



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Energia- ja ympäristötekniikka

Nautateurastamon esipuhdistetun jäteveden hyödyntäminen navetan lietekuilujen huuhtelussa

Tiltu Taimela

Opinnäytetyö, toukokuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Tiltu Taimela

Nimeke
Nautateurastamon esipuhdistetun jäteveden hyödyntäminen navetan lietekuilujen huuhtelussa
Toimeksiantaja
HKScan Finland Oy, Outokummun tuotantolaitos

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja laatia riskianalyysi HKScan Finland Oy:n Outokummun tuotantolaitoksen esipuhdistetun jäteveden kierrättämisestä navetan lietekuilujen huuhtelussa. Työn toimeksiantajana toimii HKScan Finland Oy:n Outokummun tuotantolaitos. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella, arvioida ja pohtia sitä, minkälainen huuhtelujärjestelmä olisi järkevää ja turvallista toteuttaa siten, että siinä voidaan hyödyntää laitoksen omalla jäteveden esikäsitteilylaitoksella esipuhdistettua jätevettä.

HKScan Finland Oy on määrittänyt konsernille omat ympäristötavoitteet, joita jokaisen tuotantolaitoksen tulee tavoitella omassa toiminnassaan. Yksi näistä konserninlaajuisista ympäristötavoitteista on vedenkulutuksen vähentäminen 25 %:lla vuoden 2019 tasosta.

Opinnäytetyössä käsitellään kahta erilaista suunnitelmaa veden kierrättämiseksi laitoksen sisällä, käydään läpi toimeksiannon taustaa ympäristöjohtamisen kautta ja laaditaan HA-ZOP-riskianalyysi lopullisen suunnitelman osalta. Työssä laadittavan suunnitelman tavoite on vähentää verkostoveden käyttöä kohteessa, jossa se ei ole välttämätöntä hygieniatasoa ajatellen. Pohdinnassa on käyty läpi järjestelmän suunnitelman keskeisimmät kehityskohteet ja kustannuslaskelma.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet 4
Liitesivumäärä 6

Asiasanat
huuhtelu, jätevesi, navetat, teurastamot



THESIS
May 2022
Degree Programme in Energy and environment
technology
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author
Tiltu Taimela

Title
Utilization of Pre-treated Wastewater from a Cattle Slaughterhouse in Rinsing of Cowshed
Slurry Canals

Commissioned by
HKScan Finland Oy, Outokumpu Production Plant

Abstract

The purpose of the thesis was to plan wastewater recycling process and prepare a risk analysis for the recycling of pre-treated wastewater from HKScan Finland Oy's Outokumpu production plant in the rinsing of slurry canals in the cowshed. The work is commissioned by HKScan Finland Oy's Outokumpu production plant. The aim of the thesis was to design, evaluate and consider what kind of rinsing system would be sensible and safe to implement so that it can utilize pre-treated wastewater from the plant's own wastewater treatment plant.

HKScan Finland Oy has set its own environmental targets for the Group, which each production plant must pursue in its own operations. One of these Group-wide environmental targets is to reduce water consumption by 25% from the 2019 level.

The thesis deals with two different plans for recycling water within the plant, reviews the background of the assignment through environmental management and prepares a HAZOP risk analysis for the final plan. The aim of the plan drawn up in the work is to reduce the use of mains water in a site where it is not necessary for the hygiene level. The main development targets and cost calculation of the system plan have been reviewed.

Language	Pages	37
Finnish	Appendices	4
	Pages of Appendices	6

Keywords

rinsing, wastewater, cowshed, slaughterhouse

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön tavoite	5
1.2	HKScan Finland Oy	5
1.3	Outokummun tuotantolaitos	6
1.4	Toimeksiannon tausta.....	7
1.4.1	Science Based Targets iniative.....	7
1.4.2	Zero Carbon -suunnitelma	8
1.4.3	Aiheesta aiemmin laadittu opinnäytetyö	9
2	Opinnäytetyön tietoperusta	9
2.1	Keskeisimmät käsitteet ja niiden määrittely	9
2.2	Teurastamo ja navetta	10
2.2.1	Teurastusprosessin kuvaus	10
2.2.2	Navetta osana teurastusprosessia.....	10
2.3	HKScanin ympäristöpolitiikka.....	12
2.4	Vedenkulutus	12
2.5	Taudinaiheuttajat esipuhdistetussa jätevedessä.....	13
3	Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät	14
3.1	Taustamateriaali	14
3.2	HAZOP-poikkeamatarkastelu	15
4	Järjestelmän vaihtoehdon A suunnittelu	17
4.1	Vaihtoehdon A tausta	17
4.2	Järjestelmän vaiheet.....	17
4.2.1	Flotaatiolaitoksen lähtösäiliö ja pumppu	18
4.2.2	Putkisto flotaatiolaitokselta navetan säiliölle	20
4.2.3	Kierrätetyn veden säiliö navetassa	21
4.2.4	Pumppaus navetan säiliöstä huuhtelujärjestelmään	22
4.2.5	Huuhtelujärjestelmä	23
4.2.6	Veden kierto takaisin flotaatiolaitokselle	24
4.3	Järjestelmän läpikäynti alustavan suunnitelman jälkeen.....	24
5	Järjestelmän vaihtoehdon B suunnittelu	25
5.1	Järjestelmän vaiheet.....	25
5.1.1	Säiliö ja pumppu flotaatiolaitoksella	26
5.1.2	Putki navetan pääkuiluun.....	31
5.1.3	Kierrätetyn veden paluu flotaatiolaitokselle.....	34
5.2	Suunnitelman tarkastus	34
5.2.1	Alustava laskelma kustannuksista	34
5.2.2	HAZOP-poikkeamatarkastelu	35
6	Pohdinta ja jatkotoimenpiteet.....	36
6.1	Järjestelmän toteutus ja kehittäminen.....	36
6.2	HAZOP-poikkeamatarkastelu	37
	Lähteet.....	39

Liitteet

Liite 1	Jätevesianalyysit 2022, HKScanin Outokummun tuotantolaitos
Liite 2	HAZOP-poikkeamatarkastelu järjestelmästä B

Liite 3 Pumpun tekniset tiedot
Liite 4 Navetan pohjapiirros

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia toimeksiantajalle alustava suunnitelma sekä riskienkartoitus esipuhdistetun jäteveden kierrätysjärjestelmästä teurastamon navetan lantakuilujen huuhtelussa. Vedenkierrätysjärjestelmän tarkoituksena on pienentää HKSan Finland Oy:n Outokummun nautateurastamon vedenkulutusta ja tehostaa tuotantolaitoksen sisäistä vesikiertoa.

Tavoitteena on suunnitella järjestelmän rakenne, sen komponentit alustavasti ja kartoittaa mahdollisimman laajasti järjestelmän eri kohtiin liittyvät riskitekijät HAZOP-riskianalyysimenetelmää hyödyntäen. Suunnitteluosassa on tarkoituksena löytää vesikiertojärjestelmän osille parhaat sijoituskohdat navetassa, sopivat komponentit järjestelmän toteuttamiseen sekä etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja edellä mainituille komponenteille, mikäli sellaisille on tarvetta.

Riskianalyysivaiheessa tarkastellaan edellä laaditun suunnitelman mahdollisia riskejä hyödyntäen HAZOP-riskianalyysimenetelmää. Tarkoituksena on löytää riskit, selvittää niiden syyt ja seuraukset sekä etsiä toimintatapoja riskien poistamiseen tai hallintaan. HAZOP-menetelmässä perehdytään erityisesti käsittelemään prosessissa mahdollisesti esiin tulevia ongelmia ja näistä koituvia vaaroja. (SFS-IEC 60300-3-9 2000.)

1.2 HKScan Finland Oy

HKScan Oyj on pohjoiseurooppalainen ruokatalo, jonka Suomessa toimiva liiketoimintayksikkö on nimeltään HKScan Finland Oy. Koko konserni työllistää Pohjois-Euroopassa yhteensä noin 7 000 henkilöä. Konsernin liiketoiminta perustuu naudan-, sian-, siipikarjan- ja lampaanlihan jalostukseen sekä valmisruokien valmistukseen ja markkinointiin.

HKScan Finland Oy on perustettu vuonna 2005. Suomessa HKScan Finland Oy:n palveluksessa työskenteli vuoden 2021 lopussa noin 2 300 henkilöä. Suomessa yhtiöllä on tuotantotoimintaa seitsemällä eri paikkakunnalla ympäri maan.

1.3 Outokummun tuotantolaitos

Outokummun tuotantolaitos työllistää vakituisesti tuotantolaitoksen alueella työskentelevät aliurakoitsijat mukaan lukien n. 130 henkilöä. Outokummun tuotantolaitoksella teurastetaan nautoja sekä leikataan ja pakataan naudanlihaa. Tuotantolaitoksen alueella on varsinaisen tehdasrakennuksen lisäksi muutamia varastorakennuksia, karjakuljetuksiin käytettävien rekkojen autopesuhalli sekä eläinsuojana toimiva navetta, jota tämä opinnäytetyö erityisesti käsittelee.

Tuotantolaitoksen maksimiteurastuskapasiteetti on noin 250 nautaa eli noin 80 tonnia vuorokaudessa ja sen toiminta on näin ympäristöluvun alaista toimintaa. (Ympäristönsuojelulaki 2014/527 240 §).



Kuva 1 Outokummun tuotantolaitos kuvattuna talvella 2021 (HKScan Outokumpu)

Tuotantolaitoksen eläinsuoja eli navetta koostuu kahdesta osasta: niin sanotuista vanhasta ja uudesta navetasta. Vanha navetta on rakennettu v. 1989 yhtä aikaa muun tuotantolaitoksen kanssa ja uusi navetta v. 2015 laajennusosana. Uusi navettarakennus on rakennettu vanhan rakennuksen yhteyteen.

Tämä opinnäytetyö keskittyy aluksi suunnittelemaan huuhtelujärjestelmää navetan uudemmalle puolelle. Uudella puolella on jo olemassa oleva puoliautomaattinen lantakourujen huuhtelujärjestelmä, jossa käytetään nykyisellään vesijohtovettä. Toimeksiantajan toiveena on, että nykyistä huuhtelujärjestelmää voisi ainakin osittain käyttää osana uutta järjestelmää.

