



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Laura Hakala

Jätevesipumppaamoiden vikojen hallinta ja ennakointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

Ympäristötekniikka

Insinöörityö

12.5.2019

Tekijä(t) Otsikko	Laura Hakala Jätevesipumppaamoiden vikojen hallinta ja ennakointi
Sivumäärä Aika	29 sivua 12.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Lehtori Kaj Lindedahl Vesihuoltopäällikkö Anna Arosilta-Gurvits
<p>Kirkkonummen Vesi vastaa Kirkkonummen kunnallisen vesihuoltoverkoston piiriin kuuluvien jätevesihuollosta. Työssä keskitytään analysoimaan Kirkkonummen Veden jätevesiverkostojen pumppaamoiden kunnossapidon, huollon, saneerauksen ja investointien tarvetta. Tueksi on laadittu saneerausohjelma Excelillä. Excel-malliin on koottuna Kirkkonummen kaikki jätevedenpumppaamot ja niiden halutut tiedot, joista saadaan riskiperusteisesti tarkasteltavaksi tulevien saneerauksien järjestys. Excel-mallia voidaan käyttää yhtenä työkaluna muiden työssä käytettävien työkalujen ohella. Lisäksi pumppaamoiden saneeraustarpeista on tehty 5 vuoden havainnollistava investointilaskelma.</p> <p>Pumppaamoissa tehtävä ennakoiva työ helpottaa tulevaisuuden suunnittelemista ja täten minimoi ylivuotoriskejä. Työssä on kerrottu lyhytmuotoisesti jäteveden puhdistuksesta, ympäristövaikutuksista ja riskeistä. Pumppaamon toimintaperiaate ja laitteiden valinta on kerrottuna havainnollistamaan millaisista pumppaamoista on kyse ja mikä niiden merkitys on vesihuoltoverkostossa.</p> <p>Pumppaamoiden toimintavarmuudelle on annettu nykyään verkostoissa iso painoarvo, koska käyttöhäiriöt ja niistä syntyvät seuraukset voivat aiheuttaa pumppaamoiden ylivuotoja. Ylivuoto taas voi aiheuttaa ympäristölle, vesistölle ja pumppaamon omille laitteille ikäviä seurauksia ja haittoja.</p>	
Avainsanat	Jätevesipumppaamo, saneerausohjelma

Author(s) Title	Laura Hakala Malfunction Management and Anticipation in Waste Water Pumping Stations
Number of Pages Date	29 pages 12 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and environment engineering
Instructors	Lecturer Kaj Lindedahl Chief of water supply management Anna Arosilta-Gurvits
<p>Kirkkonummen Vesi is responsible for waste water management within the municipal water supply network of Kirkkonummi. The thesis analyzes the need for maintenance, renovation and investment of pumping stations in the wastewater networks of Kirkkonummi. A maintenance management tool was constructed using Excel to support this task. The Excel model is a compilation of all wastewater pumping stations in Kirkkonummi and their desired attributes, which provide the order of upcoming maintenance to be reviewed on a risk-based basis. The Excel model can be used as a single tool alongside other current tools used at work. In addition, a 5-year forecast of the investment needs of pumping stations has been made.</p> <p>Predictive work at pumping stations facilitates planning for the future and thus minimizes overflow risks. The thesis briefly describes wastewater treatment, environmental impacts and risks. The operating principle of the pumping station and the choice of equipment are presented in order to illustrate what kind of pumping stations are involved, and what their significance is in the water supply network.</p> <p>The reliability of pumping stations is now given high priority in the networks, because the malfunctions and their consequences can cause pumping stations to overflow. Overflow, in turn, can have negative consequences for the environment, waterways and pumping station equipment.</p>	
Keywords	Waste water pumping station, maintenance program

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Jätevesihuollon merkitys	2
2.1	Jätevesien ympäristövaikutukset	3
2.2	Rehevöityminen	4
2.3	Jätevesien puhdistus	4
2.4	Lainsäädäntö	5
3	Käytössä olevat pumppaamot	6
3.1	Pumppaamon mitoitus ja laitevalinnan yleisperiaatteita	9
3.2	Pumput	10
3.3	Automaatiikka	11
3.4	Pumppaamosäiliö	12
3.5	Vuotovedet	12
4	Pumppaamon huolto ja kunnossapidon ohjaus Ahjo-sovelluksella	12
5	Vioista aiheutuvat kustannukset	14
6	Pumppaamon saneeraus	15
7	Hankekortti	17
8	Tuloksena saatu Excel-malli	17
8.1	Yhteenvetokuvat pumppaamoiden riskiluokituksesta	21
8.2	Saneerauksen kustannukset	22
8.3	Ahjon ja hankekortin hyödyntäminen	24
9	Pumppaamoiden riskianalyysi	25
10	Yhteenveto	28
	Lähteet	30

