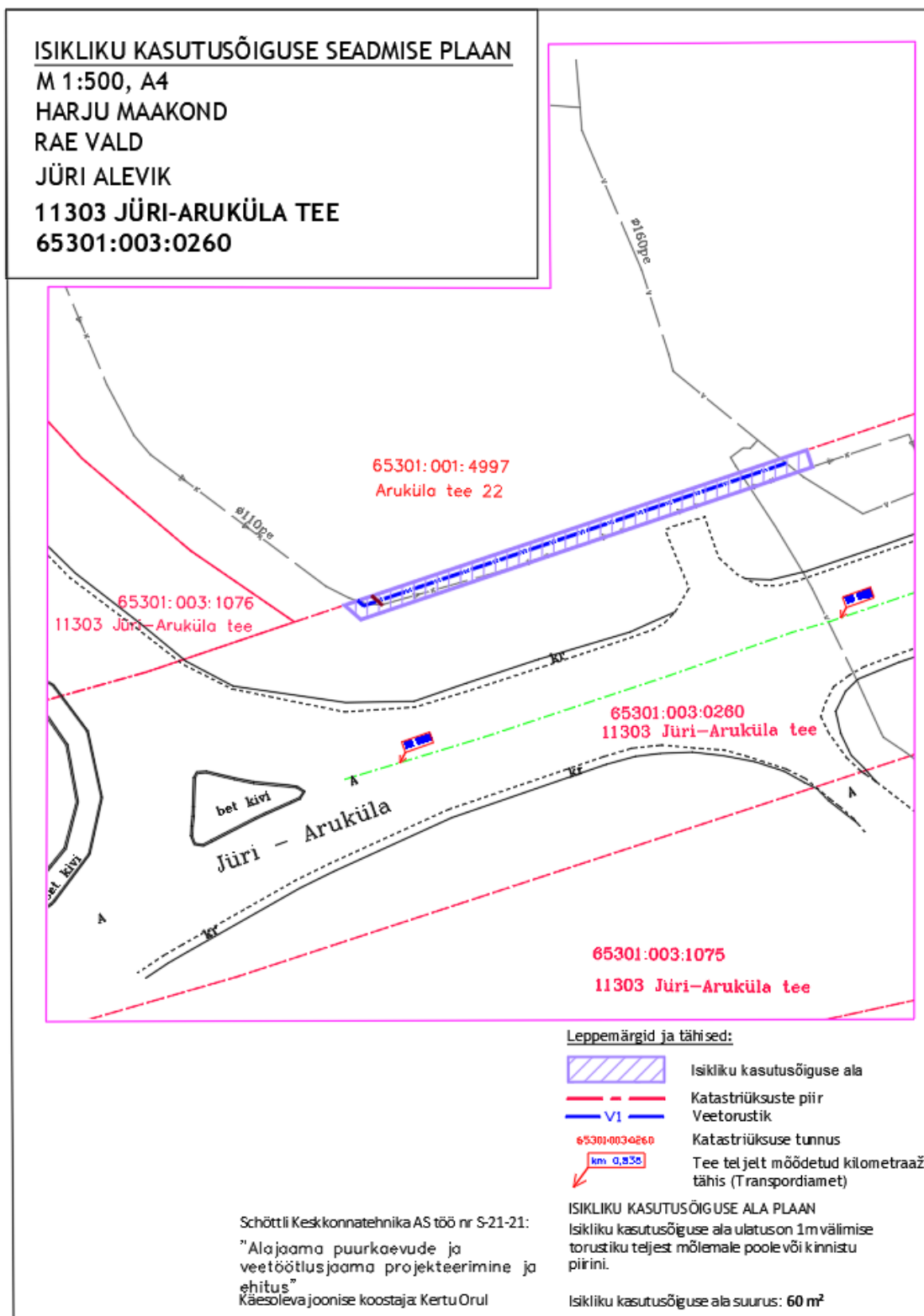
/allkirjastatud digitaalselt/

Madis Sarik
vallavanem

/allkirjastatud digitaalselt/

Martin Minn
vallasekretär

Lisa 4 Isikliku kasutusõiguse ala seadmise plaan (Transpordiamet)



Lisa 5 Alajaama välistorustike ja veetöötusjaama ehituseelsed fotod

L5.1 Talli tn 2 kinnistu, kuhu rajatakse uus Alajaama veetöötusjaam



L5.2 Olemasolev likvideeritav Alajaama puurkaev-pumpla



L5.3 Olemasolev Veetorni puurkaev-pumpla, mis ühendatakse uue Alajaama veetöötlusjaamaga



L5.4 Olemasolev Ratsabaasi puurkaev-pumpla, mis ühendatakse uue Alajaama veetöötlusjaamaga



Lisa 6 Alajaama välistorustike ehitusaegsed fotod

L6.1 Veetorustike rajamine suundpuurimisega – puurimiskaevik



L6.2 Puurimiskaevik koos puuritud vee- ja kanalisatsioonitorustikega



Lisa 7 Alajaama veetöötlusjaama ehitusaegsed fotod

L7.1 Uue Alajaama veetöötusjaama kinnistu (Talli tn 2) võsast puhastamine



L7.2 Veetöötlusjaama tarbeks juurdepääsutee rajamine



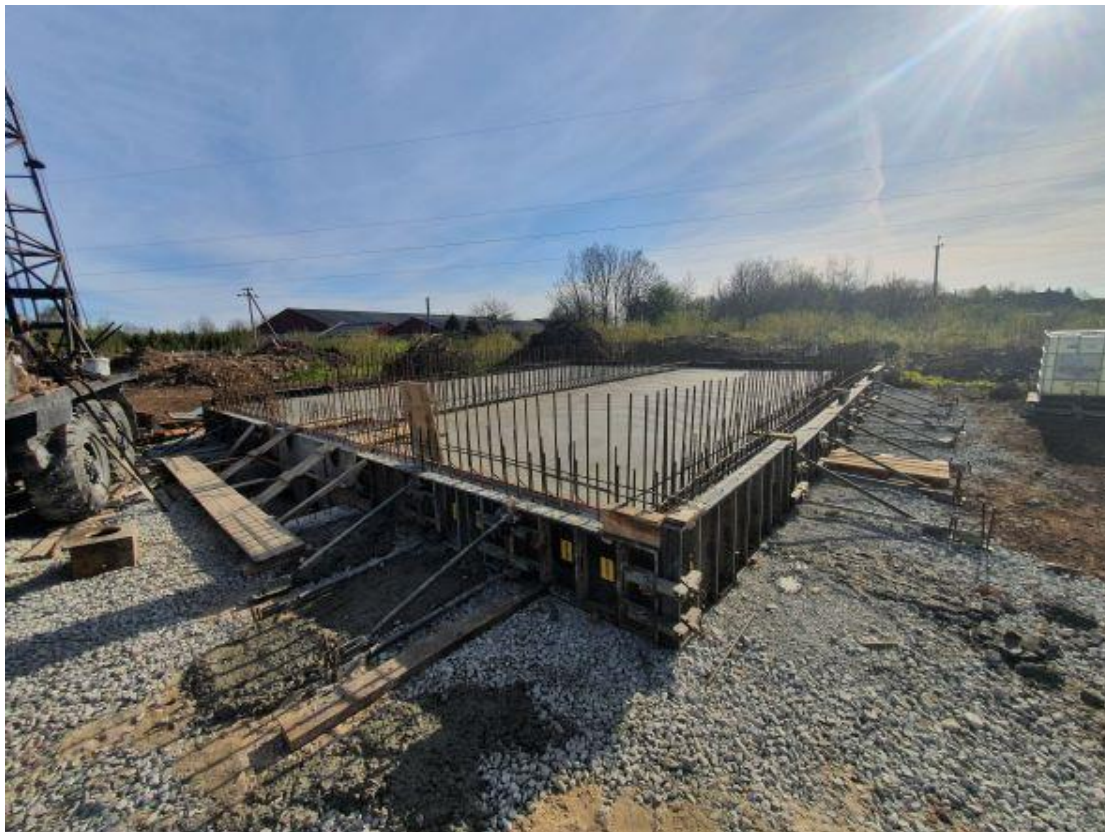
L7.3 Veetöötlusjaama tehnoruumi ja reservuaaride süvendite seinte rakestamine