Nykyisen huuhtelujärjestelmän hyödyntämisen yksi suurimmista haasteista on se, että samaan linjaan, josta huuhteluvesi tulee kouruihin, on kytkettynä myös muita kuin kouruihin tulevia vesipisteitä. Tällaisia vesipisteitä ovat esimerkiksi nautojen juoma-automaatit ja käsien pesuun tarkoitetut lavuaarit. Näiden vesipisteiden osalta on kuitenkin mahdollista irrottaa ne nykyisestä linjasta ja kytkeä osaksi vanhan puolen navetan vesijohtoverkostoa.

1.4 Toimeksiannon tausta

1.4.1 Science Based Targets initiative

Science Based Targets initiative (SBTi) on CDP:n, YK:n Global Compactin, World Resources Instituten ja World Wide Fund for Nature -järjestön yhteistyönä syntynyt aloite, jonka tavoitteena on asettaa tieteeseen perustuvat tavoitteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. SBTi -tavoitteita pidetään tieteeseen perustuvina silloin, kun ne ovat sopusoinnussa sen kanssa, mitä uusien ilmastotiede pitää välttämättömänä Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Pariisin sopimuksessa on todettu, että tavoitteena on ilmaston lämpenemisen rajoittaminen selvästi alle 2 °C:een esiteolliseen aikaan verrattuna. (Science Based Targets 2022.)

SBTi:en on liittynyt vuoden 2015 jälkeen yli 1 000 yritystä. Aloitteeseen liittyneet yritykset sitoutuvat seuraamaan, kehittämään ja raportoimaan omia päästöjään aloitteen mukaisesti säännöllisin väliajoin. Aloitteen yhtenä tavoitteena on jakaa tietoa tehdyistä toimenpiteistä yritysten ja asiantuntijoiden välillä sekä tarjota aloitteeseen liittyneille yrityksille teknistä apua ja asiantuntijaresursseja. (Science Based Targets 2022.)

HKScan on sitoutunut noudattamaan Science Based Targets initiative (SBTi) -aloitteen mukaisia ilmastotavoitteita. Konsernin laatimat ympäristötavoitteet perustuvat SBTi:n mukaisiin kasvihuonekaasupäästöjen alentamistavoitteisiin. Tavoitteiden saavuttaminen osana SBTi:tä vaatii yritykseltä sitoutumista, kehittämistyötä, tavoitteiden virallistamista, kommunikointia sidosryhmien kanssa sekä jatkuvaa raportointia tavoitteiden edistymisestä. (Science based targets 2022.)

Vuoden 2022 helmikuussa julkaistussa Vuosi- ja vastuullisuusraportissa vuodesta 2021 on käsitelty konsernin yhteyttä SBTi- aloitteeseen. HKScanin omassa Zero Carbon -ilmastosuunnitelmassa on otettu huomioon SBTi:n mukainen toiminta ja asetettu tavoitteet sen mukaisesti. (HKScan. 2022b.)

1.4.2 Zero Carbon -suunnitelma

Zero Carbon on HKScanin ilmastosuunnitelma, jonka tarkoituksena on vähentää konsernin toiminnan seurauksien ympäristöön kohdistuvia negatiivisia vaikutuksia. Konserni tavoittelee hiilineutraalia ruokaketjua maataloilta kuluttajille vuoden 2040 loppuun mennessä osana Zero Carbon -suunnitelmaa (HKScan 2022a.)

Opinnäytetyön toteutus linkittyy suunnitelmaan vedenkulutukseen vaikuttavien tekijöiden kautta. Yritys on jo aiemmin asettanut tavoitteekseen oman teollisen tuotantonsa hiilineutraaliuden vuoden 2025 loppuun mennessä ja koko maataloilta kuluttajille ulottuvan ruokaketjun hiilineutraaliuden vuoden 2040 loppuun mennessä. Vedenkulutuksen vähentäminen on olennainen osa Zero Carbon -suunnitelman toteutumista. Vedenkulutusta koko konsernissa on tavoitteena

laskea vähintään 25 % vuoden 2019 tasosta vuoteen 2030 mennessä. (HKScan 2022a.)

1.4.3 Aiheesta aiemmin laadittu opinnäytetyö

Opinnäytetyö toimii jatkona saman toimeksiantajan samaa aihetta aiemmin käsitelleelle Eeti Kalliomäen opinnäytetyölle ”Teurastamon teollisuusjätevesien puhdistusmenetelmät ja käsittelyn jäteveden kierrättäminen”. Kalliomäen työ keskittyi taustoittamaan jäteveden puhdistuksen menetelmiä, esipuhdistetun jäteveden mahdollisia hyödynnyiskohteita ja laskemaan sekä vertailemaan mahdollisen järjestelmän kustannuksia eri vaihtoehtojen välillä.

Tämän edellä mainitun opinnäytetyön yhteenvedon lopputulos oli se, että tuotantolaitoksen nykyisellä korkeapaineflotaatiolla esipuhdistettua jätevettä olisi mahdollista hyödyntää teurastamon navetan lantakanaalien huuhtelussa. (Kalliomäki 2020, 37.)

Huuhtelujärjestelmä olisi Kalliomäen opinnäytetyön mukaan mahdollista toteuttaa siten, ettei järjestelmässä oleva kierrätetty vesi pääsisi ihmis- tai eläinkontaktiin ja näin ollen tekisi järjestelmästä patogeenien kannalta turvallisen hyödyntää eläinsuojassa. Järjestelmän toteuttaminen edellyttää järjestelmän yksityiskohtaisempaa suunnittelua, esipuhdistetun jäteveden patogeenien kartoittamista ja järjestelmään liittyvien riskien tarkempaa kartoittamista järjestelmän eri osissa. (Kalliomäki 2020, 38.)

2 Opinnäytetyön tietoperusta

2.1 Keskeisimmät käsitteet ja niiden määrittely

BAT	Paras käytettävissä oleva tekniikka.
Flotaatio	Selkeytys, veden esipuhdistustekniikka.

HAZOP	Poikkeamatarkastelu, prosessinmuuttujien tarkastelu.
SBTi	Ilmaston lämpenemisen ehkäisyyn keskittyvä aloite.

2.2 Teurastamo ja navetta

2.2.1 Teurastusprosessin kuvaus

Teurastamon toimintaan liittyy useita vaiheita aina naudan kuljetuksesta valmiin tuotteen logistiikkaan. Teurastukseen saapuvat naudat tuodaan tuotantolaitokselle karjankuljetusautoissa, joista ne puretaan purkulaiturin kautta navettaan. Karjankuljetusautot pestään ja desinfioidaan tuotantolaitoksen alueella sijaitsevassa autopesuhallissa, josta ne jatkavat matkaansa seuraaville kuljetuksille.

Navetasta eläimet ohjataan tainnutukseen. Tainnutuksen ja verenlaskun jälkeen ruhot kulkevat erilaisten teurastusprosessien läpi kohti ruhovarastoa. Ruhovarastoista ruhot päätyvät joko tuotantolaitoksen leikkaamoon jatkokäsittelyyn leikkaviksi tai kuljetettaviksi muualle jatkokäsittelyä varten. Tuotantolaitoksella osa lihatuotteista jatkojalostetaan ja pakataan suoraan kuluttajamyyntiä varten leikkaamossa ja pakkaamossa. Lisäksi tuotantolaitoksella on sivutuoteosasto, jossa kerätään, esikäsitellään ja lastataan eteenpäin kuljetettaviksi teurastuksen sivutuotteena syntyvät materiaalit, valmistetaan minkinrehua sekä esikäsitellään vuodat ennen jatkokäsittelyyn lähettämistä.

Tuotantolaitoksen prosesseista ja puhtaanapidosta syntyvät jätevedet, autopesuhallin jätevedet sekä navetan pesuvedet ohjataan tuotantolaitoksen jätevedenkäsittelyyn, josta esikäsitelty jätevesi ohjataan Outokummun kaupungin jätevesiverkostoon. Sosiaalitulojen jätevedet ohjataan suoraan kaupungin jätevesiverkostoon.

2.2.2 Navetta osana teurastusprosessia

Navetassa eläimet odottavat tainnutusta. Lopetusasetuksen liitteessä 3 on esitetty seuraavat velvoitteet teurastamon navetan tarpeellisuuteen liittyen:

Eläimet on purettava kuljetusvälineistä mahdollisimman nopeasti saapumisen jälkeen ja teurastettava ilman tarpeetonta viivytystä. Sellaiset nisäkkäät, --- joita ei heti kuljetusvälineestä purkamisen jälkeen viedä teurastuspaikalle, on vietävä säilytystiloihin. (Lopetusasetus, liite 3, 2009)

Nautoja saapuu teurastuspäivää edeltävänä iltana ja teurastuspäivän aikana navettaan odottamaan tainnutusta. Edellisenä iltana saapuneet eläimet ruokitaan ja eläimillä on oltava saatavilla vettä. Navetta on välttämätön osa teurastusprosessia ja valvova eläinlääkäri tarkkailee navettaan saapuvien eläinten kuntoa ennen teurastusta. Navetassa eläimet oleskelevat keskimäärin noin 10 tuntia ennen teurastusta.

Navetan yhtenä tarkoituksena on turvata työpäivän katkotonta kulkua, koska sen ansiosta nautoja on saatavilla jatkuvasti teurastusprosessiin johdettaviksi. Navetassa vallitsevien olosuhteiden tulee olla eläimille sopivat, turvalliset ja puhtaat. Navetta pestään päivittäin eläintautiriskin pienentämiseksi ja elintarviketurvallisuuden takaamiseksi. Navetassa oleskelevien nautojen lanta ja virtsa sekä karsinoiden pesuun käytetty vesi valuu lantakanaaleihin, joista se johdetaan tuotantolaitoksen omalle jätevedenpuhdistamolle puhdistettavaksi.

Teurastamojen yhteyteen rakennettavien eläinsuojien osalta on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY N:o 853/2004) liitteessä III seuraavasti:

Teurastamoissa on oltava asianmukaiset ja hygieeniset eläinsuojat tai ilmaston niin salliessa, odotuskarsinat, jotka on helppo puhdistaa ja desinfioida. Näiden tilojen on oltava varustettu siten, että eläimiä voidaan juottaa ja tarvittaessa syöttää. Jäteveden viemärointi ei saa vaarantaa elintarvikkeiden turvallisuutta.

Elintarviketurvallisuuden takaamiseksi navetta on oma hygienialueensa. Alueelta liikkuminen muihin tiloihin ilman asianmukaista vaatteiden vaihtoa ja muita

hygieniatoimenpiteitä ei ole sallittua. Navetan viemärointi tapahtuu lantakanaalien kautta, joista jätevesi johdetaan suoraan tuotantolaitoksen jätevedenpuhdistamolle.

