

Opinnäytetyö AMK

Insinööri AMK | Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

2023

Tania Mahkonen

Sauvon jätevedenpuhdistamon prosessinohjauksen käsikirja



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma, insinööri

2023 | 35 sivua

Tania Mahkonen

Sauvon jätevedenpuhdistamon prosessinohjauksen käsikirja

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamolle prosessinohjauksekäsikirja alan koulutuksen käyneille ja työkokemusta omaaville henkilöille. Käsikirjassa käsitellään, miten laitoksenhoitajan päivittäiset työtehtävät suoritetaan sekä mitä asioita hänen tulee ottaa huomioon koko prosessinhallinnassa. Opinnäytetyön teoriaosuus käsittelee eri prosessien vaikutusta toisiinsa sekä jätevedenpuhdistamontoimintaa kokonaisuutena. Käsikirjaan on liitetty kuvia Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamolta, jotka helpottavat prosessin ohjausta. Jätevedenpuhdistus on osa ympäristönsuojelua ja kiertotaloutta, ja siinä käsitellään sekä yhdyskuntien että teollisuuden jätevedet. Puhdistusprosessi koostuu yleensä mekaanisista, kemiallisista ja biologisista vaiheista. Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamon prosessinohjauksekäsikirja tullaan luovuttamaan kunnan sekä Sauvon vesihuollon käyttöön. Lähtökohtana oli luoda Sauvon kunnalle selkeä käsikirja, joka kertoo jätevedenpuhdistamon prosessin ohjauksesta sekä laitoksenhoitajan työtehtävistä. Käsikirjan tarkastellaan prosessialtaan-, esikäsittelytilaa, valvomoa sekä lietevarastoa.

Asiasanat:

prosessinohjaus, rinnakkaissaostuslaitos, käsikirja, LVI-insinööri.

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction and Municipal Engineering

2023 | 35 pages

Tania Mahkonen

The process control of Sauvo wastewater treatment plant

- A manual

The purpose of the thesis was to create a Process Control Manual for the wastewater treatment plant of Sauvo municipality individuals with vocational education and work experience. The manual covers the daily tasks of the plant operator and the considerations they need to take into account. It addresses overall process management and relevant aspects. The theoretical part of the thesis examines the impact of different processes on each other and the overall operation of the wastewater treatment plant. Images of the wastewater treatment plant of Sauvo municipality are included in the manual to facilitate process control. Wastewater treatment is part of environmental protection and circular economy. It involves the treatment of municipal and industrial wastewater through mechanical, chemical, and biological processes. The Process Control Manual for the wastewater treatment plant of Sauvo municipality will be provided to the municipality and Sauvo water services. The goal was to create a clear manual for Sauvo municipality that explains the process control of the wastewater treatment plant and the tasks of the plant operator.

Keywords:

process control, co-precipitation plant, guide, HVAC engineer.

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Sauvon jätevedenpuhdistamon nykytilanne	8
2.1 Organisaatio, resursointi ja osaaminen	9
2.2 Luvat ja säädökset	10
2.3 Haasteet	11
2.4 Suunnitelmat	12
3 Jäteveden puhdistus prosessi	14
3.1 Mekaaninen puhdistus	15
3.1.1 Hiekanerotus	16
3.1.2 Rasvanerotus	17
3.1.3 Esi- ja jälkiselkeytys	17
3.2 Kemiallinen käsittely	18
3.3 Biologinen käsittely	19
4 Mittausmenetelmät	21
4.1 Valvova viranomainen	21
4.2 Mittauskriteerit	22
4.3 Kokoomanäytteet	23
4.4 Manuaaliset toiminnot jätevedenpuhdistamolla	25
4.5 Mittaustuloksiin vaikuttavat tekijät	25
4.6 Suojavarusteet	26
5 Toteutus	27
6 Pohdintaa	30
Lähteet	32

Kuvat

Kuva 1. Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamon.	9
Kuva 2. Prosessikaavio.	13
Kuva 3. Välppäpuristimen ja porrasvälpän ohjaus.	16
Kuva 4. Jälkiselkeytysallas.	18

Taulukot

Taulukko 1 Sauvon jätevedenpuhdistamon mitta suuruuksia.	8
Taulukko 2. Prosessin kokonaisuus.	15
Taulukko 3. Luparaja arvoja.	21
Taulukko 4. Biologisen prosessi arvot.	23
Taulukko 5. Kokoomanäyte arvot.	24
Taulukko 6. Prosessinohjaus manuaalisesti.	28

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
aktiiviiete	Bakteereja ja muita mikro-organismeja sisältävä liete, joka auttaa jäteveden puhdistusprosessissa
BOD	biokemiallinen hapenkulutus, biochemical oxygen demand
COD	kemiallinen hapenkulutus , chemical oxygen demand
jätevesi	Vesi, joka on saastunut tai käytetty ihmisen toiminnan seurauksin.
prosessi	Sarja vaiheita tai toimintoja, jotka suoritetaan tietyn päämäärän saavuttamiseksi.
rinnakkaissaostus-laitos	Laitos, joka käsittelee jätevettä käyttäen rinnakkain useita erilaisia prosesseja tai tekniikoita. laitos
välppäys	Erilaisten aineiden tai hiukkasten erottaminen nesteestä suodattamalla.
vesiosuuskunta	Osakkaina olevien ihmisten luoma, joka hoitaa vesihuoltoa tietyllä alueella.

1 Johdanto

Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1985. Tämä toimii rinnakkaissaostuslaitoksen avulla, jonka tarkoituksena on puhdistaa jätevesi ja palauttaa se luonnon kiertokulkuun. Jätevedestä poistetaan luonnolle vaaralliset aineet, ja puhdistettu vesi johdetaan valittuun purkupaikkaan.

Rinnakkaissaostuslaitoksessa on käytössä mekaaninen, kemiallinen ja biologinen puhdistusvaihe. Jokainen näistä osa-alueista sisältää useita reaktioita sekä toiminnan ohjausta ja valvontaa. Prosessin eri vaiheista syntyvä liete ja muut kiinteät aineet poistetaan prosessin eri vaiheissa, jotta haitalliset aineet eivät pääse luontoon purkuveden mukana.

Opinnäytetyö on toiminnallinen, ja sen tuotoksena on käsikirja, jossa käsitellään jätevedenpuhdistamon prosessinohjausta. Käsikirjassa on kaksi osaa: toinen sisältää päivittäisiä toimintoja kuvilla varustettuna, ja toinen selittää teoriaa. Käsikirjassa kuvataan kuvien avulla prosessinohjaus, mikä kattaa jokaisen manuaalisen ja päivittäin tarkkailtavan osuuden. Käsikirjan tavoitteena on ohjata ja olla apuna päivittäisissä toiminnoissa sekä luoden samalla yhtenäinen kokonaisuus eri toimijoiden kesken. Jokaisella jätevedenpuhdistamolla työskentelevällä on lähtökohtaisesti apua käsikirjasta siinä, miten laitos toimii yhtenäisesti.