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on käydä läpi kunnallisen jätevesipumppaamon merkitystä jätevesikeräyksessä ja sen kunnossapidon sekä huollon vaikutuksia. Työssä käsitellään jätevesien keräystä ja käsittelyä, sekä lainedellyttämiä laatuvaatimuksia. Tuloksena on tuottaa Kirkkonummen Vedelle sopiva työkalu, joka helpottaa pumppaamoiden saneeraustarpeiden seuranta ja tulevien korjausten ennakoimista. Kirkkonummen kokoisessa kunnassa on omakotitalojen omia jätevesikaivoja ja kunnallinen vesihuolto. Työssä keskitytään vain kunnallisen jätevesipumppaamoiden toimintaan. Kirkkonummen kunnan vesihuoltoverkoston piirissä on noin 30 000 asukasta. Pumppaamoiden systemaattinen Excel-malli, jossa on riskien arviointia ja saneerauslistausta, auttaa vesilaitoksen henkilökuntaa pysymään ajan tasalla tulevista töistä ja näin vähentää esimerkiksi ympäristöriskejä.

Tavoitteena on luoda Kirkkonummen Vedelle Exceliin perustuva malli, jota voidaan hyödyntää pumppaamoiden kunnonhallintatyössä. Mallin tulee sisältää Kirkkonummen jätevedenpumppaamot ja niiden pohjatietoja tulevia saneerauksia varten. Mallin idea on luoda selkeä saneerausjärjestys pumppaamoille ja ylläpitää tilannekuvaa näiden välillä. Saneerausjärjestys tehdään todennäköisyyden ja riskin perusteella. Saneerausjärjestykseen vaikuttaa pumppaamon ikä, kuntotaso, ympäristöriskit, koko ja kokemus. Mallin tarkoitus on olla yksinkertainen, jotta Excelistä olisi hyötyä ja se olisi enemmän helponus kuin haaste käyttäjälleen. Malliin tulisi huomioida myös tulevat investointikustannukset ja määrittää saneerauksien määrä vuositasona. Apuna mallin ajan tasalla pitämisessä toimii pumppaamoiden kunnossapitosovellus, Ahjo. Ahjo-sovellusta käytetään jätevesipumppaamoiden kunnossapidossa tarkistusten ja tehtävien systemaattisessa ylläpitämisessä. Excel-malli ja Ahjo-sovellus toimisivat toistensa tukena, ja näin saneerauksien määrittäminen olisi helpompaa. Excel-mallin saneerausjärjestystä tulee voida muuttaa aina kun sille on tarve, koska tilanteet muuttuvat ja esimerkiksi teknisiä vikoja voi syntyä yllättäen. Pumppaamoista, jotka on arvioitu tarpeelliseksi saneerata, tehdään hankekorit, joissa on tarkempi selvitys pumppaamon tämän hetkisestä tilanteesta ja tulevista korjaustarpeista. Kirkkonummen Vesi saa opinnäytetyöstä valmiin Excel-mallin pumppaamoistaan ja käyttöohjeet Excel-mallin hyödyntämiseen.

Uudelle lukijalle työ antaa osviittaa pumppaamoiden tärkeydestä vesilaitoksella ja siitä, miksi niiden kunnossapito on tärkeää. Lisäksi työstä saa pohjatietoa jätevesipumppaamon toiminnasta ja sen kunnossapidosta.

Päälähteinä insinööriyössä ovat kolme Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y:n kirjaa. Kirjat on kirjoitettu vuosina 1981, 1984 ja 2004. Kirjoista löytyy paljon tietoa vesihuollon kunnallistekniikasta. Vaikka kirjat ovat vanhoja, niiden asiat ei ole vanhentuneet. Kirjojen tukena toimii tekijän oma kokemus Kirkkonummen Vedellä. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt kenttätöissä jätevedenpumppaamoilla. Lisäksi on haastateltu Grundfos Oy:n jätevesipumppaamon myynnin edustajaa ja tehty vierailu Vihdin Vedellä.

Vihdin Vedellä vierailun tarkoitus oli vertailla Vihdin Veden ja Kirkkonummen Veden toimintatapoja. Kirkkonummella ja Vihdillä on saman verran jätevedenpumppaamoja, mutta käytännöt ovat erilaiset, joten itse vertailu osoittautui hankalaksi. Vertailulla olisi pyritty saamaan uusia ideoita Kirkkonummen Veden nykyisiin toimintatapoihin liittyen erityisesti Excel-mallin, Ahjon ja hankekortin yhteiskäyttöön.