2.3 HKScanin ympäristöpolitiikka

HKScanin ympäristöpolitiikassa on painotettu yrityksen toimintojen ympäristövaikutusten hallintaa ja niiden minimointia. Ympäristötyö on liitetty osaksi yrityksen strategiaa ja ympäristöjohtaminen on suunnitelmallista ja johdonmukaista perustuen sertifioituun ISO14001:n mukaiseen standardoituun ympäristöjärjestelmään. (HKScan 2022c.)

Yrityksen ympäristöpolitiikan mukaan toimintaa perustuu jatkuvan kehityksen periaatteisiin, säännölliseen raportointiin ja kulutettujen resurssien jatkuvaan mittarointiin sekä seurantaan. Ympäristöpolitiikassa korostetaan sitä, että ympäristönäkökohdat huomioidaan aina osana uusia hankintoja, alihankintoja ja investointeja. Lisäksi yritys vaatii sidosryhmiltään aktiivista työskentelyä ympäristövaikutusten ja -riskien pienentämiseksi. (HKScan 2022c.)

Yhtenä onnistuneen ympäristöpolitiikan toteutuksen väylänä yrityksen osalta voidaan pitää aiemmin mainittua Zero Carbon -ohjelmaa sisältöineen. Ympäristöpolitiikka on hyväksytty yrityksen hallituksessa ja konsernin johto on yhdessä liiketoimintayksiköiden johdon kanssa velvoitettu ottamaan vastuu politiikan mukaisen toiminnan toteutumisesta. (HKScan 2022c.)

2.4 Vedenkulutus

Tuotantolaitoksen vedenkulutus on kasvanut jatkuvasti vuosien varrella. Suurimmilta osin tätä selittää vuosien aikana kasvanut tuotantomäärä. Lisäksi vedenkulutuksen kasvua selittävät hygieniavaatimusten tiukentuminen ja erilaisten enemmän vettä kuluttavien prosessien käyttöönotto.

Vedenkulutuksen seuranta, mittaaminen ja raportointi ovat osa Outokummun tuotantolaitoksen toimintaa yrityksen ympäristöpolitiikan toteuttamisessa. Vedenkulutusta seuraamalla voidaan havaita mahdolliset poikkeamat prosessissa ja etsiä syitä kulutukset muutoksille.

Alla taulukko 1, jossa havainnollistetaan tuotantolaitoksen kokonaisvedenkulutuksen muutoksia vuosien 2005 ja 2021 välillä.

Vuosi	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
Kulutus m ³	36 569	43 946	43 549	53 106	50 826	46 605	48 900

Taulukko 1. Kokonaisvedenkulutuksen kehitys vuosina 2005-2021.

2.5 Taudinaiheuttajat esipuhdistetussa jätevedessä

Mahdollisuuksien mukaan esipuhdistetusta jätevedestä otetaan vesinäyte, joka lähetetään sertifioituun laboratorioon patogeenien kartoitusta varten. Erityisesti tutkittavia patogeeneja ovat eläin- ja ulosteperäiset patogeenit, kuten salmonella ja EHEC-bakteerit. Hiisvirta (1976, 13) toteaa, että patogeenien riski teurastamon jätevedessä on suuri, sillä jäteveden joukkoon päätyy runsaasti eläinten ulosteita pesuveden mukana.

Tuotantolaitoksen jätevedet esikäsitellään BAT-määritelmän täyttävällä korkeapaine-flotaatiolla. Menetelmä ei ole desinfioiva. Tästä syystä taudinaiheuttajien muodostamien riskien analysointi ja torjuminen tullaan sijoittamaan osaksi järjestelmän riskianalyysiä. Opinnäytetyön edetessä patogeenien kartoitus tarkemalla laboratorioanalyysillä osoittautui tarpeettomaksi järjestelmään tulleen suunnittelumuutoksen myötä.

3 Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät

3.1 Taustamateriaali

Suunnitteluvaiheen taustana käytetään saatavilla olevia piirroksia tuotantolaitoksen navetasta sekä nykyisestä navetan uuden puolen lietekuilujen huuhtelujärjestelmän putkistosta. Lisäksi tutustutaan käytännössä niihin olosuhteisiin, jotka huuhtelujärjestelmän rakennuspaikassa sijaitsevat, jotta riskien kartoitukselle saadaan todellisuuteen ja käytännössä koettuun nojaavaa tietoa. Näitä olosuhteita ovat esimerkiksi erilaisten lämpötila- ja ilmanvaihto-olosuhteiden vaikutus järjestelmän eri kohdissa, mahdolliset piirroksissa näkymättömät rakentamisen estävät tekijät sekä käytännössä navetassa työskentelevien henkilöiden kokemukset nykyisen järjestelmän toimivuudesta.

Tarkoituksena on haastatella navetan lietekuilujen huuhtelusta vastaavaa alirakoitsijaa sekä hänen työntekijöitään ja huomioida haastattelussa mahdollisesti esille nousevat nykyisen järjestelmän haasteet osana suunnitelmaa ja mahdollista riskianalyysiä. Lisäksi haastattelujen kohteena ovat tuotantolaitoksen kunnossapitoasentajista he, jotka ovat olleet mukana uuden navetan käytössä sekä huolehtimassa rakennuksen vesiputkistojen huoltamisesta rakennuksen käyttöönoton jälkeen.

Navetan vedenkulutuksen oletetaan pysyneen samalla tasolla Kalliomäen opinnäytetyössään suorittamien mittausten ajasta lokakuussa 2019. Tuolloin navetan pesun keskimääräiseksi vedenkulutukseksi oli arvioitu keskimäärin 19,2 m³/vrk. (Kalliomäki 2020, 25.) Olennaisia muutoksia navetan käytössä tai pesuissa ei ole tapahtunut vedenkulutuksen mittaamisen jälkeen.

Huomioitavaa on kuitenkin se, että edellä mainitussa laskelmassa vedenkäyttö koskee kokonaisuudessaan navetan rakenteiden, karsinoiden ja lietekuilujen päivittäistä pesua eikä siitä ole eroteltu nimenomaan navetan lietekuilujen huuhteluun käytettävää vettä. Tämän osuuden selvittäminen on tehtävä, mikäli se

ylipäättään on mahdollista mittaamalla tai arvioimalla pesuaika, joka kuilujen huuhteluun manuaalisesti kuluu.

Nykyinen automaattinen kuilujen huuhtelujärjestelmä on paineeltaan niin heikko, ettei siitä navetan pesijän mukaan ole mainittavaa hyötyä kuilujen puhdistamisessa. Haastavinta hänen mukaansa on kuilujen pohjan liian pieni kallistusaste ja kuilujen pintamateriaali. Liian karkea pintamateriaali aiheuttaa lannan kerrostumista kuilun pohjalle, minkä vuoksi nykyinen huuhtelujärjestelmä ei juurikaan auta irrottamaan kuilun pohjalle kertyvää lantaa. Toisena seikkana haastateltava nosti esille sen, että kuilut huuhtoutuvat erittäin hyvin jo navetan rakenteiden pesun yhteydessä eikä hän ole nähnyt edes tarpeellisenä hyödyntää nykyistä huuhtelujärjestelmää lainkaan.

3.2 HAZOP-poikkeamatarkastelu

HAZOP-poikkeamatarkastelumenetelmän nimi tulee englannin kielen sanoista Hazard and Operability study. Sen ensisijaisena tarkoituksena on tunnistaa prosessiin liittyvät mahdolliset poikkeamat systemaattisen läpikäynnin avulla jo ennen laitteiston käyttöönottoa ja näin ollen ehkäistä ongelmia jo ennalta laadullisten menetelmien keinoin. (Kotkansalo, Parkkila & Tarviainen, 2017, 43–44.)

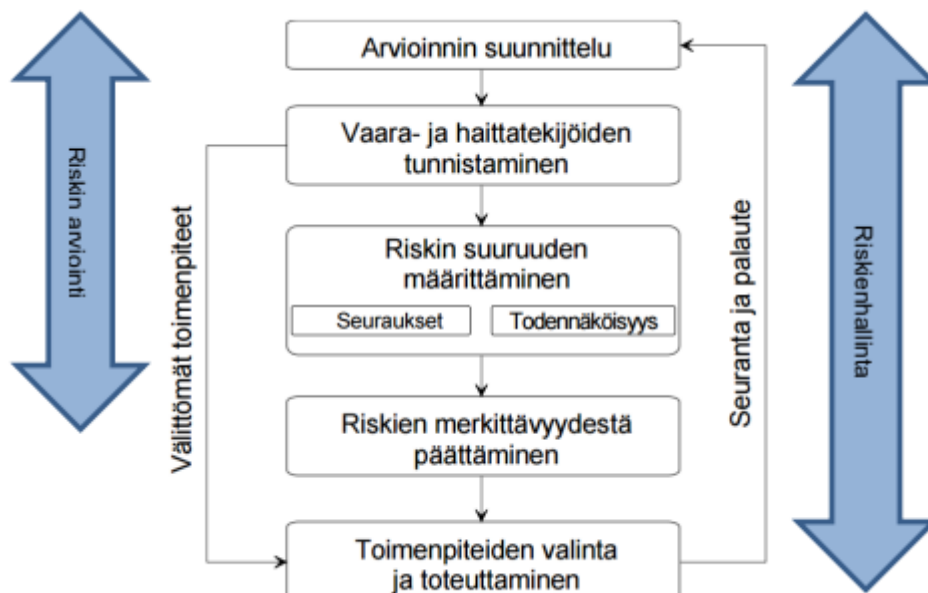
Poikkeamatarkastelun perustavoitteita ovat Kotkansalon, Parkkilan ja Tarviaisen (2017) mukaan:

- a. tuottaa laitteiston tai prosessin täydellinen kuvaus sisältäen suunnitteluperusteet,
- b. tarkastella järjestelmällisesti prosessin tai laitteiston jokainen osa, jotta paljastetaan, miten poikkeamat suunnitteluperusteista voivat sattua, ja
- c. päättää, voivatko nämä poikkeamat johtaa toimintaongelmiin tai vaaroihin. ((Kotkansalo, Parkkila & Tarviainen, 2017, 44.)

HAZOP-poikkeamatarkastelua käytetään yleisimmin silloin, kun tarkastelun alla olevasta kohteesta on käytettävissä tarkka, yksityiskohtainen kuvaus tai muu suunnitelma kuten PI-kaavio. Sen vahvuutena voidaan pitää sitä, että se on mahdollista tehdä myös silloin, kun prosessin suunnittelu on kesken ja estää ennalta jo havaitut vaarat ja poikkeamat. (Kotkansalo, Parkkila & Tarviainen, 2017, 43–44.)