2 Sauvon jätevedenpuhdistamon nykytilanne

Sauvon jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1985. Puhdistamo mitoitettiin tuolloin 1 700 asukkaan kuormitukselle, ja se sijaitsee noin kilometrin päässä Sauvon keskustasta kaakkoon. Nykyään laitoksella on noin 700 käyttöpaikkaa. Puhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jossa fosfori saostetaan ferrosulfaatilla. Laitoksen prosessia ei ole toiminnan aikana oleellisesti muutettu (taulukko 1).

Taulukko 1 Sauvon jätevedenpuhdistamon mitta suuruuksia.

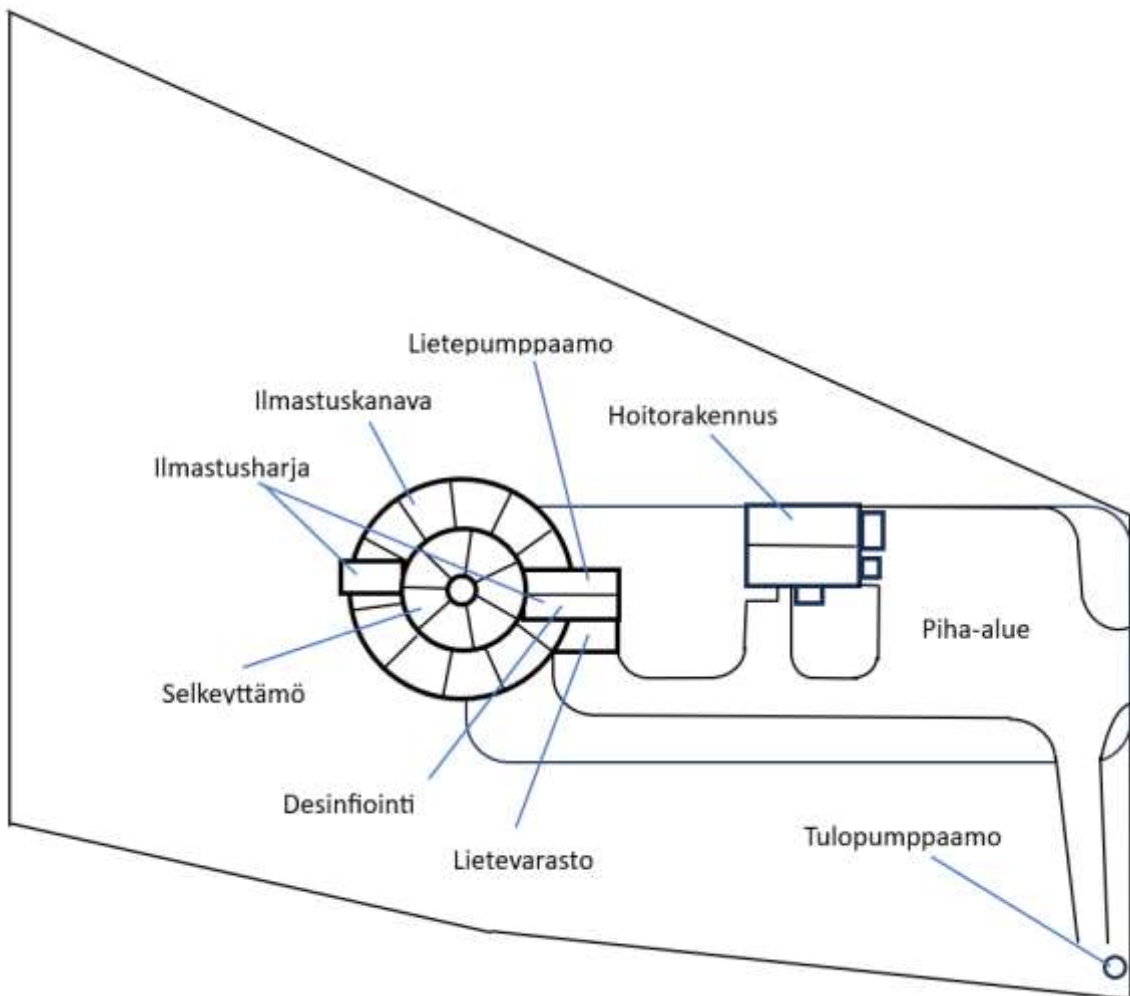
Jätevedenpuhdistamo	
Rakennuksen huoneistoala yhteensä	218 m ²
Kerrosala	237 m ²
Rakennustilavuus	
Hoitorakennus	290 m ³
Selkeyttämö	741 m ³
Ilmastuskanava	829 m ³
Muut osat yhteensä	130 m ³

Jätevedenpuhdistamolle johdetaan pumppaamalla jätevettä puhdistamon vieressä olevasta pumppaamosta (kuva 1). Esikäsitely-yksikkönä toimii välppä. Saostuskemikaali (ferrix) syötetään rengaskanavaan johdettavaan jäteveeseen.

Vuorokaudessa käsiteltävän vesimäärä on noin 300 m³. Sauvon taajama on kasvukeskus, ja sen sekä vesiosuuskuntien liittymisen puhdistamolle odotetaan lisäävän kuormitusta. Mitoitusarvojen ei kuitenkaan odoteta ylittyvän. Puhdistustulokset ovat melko hyvät, ja ympäristölupaa sekä tulevaisuuden suunnitelmia on aktiivisesti valmisteltu useamman vuoden ajan. Ympäristölupa-arvot kiristyvät, ja nämä asiat vaikuttavat ympäristölupaan. Käsitellyt jätevedet

johdetaan Putinportaanojaan, joka laskee Sauvonjokeen noin 2,1 km purkupaikasta alavirtaan. Sauvonjoki puolestaan laskee Kärkniemenlahteen noin 8 km Putinportaanojaan liittymäkohdasta alavirtaan.

Kuva 1. Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamon.



2.1 Organisaatio, resursointi ja osaaminen

Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamo toimii Sauvon Vesihuolto Oy:n alaisuudessa. Yhtiön johtamisesta ja viestinnästä vastaa toimitusjohtaja apunaan kunnan kanslisti ja työnjohtaja. Toimitusjohtajan vastuulla on varautumisen johtaminen, koordinointi ja suunnittelu. Jätevedenpuhdistamolla työskentelee myös ulkopuolinen toimija, joka auttaa laitoksen pyörittämisessä

henkilökunnan pienen lukumäärän vuoksi. Päivystysvuoroista virka-ajan ulkopuolella vastaa kiinteistöhuolto. Käytännön suunnittelu ulkoistetaan esimerkiksi konsulteille. Henkilökuntaa koulutetaan tarpeen mukaan, erityisesti varautumisen ja riskienhallinnan osaamisen varmistamiseksi.

Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamolla tehdään aktiivista riskienarviointia yhteistyössä Sauvon vesihuollon ja kunnan kanssa. Jäteveden kerääminen ja johtaminen ovat osa jätevedenpuhdistamon riskienarviointia. Suureksi osaksi riskienarvioinnissa nousevat esiin resurssit ja henkilökunnan tiedottaminen.

2.2 Luvat ja säädökset

Jätevedenpuhdistamolla tulee olla ympäristölupa, jonka myöntää aluehallintovirasto. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus valvoo aluehallintoviraston päätösten noudattamista ja tekee säännöllisesti valvontakäyntejä. Ympäristölupa varmistaa, ettei ympäristölle aiheudu vaaraa pilaantumisesta.

Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamolla on noin 700 käyttöpaikkaa, ja ympäristönsuojelulaki edellyttää ympäristölupaa, kun jätevesien vastaanotto ylittää sata asukasta. Ympäristölupa määritellään tapauskohtaisesti. Ympäristöluvan haltija seuraa hyväksytyyn tarkkailuohjelman mukaisesti puhdistamon toimintaa. Euroopan unionin yhdyskuntajätevesidirektiivin vaatimukset ovat Suomen lainsäädännössä väljemmät (Suomen ympäristökeskus, 2022).

Jätevedenpuhdistus on osa ympäristönsuojelua sekä veden kiertokulkua. Tiukemmat puhdistusvaatimukset, hiilijalanjälki sekä tarkempi seuranta ovat vahvasti osa jätevedenpuhdistamon arkea. Säädökset vaativat yhä tehokkaampia tekniikoita sekä uutta laitteistoa. Jätevedenpuhdistamoa koskevat lait ovat:

- vesihuoltolaki
- ympäristönsuojelulaki
- terveydensuojelulaki
- talousjätevesiasetus

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) edellyttää lupaa vaarallisten kemikaalien varastoinnille. TUKES tekee valvontakäyntejä sekä tarkistaa turvallisuusselvitykset. Onnettomuusilmoitukset TUKES käsittelee niiden ilmaantuessa. Vaaralliseksi kemikaaliksi määritellään kemikaali, joka on terveydelle ja ympäristölle vaarallista. Kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä annetaan yksityiskohtaiset ohjeet vaarallisten kemikaalien käsittelystä, varastoinnista sekä lupamenettelyistä. Kemikaalien varastoinnista TUKES haluaa tietoa kemikaalin laadusta ja määrästä, sijoittelusta alueella, varastointitavasta, turvallisuusjärjestelyistä ja onnettomuustilanteisiin varautumisesta. (TUKES 2015.)

2.3 Haasteet

Jätevedenpuhdistamoa kuormittavia tekijöitä ovat vuotovedet. Vuotovesiksi kutsutaan hulevedet, pohjavedet, talousvedet, merivesi sekä muut pintavesistöistä verkostoon johtuvat vedet. Vuotovesiä voi saapua jätevedenpuhdistamolle monesta eri syystä, kuten rikkoutuneen putkiston takia. Sauvon kunta on aloittanut vuonna 2023 hulevesien johtumisen jätevesiverkostoon ja sitä kautta jätevedenpuhdistamolle kartoituksen. Vuonna 2008 vuotovesien määrää saatiin laskettua, mutta jätevesiverkosto vanhenee, ja uusia vuotokohtia voi syntyä (Afry 2021).

Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamoa on saneerattu vuosien varrella. Tiukentuneiden säädösten vuoksi jätevedenpuhdistamo kaipaa tehostamista ja laajentamista. Saneeraus tulisi suorittaa vanhan puhdistamon ollessa käytössä. Puhdistustulos ja työturvallisuus saneerauksen aikana on huolehdittava säädösten mukaisesti.

Toinen vaihtoehto olisi liittyä toiseen jätevedenpuhdistamoon siirtoviemärin avulla. Siirtoviemärihankkeessa on paljon lupaprosesseja ja muita kustannuksia, jotka tulee ottaa huomioon. Useamman tahon yhteinen kompleksinen ja sopimukset täytyy suunnitella etukäteen.

2.4 Suunnitelmat

Varautuminen ja suunnittelu kuuluvat isompaan kokonaisuuteen, johon sisältyvät kunta, vesihuoltolaitos sekä eri tahojen ohjeistukset. Dokumentteja tulee luovuttaa valvoville tahoille, ja omia dokumentointeja tulee päivittää. Kirjaukset tulee tehdä selkeiksi ja oikeudenmukaisiksi.

Vesihuollon yleissuunnitelma on suunnitelma, joka kattaa vesihuollon järjestämisen ja kehittämisen tietyn alueen tai yhteisön tarpeisiin.

Yleissuunnitelmassa määritellään esimerkiksi vesihuollon infrastruktuurin tarve, vesihuollon palvelutason tavoitteet ja kehittämistoimenpiteet. Yleissuunnitelma voi sisältää myös arvioita kustannuksista ja aikatauluista. Vesihuollon kehittämissuunnitelma on suunnitelma, joka kattaa vesihuollon parantamisen ja kehittämisen tietyn alueen tai yhteisön tarpeisiin. Kehittämissuunnitelmassa määritellään esimerkiksi nykytilanteen arviointi, kehittämistarpeet, tavoitteet ja toimenpiteet. Suunnitelmassa voi olla myös arvioita kustannuksista ja aikatauluista.

Jätevedenlaitosten rakentamis- ja saneeraussuunnitelmat ovat suunnitelmia, jotka koskevat jäteveden käsittelylaitosten rakentamista tai nykyisten liitosten saneerausta (kuva 2). Suunnitelmissa määritellään esimerkiksi tarvittavat toimenpiteet, kustannukset, aikataulut ja resurssit. Suunnitelmat voivat myös sisältää ympäristövaikutusten arvioinnin ja tarvittavat luvat.

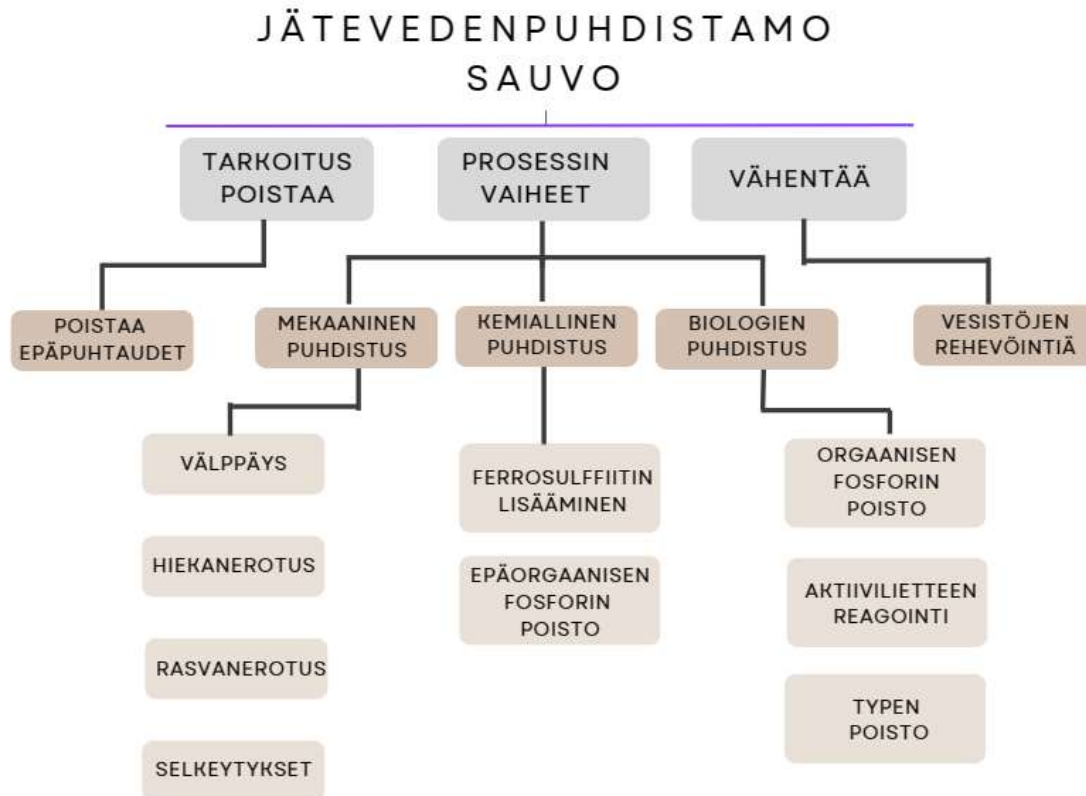
Vesihuollon häiriötilannesuunnitelma on suunnitelma, joka kattaa vesihuollon toiminnan häiriötilanteissa. Suunnitelmassa määritellään esimerkiksi toimenpiteet, joita tehdään vesijohtovuodoissa tai vesihuollon laitteiden vioissa. Suunnitelmassa voi olla myös ohjeita viestinnästä ja yhteistyöstä eri osapuolten kanssa.