2 Jätevesihuollon merkitys

Puhtaan veden saantia on vaikea olla laittamatta yhteiskunnassa huipulle elintärkeysjärjestyksessä. Vettä tarvitaan päivittäin juomiseen, jotta ihminen pysyy hengissä. Mutta ihminen hyödyntää vettä muuhunkin kuin vain juomiseen, esimerkiksi ruuan valmistuksessa, pyykkien pesussa, lämmityslaitteissa ja jätteiden poistossa kotitalouksissa. Suomessa säiden ja ilman ollessa kylmä on talojen lämmitys näin ollen elintärkeää. Veden puhtaus taas vaikuttaa ihmisten ja ympäristön terveyteen. Saasteinen tai likainen vesi sairastuttaa ja aiheuttaa epidemioita. Näistä syistä toimiva vesihuolto on ehdottoman tärkeää ja siihen tulee panostaa ja pitää toimivaa systeemiä yllä. Vesihuolto on yhteiskunnassa niin korkealla, ettei sitä voida mitata rahassa vaan sen on toimittava, vaikka se aiheuttaisi lisäkustannuksia, aikaa ja vaivannäköä.

Vettä otetaan esimerkiksi järvistä, lähteistä ja tekopohjavesistä. Lopuksi vesi päätyy käytön ja puhdistuksen jälkeen takaisin vesistöihin. Tästä syystä veden käsittely myös käytön jälkeen on ehdottoman tärkeää. [1, s. 13.]

Vesilaitokselle kuuluu kaikki vedenjakeluun liittyvät rakenteet ja laitteet. Jakeluverkko esimerkiksi sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan kunnan omille maille kuten katualueille. Lisäksi vesilaitos omistaa veden siihen asti, kun vesi on luovutettu käyttäjälleen. Vesihuollon tehtävään kuuluu myös huolehtia, ettei vettä oteta mistä sattuu ja että vedenotto on ympäristölle paras mahdollinen eikä häiritse luonnollista ekosysteemiä. Veden-

puhdistukseen tarvitaan kemikaaleja ja jätevesi puolestaan aiheuttaa rehevöittämistä vesistöihin. Näistä syistä vedenpuhdistuksen on oltava tarpeeksi tehokasta, mutta välttämällä turhien kemikaalien pääsyä vesistöihin. Vedenlaatua tarkkaillaan jatkuvasti ja sen pH-tasoa on ylläpidettävä luonnonmukaisena. [1, s. 14–15.]

Veden laatuvaatimukset jaotellaan kolmeen tärkeään osaan. Ensimmäisenä on veden hyvä laatu, eli vesi ei saa sisältää tappavia mikrobeja tai myrkyllisiä aineita. Vesi ei myöskään saa sisältää vieraita aineita, koska desinfionti ei onnistu mikäli kiintoaineiden pitoisuus on liian suuri. Toisena vaatimuksena on, että veden käyttö on miellyttävää. Tämä tarkoittaa sitä, että vedessä ei ole sameutta, makua, hajua, ja sen lämpötila pysyy sääolosuhteiden mukaisesti miellyttävänä. Veden käytön miellyttävyys on kuitenkin selvästi tärkeysjärjestyksessä alempana, kuin veden korkea laatu ja terveyteen vaikuttavat seikat. Sikäli näillä aistimuksilla voidaan todeta, ettei vedenlaatu ole sitä mitä sen kuuluisi olla, joten aistinvaraiset huomiot ovat tärkeitä. Kolmas laatuvaatimus on, ettei vesi saa vahingoittaa vedenkäyttäjien laitteita tai putkia eli niin sanotut tekniset laatuvaatimukset. Vesilaitoksen kannalta nämä ovat erityisen tärkeitä, koska vesilaitoksen pääverkko on kallista korjauttaa eikä turhia remontteja kannata tästä syystä ottaa. [1, s. 15.]

2.1 Jätevesien ympäristövaikutukset

Asumisesta tulevat jätevedet sisältävät runsaasti ravinteita, orgaanista happea kuluttavia aineita ja suolistobakteereja. Jätevesi sisältää runsaasti etenkin fosforia ja typpeä. Puhdistamattomina pitoisuudet voivat olla monin kertaisia luonnontilaan nähden. Tästä syystä pienikin määrä jätevettä luonnossa mahdollistaa rehevöitymistä vesistöissä. Ihmisen uloste sisältää viruksia, bakteereja ja alkueliöitä, joista osa levittää tauteja. Puhdistusvaiheessa ulosteen mukana tulevat virukset ja taudinaiheuttajat poistuvat lietteeseen tai tuhoutuvat. Puhdistuksen tarkoitus on taata viruksien ja taudinaiheuttajien tuhoutuminen, mutta juomakelpoiseksi sitä ei puhdisteta. Jätevesi puhdistuu 80–99-prosenttisesti, jättäen veteen kuitenkin bakteereja. Suomen vesistöjen olosuhteissa taudinaiheuttajalla on hyvä säilyvyys. [2]

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoista tulevaa jätevettä ei saa päästää vesistöihin. Kirkkonummella jätevedet johdetaan siirtoviemäriellä Espooseen Helsingin Seudun ympäristöpalvelut-kuntayhtymän jätevedenpuhdistamolle puhdistettavaksi.