HAZOP-poikkeamatarkastelun laadinnassa on mukana monitieteellinen asiantuntijaryhmä, jolla on käyttökokemusta tosielämässä vastaavanlaisesta prosessista ja sen vaiheista. Poikkeamatarkastelun tavoitteena on tuottaa kirjallinen dokumentti prosessin riskeistä ja ratkaisuja havaittujen riskien hallintaan tai poistamiseen. HAZOP-tarkastelussa huomioidaan myös inhimillisten virheiden syyt ja seuraukset ja käydään järjestelmällisesti läpi prosessin eri vaiheet sekä yksinkertaistetaan usein monimutkaisetkin prosessit helpommin ymmärrettäviksi vaiheistuksen avulla. (SFS-EN 31010, 2019.)

Toisaalta HAZOP-poikkeamatarkastelussa on havaittu mm. seuraavaksi lueteltuja haasteita ja puutteita. Se ei priorisoi eri vaaroja keskenään tai huomioi vaikutusten keskinäisiä suhteita toisiinsa kovinkaan tarkasti. Suurin ja merkittävin heikkous HAZOP-prosessissa on sen resursseja paljon kuluttava toimintaperiaate. Se vaatii laajasti ja eniten hyötyä tuovana paljon aikaa, usean ihmisen työpanoksen sekä laajan dokumentoinnin. Prosessin yksityiskohtainen perkaaminen aiheuttaa helposti myös sen, että yksityiskohdat vievät huomiota suuremmilta kokonaisuuksilta, joita prosessiin liittyy. (Kotkansalo, Parkkila & Tarviainen 2017, 43–44.)



Kuva 2: Riskien arviointi ja hallinnointi (Työturvallisuuskeskus, 2015)

4 Järjestelmän vaihtoehdon A suunnittelu

4.1 Vaihtoehdon A tausta

Suunnitelman vaihtoehto A:ta lähdettiin hahmottelemaan aikaisemmin tuotantolaitoksella esillä olleen idean pohjalta. Tarkoituksena oli ollut ohjata esipuhdistettua jätevettä navettaan pesutarkoituksiin, mutta käytössä olevan esipuhdistetun veden laatu ei olisi todennäköisesti riittänyt navetan hygieenisen pesun vaatimaan laatuun. Tästä syystä kierrätettävän veden käyttökohteeksi valikoituivat navetan lietekuulut, joissa veden puhtaustasolla ei ole niin suurta merkitystä. Olennaisempaa on se, että kuiluissa ja kanaaleissa oleva lantamateriaali saadaan liikkumaan juoksevammin.

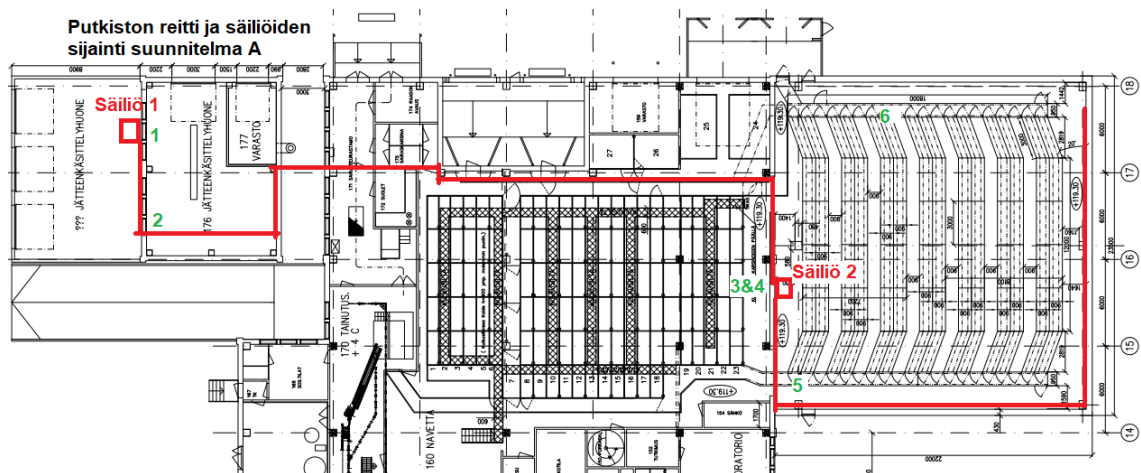
4.2 Järjestelmän vaiheet

Järjestelmän suunnitelma on jaettu kuuteen osioon, jotka ovat:

- 1) flotaation lähtösäiliö ja pumppu,
- 2) putkisto flotaatiolaitokselta navetan säiliölle,
- 3) kierrätetyn veden säiliö navetassa,
- 4) pumppaus navetan säiliöstä huuhtelujärjestelmään,
- 5) huuhtelujärjestelmä ja
- 6) veden kulku takaisin flotaatiolaitokselle.

Viimeinen osio on käsitellyssä mukana lähinnä siksi, että seuraavassa luvussa käsiteltävän riskianalyysin kannalta on olennaista se, mihin kierrätettävä vesi päätyy. Järjestelmän suunnitteluvaiheessa viimeiseen osioon ei tässä suunnitelmassa tule muutoksia.

Kuvassa 3 on havainnollistettu putken reitti ja eri osien sijainti rakennukseen nähden. Punaisella piirretty viiva ja säiliöt näyttävät järjestelmän reitin säiliöltä 1 putkiston loppuun saakka. Vihreällä merkatut numerot havainnollistavat järjestelmän eri vaiheiden sijainnin pohjapiirroksessa.



Kuva 3: Putkiston reitti ja sijainti

4.2.1 Flotaatiolaitoksen lähtösäiliö ja pumppu

Flotaatiolaitoksella esipuhdistettu jätevesi johdetaan putken avulla välisäiliöön nro 1, jonka tilavuus on noin 1m^3 . Säiliö olisi mahdollista tehdä esimerkiksi

vanhasta IBC-kontista tai muusta vastaavasta kierrätysmateriaalista. Vesi valuu painovoiman avulla flotaation puhdistetun veden avulla säiliöön, josta se pumpataan putkiston kautta navetassa olevaan toiseen säiliöön nro 2.

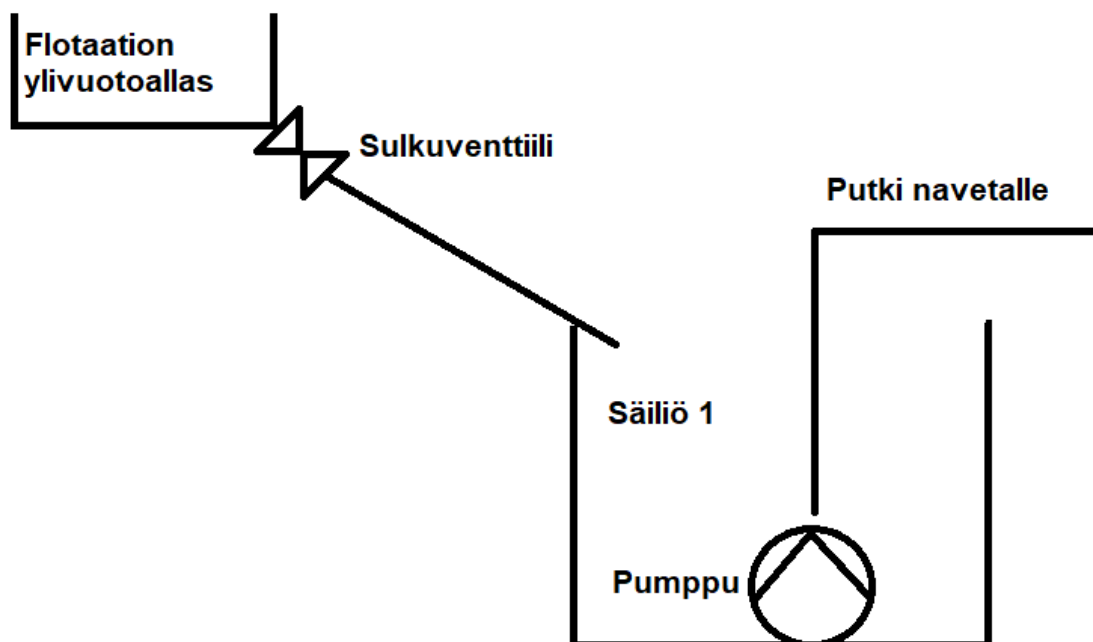
Flotaatiolaitokselle asetettu välisäiliö mahdollistaa huuhteluun lähtevän veden silmämääräisen laaduntarkkailun ja tasaa varsinaiseen säiliöön lähtevän veden määrää. Veden virtaama flotaatiolaitoksella voi vaihdella vuorokauden ajasta ja tuotannon toiminnasta johtuen suuresti 0–12 m³/h välillä. Päivällä virtaama on tasaisesti noin 9–11 m³/h, mutta yöaikaan virtaamaa ei välttämättä ole juuri lainkaan.

Pumppua ei lisäksi tarvita, sillä vesi lähtee flotaation ylivuotoaltaasta liikkeelle painovoiman avulla. Tarvittaessa veden kulku säiliöön voidaan estää sulkemalla säiliön ja ylivuotoaltaan välinen venttiili. Lisäksi säiliön puhtaanapitoa varten siinä on pesun mahdollistavat venttiilit sekä säiliön avausmahdollisuus.

Vesi pumpataan säiliöstä nro 1 seuraavaan säiliöön uppopumpulla. Pumpun käynnistäminen tehdään manuaalisesti säiliön täytyttyä. Säiliön ylitäytöstä ei aiheudu varsinaista vaaraa, sillä säiliö sijaitsee flotaatiolaitoksella, jossa syntyvät pesuvedet yms. valuvat suoraan rakennuksen alla sijaitsevaan jäteveden tassaustaaseen, josta ne pumpataan takaisin flotaatioprosessiin.

Flotaatiolaitokselle olisi mahdollista sijoittaa järjestelmässä kulkevan veden suodatusjärjestelmä, jolla vedestä olisi mahdollista suodattaa tarvittaessa enimmäkseen kiintoaineet pois. Veden suodattaminen olisi kannattavaa siksi, että se vähentää järjestelmään kertyvän mahdollisen lietteen ja kiintoaineen määrää.

Alla on havainnekuva 4 järjestelmän ensimmäisestä osasta.



Kuva 4: Piirros flotaatiolaitoksella sijaitsevasta säiliöstä nro 1 ja säiliössä olevasta pumpusta.