3 Jäteveden puhdistus prosessi

Sauvon puhdistamo on mitoitettu 1 700 asukkaan kuormitukselle. BOD-kuorman perusteella asukasvastineluku on noin 650 ja typen osalta 1000. Vuoden keskivirtaama on noin 169 000 m³/vuodessa, mikä on laskettu päiväkohtaisesta virtaamakeskiarvosta 300 m³/vuorokaudessa. Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamo on yksilinjainen, nitrifioiva aktiivilietelaitos, jossa on fosforin rinnakkaissaostus (taulukko 2).

Biologis-kemikaalista rinnakkaissaostuslaitosta on saneerattu vuosien saatossa. Esivälppäys suoritetaan porrasvälppällä. Rengaskanavassa (tilavuus 525 m³, syvyys n. 2,5 m) on kaksi ilmastusharjaa. Pyöreä, syvä selkeytys (A 83 m², reunasyvyys n. 4 m) on rengaskanavan keskellä. Purkukaivona on käyttämätön desinfiointikontaktiallas (12,5 m³). Jälkiselkeytykseen syötetään polymeeriä puhdistustuloksen parantamiseksi. Happamuuden säätökemikaalina aktiivilieteprosessissa (nitrifikaatioprosessissa) käytetään käsiannostuksena kalkkia. Ylijäämäliete poistetaan palautuslietepumppaamon imualtaasta ja tiivistetään sakeuttamossa (2x 20 m³). Puhdistamon käyttöseurannassa ei tehdä automaation avulla analyysyjä, ja kemikaalit annostellaan manuaalisesti. Seurannan takia puhdistamolla arvioidaan toimintaa seitsemänä päivänä viikossa.

Taulukko 2. Prosessin kokonaisuus.



3.1 Mekaaninen puhdistus

Mekaanisen jäteveden puhdistus vaiheessa kiintoaine ja neste erotetaan toisistaan. Erottaminen tapahtuu siivilöinnin, selkeyttämön tai suodattimen avulla. Mekaanisen käsittelyn ensimmäinen vaihe on välppäys, joka luetaan esikäsittelyksi yhdessä hiekan- ja rasvanerotuksen kanssa. Karkea kiintoaine erotellaan välppäyksen avulla. Teoreettisesti välppäys toimii siivilän tavoin. Vesi pääsee laitteen läpi ja karkea kiintoaine ohjataan erilliseen jäteastiaan. Jätevedenpuhdistamolla on käytössä (harva välppä, keskitiheä välppä, tiheä välppä). Välppäyksen jälkeen mekaanisessa puhdistuksessa on rasvan- ja hiekanerotus. Välppäjäte ohjataan erilliseen jäteastiaan.

Kuva 3. Välppäpuristimen ja porrasvälpän ohjaus.



3.1.1 Hiekanerotus

Jätevedenpuhdistamolle kulkeutuu jäteveden mukana hiekkaa ja muita mineraaliaineita. Vuotovesien sekä talousjätevesien joukossa kulkeutuu usein putkistoon hiekkaa sekä muita sedimenttejä. Yhdyskuntajätteen mukana puhdistamolle kulkeutuu sakolietettä eli jätevesihiekkaa. Hiekanerotus tapahtuu mekaanisen puhdistuksen prosessin vaiheessa. Hiekanerotusprosessi on toimenpide, jossa raskas kiintoaine ja hiekka laskeutuvat painovoimaisesti hiekanerottimen pohjalle. Pohjalle laskeutunut vesihiekkaseos pumpataan hiekanpesurille, josta se siirtyy ruuvimavulla hiekkalavalle. Hiekkalavalta hiekka siirretään jatkokäsittelyyn. Jätevesihiekka on ongelmajätettä sen sisältämän

muun saastuneen materiaalin vuoksi. Rasvan- ja hiekanerotus on tärkeä vaihe prosessin kannalta.

3.1.2 Rasvanerotus

Saapuvassa jätevedessä on rasvaa, joka on oleellinen asia poistaa jätevedestä. Rasva muodostaa jäteveden pintaan patjan. Rasva tukkii usein viemäreitä, on tätä kautta suuri haitta jätevesiverkostolle sekä pumppaamoille. Rasva kiinnittyy pintoihin muodostaen lauttoja sekä isoja rasva kiintymiä. Rasvaksi luetaan öljy, rasva sekä eläinrasvat. Rasvan hyöty käyttää jäteveden kiintoaineisiin sekä sen avulla muodostaa suurempia tukkeutumiskohtia. Rasvan joutuessa hapelliseen puhdistusprosessin vaiheeseen, se on haitallinen hapen siirtymiselle. Hapettomissa olosuhteissa pitkäketjuiset rasvahapot inhiboivat bakteerien kasvua. Rasva sekä kevytkiintoaine nostetaan prosessin avulla pintaa, josta ne erotetaan pintakaavinnan avulla. (Pekkarinen 2005.)

3.1.3 Esi- ja jälkiselkeytykset

Selkeytysprosessit ovat osa mekaanista käsittelyprosessia. Kiintoaine ja neste erotetaan painovoimaan perustuvalla laskeutumisella. Raskaammat partikkelit laskeutuvat esiselkeytykseltään pohjalle.

Esiselkeytykset ovat prosesseja, joissa tulevasta jätevedestä poistetaan laskeutuvia aineita, öljyä sekä rasvaa ja orgaanisia kuormituksia. Esiselkeytykset poistavat osan jätevedessä olevasta biologisesta kuormasta sekä kiintoaineesta. Prosessi parantaa biologisen prosessin puhdistustehoa. Selkeytysprosessi vähentää seuraavien vaiheiden kuormitusta. Lisäksi esiselkeytykset vähentävät myös hulevesien puhdistamolle aiheuttamaa hydraulista kuormitusta. (Optoseven 2023.)