L7.4 Veereservuaaride raudbetoonist plaatvundamendi armeerimine



L7.5 Veereservuaaride raudbetoonist plaatvundamendi valamine

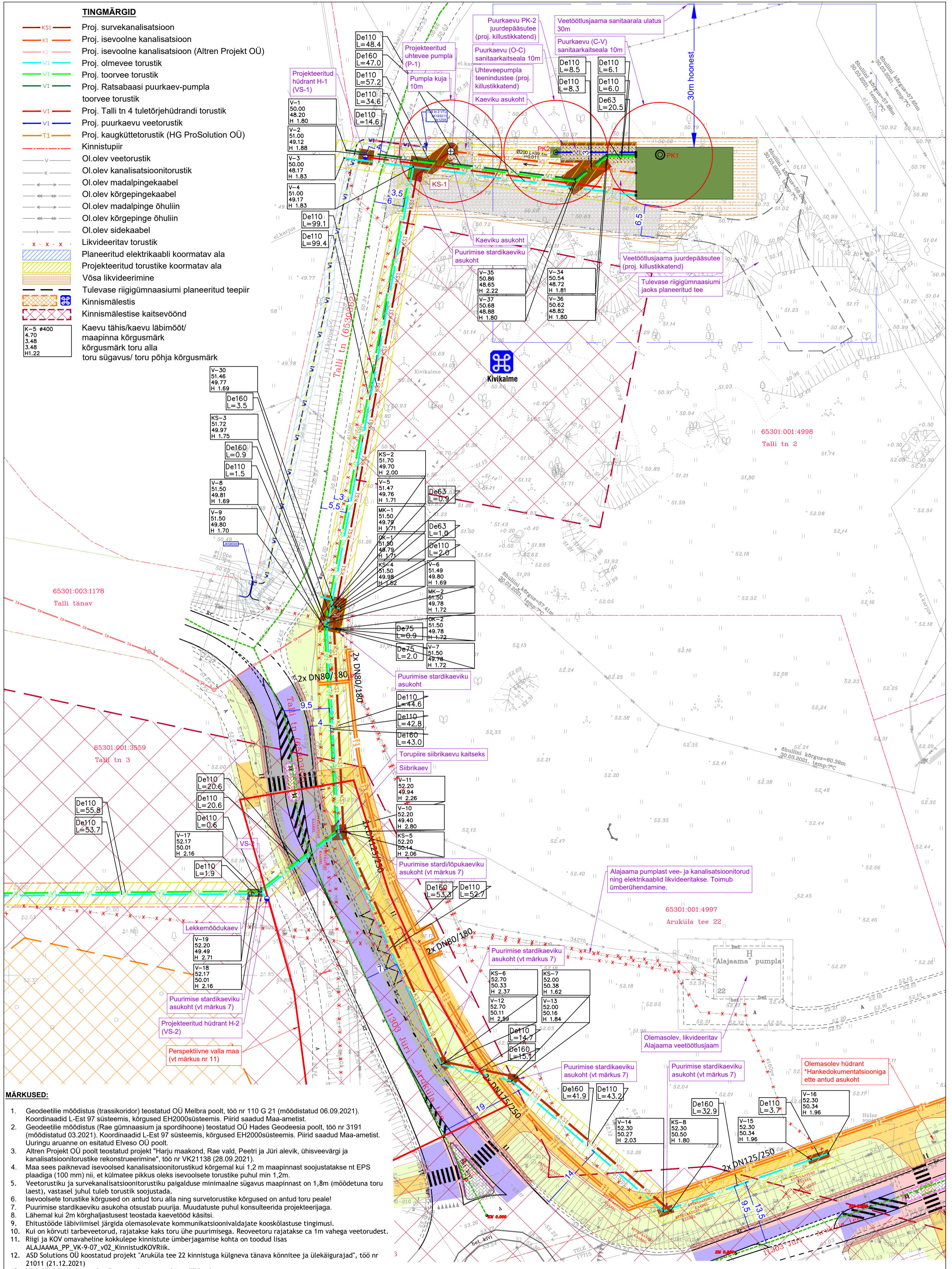


GRAAFILINE OSA

1.	VK-4-01	VÄLISTORUSTIKE ASENDIPLAAN	M 1:500
2.	TE-5-01	VEETÖÖTLUSJAAMA TEHNOLOOGILINE SKEEM	Skeem
3.	TE-5-02	VEETÖÖTKUSJAAMA HOONE PLAAN	M 1:100
4.	TE-6-01	VEETÖÖTLUSJAAMA HOONE LÕIKED A-A JA B-B	M 1:50
5.	TE-6-02	VEETÖÖTLUSJAAMA HOONE 3D MUDEL	M 1:60
6.	TE-6-03	VEETÖÖTLUSJAAMA HOONE 3D MUDELI VAADE	M 1:50

TINGMÄRGID

- KS1 — Proj. survekanalisatsioon
- K1 — Proj. isevooline kanalisatsioon
- KI — Proj. isevooline kanalisatsioon (Altren Projekt OÜ)
- V1 — Proj. olmevee torustik
- VI — Proj. torvee torustik
- V1 — Proj. Ratsabaasi puurkaev-pumpla torvee torustik
- V1 — Proj. Talli tn 4 tuletoorjuhüdrandi torustik
- V1 — Proj. puurkaevu veetorustik
- T1 — Proj. kaugkütetorustik (HG ProSolution OÜ)
- — Kinnistupiir
- V — Ol.olev veetorustik
- K — Ol.olev kanalisatsioonitorustik
- — Ol.olev madalpingekaabel
- — Ol.olev kõrgepingekaabel
- — Ol.olev madalpinge õhuliini
- — Ol.olev kõrgepinge õhuliini
- — Ol.olev sidekaabel
- x x x — Likvideeritav torustik
- Planeeritud elektrikaabli koormatav ala
- Projekteeritud torustike koormatav ala
- Võsa likvideerimine
- Tulevase riigigümnaasiumi planeeritud teepiir
- Kinnismälestis
- Kinnismälestise kaitsevöönd
- Kaevu tähis/kaevu läbimõõt/maapinna kõrgusmärk
- kõrgusmärk toru alla
- toru sügavus/ toru põhja kõrgusmärk