4.2.2 Putkisto flotaatiolaitokselta navetan säiliölle

Järjestelmän toisessa vaiheessa esipuhdistettu vesi johdetaan putkea pitkin navetassa uudella puolella sijaitsevaan säiliöön 2. Putki kulkee flotaatiolaitokselta lantalan kautta sairasteurastamon lävitse, navetan vanhalle puolelle ja lopuksi navetan uudella puolella olevaan säiliöön. Kuvassa 3 tämän vaiheen alku on merkattu vihreällä numerolla 2.

Putken sijoittelussa tullaan hyödyntämään muita lähellä kulkevia putkia ja mahdollisesti purettuja väyliä, jotta putken vaatimat muutostyöt jäisivät mahdollisimman pieniksi. Läpiviennit seinistä joudutaan kuitenkin tekemään putken kulkiessa flotaatorakennuksesta tuotantolaitoksen rakennukseen.

Putki kulkee pienen matkan ulkona, joten suunnittelussa on huomioitava vuodenaikojen vaihtelusta johtuvat ulkolämpötilan muutokset. Putkeen on asennettava lämmitys ja eristys kolmen metrin matkalle, jonka se kulkee ulkona.

Putken halkaisija on 45 mm. Putken materiaalivalinnassa vaihtoehtoina ovat ha-
ponkestävä teräs ja PVC-muovi. Teräksen etuna olisi se, että se on kestävä,
mutta vastaavasti se olisi kalliimpi kuin muovi ja sitä olisi hankalampaa muokata
jälkeenpäin, mikäli järjestelmään haluttaisiin tehdä muutoksia tai lisäyksiä. Te-
räs suljettiin materiaalivalintana pois käytännössä heti alussa hinnan vuoksi.
Muovisen putken etuina ovat ne seikat, että se on helposti muokattavaa, edulli-
sempaa kuin teräs ja ripustusvaiheessa helpompaa työstää. Toisaalta se on alt-
tiimpi mahdollisille muutoksille asennusympäristössä esimerkiksi lämpötilan vai-
kutuksesta sekä vaatii mahdollisesti enemmän kiinnikkeitä kuin teräsversio, jot-
tei putki veny ja muokkautu itsekseen veden painon vuoksi.

Yhtenä vaihtoehtona on se, että putki rakennetaan kahdesta eri materiaalista ja
materiaalit valitaan sen mukaan, missä kohtaa järjestelmää liikutaan. Osa mate-
riaaleista olisi saatavilla valmiiksi varastosta.

4.2.3 Kierrätetyn veden säiliö navetassa

Kierrätetyn veden säiliö sijaitsee suunnitelman mukaan uuden puolen nave-
tassa uuden ja vanhan puolen seinän vieressä. Säiliön sijainnin hahmotta-
miseksi sen paikka on merkitty aiemmin edellä esitettyyn kuvaan 3.

Säiliön sijoittamispaikka valikoitui sen mukaan, että uuden ja vanhan puolen
seinän vieressä oli valmiiksi olemassa tyhjä tila. Sijainnilla on muitakin etuja jär-
jestelmää kokonaisuudessa ajatellen. Säiliö on tässä suunnitelmassa sijoitettu
niin, että siitä olisi mahdollisimman lyhyt matka järjestelmään lähtevälle putkis-
tolinjalle ja samaan aikaan se vaatisi mahdollisimman lyhyen putkiston flotaati-
osta navetassa olevalle säiliölle.

Säiliön on rakenteeltaan sellainen, että se voidaan tarvittaessa avata ja puhdis-
taa sisäpuolelta. Säiliönä toimii IBC-kontti tai vastaava allas. Säiliön sijoittelussa
ja sen materiaalin valinnassa on otettu huomioon työturvallisuus ja säiliön ohi
voi kulkea yli 900 mm leveää käytävää pitkin. Säiliön asentaminen navettaan

vaatii pieniä muutostöitä sijoituspaikalla, sillä paikalta on purettava nykyinen vesipiste.



Kuva 5: Säiliön 2 sijoituspaikka navetassa. Kuvassa 3 on havainnollistettu kuvauspaikan sijainti.

4.2.4 Pumppaus navetan säiliöstä huuhtelujärjestelmään

Pumppauksessa säiliöstä järjestelmään käytetään uppopumppua.

Pumppu pumppaa kierrätetyn veden järjestelmään, jota muokataan nykyisestä soveltumaan paremmin huuhtelujärjestelmän tarpeisiin. Nykyisessä järjestelmässä kylmävesiputkiston kautta tulevaa vettä käytetään navetassa kahdessa vesipisteessä ja lisäksi nykyisen putkiston kautta tulevaa vettä hyödynnetään nautojen juoma-automaattien vetenä.

Putkistoa muutetaan siten, että sen juoma-automaateille menevä linja katkaistaan ja tämä katkaistu linja liitetään osaksi navetan vanhan puolen juoma-automaattien linjaa.

Putkisto vaatii muutoksen, jossa sen kuparinen, ylhäällä katonrajassa oleva osa puretaan pois ja tilalle vaihdetaan muovinen/teräksinen putkisto. Kuparinen putki ei tulisi kestävänsä veden virtausta, sillä kierrätettävä vesi on melko happanta (pH 5,5 - 6,5) verrattuna vesijohtoveteen, jossa pH-arvo on keskimäärin 7. Lisäksi kupari kestää materiaalina huonosti korkeita kloridipitoisuuksia. (Kekki 2007, 23.) Kierrätetyn veden kloridipitoisuus on keskimäärin 600–1 400 mg/l (Vesinäytetulokset 2021).

4.2.5 Huuhtelujärjestelmä

Huuhtelujärjestelmänä hyödynnetään osittain olemassa olevaa vanhaa huuhtelujärjestelmää, jossa on yhteensä 15 huuhteluväylää kanaaleihin. Väylät on sijoitettu niin, että jokaisella 14 karsinarivillä ja kanaalilla on oma huuhteluväylänsä ja näiden lisäksi pääkanaalissa on yksi oma huuhteluväylänsä. Huuhteluväylien sijainti navetassa on havainnollistettu kuvassa 3.

Huuhteluväylät toimivat käsikäytöllä ohjaustaulusta magneettiventtiilillä. Jokainen huuhteluväylä toimii yksittäin eikä huuhtelua voi suorittaa yhtä aikaa kahdella eri väylällä.

Yksi huuhtelukerta yhdestä huuhtelulinjasta kuluttaa keskimäärin noin 55 l vettä. Tämä tieto on saatu selville testaamalla nykyistä huuhtelujärjestelmää manuaalisesti ja mittaamalla yhdestä putkesta yhdellä huuhtelukerralla tulevan veden määrä valuttamalla vesi putkesta saaviin. Mittaustuloksien vaihteluväli oli 45–60

I sen mukaan, kuinka nopeasti edellisestä huuhtelukerrasta seuraava huuhtelu aloitettiin. Näin ollen kaikkien huuhteluväylien huuhteluun yhden kerran kuluu enimmillään 900 l ja keskimäärin noin 825 l vettä. Tämä tarkoittaa sitä, että täysi 1 m³ säiliö riittää kaikkien linjojen käyttöön yhden kerran.

4.2.6 Veden kierto takaisin flotaatiolaitokselle

Kierrätetty vesi palautuu takaisin flotaatiolaitokselle navetan lantakuiluja myöten. Jokaisen 14 karsinajonon alla on kanaali, josta vesi valuu painovoimaisesti pääkuiluun. Uuden puolen navetan pääkuilusta vesi valuu vanhan puolen pääkuiluun, josta vesi sekä nautojen virtsa ja lanta johdetaan kuilua pitkin flotaatiolaitokselle esikäsitteilyyn ennen johtamista kaupungin jätevesiverkkoon.

Prosessin tähän osaan ei tässä suunnitelmassa tule muutoksia.

4.3 Järjestelmän läpikäynti alustavan suunnitelman jälkeen

Edellä kuvattu alustava suunnitelma käytiin lävitse tuotantolaitoksen asiantuntijoiden kanssa. Kuvatun kaltaisen järjestelmän rakentamiseen liittyisi paljon teknisiä ja taloudellisia haasteita, joiden vuoksi sen pidemmälle suunnitteluun ei tässä vaiheessa nähty järkeväksi käyttää resursseja.

Haasteista isoimpana nähtiin taloudelliset kustannukset verrattuna saatavaan hyötyyn. 1 m³ säästö vedestä päivässä ei tuota riittävästi taloudellista hyötyä eikä takaa järjestelmälle järkevää takaisinmaksuaikaa edes alustavien laskelmien mukaan, joissa kaikkia rakentamiseen liittyviä kustannuksia ei ole vielä edes huomioitu. Tarkemman laskelman tekemistä edellä kuvatun kaltaisen järjestelmän rakentamiseksi ei nähty järkeväksi.

Toinen suuri haaste liittyy järjestelmän mahdolliseen käyttöasteeseen. Jos nykyisenkaltainenkaan järjestelmä ei ole ollut käytössä käytännössä ollenkaan päivittäisissä pesuissa, ei uuden järjestelmän rakentaminen ja käyttäminen ole

järkevää navetan pesijöiden kommentteja ajatellen. Pesijät kokivat, että huuhtelusta olisi hyötyä enemmän navetan vanhan puolen pääkanavassa kuin uudella puolella, josta vesi valuu edelleen vanhan puolen pääkanavan kautta flotaatiolaitokselle. He kertoivat, ettei järjestelmää nykyisellään käytetä uudella puolella juuri ollenkaan.

Vanhalla puolella pääkuilun ylimääräisestä huuhtelusta katsottiin voivan olla hyötyä, sillä tämänhetkisessä tilanteessa pääkuilua on pakko ajoittain tyhjentää ajamalla sinne vettä suurella paineella säiliöautosta. Jatkuva pienempi virtaus vanhan puolen kuilussa voisi vähentää säiliöauton käyttötarvetta tai parhaimmassa tapauksessa jopa poistaa sen käytön tarpeen. Jos pääkanavassa oleva lanta saataisiin päivittäisen huuhtelun avulla pysymään juoksevampana, ei sen tehokkaammalle huuhtelulle ja tyhjennykselle olisi välttämättä yhtä tiheä tarve.

Haastatteluissa esille nousi toinen vaihtoehto, jota oli harkittu ilmeisesti otettavaksi käyttöön jo aiemmin. Tämä vaihtoehto on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa olevassa suunnitelmassa, ja se käsittelee huuhtelun sijoittamista navetan vanhan puolen pääkanavaan.