2.2 Rehevöityminen

Rehevöitymistä tapahtuu ihmistoiminnan seurauksena. Tämä tarkoittaa tärkeimpien ravinteiden, typen ja fosforin, lisääntymistä vesistöissä. Rehevöitymisestä seuraa mm. vesikasvillisuuden ja planktonlevien lisääntymistä, vedenlaadun heikkenemistä sekä kalakannan muutoksia. Sisävesissä ongelmallinen on usein fosfori, joten fosforikuormituksen kasvulla on näkyvät vaikutukset. Ravinteita päätyy vesistöön hajakuormituksesta, jota tulee mm. metsä- ja maataloudesta sekä haja-asutuksesta. Lisäksi ravinteita päätyy vesistöön pistekuormituksesta eli yksittäisiltä maataloilta, teollisuuslaitoksilta tai jätevedenpuhdistamoilta. Hajakuormitus koostuu monesta pienestä lähteestä, jolloin vähentäminen on hankalaa, kun taas pistekuormituksen vähentäminen on huomattavasti helpompaa. Pistekuormittajien ravinne päästöjä onkin todistettusti vähennetty viime vuosikymmeninä. [3]

2.3 Jätevesien puhdistus

Jätevesiä tulee käsitellä sekä niiden määrän että ympäristön kuormitusten vuoksi. Kunnallisten jätevesien lakisääteinen puhdistus on vesistöjen kannalta yksi tärkeimmistä suojelukeinoista. Suojelutoimenpiteitä ovat esimerkiksi maankäyttö ja sen suunnittelu, viemäroinnin suunnittelu ja käyttö sekä jätevesipuhdistamoiden suunnittelu ja toteutus, teollisuusprosessien sisäiset toimenpiteet ympäristökuormien vähentämiseksi. Puhdistuksessa on tarkoitus poistaa mm. kiintoaineet, rasvat, pesuaineet, ravinteet, myrkyt ja radioaktiiviset aineet. Autokorjaamoilla, huoltoasemilla ja teollisuusalueilla tulee olla erillinen esikäsittelyyn tarkoitettu imetyskaivo ennen kunnan varsinaista viemäreihin pääsyä. Öljy, bensiini ja monet muut kemikaalit rasittavat vesistöjä ja viemäreitä, sekä niiden pääsyä varsinaiseen viemärointiin vältetään. Imetyskaivo on yhtiöiden omalla vastuulla, sen puhdistus että ylläpito. Viemärlaitoksen tulee hoitaa viemärointi siten, ettei ympäristöön aiheudu välitöntä haittaa, hajuja tai tulvimista. Vaatimuksien mukaan tämä koskee jätevesien keräämistä, käsittelyä ja poistoa. Siksi ennakointi ja jatkuva huolto ovat ehdottomia, jotta näiltä haitoilta välttyttäisiin. Käsittelyn päätavoite on poistaa jätevedestä kaikki ympäristöä kuormittavat tekijät. [4, s. 492–493.]

2.4 Lainsäädäntö

Lainsäädännön mukaan kunnalle on laadittu omat vesihuoltosäädökset, joita kaikkien vesihuollon työntekijöiden tulee noudattaa. Verkostojen ikääntyessä tulee peruskorjauksiin ja ennakkohuoltoon panostaa. Useassa kunnassa peruskorjauksia on kuitenkin tehty vähemmän, mitä tarve olisi vaatinut, mikä puolestaan johtaa korjausvelkaan. Korjausvelka kasvattaa tulevaa korjaustarvetta, ja näin ollen investoinnitkin kasaantuvat tulevaisuuteen. Täten kuntien tulee huolehtia ja ennakoida tulevat korjaukset ja minimoitava riskitekijöitä. Vastuuseen kuuluu myös se, että kunta voi palvella ympäri vuorokauden onnettomuuksien varalta. Näihin onnettomuus- ja erityistapauksiin voivat kuulua esimerkiksi raakavesilähteen saastuminen ja asuintalojen jätevesitulvat. Lisäksi ennakkointiin ja vastuuseen kuuluu huomioida ilmastonmuutos, joka vaikuttaa vesihuoltorakentamiseen ja vesihuollon järjestelmiin. Ilmastonmuutoksen edetessä on syytä varautua niin sanottuihin ääri-ilmiöiden voimistumiseen. Vesihuollon suunnittelu- ja laajentamisvaiheessa on hyvä huomioida raakaveden hankinta. Kuivat kaudet vaikuttavat siihen, paljonko raakavettä on saatavilla. Laajentaminen lisää investointeja, mutta helpottaa raakaveden saantia laajemmalla alueella. Rankkasateet puolestaan edellyttävät verkostojen uudellaista mitoittamista ja hallintaa, esim. hulevesien ja maankäytön ratkaisut. Rankkasateet voivat aiheuttaa tulvia, jotka ovat riskejä viemäreille, talousvesille, vedenkäsittelylle ja vedenottamolle. Myrskyt aiheuttavat Suomessa vuosittain monta sähkökatkosta. Sähkökatkokset ovat vesilaitoksellekin riski, ja ne saattavat aiheuttaa katkoksia pumppujen toiminnassa. Ennaltaehkäisevä toiminta edesauttaa katkeamattoman vedenjakelun, jos pumppaamoihin on varattu varatoimilaitteet. Hyvin laadittu kehityssuunnitelma ja organisointi helpottavat lain toteuttamista. Suunnitelman tulee kattaa koko kunnan alue. Kunnan tulee osallistua myös vesihuollon alueellisiin suunnitteluihin. Vesihuoltolaki velvoittaa toimimaan niin, että toiminta ja toimenpiteet suoritetaan terveyttä ja ympäristöä kunnioittaen. [2]