- MÄRKUSED:**
1. Geodeetilise mõõdistus (trassikoridor) teostatud OÜ Melbra poolt, töö nr 110 G 21 (möödistatud 06.09.2021). Koordinaadid L-Est 97 süsteemis, kõrgused EH2000süsteemis. Piirid saadud Maa-ametist.
 2. Geodeetilise mõõdistus (Rae gümnaasium ja spordihoone) teostatud OÜ Hades Geodeesia poolt, töö nr 3191 (möödistatud 03.2021). Koordinaadid L-Est 97 süsteemis, kõrgused EH2000süsteemis. Piirid saadud Maa-ametist. Uuringu aruanne on esitatud Elveo OÜ poolt.
 3. Altren Projekt OÜ poolt teostatud projekt "Harju maakond, Rae vald, Peetri ja Jüri alevik, ühisveevärgi ja kanalisatsioonitorustike rekonstrueerimine", töö nr VK21138 (28.09.2021).
 4. Maa sees paiknevad isevoolseid kanalisatsioonitorustikke kõrgemal kui 1.2 m maapinnast soojustatakse nt EPS plaadiga (100 mm) nii, et külmatemp. pikkus oleks isevoolsete torustike puhul min 1.2m.
 5. Veetorustiku ja survekanalisatsioonitorustiku paigalduse minimaalne sügavus maapinnast on 1,8m (möödetuna toru laest), vastasel juhul tuleb torustik soojustada.
 6. Isevoolsete torustike kõrgused on antud toru alla ning survetorustike kõrgused on antud toru peale!
 7. Puurimise stardikaeviku asukoha otsustab puurija. Muudatuste puhul konsulteerida projekteerijaga.
 8. Lähemal kui 2m kõrghaljastusest teostada kaevetööd käsitsi.
 9. Ehitustööde läbiviimisel järgida olemasolevate kommunikatsioonivaldajate kooskõlastuse tingimusi.
 10. Kui on kõrvuti tarbeveetorud, rajatakse kaks toru ühe puurimisega. Reoveetoru rajatakse ca 1m vahega veetorudest.
 11. Riigi ja KOV omavaheline kokkulepe kinnistute ümberjagamise kohta on toodud lisas ALAJAAMA_PP_VK-9-07_v02_KinnistudKOVriik.
 12. ASD Solutions OÜ koostatud projekt "Aruküla tee 22 kinnistuga külgneva tänava kõnnitee ja ülekäigurajad", töö nr 21011 (21.12.2021)
 13. Võsa likvideerimise maht täpsustatakse enne ehitustööde algust.

TAL TECH
 Tallinna Tehnikaülikool
 Ehituse ja arhitektuuri instituut
 Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086

Autor: Kertu Orul, 204208 EAXM
 Juhendajad: Vahur Värk, Tarmo Vaalu

ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA JA PUURKAEVUDE PROJEKTEERIMINE JÜRI ALEVIKUS

MAGISTRITÖÖ

SCHÖTTLI
 KESKKONNATEHNIKA

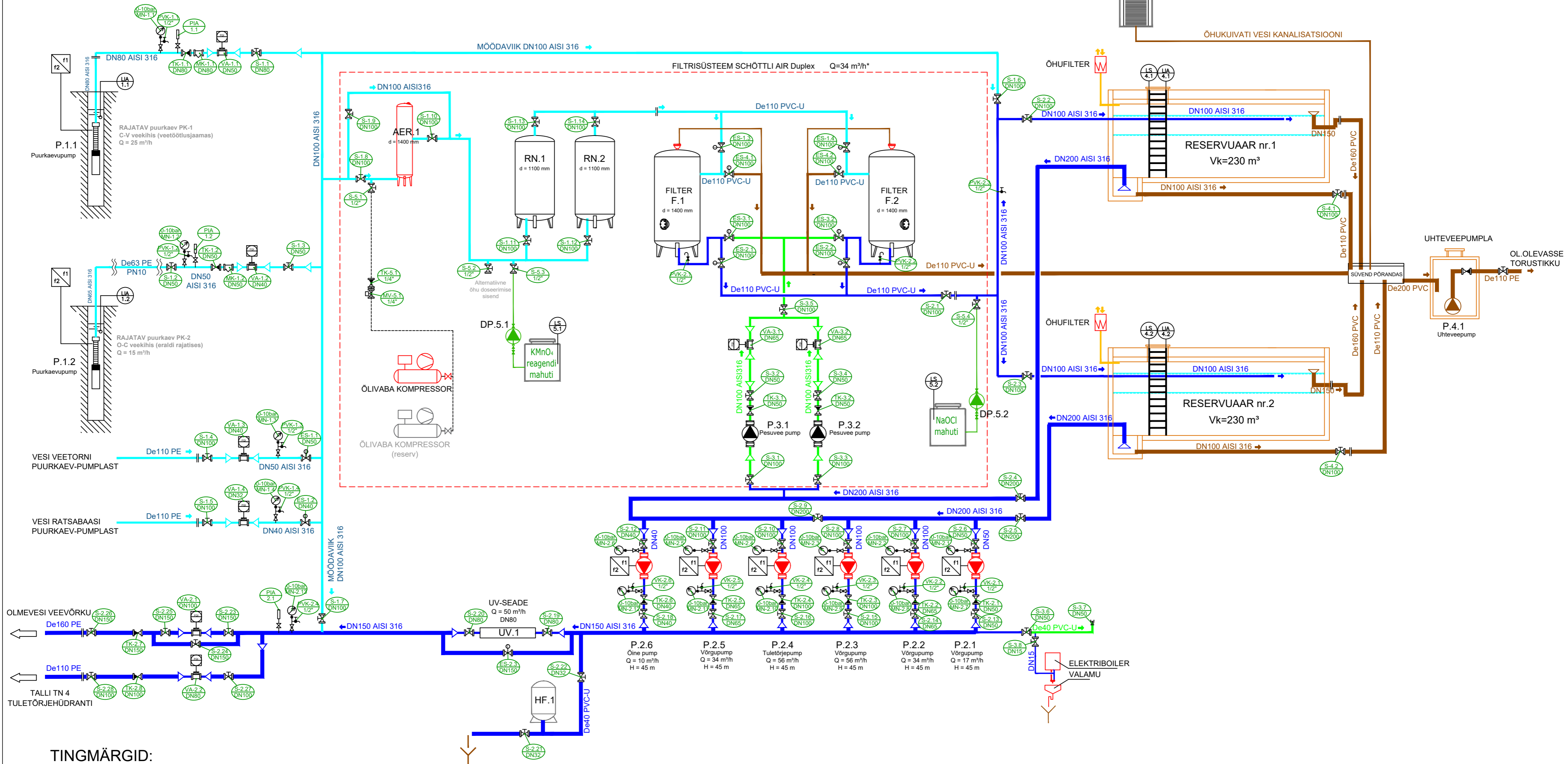
Mustamäe tee 50, 10621 Tallinn, Tel 670 6873, Fax 670 6875, E-post: info@schottli.ee
 MTR: Reg nr EP10165908-0001
 Kõik õigused kaitsitud ©