Jälkiselkeytysvaihe on ilmastusaltaan aktiivilieteprosessin jälkeen (kuva 4). Jäteveden puhdistuksen prosessin tässä vaiheessa veden tulisi olla jo melko kirkasta. Jälkiselkeytykseen saapuvassa vedessä on prosessin aikana

muodostunutta sakkaa sekä mikrobeja sisältävää lietettä. Jälkiselkeytyksessä kiintoaine laskeutuu altaan pohjalle, ja veden virtaaman tulee olla maltillinen, jotta aine painuu pohjaan eikä sekoitu veden joukkoon. Jälkiselkeytysprosessiin syötetään polymeeriä, joka käytetään lietteen saostukseen ja auttaa kiintoainetta laskeutumaan. Laskeutunut kiintoaine poistetaan lietetaskusta ja palautetaan ilmastuksen alkupäähän. (Turun seudun puhdistamo 2023.)

Kuva 4. Jälkiselkeytysallas.



3.2 Kemiallinen käsittely

Kemiallisessa prosessissa jätevedessä olevat pienet partikkelit, hiukkaset sekä muut liuenneet yhdisteet käsitellään erillisillä saostuskemikaaleilla niin, että niistä muodostuu kiinteitä ja suurempia partikkeleita. Reaktion jälkeen kiintoaine

ja muut epäpuhtaudet poistetaan mekaanisen käsittelyn avulla. Kemiallinen käsittely käsittelee fosforin saostamalla, ja ylimääräinen liete saadaan tiivistettyä paremmin.

Fosfori kuormittaa vesistöjä ja on haitallinen, jos se pääsee purkuveden mukana luontoon. Fosfori poistetaan saostuskemikaalin avulla.

Rinnakkaissaostusprosessissa jätevedeen lisätään saostuskemikaalia, ja laitoksella on käytössä ferrosulfaatti. Kemikaalin määräytyy virtaaman mukaan, ja automaattinen kemikaalinsyöttö syöttää 3 dl/tuleva jätevesikuutio.

Kemikaalinsyöttö pumpppaa kemikaalin prosessiin menevään kanavaan.

Saostunut fosfori poistetaan ilmastusaltaan pohjalta, ja saostuminen tapahtuu yleisesti altaan loppupuolella.

Kemikaalit säilytetään kahdessa IBC-kontissa, joiden takana sijaitsee kemikaalipumppu, joka pumpppaa kemikaalin prosessiin menevään kanavaan. Kemikaalinsyöttö on automaattista, mutta säiliöitä on aktiivisesti käytävä tarkistamassa sekä vaihdettava tarvittaessa.

Kemiallisen käsittelyn vaiheeseen prosessiin lisätään myös kalkkia. Kalkkia käytetään pitämään veden pH-arvo aiemmassa arvossaan, ja kalkki nostaa veden pH-arvoa. Kalkki lisätään palautuslinjaan. Ilmastusaltaan pH:n ollessa 6,5–7 voidaan lisätä laskettu määrä kalkkia.

3.3 Biologinen käsittely

Biologisessa käsittelyssä suurin prosessi tapahtuu ilmastusaltaassa.

Aktiivilieteprosessi koostuu mikrobeista sekä biomassasta, ja jätevedessä olevat ravinteet ja orgaaniset yhdisteet imeytyvät mikrobisolujen sisään.

Prosessin avulla mikrobisolujen poistaminen sekä niiden sisään imeytyneet ravinteet ja yhdisteet voidaan poistaa.

Fosforin poistaminen aiemmassa prosessivaiheessa on oleellista. Jotta biologisen käsittelyn hyötyä saadaan parannettua, ylijäämäfosfori poistetaan

kemiallisella käsittelyllä. Kalkin lisääminen kemiallisen käsittelyn prosessivaiheessa auttaa nostamaan veden puskurikykyä sekä pH-arvoa.

Aktiivilietemenetelmässä happi on osa prosessia, ja siihen lisätään happea kompressorilla. Ilmastusaltaan pohjasta vapautuu happea, joka lopulta purkautuu veden joukkoon. Ilmastus on jäteveden puhdistuksessa tärkeä prosessivaihe, ja biologinen käsittely poistaa myös fosforia sekä typpeä.

4 Mittausmenetelmät

Lietenäyte analysoidaan päivittäin, lietteen määrän ohjauksen sekä kiintoainemäärän optimaalisen säädön takia. Näytteiden arvot ovat suoraan yhteydessä tulevaan kuormaan ja miten puhdistusprosessi toimii. Näytteet sekä niiden analysointi on tärkeässä osassa jätevedenpuhdistamo. Arvot sekä niiden optimaalinen tavoittelu on tärkeää. Arvojen luparajat ovat määrätty toimivan jätevedenpuhdistamon pitoisuuksiin. Kun luparajat täyttyvät, jätevedenpuhdistamo toimii halutulla tavalla.

4.1 Valvova viranomainen

Ympäristölupa vaatii jätevedenpuhdistamoille seuranta- ja tarkkailua (taulukko 3). Tarkkailussa otetaan huomioon tarkkailusuunnitelma, näytteenotto, jätevesi- ja lietenäytteiden laboratoriotutkimukset sekä tulosten raportointi viranomaiselle. Näytteenottovälineistöön kuuluvat automaattiset näytteenottimet, joilla voidaan kerätä kokoomanäytteitä. Kenttämittaukset täydentävät näyteanalyysien dataa (Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, 2023).

Taulukko 3. Luparaja arvoja (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006).

Seurattavat arvot	Luparajat (pitoisuus)
Fosfori	≤ 0,4 mg/l ≥ 95 %
BOD	≤ 15 mg/l ≥ 95 %
COD	≤ 90 mg/l ≥ 85 %
Kiintoaine	≤ 15 mg/l tai ≥ 70 %
Typpi	≤ 4 mg/l

4.2 Mittauskriteerit

Näytteenottomenetelmiä on useita, joista kullakin on oma tarkoituksensa. Mittaustuloksen laatu riippuu siitä, mitä halutaan kyseisellä mittauksella tuoda esille. Mittaustavoilla on selkeät kriteerit, joiden mukaan niitä käytetään. Näytteiden otossa ja käsittelyssä noudatetaan hyvää kansainvälistä laboratoriokäytäntöä, jossa otetut näytteet kuljetetaan asianmukaisesti. Näytteenotto määräytyy puhdistamon koon sekä valvovan viranomaisen mukaan.

Biologisessa prosessin vaiheessa on tärkeää seurata happi-, typpi- ja fosforitasoja. Jos fosforin ja hapen arvot ovat liian matalat, on riskinä, että oleelliset bakteerit kuolevat biologisen puhdistusvaiheen aikana (taulukko 4). Tämä vaikuttaa automaattisesti koko puhdistusprosessiin. Fosforin suhteen on myös oltava tarkkana, jotta lähtevässä vedessä ei ole liikaa fosforia, mikä voisi kuormittaa ympäristöä. (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006).

Kemiallisen puhdistus prosessin tarkastelu sekä halutun tulostason avulla analysoidaan kemiallisten menetelmien soveltuvuus laitoksella. Vaiheen validointi on ensiarvoisen tärkeää. Tavoitteet sekä sallitut luparajat ovat määriteltävä, ennen laitoksen ottoa käyttöön. Toiminnan aikana tehdyt muutokset tulee dokumentoida sekä kirjata ylös yhteiseen järjestelmään.