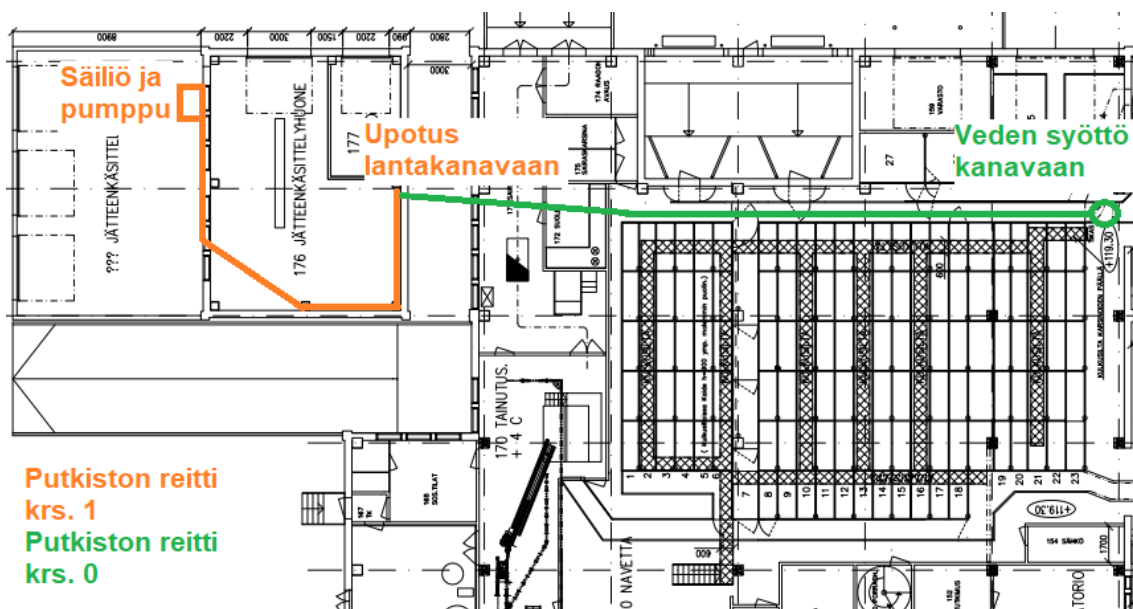
5 Järjestelmän vaihtoehdon B suunnittelu

5.1 Järjestelmän vaiheet

Järjestelmän suunnitelma on jaettu kolmeen osioon, jotka ovat flotaation lähtösäiliö ja pumppu, putki navetan pääkuiluun ja veden kulku takaisin flotaatiolaitokselle.

Viimeinen osio on käsittelyssä mukana lähinnä siksi, että seuraavassa luvussa käsiteltävän riskianalyysin kannalta on olennaista se, mihin kierrätettävä vesi päätyy. Järjestelmän suunnitteluvaiheessa viimeiseen osioon ei tässä suunnitelmassa tule muutoksia. Kuvassa 6 on havainnollistettu putken reitti ja eri osien sijainti rakennukseen nähden.

Kuvassa on esitetty oranssilla järjestelmän ne vaiheet, joiden sijoittelu tapahtuu 1. kerrokseen eli maan pinnan tasoon. Vihreällä on merkattu ne vaiheet, joissa putki kulkee 0. kerroksessa eli kellaritasossa maan pinnan alapuolella. Huomioitavaa on, että suunnitelman kolmas vaihe, jäteveden paluu takaisin floataatiolaitokselle, tapahtuu takaisin samaa reittiä, jota vihreällä merkattu putki kulkee.



Kuva 6: Putkiston reitti ja komponenttien sijainti

5.1.1 Säiliö ja pumppu floataatiolaitoksella

Floataatiolaitoksella esipuhdistettu jätevesi valuu floataation ylivuotoaltaasta säiliöön haarayhteen kautta. Haarayhteeseen asennetaan sulkuventtiili, jonka avulla voidaan säädellä säiliölle valuvan veden määrää.



Kuva 7: Flotaation ylivuotoallas. Putki säiliölle nro 1 asennetaan punaisella ympyröityyn kohtaan vaihtamalla putken kappale haarayhteeseen.



Kuva 8: Esimerkki haarayhteestä. (Uponor)

Säiliö olisi mahdollista tehdä esimerkiksi vanhasta teräksisestä liha-altaasta, jonka tilavuus on noin 1 m³. Teräksinen allas mahdollistaisi pumpun istutusosan kiinnittämisen hitsaamalla, mikä on käytännössä välttämätöntä pumpun tukevan asennuksen kannalta. Lisäksi itse säiliö tullee kiinnittämään lattiaan pulttikiinnityksellä ja seinään teräspalkin avulla säiliön liikkumisen estämiseksi.



Kuva 9: Säiliön sijaintipaikka flotaatiolaitoksella. Säiliö sijoitetaan kuvassa olevan pöydän paikalle.

Säiliö löytyy kierrätysmateriaalina tuotantolaitoksen omasta varastosta eikä sitä näin ollen ole tarpeellista ostaa erikseen. Säiliöön asennetaan lisäksi pohjaventtiili, jonka ansiosta säiliön voi tarvittaessa pestä erikseen. Tarvittaessa veden kulku säiliöön voidaan estää sulkemalla säiliön ja ylivuotoaltaan välinen venttiili. Lisäksi säiliön puhtaanapitoa varten siihen asennetaan pesun mahdollistavat venttiilit.



Kuva 10: Säiliönä käytetään vanhaa liha-allasta, jonka tilavuus on noin 1000 litraa.

Flotaatiolaitokselle asetettu säiliö mahdollistaa huuhteluun lähtevän veden silmämääräisen laaduntarkkailun. Liian likaiselta näyttävä vesi voidaan ohjata tarvittaessa ohjata takaisin tasausaltaalle ajettavaksi uudelleen flotaatioprosessiin. Veden virtaama flotaatiolaitoksella voi vaihdella vuorokaudenajasta ja tuotannon toiminnasta johtuen suuresti 0–12 m³/h välillä. Päivällä virtaama on

tasaisesti noin 9–11 m³/h, mutta yöaikaan virtaamaa ei välttämättä ole juuri lainkaan tai se on erittäin pieni.

Säiliön täyttymisnopeutta arvioidessa tulee huomioida, että tuntivirtaaman ollessa 11 m³/h puhdistetusta jätevedestä osa kuluu flotaation omiin toimintoihin kuten suotonauhakoneen pesuun ja dispersioveden valmistukseen. Ylivuotoaltaaseen nousevasta vedestä puolet ajautuu lisäksi takaisin tasausaltaalle tasamaan puhdistettavan veden laadunvaihteluita. Käytännössä säiliön täyttäminen kestäisi kuitenkin alle tunnin ajan.

Säiliön täyttäminen tapahtuisi samalla, kun flotaatiolaitoksen muita laitteita pestään ja huolletaan, ja sen voi jättää huolelta täyttymään työskentelyn ajaksi. Säiliön ylivuoto ei aiheuta mitään erityistä riskiä, sillä ylivuotava vesi valuu flotaatiohallin lattian alla olevalle tasausaltaalle, josta se etenee takaisin flotaatioprosessiin. Säiliöön on mahdollista asentaa myöhemmässä vaiheessa automaattinen pinnanmittaus, jonka avulla säiliön täyttö olisi mahdollista katkaista automaattisesti sen ollessa täynnä, mikäli se nähdään tarpeelliseksi.

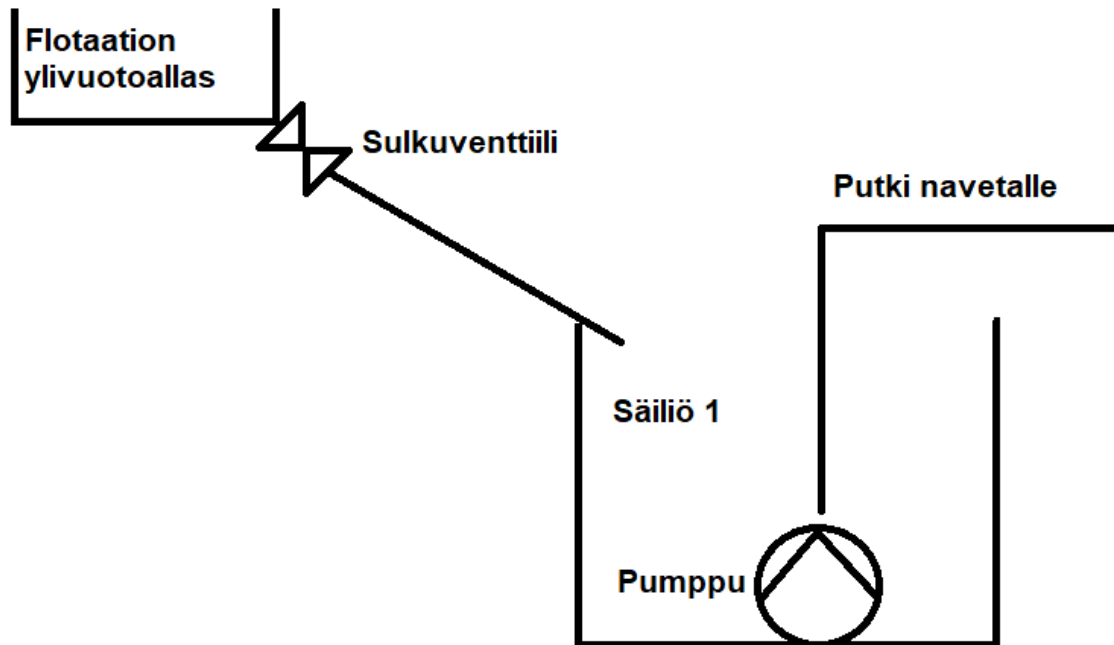
Pumppu, joka pumppaa veden säiliöstä navetan lietekuiluun on malliltaan Pedrollo PVXC 30/70. Sen pumppaama maksimivirtaama on 200 + 1 200 l/min ja virtaamaa on tarvittaessa mahdollista säätää. Pumpun tarkemmat tekniset tiedot on esitelty liitteessä 4. Vastaavaa pumppua on käytetty aikaisemmin pumppaamaan laitoksen navetasta tulevaa jätevettä esikäsitteilyyn flotaatiolaitokselle. Pumpun istutuskappaleet löytyvät pumpun tavoin omista varastoista.