Projektijuht: Indrek Salis
 Vastprojekteerija: Tarmo Vaalu
 Projekteerija: Kertu Orul

Tellija	AS Elveo
Projekt	Alajaama puurkaevude ja veetöötusjaama projekteerimine ja ehitus
Joonis	Asendiplaan 1.1
Version	v01
Projekt nr	S-21-21
Staadium	TP
Möötkava	1:500
Kuupäev	09.05.2022
Leht	VK-4-01
Lehti	-

ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA TEHNOLOOGILINE SCHEEM

Q_d = 810 m³/d



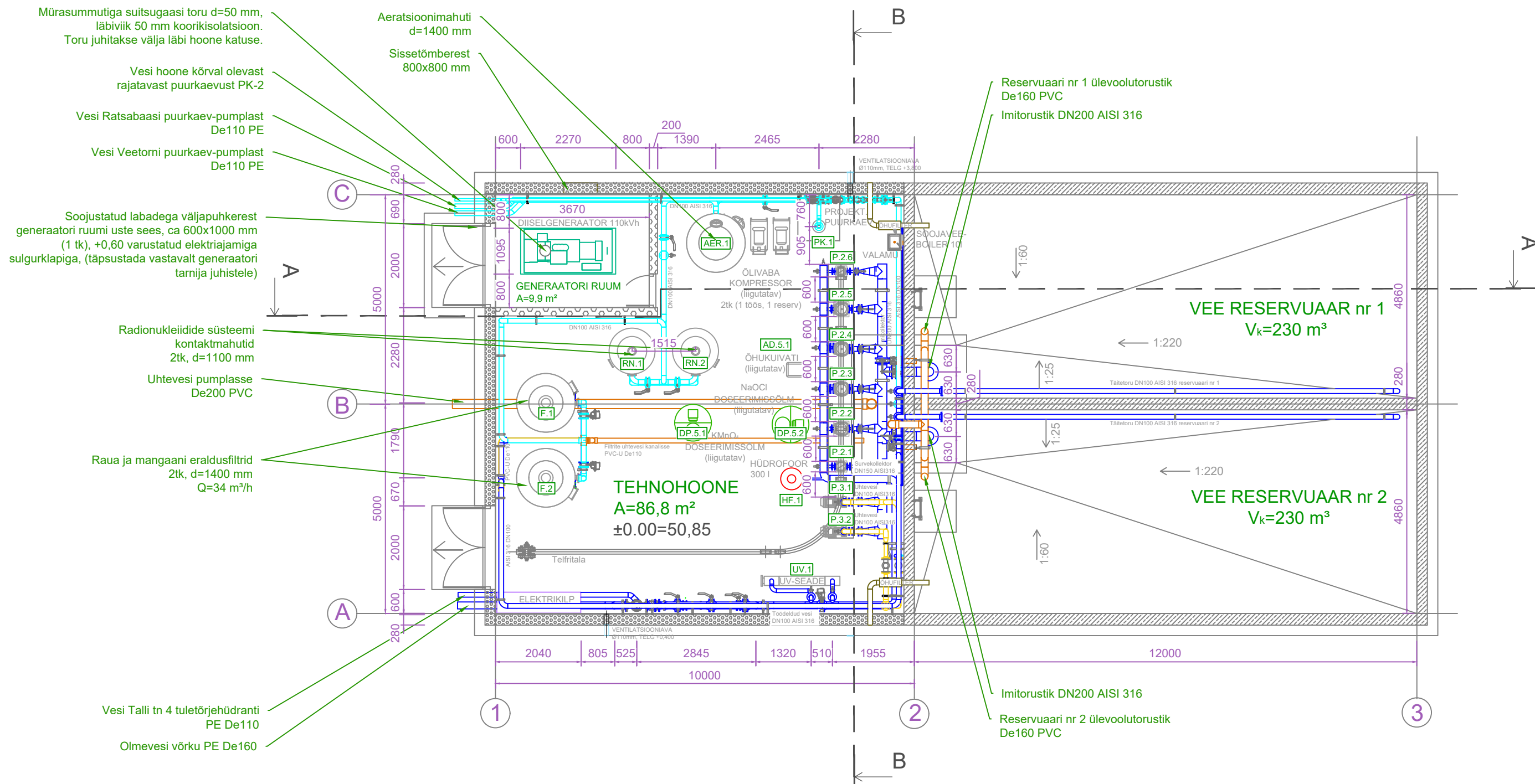
TINGMÄRGID:

- | | | | |
|--|--------------------------------|--|------------------------------|
| | Elektrilise ajamiga pöördklapp | | Survetõstepump |
| | Siiber | | Uhteveepump |
| | Tagasilöögiklapp | | Pesuveepump |
| | Magnetventiil | | Dosaatorpump |
| | Veearvesti | | Puhur |
| | Mudakoguja | | Sagedusmuundur |
| | Proovivõtakraan/veekraan | | Toorvesi |
| | Manomeeter | | Filtreeritud vesi |
| | Üleminek | | Pesuvesi |
| | Kompensaator | | Kanaliseeritav vesi |
| | Rõhuandur | | Õhutorustik |
| | Kuulkraan kiirliiteotsikuga | | Perspektiivne torustik |
| | | | Armatuuri positsiooni number |
| | | | Seadme positsiooni number |

MÄRKUS:
*Veetöötlussüsteemi tootlikkus täpsustatakse peale puurkaevude rajamist.