Ympäristösuojelulain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja. Jäteveden oikein käsittely kuuluu tähän lakiin ja lain tarkoitus onkin ylläpitää hyvää laatua ja ennalta ehkäistä jätteistä aiheutuvia haittoja. Jätevedenkäsittelijällä on oltava selvilläolovelvollisuus, joka tarkoittaa sitä, että toimintaa ei voi harjoittaa, ellei ole tietoinen toimintansa mahdollisista ympäristöriskeistä, hallinnasta tai haitoista. Toiminta tulee suorittaa ennakoitavasti, jotta ympäristöriskit minimoidaan, eikä yllättäviä tilanteita sattuisi. Mikäli haittoja ei voida kokonaan ehkäistä, ne on rajoitettava mahdollisimman pieneksi. Jos toiminnasta

aiheutuu välitöntä haittaa ympäristölle, tulee toiminnanharjoittajan ryhtyä heti korjaustoi-
miin. Ennaltaehkäisevien toimenpiteiden ja varotoimien on oltava kunnossa. Toiminnan-
harjoittajan on siis oltava jatkuvasti tietoinen ja ennakoiva mahdollisista riskitekijöistä, jos
onnettomuuksia tapahtuu, ja siitä, miten niissä tulee toimia. [5.]

3 Käytössä olevat pumppaamot

Jätevedenpumppaamot voidaan jakaa rakenteen perusteella uppopumppaamoihin tai
kuiva-asenteisiin pumppaamoihin. Pumppaamo suunnitellaan niin isoksi, ettei sitä myö-
hemmin tarvitsisi enää laajentaa. Pumppaamo rakennetaan maan alle vesitiiviiksi, ja
näin ollen maanalaisia rakenteita on vaikea laajentaa myöhemmin. Kuiva-asenteisissa
pumppaamoissa pumput on sijoitettu maan päälliseen tilaan niin, ettei kunnossapitotöitä
tarvitse tehdä maan alla pumppaamon sisällä tai olla välittömästi tekemisissä jäteveden
kanssa. Säiliö on aina maan alla, mutta pumput ja muut pumppaamon laitteet voidaan
sijoittaa pumppukaivoon tai maanpäälliseen huoltorakennukseen. [4, s. 488–492.]

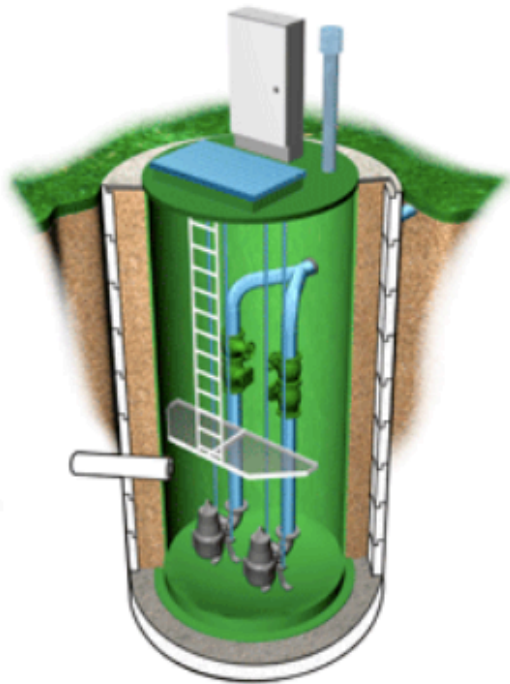
Pumppaamoiden koneistukseen kuuluvat pumput ja niiden moottorit, esipuhdistuslait-
teet, kuten välpät, repijälaitteet, hiekkaerottimen koneisto-, ilmanvaihto- ja lämmityslait-
teet, käynnistin ja hälytinlaitteet ym. [5, s.111.]

Esipuhdistuksen tehtävä on poistaa vedestä sellaiset liat ja jätteet, jotka saattaisivat va-
hingoittaa pumppuja tai kerryttää säiliöön saostumia. Suuri- tai keskikokoiset pumppaa-
mot eivät yleensä tukkeudu, joten välppä voi olla väljempi. Pienien virtaamien kohdalla
välpän on syytä olla tiiviimpi, jotta se ei päästä liian suuria kappaleita pumppaamoon.
Tästä syystä välpät pyritään myös tehdä koneellisiksi, koska itse pumppaamokin on au-
tomaattinen. [5, s. 314.]