Taulukko 4. Biologisen prosessi arvot (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006).

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho vähintään	Määrittäminen
Biologinen hapen kulutus	30 mg/l O ₂	70 %	Homogenoitu, suodattamaton, selkeyttämätön näyte. Liuenneen hapen määrittäminen ennen ja jälkeen 7 vuorokauden inkubointia 20°C ± 1° C:ssa pimeässä. Nitrifikaation estoaineen lisäys.
Kemiallinen hapen kulutus	125 mg/l O ₂	75 %	Homogenoitu, suodattamaton, selkeyttämätön näyte. Kaliumdikromaatti hapettimena.
Kiintoaine	35 mg/l	90 %	Edustavan näytteen suodatus 0,45 mikrometrin suodatuskalvolla. Kuivaus 105°C:ssa ja punnitus.

4.3 Kokoomanäytteet

Kokoomanäytteitä otetaan kahdenlasia. On olemassa aika- ja virtaamapainotteisia kokoomanäytteitä. Kokoomanäytteitä otetaan vedestä sekä lietteestä. Aikapainotteisen näytteenoton tarkoitus on saada osanäyte vakiotilavuudesta säännöllisin aikaväleihin. Virtaamapainotteisen näytteenoton tarkoitus on saada osanäyte sen hetkisestä virtaamasta. Molemmat näytteenotot perustetaan haluttuun lopputulokseen (taulukko 5). Aikapainotteisessa ollaan kiinnostuneita jäteveden keskimääräisestä laadusta,

kun taas virtauspainotteisessa halutaan tietää haitallisten aineiden kuormitus juuri kyseisenä näytteenotto päivänä. Kokoomanäytteen pystytään ottamaan automaattisella näytteenotolla tai sitten manuaalisesti ottamalla tietyn kokoisen osanäytteen sekä aikataulutettuna muutama näyte.

Lietteen kokoomanäytteessä tulee ottaa vähintään viisi osanäytettä, sekä ne tulee hyvin sekoittaa. Kiinteässä lietteessä massa on rajattu tiettyyn määritelmään. Näytteiden kuljetukset sekä analysoinnit tulee suorittaa saman päivän aikana. Yli 24 h vanhat lietteet eivät enää kelpaa. Näytteenotto paikkoja ovat esi- ja jälkiselkeytyksestä sekä lähtevästä jätevedestä.

Taulukko 5. Kokoomanäyte arvot (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006).

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho vähintään	Määristysmenetelmä
Kokonaisfosfori	3 mg/l (alle 2000 alv) 2 mg/l (2 000–100 000 alv) 1 mg/l (yli 1000 000 alv)	80 %	Molekyyliabsorptiospektrofotometria
Kokonaistyyppi	15 mg/l (10 000–100 000 alv) 10 mg/l (yli 100 000 alv)	70 %	Molekyyliabsorptiospektrofotometria

Näytteiden otossa ja käsittelyssä on noudatettava hyvää kansainvälistä laboratoriokäytäntöä, jolla pyritään vähentämään näytteiden muuttumista näytteenoton ja analysoinnin välisenä aikana.

Näytteenoton vähimmäismäärä määräytyy puhdistamon koon mukaan. Sauvon jätevedenpuhdistamolla on minimiarvona 4 näytettä.

4.4 Manuaaliset toiminnot jätevedenpuhdistamolla

Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamolla mitataan päivittäin liuoksen fosfori fotometrin avulla. Laite on tieteellinen instrumentti, jota käytetään mittaamaan liuoksen valon tiettyjen aallonpituuksien absorbanssia mikä auttaa määrittämään liuenneen aineen pitoisuuden kyseisessä liuoksessa. Fotometrin toimintaperiaate perustuu valon voimakkuuden mittaamiseen ennen ja jälkeen sen kulkemisen nestenäytteen läpi. Arvioimalla eron valon intensiteetissä se määrittää näytteen absorboiman valon määrän.

Ammoniumtyypen määrittäminen mitataan kerta-näytteestä rikkihapolla titraamalla sekä indikaattorilla. Kerta-näyte ei saisi värjäytyä toimenpiteen jälkeen. Indikaattori on kemiallinen aine, jonka väri muuttuu kemiallisen reaktion osoituksena.

4.5 Mittaustuloksiin vaikuttavat tekijät

Mittaustuloksiin vaikuttaa monta eri tekijää. Satunnaisvirheitä sekä mittaustuloksen epäonnistuminen on oleellista kartoittaa. Sekä sääolosuhteet että mittaus ajankohta vaikuttavat tuloksiin. Verrannollisia tuloksia saadaan, kun olosuhteet pyritään pitämään samana. Keskihajontaa tulee arvioida kriittisesti, ja mittaustapojen tulee olla yhdenmukaiset. Näihin vaikuttavat:

- toistettavuus
- tarkkuus
- saanto
- määrittämiss raja
- poikkeama
- mittaustulosalue
- toimintavarmuus
- häiriökestävyys

- toteamisrajat
- selektiivisyys ja spesifisyys
- lineaarisuus
- uusittavuus
- mittausepävarmuus

4.6 Suojavarusteet

Jätevedenpuhdistamolla työturvallisuus on tärkeä asia. Työterveyslaitoksen sivuilta löytyy vesihuoltolaitosten työturvallisuusopas, joka sisältää riskien tunnistus- ja hallintakeinot. Ilmanvaihdolla tilaan tuodaan ja sieltä poistetaan ilmaa sekä vähennetään ilman epäpuhtauksia. Vesilaitostilojen ilmanvaihto muodostuu yleis- ja paikallisilmanvaihdosta. Kohdepoistolla pyritään poistamaan epäpuhtaudet muodostumispaikaltaan ennen niiden leviämistä työpaikan ilmaan. Työilman epäpuhtauksia voidaan hallita tehokkaasti päästölähteen ja työntekijän väliin sijoitetulla kohdepoistolla. Kotelointia tulee käyttää, kun prosessi tai laite voidaan erottaa työtilasta joko kokonaan tai osittain. Epäpuhtaudet poistetaan koteloinnin sisältä jatkuvalla imulla, jotta epäpuhtaudet eivät pääse leviämään ympäristöön aukoista tai kohdista, joissa materiaali liikkuu koteloinnin sisään tai ulos. Suojavarusteina tulee käyttää:

- suojalaseja
- kuulosuojaimia
- viiltosuojakäsineet
- suojahaalaria

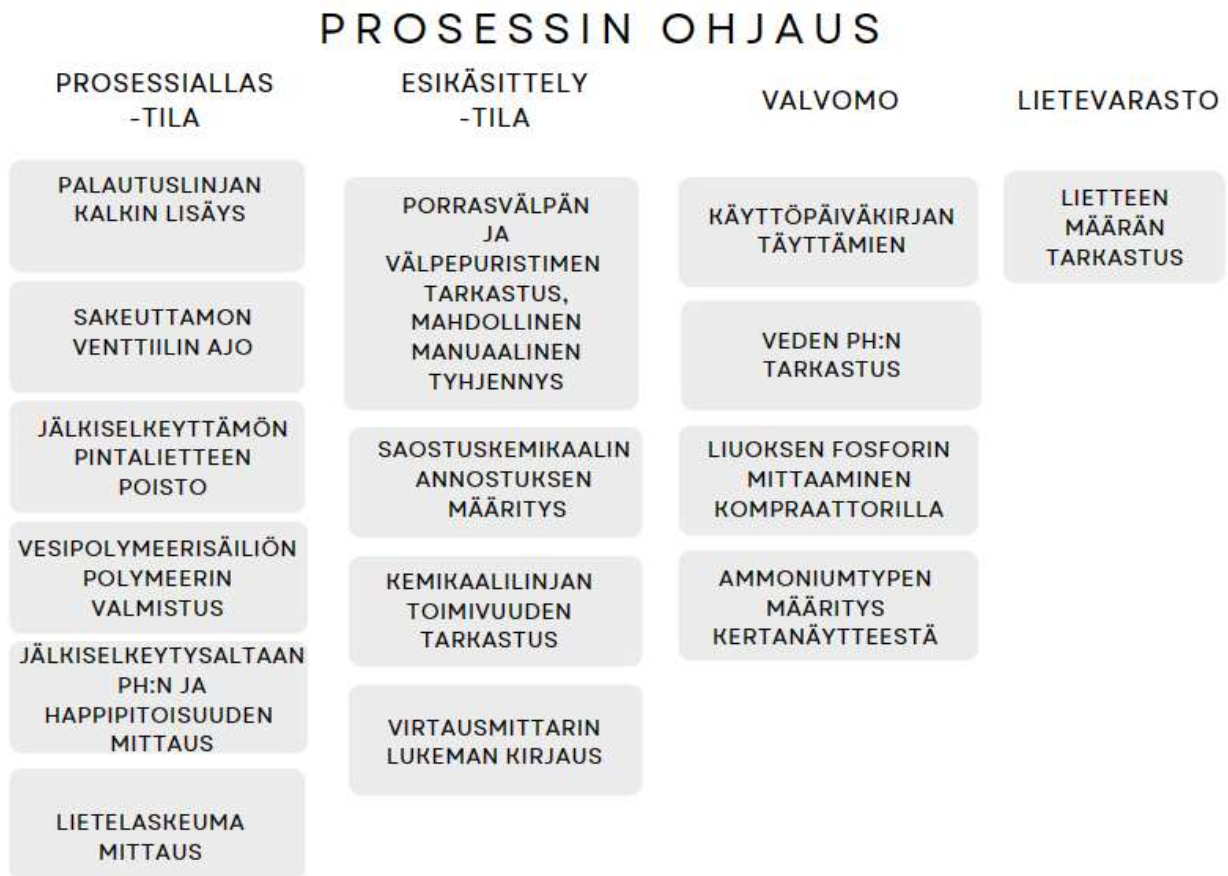
5 Toteutus

Käsikirjan laatimisessa oli olennaista saattaa teoria ja käytäntö ymmärrettävästi yhteen. Teoriapohja oli yksilöity Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamolle (taulukko 6). Rinnakkaissaostuslaitoksen toimintaprosessin ymmärtäminen sekä yksilöityjen kemikaalien käyttö kohteessa selkeytyi teoriapohjaa kartoittaessa. Käsikirjan laatimisessa käynnit laitoksella ja laitoksenhoitajan haastattelut olivat tärkeä lisä yksilöidyn jätevedenpuhdistamon ymmärtämiseen.

Käsikirjan laatiminen vaati sitoutumista sekä useamman kerran kohteessa käyntiä. Laitoksen rakenteissa tai näkymättömissä olevat kanavat tuli ymmärtää, jotta jäteveden puhdistusprosessi oli ymmärrettävä. Jäteveden käsittelyssä on useampi prosessin vaihe, ja kokonaisuus tulee olla hallinnassa. Käsikirjan laatiminen edellytti ymmärtämisen syventämistä, pitkäjänteistä tietojen etsintää ja selkeää ohjeiden laatimista. Käsikirjan laatimista edistivät seuraavat neljä keskeisintä osaamisaluetta:

- aikataulun hallinta
- tiedonhankinta
- selkeä käsitys siitä minkälainen lopullinen luovutettava työ halutaan olevan
- oma kriittinen arviointi työn laadusta

Taulukko 6. Prosessinohjaus manuaalisesti.



Tiedonhallinta, -tuottaminen sekä tiedon käsittely kulkevat rinnakkain edellä mainittujen keskeisten osaamisalueiden kanssa. Yhteistyössä tilaajan kanssa päästiin sopimukseen lopullisen tuotoksen muodosta ja laadusta. Työtä edistivät avoin keskustelu yhdessä tilaajan kanssa ja kokonaisuuden hallinta. Tilaajaa haastateltiin laitoksen toiminnasta.

Kehittämisen prosessi edistyi tilaaja tarpeiden ja teorian yhteensovittamisella. Projektin tarkoituksena on kehittää palvelua, jätevedenpuhdistamon prosessia sekä toimintatapoja ja luoda yhtenäinen linja prosessinhallintaan. Projektin kehittämisen elinkaareen ovat kuuluneet valmistelu, suunnittelu, toteuttaminen ja päättäminen:

- 1) Valmisteluvaiheessa käytiin tilaajan kanssa läpi, millainen lopullinen luovutettavan työn tulee olla. Valmisteluvaiheessa rajattiin projektin kokoluokkaa sekä käytettävissä olevaa aikaa. Pohdittiin hyötytavoitteita, ja nostettiin esille tärkeitä seikkoja. Onnistumisen mittareina käytettiin aikataulua, laajuutta ja laatua. Toiminta- ja toteutustapoina huomioitiin materiaalien hankinta, matalan kynnyksen keskustelut, viestintä, lait ja asetukset sekä yksilöity suunnitelma.
- 2) Suunnitteluvaiheessa projektin laajuus käytiin tarkemmin läpi, ja aikatauluun tehtiin tarkennuksia. Laadunhallinnasta luotiin oma suunnitelma, jossa käytiin läpi tilaajan tarpeet, tavoitteet, kehitettävä käsikirja, prosessin vaiheet sekä suunnitelmien toteutus. Tässä vaiheessa otettiin myös käyttöön materiaalit ja teoria sekä edistettiin lopullisen tuotoksen valmistumista. Viestintä ja yhteydenpito olivat projektin etenemisen ydin.
- 3) Toteutusvaiheessa oli tärkeää pitää mielessä selkeä käsitys lopullisen työn tavoitteista. Pienet välitavoitteet ja oman työn toteutus etenivät aikataulun mukaisesti. Toteutusvaiheessa käytettiin suurin osa projektin määrittellystä ajasta. Dokumentointi ja jatkuva laadunvarmistus toteutuivat.