	Tallinna Tehnikaülikool Ehituse ja arhitektuuri instituut Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086	ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA JA PUURKAEVUDE PROJEKTEERIMINE JÜRI ALEVIKUS
	Autor: Kertu Orul, 204208 EAXM Juhendajad: Vahur Värk, Tarmo Vaalu	MAGISTRITÖÖ

KESKKONNATEHNIKA <small>Mustamäe tee 50, 10621 Tallinn, Tel 670 6873; Fax 670 6875, E-post: info@schottli.ee MTR: Raaj nr EP10165909-0001 Kõik õigused kaitsitud ©</small>	Tellija AS Elveso
	Projekt Alajaama puurkaevude ja veetöötlussjaama projekteerimine ja ehitus Joonis TEHNOLOOGILINE SCHEEM
Projektijuht Indrek Salis Vastprojekteerija Raul Juhkam Projekteerija Kertu Orul	Versioon v01 Staadium TP Kuupäev 09.05.2022
Projekti nr S-21-21 Mootkava Skeem Leht TE-5-01 Lehti -	



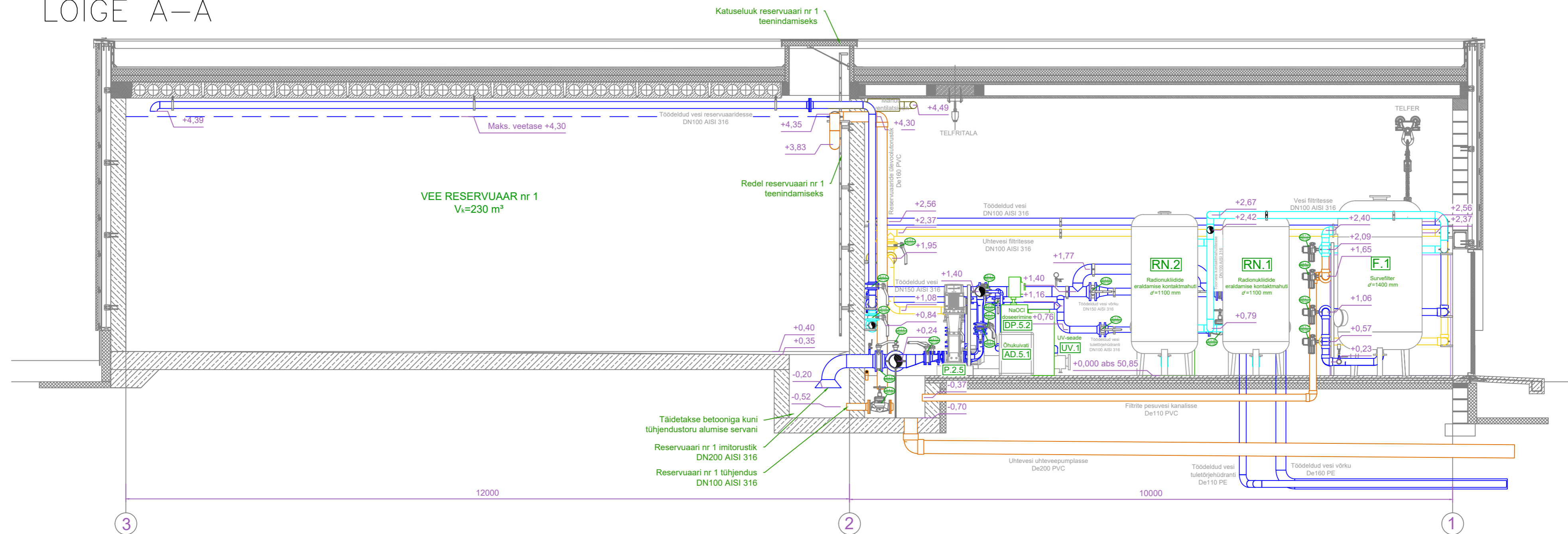
	Tallinna Tehnikaülikool Ehituse ja arhitektuuri instituut Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086	ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA JÄRI ALEVIKUS
	Autor: Kertu Orul, 204208 EAXM Juhendajad: Vahur Värk, Tarmo Vaalu	MAGISTRITÖÖ

MÄRKUSED

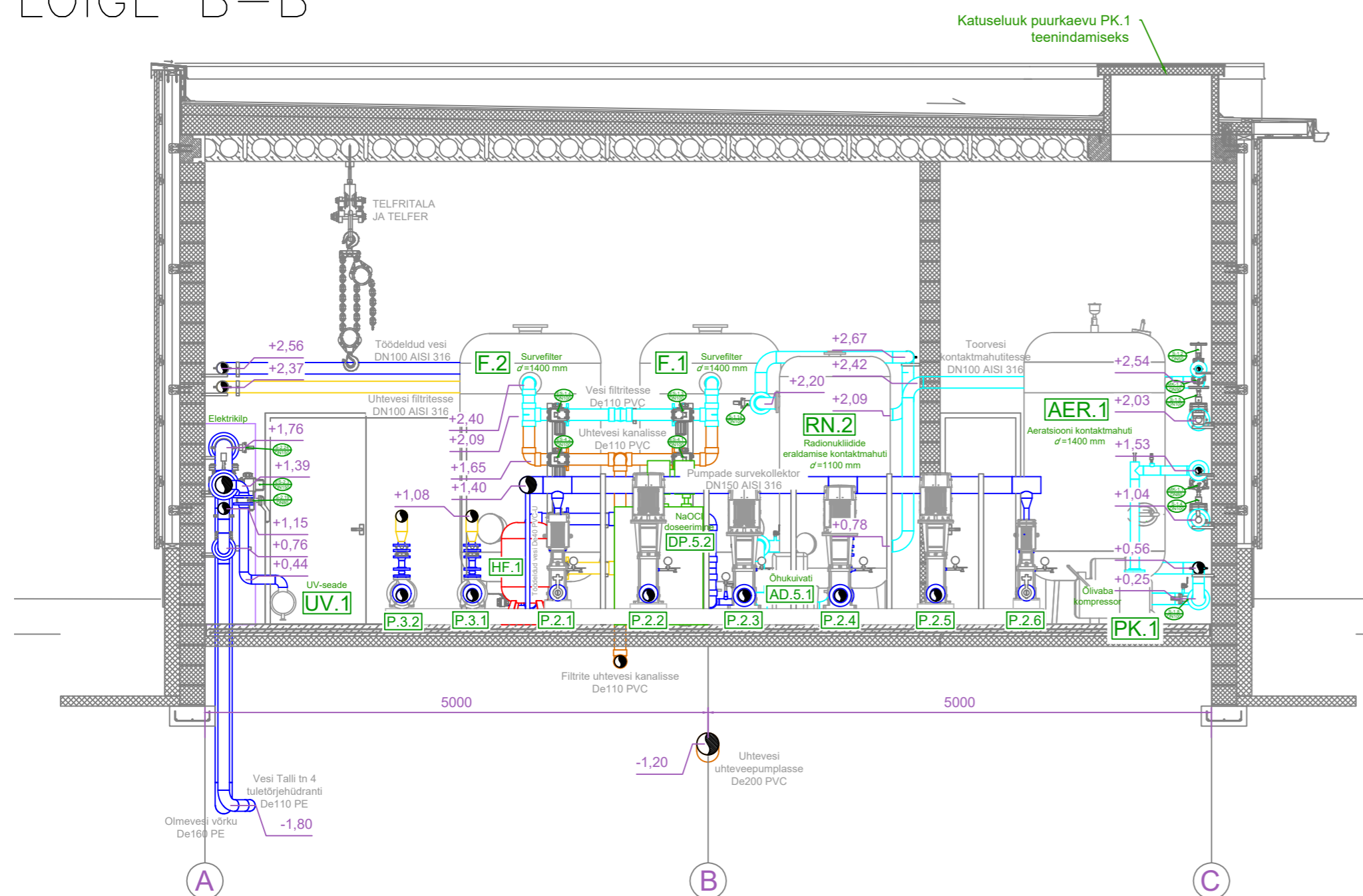
1. Seadmete alused rajada vastavalt tarnitavate seadmete tüübile, järgides tarnijafirmade juhiseid.
2. Toru läbiviigid seintest, põrandast ja vundamendi alt teostatakse kasutades PVC toruhülssse.
3. Läbiviigid toru välisseina ja toru hülsi vahel täita elastse mastiksiga.
4. Maa sees paiknevad veetorustikud, mille lagi asub kõrgemal kui 1,8 m ja kanalisatsioonitorustikud kõrgemal kui 1,2 m maapinnast soojustatakse nt EPS plaadiga (100 mm) nii, et külmattee pikkus oleks survetorustike puhul min 1,8m ja isevoolsete torustike puhul min 1,2m .
5. Torud tuleb toestada vastavalt tootja eeskirjadele, nende puudumisel lähtuda RT 84-10818-et juhistest.