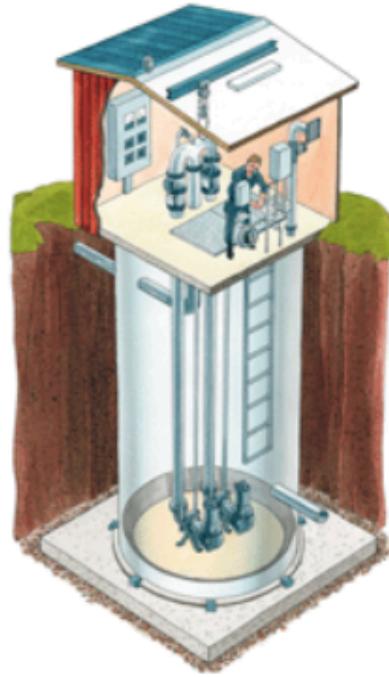
Pakettipumppaamot ovat säiliön ja laitteiston sisältäviä asentamista vaille valmiita koko-
naisuuksia. Pumppaamovalmistaja Grundfos Oy:n valikoimasta on esimerkiksi seuraav-
at erityyppiset pakettipumppaamot (kuvat 1, 2 ja 3).



Kuva 1. Säiliöpumppaamo kahdella pumpulla [7.]



Kuva 2. Säiliöpumppaamo kahdella pumpulla. [7.]



Kuva 3. Mökkipumppaamo kahdella pumpulla. Rakennuksessa sijaitsee nostoon ja siirtoon tarvittava nostin. [7.]

Haastattelu Grundfos Oy

Grundfos Oy myy pumppaamopaketteja ja pumppuja. Lyhytmuotoinen haastattelu on tehty, koska työhön on haluttu saada laajempaa käsitystä pumppaamoiden ja pumppujen hankinnasta, saneeraus- ja kunnossapidon tarpeista. Kysymyksiin on vastannut kunnallisteknisen myynnin puolelta Jouni Ojala.

Uutta pumppaamoja asentaessa on vanhalle pumppaamolle tehtävä jotain, jotta uusi pumppaamo saadaan vanhan tilalle. Vanha pumppaamo jätetään usein maahan, etukäivoksi tai sen sisälle tehdään uusi pienempi pumppaamo. Vaihtoehtoisesti viemäriputki katkaistaan ~500mm maan pinnasta ja pumppaamon tyhjätila täytetään hiekalla. Pumppaamoissa sijaitsevien pumppujen elinikä on noin 15 vuotta. Pumppujen vaihdossa on syytä harkita putkiston ja muun rakenteen kuntoa. Itse lasikuitusäiliö kestää hyvin vuosikymmeniä, kunhan UV-suojauksesta pidetään huolta. [8.]

Huoltopyyntöjä ja vikaantumisia tulee eniten pintakytkimien sotkeutumisesta ja pumppujen tukkeentumisesta. Sen sijaan rikkikaasut, joista aiheutuu pumppaamon ulkopuolelle-

kin hajuongelmaa, tuhoavat sähkö ja automaatiolaitteistoa erittäin nopeasti. H₂S-pitoisuudet aiheuttavat korroosiota ja tämän seurauksena kaikki elektroniikka tuhoutuu erittäin nopeasti. Tuhoutuminen tapahtuu mikäli kaasut pääsevät keskukseen, siksi keskukset on suojattu kunnolla. Pumppaamon kestävyys vaikuttaa pumppaamon materiaalit, materiaalipaksuudet, putkiston tuenta, pumpun värinät, säiliön seinämäpaksuudet ja yleinen suunnittelu, niin että systeemi toimii optimaalisilla alueilla. [8.]

Nykypäivän pumppaamoiden kestävyyttä on paranneltu ja kehitelty tehokkaammaksi. Pumppaamon tehokkuuteen vaikuttavat monet tekijät, joista pumppujen sähkönkulutus on tärkein. Mikäli pumpun mitoitus on oikea eli lähtötiedot pitävät paikkansa, saadaan sähkön kulutusta optimoitua mm. taajuusmuuttajilla. Virtaushäviöiden suunnittelu on myös oleellista, eli pitää minimoida häviöt ja pitää virtausnopeus optimina. Tehokkuus kasvaa myös sillä, että pumppaamolla ei tarvitse käydä viikoittain huoltokäynnillä. Grundfosilla on tarjolla jäteveden pumppaamiseen uniikkeja matalaenergiapumppaamoita, joilla voidaan säästää jopa 30–70% energiankulutuksesta. [8.]