Pumpun käynnistäminen tehdään manuaalisesti säiliön täytyttyä. Säiliötä on mahdollista pumpata tyhjemmäksi myös kesken sen täytön. Tarvittaessa järjestelmän kautta navetan vanhan puolen lantakanaaliin on mahdollista ajaa pesuaineliuosta säiliön kautta helpottamaan kanaalin puhtaanapitoa.

Flotaatiolaitokselle olisi mahdollista sijoittaa järjestelmässä kulkevan veden suodatusjärjestelmä, jolla vedestä olisi mahdollista suodattaa tarvittaessa enimmäkseen kiintoaineet pois. Veden suodattaminen olisi kannattavaa siksi, että se vähentää järjestelmään kertyvän mahdollisen lietteen ja kiintoaineen määrää. Tässä

suunnitelmassa suodatusta ei nähty tarpeelliseksi, sillä vedenlaadulla ei ole juurikaan merkitystä huuhdottaessa lantakanaalia.

Alla havainnekuva 11 järjestelmän ensimmäisestä osasta.



Kuva 11: Havainnekuva flotaatiolaitoksen lähtösäiliöstä ja sen yhteyteen rakennettavista komponenteista.

5.1.2 Putki navetan pääkuiluun

Tarvittavan putken pituus on noin 60 m. Putken reitti on havainnollistettu edellä kuvassa 6 siten, että oranssilla piirretty osa kulkee flotaatiohallissa ja lantalassa maan pinnan yläpuolella kerroksessa 1 ja vihreällä piirretty osa kuvaa maan alla, kellarikerroksen tasolla kulkevaa reittiä lantakanaalissa. Lantakanaalin etuna putken sijoituksessa voidaan pitää sitä, että se pysyy kovillakin pakkasilla sulana eikä kierrätetyn veden putkea ole tarpeellista lämmittää erikseen.

Materiaaliksi soveltuisi esimerkiksi PVC-muoviputki sisähalkaisijaltaan 53 mm. Materiaalin valinnassa tulee huomioida putken asennusvaihe, jossa putki

joudutaan ujuttamaan lantakanaaliin. Putken materiaali ei näin ollen voi olla liian jäykkää, jotta se saadaan asennetuksi kanaalin siihen osaan, johon asentajan ei ole käytännössä mahdollista itse mennä. Tämä osuus kattaa matkan lantalalta navetalle asti eli noin 10 metriä.

Putki on tarkoitettu asentaa siten, että navetan päädystä kanaalia uitetaan lantalalle asti jokin kelluva esine, esimerkiksi muovikanisteri, johon on sidottuna naru. Narun avulla putki vedetään läpi kanaalin suljetun osan ja näin vältetään menemästä asennuksen yhteydessä kanaalin vaarallisimpaan, suljettuun osaan.

Putken asennuksessa flotaatilaitoksella voidaan hyödyntää osittain vanhoja rakenteita ja ripustuksia. Muutamia ripustuksia on tarpeellista tehdä lisää, mutta materiaalit niiden tekemiseen ovat enimmäkseen valmiina tuotantolaitoksen varastoissa. Lantakanaaliin tehdään lisäksi muutamia kiinnityksiä putkelle sellaisiin kohtiin, joihin se on työturvallisuus huomioiden mahdollista tehdä.

Koska putken materiaalivalinta on melko jäykkä, ei se pääse liikkumaan kanaalissa holtittomasti ilman kiinnikkeitä. Lisäksi putki kulkee pääasiassa kanaalin pohjalla, jolloin se jää myös kanaalissa liikkuvan lanta- ja nestemassan alle. Putken loppupää, veden ulostuloaukko, kiinnitetään lantakanaalin reunaan, jottei se aiheuta roiskeriskiä navetan lattiapalkkien välistä. Tarvittaessa putken päähän voidaan asentaa suutin tai muu vettä ohjaava osa, jos sellainen nähdään myöhemmin tarpeelliseksi.



Kuva 12: Putki sijaitsee navetan pääkäytävän ritilöiden alla, kuilun pohjalla. Putken sijoitus syväälle kuiluun varmistaa sen, ettei huuhteluvesi pääse roiskumaan lantakanaalista navetan lattialle tai käytävillä liikkuvien eläinten tai ihmisten jalkoihin.

5.1.3 Kierrätetyn veden paluu flotaatiolaitokselle

Kierrätetty vesi palautuu takaisin flotaatiolaitokselle vanhan puolen navetan lantakuilua pitkin esikäsittelyyn ennen johtamista kaupungin jätevesiverkkoon tai takaisin kiertoon esikäsittelyn jälkeen. Prosessin tähän osaan ei tässä suunnitelmassa tule muutoksia.

5.2 Suunnitelman tarkastus

Edellä esitelty kuvaus käytiin läpi tuotantolaitoksen teknisen suunnittelijan ja kunnossapidon asiantuntijan kanssa. Suunnitelman vahvuuksiksi lueteltiin sen yksinkertaisuus, helppokäyttöisyys ja matalat kustannukset saatavaan hyötyyn nähden.

Iso osa suunnitelmassa vaadittavista resursseista on saatavilla tuotantolaitoksen omista varastoista, sen rakentamiseen vaadittava osaaminen löytyy omalta henkilöstöltä ja suhteutettuna tarvittavaan työmäärään on sen toteuttaminen erittäin kannattavaa.

5.2.1 Alustava laskelma kustannuksista

Alla alustava laskelma vaadittujen, erikseen ostettavien komponenttien hinnoista. Hinnat ovat viitteellisiä, suunnitteluvaiheessa etsittyjen komponenttien hintoja ja niihin tulee oletettavasti muutoksia ostovaiheessa.

Järjestelmän rakentamiseen sekä sähköasennusten tekemiseen vaadittava ammattitaitoinen henkilökunta on käytettävissä tuotantolaitoksen kunnossapitoasentajista. Heidän työmääränsä kustannukset on arvioitu sen mukaan, kuinka kauan työn toteuttaminen veisi suurin piirtein.

Kokonaisuudessaan työn suorittamiseen kaikkineen on arvioitu kuluvan kahdelta kunnossapitoasentajalta noin 10 tuntia. Tämä tekee yhteensä noin 20

tuntia työtä. Laskelmaan ei ole huomioitu mahdollisesti rakennustöissä mukana olevan muun henkilökunnan aiheuttamia kustannuksia (Taulukko 2.)

Komponentti, määrä	Kustannus (ilman ALV)
Jätevesiputki (sis halkaisija 53 mm) pituus 60 m	=7,70 €/m x 60 m = 462 €
Haarayhde ylivuotoaltaalle	30 €
Ylivuotoaltaalta lähtevän putken sulkuventtiili (1 kpl)	30 €
Säiliöltä lähtevän pumpun ulostulon ja putken välinen liitin/sovite (1 kpl)	35 €
Säiliöön asennettava pohjaventtiili	20 €
Muut osat, kuten kiinnikkeet yms.	≈ 200 €
Työn osuus, noin 20 h	= 30 € x 20 = 600 €
Yhteensä	≈ 1 380 €

Taulukko 2. Alustava kustannuslaskelma vaihtoehdon B osalta.

5.2.2 HAZOP-poikkeamatarkastelu

HAZOP-poikkeamatarkastelu käytiin läpi ja siihen tehtiin tarvittavat lisäykset ja korjaukset. Poikkeamatarkastelu jäi suppeaksi osin siksi, että iso osa poikkeamista oli otettu huomioon jo suunnitteluvaiheessa ennen varsinaisen poikkeamatarkastelun laatimista ja näin ollen vastaavia riskejä ei enää havaittu varsinaisessa suunnitelmassa. Poikkeamatarkastelu on tarkemmin esitelty liitteessä 2.

6 Pohdinta ja jatkotoimenpiteet

6.1 Järjestelmän toteutus ja kehittäminen

Järjestelmän suunnitelma B on ollut tuotantolaitoksessa osittain esillä jo aiemmin. Toteutus on jäänyt tekemättä, sillä järjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen saatavilla olevat resurssit on katsottu rajallisiksi. Opinnäytetyötä varten haettu investointi mahdollistaa järjestelmän toteutuksen taloudellisesti ja mahdollistaa lisäksi järjestelmän jatkokehittelyn, kun järjestelmän omat kustannukset jäivät lopulta alkuperäistä, investoinnin hakuun käytettyä kustannusta paljon pienemmiksi.

Suunnitelman tarkastelussa todettiin, että sen jatkojalostaminen, laajentaminen ja kehittäminen on mahdollista toteuttaa vaiheittain sen mukaan, miten järjestelmän todellinen hyöty ja toimivuus käyttökokemusten jälkeen selviää. Järjestelmän suunnittelu ja toteutus kirjataan ylös tuotantolaitoksen ympäristökehittämisen toimenpiteisiin ja sille asetetaan minimissään vuoden mittainen seuranta-aika, jolloin järjestelmän todelliset hyödyt saadaan selville. Tämän seurannan toteuttamiseksi järjestelmän päivittäistä käyttöä tulisi seurata ja tämän avulla voidaan seurannan loppuun viemisen jälkeen tarkastella sen onnistumista sekä etsiä lisää mahdollisia kehityskohteita.

Järjestelmän tarkoituksena on saada lantakanaalin huuhteluun käytettävän puhtaan verkostoveden määrä laskemaan ja samalla helpottaa lantamassan virtausta tuotantolaitoksen jätevedenpuhdistamolle esikäsitteilyä varten. Tällä hetkellä lantakanaalia huuhdellaan pääasiassa kylmällä talousvedellä, osittain paineistetulla lämpimällä talousvedellä ja tarvittaessa säiliöautosta paineella laskeutuvalla vedellä.

Lopullisia tuloksia arvioitaessa tulee kuitenkin huomioida se, että tässä opinnäytetyössä esitetty suunnitelma B toteutuessaan helpottaa ainoastaan navetan päälantakanaalin huuhtelua ja lantamassan valumista jäteveden esikäsitteilyyn. Yhtenä toteutuskelpoisena vaihtoehtona järjestelmää tutkiessa nähtiin sen mahdollinen laajentaminen käsittämään myös vanhan puolen navetan

karsinakäytävien alle jääviä välikuiluja. Näin tehtäessä kierrätettävän veden käyttömäärä kasvaisi ja tämä tulisi huomioida järjestelmän muutoksia suunniteltaessa.

Suunnitelmassa B esitettyyn putkeen olisi mahdollista tehdä lisähaarat kunkin karsinarivin kohdalle, jolloin kierrätettyä esipuhdistettua vettä voitaisiin hyödyntää entistä enemmän lantamassan liikuttelussa. Tämä olisi helppoa toteuttaa siten, että varsinaiseen päälinjaan, josta suunnitelmassa käytetään nimeä ”putki”, liitettäisiin venttiili, jota säätämällä vesi voitaisiin ohjata vaihtoehtoisesti pääkuiluun tai pienempiin kuiluihin, kun niihin olisi asennettu vastaavat putket.