	Tellija AS Elveso		
	Projekt Alajaama puurkaevude ja veetöötlusjaama projekteerimine ja ehitus		
	Joonis Tehnohoone plaan koos seadmetega		
Projektijuht Indrek Salis	Versioon v01	Projekti nr S-21-21	
Vastprojekteerija Raul Juhkam	Stadium TP	Möötkava 1:100	
Projekteerija Kertu Orul	Kuupäev 09.05.2022	Leht TE-5-02	Lehti -

LÕIGE A-A



LÕIGE B-B



TINGMÄRGID:

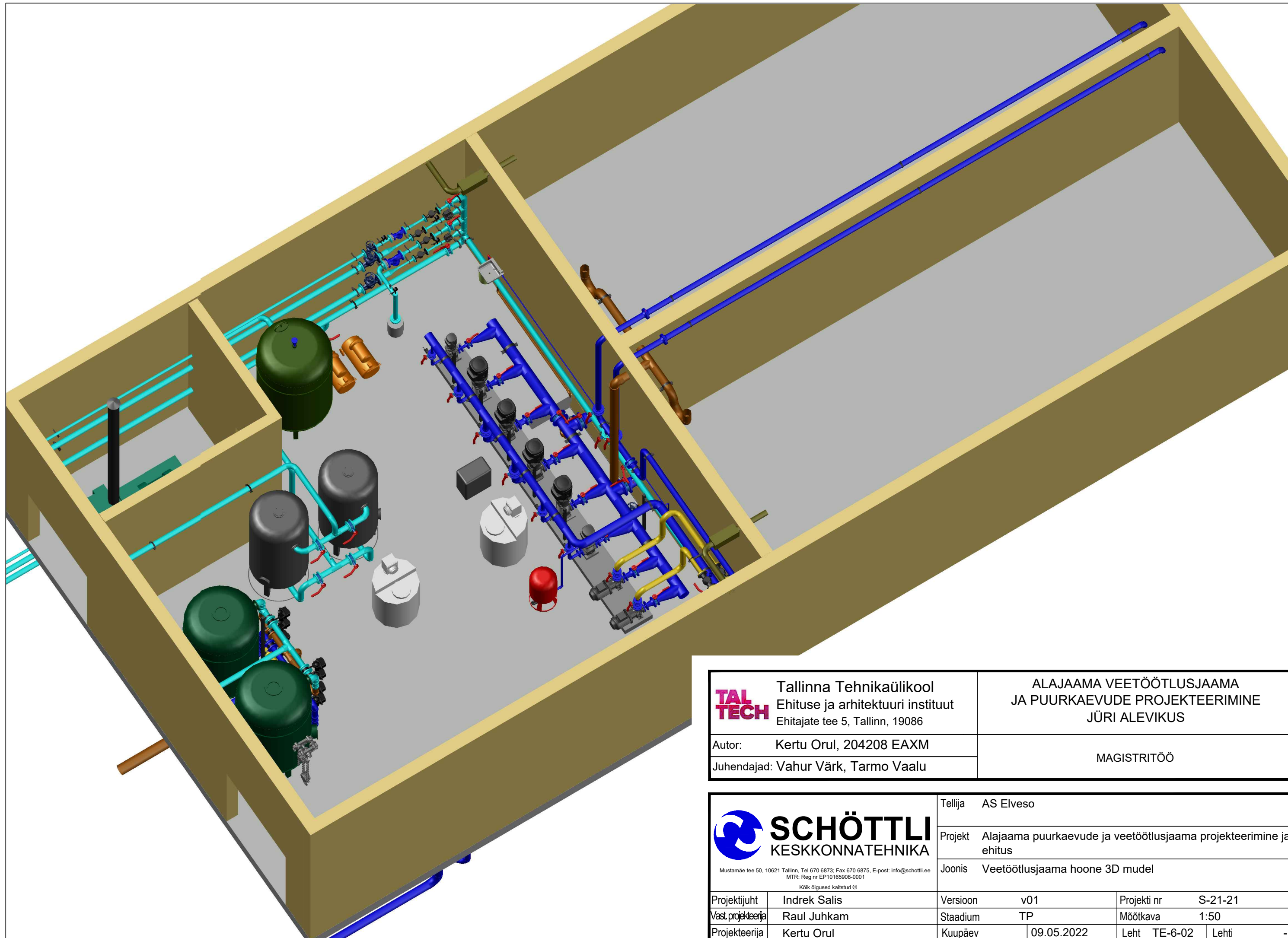
- Toorvesi
- Filtreeritud vesi
- Uhtevesi
- Kanaliseeritav vesi
- S-1.1 Armatuuri positsiooni number
- P.2.1 Seadme positsiooni number


MÄRKUSED


1. Seadmete alused rajada vastavalt tarnitavate seadmete tüübile, järgides tarnijafirmade juhiseid.
2. Toru läbiviigid seintest, põrandast ja vundamenti alt teostatakse kasutades PVC toruhülse.
3. Läbiviigid toru välisseina ja toru hülsi vahel täita elastse mastiksiga.
4. Maa sees paiknevad veetorustikud, mille lagi asub kõrgemal kui 1,8 m ja kanalisatsioonitorustikud kõrgemal kui 1,2 m maapinnast soojustatakse nt EPS plaadiga (100 mm) nii, et külmatäie pikkus oleks survetorustike puhul min 1,8m ja isevoolsete torustike puhul min 1,2m.
5. Torud tuleb teostada vastavalt tootja eeskirjadele, nende puudumisel lähtuda RT 84-10818-et juhistest.