3.1 Pumppaamon mitoitus ja laitevalinnan yleisperiaatteita

Asumisjätevesi on pääasiassa taloudessa käytettyä vettä. Asumisjäteveden määrä on noin 80–90-prosenttisesti verrannollinen käyttöönotettuun veden määrään. Siksi asumisjäteveden määrä saadaan varmin selville seuraamalla jaetun johtoveden määriä (m³/d, m³/h) ja riittävän pitkällä ajanjaksolla. Viemäriverkoston suunnittelussa mitoitetaan viemäriinjojen lisäksi tarvittavat pumppaukset. Pumppaamoiden mitoituksen lähtökohdat ovat pumppaamolle tuleva jätevesivirtaama ja tarvittava nostokorkeus. Virtaamassa tulee huomioida väestömäärän kasvu ja tämän ominaisvedenkulutuksen kasvu. Viemäriverkoston vedenkulutusta käytetään yleensä 200–400 l/as/vrk. Tämä arvo vastaa tuntikohtaista enimmäisvirtaamaa. Jätevesivirtaaman vaihtelu on verrannollinen vesijohtoveden vaihteluun, mutta toki jätevesi voi tulla myös myöhäisempänä ajankohtana vuorokaudessa. [1, s. 325.]

Teollisuusjätevesien mitoituksessa tulee huomioida jäteveden normaalista poikkeavan määrän vaihtelu. Teollisuusalueiden jäteveden määrät tulee selvittää yksityiskohtaisesti, jotta jätevedenpumppaamosta saadaan tarpeeksi tehokas. Teollisuusalueilla vuorokausivaihtelu voi olla esimerkiksi paljon rajumpaa, joten tämäkin tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. [1, s. 326.]

Pumppaamon hyvä suunnittelu helpottaa asentajien ja huoltohenkilökunnan työskentelyä pumppaamalla. Pumppujen nosto ja laskeminen tehdään helpoksi, jotta huoltotyöt sujuisivat. Keskipakopumput ja oppopumput ovat yleisimmät, eikä niiden puhdistusta juurikaan tarvitse asentajien itse hoitaa käsin. Oppopumput ovat siitä käteviä, että niiden pumppu ja moottori ovat molemmat yhdessä kokonaisuudessa ja niiden laskeminen onnistuu johdeputkia pitkin säiliöön. Oppopumppu asettuu itsestään pienellä hienosäädöllä oikeaan kohtaan, josta se lähtee paineella viemään säiliön tavaraa eteenpäin. Oppopumppu on myös edullinen vaihtoehto. [5, s.19.]

Jotta tämän kaltainen työ onnistuu, tarvitaan ajoneuvoa, joka on varusteltu nosturilla. Mökkipumppaamoiksi kutsuttuja on itsessään nostolaitteet, joten nostaminen käy kätevästi paikan päällä ilman erillistä nosturijoneuvoa. [5, s.19, 46.]

Pumppaamo kestää säännöllisillä huolloilla noin 20–25 vuotta. Uudet turvallisuuteen liittyvät säädökset ja työolosuhteiden parantaminen tulee ottaa huomioon. [5, s. 19.]

3.2 Pumput

Yleisimpiä pumpputyyppejä jätepumppaamoissa ovat keskipakopumppu, pneumaattiset nostolaitteet ja ruuvipumput. Näiden lisäksi on monia muita pumpputyyppejä, mutta niitä ei käytetä niin usein jätevedenpumppaamoissa. Nimenomaan jätevettä varten on suunniteltu keskipakopumppuja. Keskipakopumppujet solat on korvattu matalilla rivoilla ja juoksupyörä on sijoitettu virtaustilan ulkopuolelle. Tämä ennaltaehkäisee pumpun tukkeutumista. Keskipakopumppuja on eri sijoituspaikoille tarkoitettuja tyyppejä. Keskipakopumppuja ovat kuivan asennuksen ja märän asennuksen pumput sekä oppopumput. Kuiva-asenteisille pumpuille tyypillisintä on se, että ne on sijoitettu erikseen märkätilasta omaan kuivaan tilaan. Kuiva-asenteisia pumppuja käytetään useasti suurissa tai keski-suurissa pumppaamoissa. Märkäasennettu pumppu on upotettuna itse märkätilaan ja niitä käytetään pienissä pumppaamoissa. Oppopumppu poikkeaa märkätilan pumppaamosta siten, että sekä pumppu että sen moottori ovat upotettuna jäteveteen. [4, s. 488–489.]

Mahdollisen pumppaamorakennuksen koko määräytyy sen mukaan, kuinka suuret koneet ja laitteet sinne asennetaan. Etenkin pumput määräävät tarvittavan tilan. [5, s. 313.]

Pumput eivät yleensä käy jatkuvasti, vaan ne mitoitetaan käymään sopivilla käyntijoilla. Pumppujen käynnistysaikavälejä säädellään kaukovalvonnasta. Automaattinen säätö asetetaan pumppaamolle tulevan virtaaman mukaan. Pumppaamoon asennettujen antureiden ja pintakytkimien avulla estetään tulvat ja jatkuva pumppujen käyminen. Pumput eivät saisi käydä niin, että pumppaamon kaikki jätevesi imettäisiin loppuun asti pumppaamosta, koska pumput vetävät tällöin ilmaa itseensä. Tällöin jäteveden tullessa pumppaamoon pumppu on kyvytön viemään tarkoitettua jätevettä eteenpäin. Tämä puolestaan aiheuttaa vikatilanteen ja edelleen hälytyksen toimintahäiriöstä. Pahimmillaan seurauksena on pumppaamon ylivuoto. [4, s. 487–488.]