Patogeenien ja taudinaiheuttajien tutkiminen vedestä tulee ottaa huomioon siinä vaiheessa, jos vedenkierrätystä harkitaan laajennettavaksi muuhunkin tarkoitukseen, kun lantakanaalien huuhteluun. Tulevaisuudessa kierrätetyn veden käyttö voisi olla mahdollista esimerkiksi sivutuoteosaston esipesuissa alueilla, joissa ei valmisteta elintarvikkeita. Muita mahdollisia kierrätysveden käyttökohteita voisivat olla myös esimerkiksi autopesulan esipesuvaihe, veriallas tainnuttamossa sekä verenkeruullas sivutuoteosastolla.

Vedenlaatuun liittyvät tekijät tulee ottaa huomioon siinä vaiheessa, kun laajentamista suunnitellaan. Kierrätettävä vesi on happamuudeltaan melko hapan pH 5,5–6,5 verrattuna vesijohtoveden happamuusasteeseen pH 7. Veden happamuus tulee huomioida siinä, minkälaisia materiaaleja huuhtelualueilla on käytössä. Esimerkiksi alumiini kestää huonosti jatkuvasti happamia olosuhteita ja voi haurastua ajan kuluessa.

6.2 HAZOP-poikkeamatarkastelu

Poikkeamatarkastelu jäi tässä opinnäytetyössä ennalta suunniteltua suppeammaksi. Tätä selittää osaltaan se, että suunnitelma muuttui kesken opinnäytetyön laadinnan ja useat vaihtoehdon A aikana esiin nousseet mahdolliset riskit oli huomioitu jo valmiiksi suunnitelmassa B. Suunnitelmaa A laatiessa esiin nousseista riskeistä osa on kerrottu suunnitelman esittelyn ohessa luvussa 4.

Suunnitelman B osalta laaditussa poikkeamatarkastelussa liitteessä 2 on kuvattu prosessin osat vaiheittain, poikkeamat, mahdolliset syyt ja seuraukset sekä tarvittavat toimenpiteet. Yhtenä toimenpiteenä, jota poikkeamatarkastelussa ei nouse esille, voidaan pitää sitä, että järjestelmästä B tulee laatia käyttö- ja huolto-ohjeet henkilökunnalle. Näissä ohjeissa tulee olla esitettynä järjestelmän rakenne, peruskäyttö, puhdistus ja yleisimmät riskit sekä niiden torjunta. Ohjeisiin olisi hyvä kirjata myös tavanomaisimmat vika- ja häiriötilanteet sekä niiden ratkaisut.

Lähteet

- Hiisvirta, L. 1976. OY VESI-HYDRO AB. Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti. Teurastamojen ja lihanjalostuslaitosten jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet. Tutkimus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/229037/YVY_Tutkimus_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 12.4.2022.
- HKScan. 2021. HKScan edistää vastuullisen ruoantuotannon tulevaisuutta Science Based Targets -ilmastotavoitteilla. <https://www.hkscan.com/fi/uutishuone/press-releases/2021/04/hkscan-edistaa-vastuullisen-ruoantuotannon-c3959736/>. 30.1.2022.
- HKScan. 2022a. Tavoitteena hiilineutraali ruoantuotanto 2040. <https://www.hkscan.com/fi/vastuullisuus/ymparisto-2020/zero-carbon/>. 30.1.2022.
- HKScan. 2022b. Vuosi- ja vastuullisuusraportti 2021. https://www.hkscan.com/globalassets/hkscan.com/annual-report-2021---vuosikertomus-2021/hkscan_vuosi_ja_vastuullisuusraportti_2021.pdf. 29.4.2022.
- HKScan. 2022c. HKScan-konsernin ympäristöpolitiikka. <https://www.hkscan.com/fi/tietoa-meista/politiikat-ja-sertifioinnit/ymparistopolitiikka/>. 29.4.2022.
- Kalliomäki, E. 2020. HKSCAN FINLAND OY. Teurastamon teollisuusjätevesien puhdistusmenetelmät ja käsitellyn jäteveden kierrättäminen. Savonia-ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202002272826>. 31.1.2022.
- Kekki, T., Keinänen-Toivola, M., Kaunisto, T. & Luntamo, M. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat materiaalit Suomessa. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Turku: Karhukopio.
- Kotkansalo, A. Parkkila, L. & Tarviainen, J. 2017. Riskianalyysimenetelmien tarkastelu – kirjallisuusselvitys. Lapin ammattikorkeakoulu. <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=14f882d8-7843-42f6-bff1-48b9507169c6>. 4.5.2022.
- Lopetusasetus, liite III. 2009. Teurastamojen toimintaa koskevat säännöt.
- SFS-IEC 60300-3-9. 2000. Luotettavuusjohtaminen. Osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
- Outokummun tuotantolaitokselta lähtevän jäteveden vesinäyteanalyysit 2021. 2022. HKScanin sisäinen verkkoasema. Vain sisäiseen käyttöön. 26.4.2022.
- Science-based targets. 2022. How it works? <https://sciencebasedtargets.org/how-it-works>. 22.4.2022.
- SFS-EN IEC 31010. 2019. Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
- Työturvallisuuskeskus. 2016. Työturvallisuus- ja työterveysriskien tunnistaminen ja arviointi. https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf. 6.5.2022.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>. 20.5.2022

VESINÄYTEANALYYSIT HKSCAN OUTOKUMPU 2021

Poikkeamatarkastelu kierrätetyn jäteveden keruu- ja pumppausjärjestelmälle					Pvm. 29.4.2022
Prosessin osa	Poikkeama	Mahdolliset syyt	Seuraukset	Tarvittava toimenpide	Huomiot
Lähtösäiliölle johtava putki ja venttiili	Putki tai venttiili tukkeutuu	Liian likainen/kiintoainespitoinen vesi	Säiliö ei täyty	Vedenlaadun tarkastelu, putken säännöllinen pesu, tukoksen avaaminen	
	Putki tai venttiili rikkoutuu	Materiaalin heikkous, ulkoiset tekijät (isku, jäätyminen tms.)	Säiliö ei täyty, vettä virtaa pois järjestelmästä lattialle	Rikkoutuneen osan vaihto	Lattialle valuva vesi ei aiheuta vaaraa, sillä vesi valuu tilassa olevaan tasausaltaaseen.
Säiliö	Säiliö ei täyty	Liian alhainen virtauma	Säiliö ei täyty	Odottaminen, jotta flotaatioprosessista tulee lisää vettä, syyn etsiminen säiliölle johdettavan veden putkesta	Järjestelmää käytetään vain silloin, kun flotaatioprosessissa on riittävän korkea
	Säiliö ylitäyttyy	Inhimillinen unohdus, sulkuventtiilin rikkoutuminen	Säiliö tulvii	Sulkuventtiilin sulkeminen, flotaatioprosessin hetkellinen keskeytys ja venttiilin korjaus, säiliön tyhjennys pesuventtiilin kautta tasausaltaalle.	Lattialle valuva vesi ei aiheuta vaaraa, sillä vesi valuu tilassa olevaan tasausaltaaseen.
Pumppu	Pumppu ei käynnisty	Sähkövika, muu tekninen vika	Vesi ei virtaa putkeen	Vian syyn selvitys ja korjaus, tarvittaessa säiliön tyhjennys	
	Pumppu ehtii pumpata altaan tyhjäksi ja jää käyntiin	Inhimillinen unohdus	Pumppu pyörii tyhjänä	Pumppausta valvotaan jatkuvasti, pintamittausanturin asennus	Ensimmäisessä vaiheessa pintamittausanturia ei asenneta. Se lisätään tarvittaessa myöhemmin.

Liitoskappale pumpun ja putken välillä	Kappale rikkoutuu/vuotaa	Materiaalin heikkous, ulkoiset tekijät (isku, jäätyminen tms.)	Vuoto lattiallerympäristöön	Pumppauksen välitön keskeytys, vian etsintä ja korjaus. Lähellä olevien sähkölaitteiden roiskesuojaus.	
Putki ja kiinnikkeet	Putki rikkoutuu	Materiaalin heikkous, ulkoiset tekijät (isku, jäätyminen tms.)	Vuoto lattiallerympäristöön	Putken kunnon säännöllinen tarkistus, läpitulon varmistaminen, roiskeriskin lähellä olevien sähkölaitteiden suojaus.	Putki kulkee koko matkan sisätiloissa, joissa on viemäröinti tai lantakuilussa, jossa vuodosta ei ole vaaraa.
			Vesi ei virtaa putkeen/eteen päin vuotokohdast	Kts. Yllä	Paineen lasku vaikuttaa huuktelutehoon, putken kuntoa
	Putki tukkeutuu	Liian kiintoainespitoinen vesi	Putkessa ei virtausta	Putkiston puhdistaminen esimerkiksi paineilmalla. Ensisijaisesti valvottava vedenlaatua säiliössä ennen sen pumppaamista	Putkisto on puhdistettava säännöllisesti ajamalla sen läpi pesuaineliuosta.
	Putken kiinnike irtoaa	Rakenteinen heikkeneminen, osan huono laatu	Putki heiluu irrallaan	Järjestelmän käytöstä poisto siksi aikaa, että kiinnitys saadaan korjattua.	Kiinnikkeiden kuntoa valvottava säännöllisesti.

Veden ulostulopää navetassa	Ulostulopään kiinnitys irtoaa	Rakenteinen heikkeneminen, osan huono laatu	Putki heiluu irrallaan	Järjestelmän käytöstä poistoksi aikaa, että kiinnitys saadaan korjattua.	Kiinnikkeiden kuntoa valvottava säännöllisesti. Jos vettä roiskuu runsaasti lattiarakenteiden yläpuolelle, tulee rakenteet pestä ja desinfioida mikrobin leviämisen
Jäteveden ja lannan virtaus takaisin flotaatiolaitokselle	Lantakanaalin tukkeutuminen	Liian tiivis massa ei liiku veden mukana, patoutumat	Navetan kanaalin ja kuilujen tulviminen	Tukkeuman paikallistaminen ja aukaisu	Järjestelmän tarkoituksena on estää tämänkaltaisten tilanteiden syntymistä. Jos niitä kuitenkin järjestelmän käytöstä huolimatta tulee, käytetään avauksessa apuna

PUMPUN TEKNISET TIEDOT