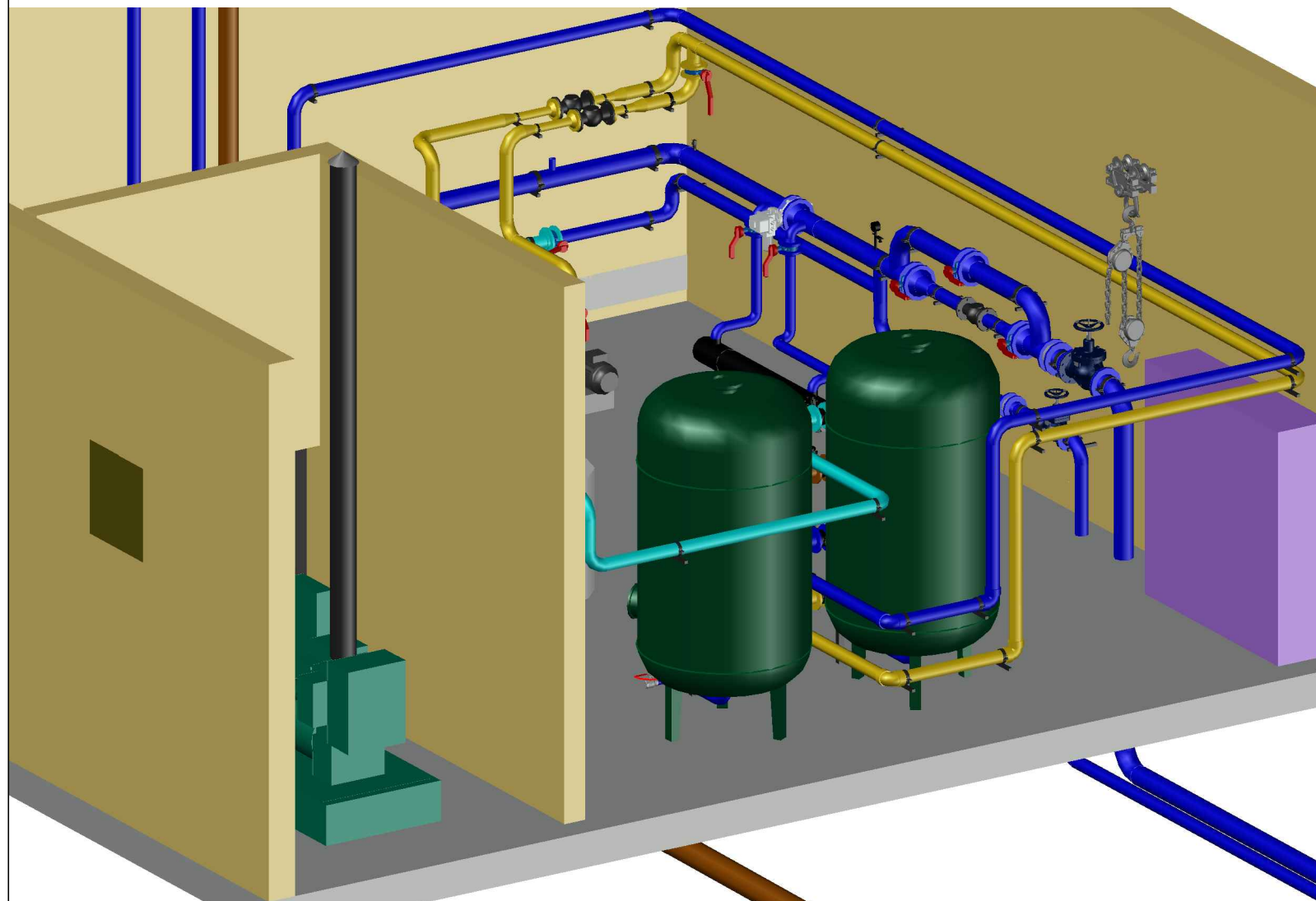
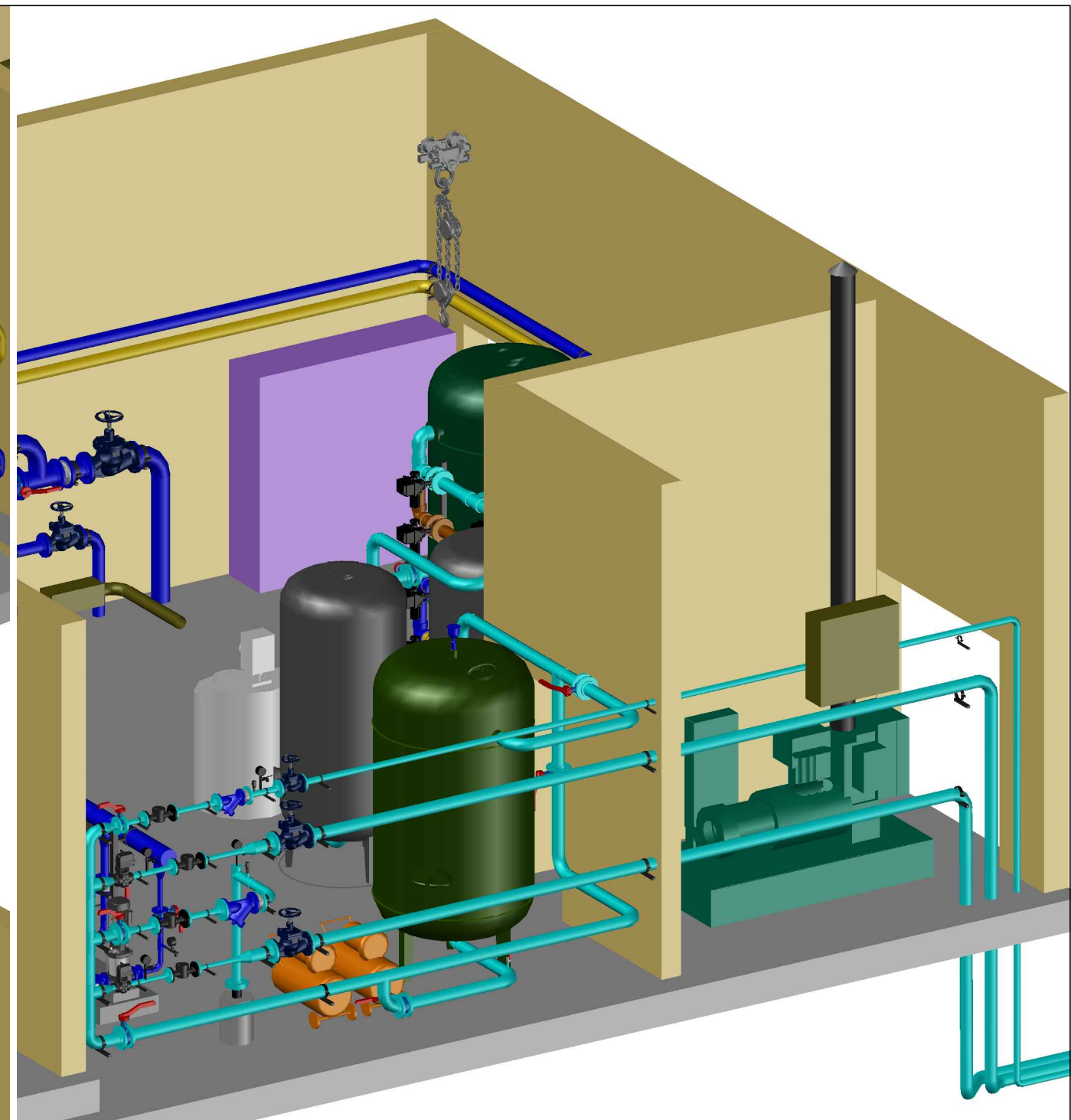
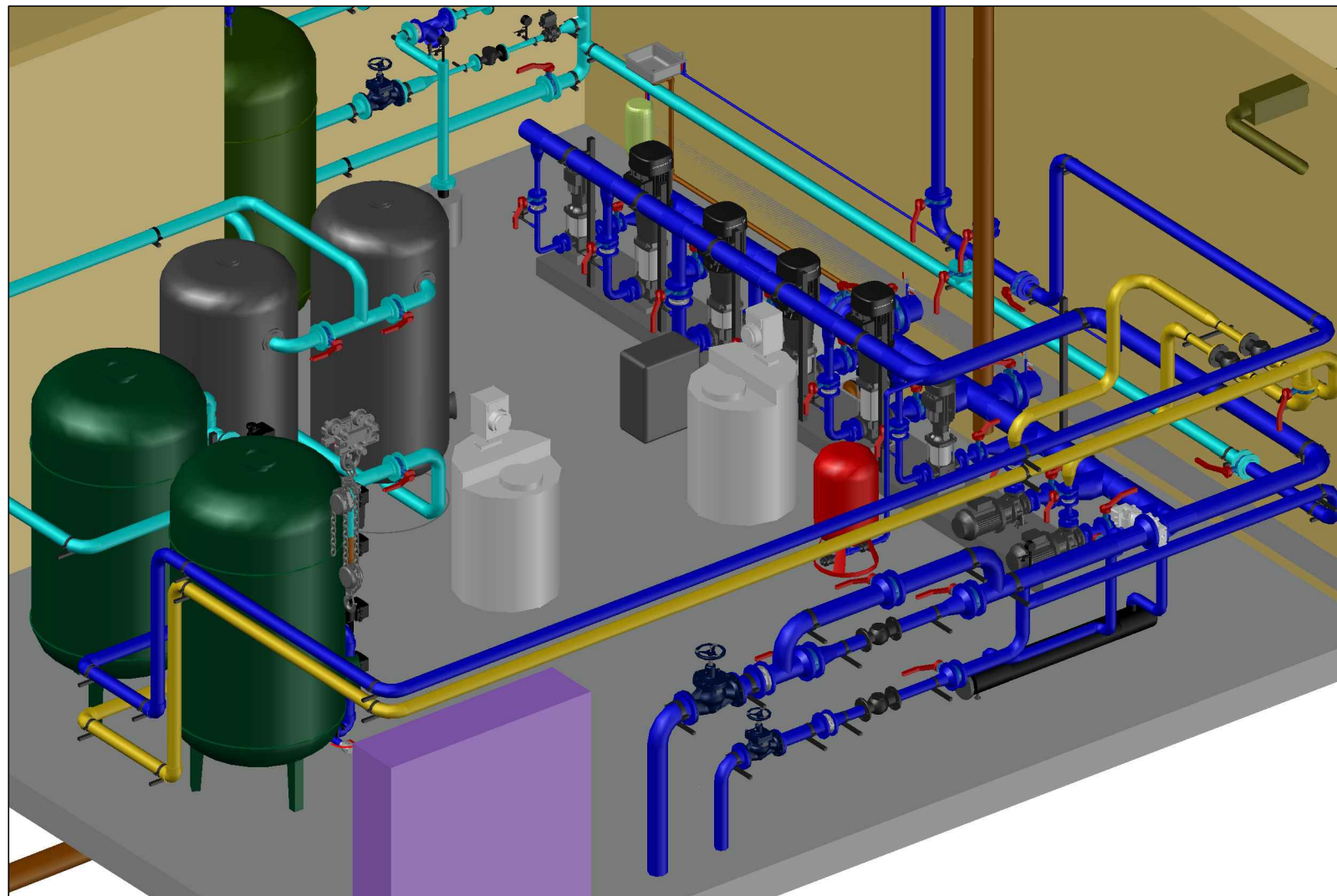
	Tallinna Tehnikaülikool Ehituse ja arhitektuuri instituut Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086	ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA JA PUURKAEVUDE PROJEKTEERIMINE JÜRI ALEVIKUS
	Autor: Kertu Orul, 204208 EAXM	MAGISTRITÖÖ
Juhendajad: Vahur Värk, Tarmo Vaalu		