Kehittämishankkeen mallissa on käytetty lineaarista kehitysmallia, jossa on noudatettu perinteisiä kehitysvaiheita. Työ on edennyt tavoitteen asettelusta suunnitteluun, toteutukseen ja päättämiseen. Lineaarinen malli on hyvin suoraviivainen. Kuitenkin yhteistyö ja materiaalien kerääminen eivät ole olleet näin suoraviivaista. Välillä toteutusvaiheessa on täytynyt hieman peruuttaa ja tarkastella asiaa uudelleen, kuitenkin tavoite säilyi ennallaan. Suoraviivainen malli on helpottanut etenemistä ja vienyt prosessissa aikataulullisesti eteenpäin vievä. Kaksi tärkeintä vaihetta lineaarisessa kehittämisen mallissa ovat olleet aloitus ja toteutus. Aloituksen päämäärä sekä toteutuksen suoraviivaisuus ovat tuoneet kehukset hankkeelle.

6 Pohdintaa

Projektisuunnitelma auttoi luomaan kokonaisuudesta selkeän kuvan, jota Sauvon kunnan infraan tutustuminen sekä työskentely moniammatillisessa tiimissä oli ratkaiseva tekijä siinä, että aiheeksi valikoitui Sauvon kunnan jätevedenpuhdistamon prosessinohjaus. Aiempi kokemus ja tieto olivat kriittisiä tekijöitä opinnäytetyötä tehtäessä. Yksin opinnäytetyötä tehdessäni kokonaisuuden hallinta, aikataulutus sekä selvittämistyö toivat stressiä ja painetta. Opinnäytetyö eteni kuitenkin haluamallani tavalla.

Yksilöllisissä prosessinohjauksissa sain tukea tilaajalta, joka ohjeisti ja opasti jätevedenpuhdistamolla prosessin eri vaiheissa. Muistiinpanojen ja välitavoitteiden arvioinnissa kävimme läpi yhdessä tilaajan kanssa tuloksia. Projektisuunnitelma auttoi luomaan kokonaisuudesta selkeän kuvan, jota jalostettiin yksilöllisiin tarpeisiin. Aihe oli melko laaja, ja osaamisalue kattoi alleen ison skaalan erilaisia tehtäviä. Sain ydinasiat jokaisesta osa-alueesta, ja kuitenkin kaikki tarvittava saatiin käsikirjaan luotua, ja kokonaisuudesta tuli tilaajalle mieluisa.

Käyttäjäläheisen käsikirjan luonnissa oli haastavaa saada sekä selkeä että riittävän tarkka ohjeistus. Käsikirjan tavoitteena oli luoda päivittäiseen käyttöön muistilistan tyylinen ohjeistus, josta laitoksenhoitaja ymmärrettävästi kykenee toimimaan laitoksella.

Käsikirjan täytyy olla niin selkeä ja yksinkertainen kuin mahdollista. Toinen käsikirjan osuus oli teoriaosuus, jossa voi perehtyä teoriaan.

Olen tyytyväinen tulokseen ja käsikirjan ulkoasuun. Tilaaja saa käyttöönsä Sauvon jätevedenpuhdistamolle prosessinohjaukseen käsikirjan käytännön työhön. Käsikirja helpottaa jokaisen työvaiheen muistamista, ja pienen henkilökunnan takia apua ei aina ole saatavilla, joten fyysinen ohjeistus auttaa siinä.

Tuotos oli yksinkertainen, selkeä sekä ymmärrettävä. Laadun arviointia tehtiin koko opinnäytetyötä tehtäessä, mikä helpotti käsikirjan loppuun saattamista. Syvensin ymmärrystäni infrastruktuurista sekä siitä, millaisia lakeja, ohjeistuksia sekä raportteja vesihuollon suorittamiseen tarvitaan, jotta toimintaa voidaan

ylläpitää. Käsikirja on tulevaisuudessa käytössä, kunnes uusi jätevedenpuhdistamo rakennetaan tai uusi siirtoviemäri tehdään.

Lähteet

Afry. (2021). Vuotovedet jätevesiverkostossa. Vuotovesien vähentäminen ja riskienhallinta rankkasadetilanteissa. Viitattu 6.11.2023

<https://afry.com/fi-fi/artikkeli/vuotovedet-jatevesiverkostossa-vuotovesien-vahentaminen-ja-riskienhallinta>

Aluehallintovirasto. (2023) Ympäristölupa. Viitattu 6.11.2023

<https://avi.fi/asioi/yritys-tai-yhteiso/luvat-ilmoitukset-ja-hakemukset/vesi-ja-ymparisto/ymparistolupa>

Digitaalinen Helsinki. (2023). Kehmet kokonaismalli. Projekti. Viitattu 6.11.2023

<https://kehmet.hel.fi/menetelmavalinta/projektin-elinkaari/>

JVP-Eura. (2023). Puhdistamon toiminta ja prosessikuvaus. Viitattu 6.11.2023

<https://www.jvp-aura.fi/puhdistamon-toiminta?>

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. (2016). Jätevesitutkimuksia asiantuntemuksella. Viitattu 6.11.2023

<https://www.lsvsy.fi/yritykset-ja-yhteisot/jatevesitutkimukset>

Optoseven, (2023). Huoltovapaata vesianalyysiä. Luotettavaa kotimaista mittalaiteteknologiaa. Viitattu 6.11.2023

<https://www.optoseven.com/fi/jatevesi/>

Pekkarinen, Maria 2005. Rasvaisten jätevesien puhdistus.

Diplomityö. Kemiantekniikan osasto.

Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Suomen ympäristökeskus, 2015. Näytteenoton ja mittauksen ohjeita. Viitattu 6.11.2023

<https://www.syke.fi/fi->

[FI/Palvelut/Laatu_ja_laboratoriopalvelut/Ymparistonaytteenottajien_sertifiointipalvelu/Linkkeja_ohjeisiin](https://www.syke.fi/fi-FI/Palvelut/Laatu_ja_laboratoriopalvelut/Ymparistonaytteenottajien_sertifiointipalvelu/Linkkeja_ohjeisiin)

Suomen ympäristökeskus, 2022. Yhdyskuntajätevesien aiheuttama vesistökuormitus. Vesi.fi 9.5.2022. Viitattu 6.11.2023

<https://www.vesi.fi/vesitieto/yhdyskuntajatevesien-aiheuttama-vesistokuormitus/>

Suomen ympäristökeskuksen raportti. (2008). Haitallisten aineiden näytteenotto ja esiintyminen jätevedenpuhdistamolla. Viitattu 6.11.2023

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/141f3b67-c798-4e84-9035-395c4f648ee7/content>

Tukes. (2015). Vaarallisten kemikaalien varastointi. Viitattu 6.11.2023

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/141f3b67-c798-4e84-9035-395c4f648ee7/content>

Turun seudun puhdistamo. (2023). Puhdasta vettä ympäristön ehdoilla. Viitattu 6.11.2023

<https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/prosessikuvaus>

Valtioneuvoston astus ympäristönsuojelusta 4.9.2014/713. Viitattu 6.11.2023

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006. Viitattu 6.11.2023

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888#Pidm46434450325424>

Ympäristöhallinnon ohjeita. (2010). Haitallisten aineiden tarkkailu. Viitattu 6.11.2023

<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Haitallisten%20aineiden%20tarkkailu.pdf>

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. Viitattu 6.11.2023

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