	Tellija AS Elveso				
	Projekt Alajaama puurkaevude ja veetöötusjaama projekteerimine ja ehitus				
Joonis Tehnohoone lõiked A-A ja B-B					
Projektijuht	Indrek Salis	Versioon	v01	Projekti nr	S-21-21
Vastprojekteerija	Raul Juhkam	Stadium	TP	Mõõtka	1:50
Projekteerija	Kertu Orul	Kuupäev	09.05.2022	Leht	TE-6-01




 Tallinna Tehnikaülikool Ehituse ja arhitektuuri instituut Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086	ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA JA PUURKAEVUDE PROJEKTEERIMINE JÜRI ALEVIKUS	
	MAGISTRITÖÖ	
Autor:	Kertu Orul, 204208 EAXM	
Juhendajad:	Vahur Värk, Tarmo Vaalu	

 <small>Mustamäe tee 50, 10621 Tallinn, Tel 670 6873; Fax 670 6875, E-post: info@schottli.ee MTR: Reg nr EP10165908-0001 Kõik digused kaitstud ©</small>	Tellija	AS Elveso			
	Projekt	Alajaama puurkaevude ja veetöötlusjaama projekteerimine ja ehitus			
	Joonis	Veetöötlusjaama hoone 3D mudel			
Projektijuht	Indrek Salis	Versioon	v01	Projekti nr	S-21-21
Vast.projekteerija	Raul Juhkam	Staadium	TP	Möötkava	1:50
Projekteerija	Kertu Orul	Kuupäev	09.05.2022	Leht	TE-6-02 Lehti -



 Tallinna Tehnikaülikool Ehituse ja arhitektuuri instituut Ehitajate tee 5, Tallinn, 19086	ALAJAAMA VEETÖÖTLUSJAAMA JÄRKAETUVEDE PROJEKTEERIMINE JÜRRI ALEVIKUS
	Autor: Kertu Orul, 204208 EAXM Juhendajad: Vahur Värk, Tarmo Vaalu

 <small>Mustamäe tee 50, 10621 Tallinn, Tel 670 6873; Fax 670 6875, E-post: info@schottli.ee MTR: Reg nr EP10165908-0001 Kõik õigused kaitstud ©</small>	Tellija AS Elveso
	Projekt Alajaama puurkaevude ja veetöötusjaama projekteerimine ja ehitus
Joonis Veetöötusjaama hoone 3D mudeli vaated	Versioon v01 Projekti nr S-21-21
Projektijuht Indrek Salis	Staadium TP Mõõtkava 1:50
Vast.projekteerija Raul Juhkam	Kuupäev 09.05.2022 Leht TE-6-03
Projekteerija Kertu Orul	Lehti -