3.3 Automatiikka

Sähkölaitteet ja automaatio on hyvä sijoittaa pumppaamon ulkopuolelle, sillä pumppaamosta tuleva jatkuva rikkivetykaasu syövyttää herkkiä sähkö- ja automaatiolaitteita. Tästä seuraa laitteiden vikaantumista ja laitteiden uusimista, mikä puolestaan nostaa kunnossapidonkustannuksia. Pumppaamot on kuitenkin kaikki varustettu tehokkailla il-mavaihtokoneilla, mutta näissäkin on toisinaan vikaongelmia. [4, s. 490–491.]

Käsiikäytössä laitteita ohjataan esim. ohjauspainikkeella tai säätöventtiilien käsipyörästä kääntämällä. Käsiäjäolla pyritään pitämään suureet määrättyjen mittausrajojen sisällä. esim, mittareiden osoitusta seuraamalla. Vaikka laitteella on automaattinen tai puoliau-tomaattinen käyttö, on suositeltavaa, että laitetta voidaan lisäksi ohjata käsiäjäolla. [4, s. 443.]

Kaukovalvonnalla säädetään pumppaamoa ja asetetaan automaattiset toiminnot. Kaukovalvonnalla voidaan valvoa esimerkiksi hälytyksiä, käyttöä ja ohjauksia. Hälytystilat voidaan jakaa eri high- ja low-tiloihin, jolla määritetään hälytyksen kiireellisyysluokka. Pumppaamoiden kaukovalvonnan hälytysjärjestelmään asetetaan usein ylä- ja alarajahälytykset, jotka onnistuvat pinta-antureilla tai pintakytkimillä. Ylivirta voi tarkoittaa pumpun juoksupyörän jumittumisesta tai jostain muusta häiriöstä, joka aiheuttaa lisähä-viöitä. Kaukovalvonnalla voidaan myös määrittää käyntiajat ja käyntikertojen määräys. Lisäksi muita mittauksia, kuten pumppaamon tulovirtaama, pumpun tuotto, ylivuoto ja pumpun kokonaisvesimäärä, on havaittavissa kaukovalvonnasta. Hyvin toteutetulla kaukovalvonnalla voidaan vähentää kunnossapidon tarkastuskäyntejä ja näin säästää myös kustannuksissa. [5, s. 81–82.]

3.4 Pumppaamosäiliö

Pakettipumppaamoiden materiaali on lujitemuovia, terästä tai teräsbetonia. Säiliön tulee olla haju- ja kaasutiivis. Jäteveden virtaus halutaan pumppaamoon, joten paineputki asetetaan korkeammalle säiliössä. Kaltevuus verkostossa asennetaan pumppaamo kohden, jolloin jätevesi valuisi omalla painollaan pumppaamoon viettoviemäristä tai edellisen pumppaamon paineviemärin purkukaivosta. Säiliö eli imualtaan pohja rakennetaan tarkoituksella kartiomaiseksi, jotta jäteveden liete kerääntyisi kartion pohjalle ja lähtisi pumpun avulla veden mukaan. Uppopumppaamosäiliö on noin 1–3 metriä halkaisijaltaan, vaihtelevuus riippuu pumppujen lukumäärästä, tehollisesta tilavuudesta ja kaivon syvyydestä. Kuiva-asenteiset pumppaamot ovat isompia, halkaisijaltaan noin 2–3 metriä. Säiliössä on oltava myös varatilavuutta esimerkiksi sähkökatkojen varalta. Kokonaisuudessaan pumppaamo tulee sijoittaa kohtaan, jossa sen tyhjennys ja huoltaminen on helppoa. Pumppaamolle tulee päästä esimerkiksi pienikokoisilla nosturiautoilla ja imuautoilla. Pumppaamon kiinnitys maaperään on ensiarvoisen tärkeä, sillä säiliön tai rikkoutuneiden tulo- ja lähtöputkien korjaaminen on kallista. [5, s. 313.]

3.5 Vuotovedet

Vuotovesien pääsyä viemäriin tulee pyrkiä estämään, sillä ne aiheuttavat lisäkuormaa jätevesiverkostolle, heikentävät puhdistamoiden toimintaa ja aiheuttavat kustannuksia. Vuotovesien pääsyä ei voida kokonaan estää. Vanhoja, vuotavia viemäreitä on saneerattava. Saneerausmenetelmiä on useita, betoniputket voidaan esimerkiksi sujuttaa muoviputkillä. Vuotoa ei tapahdu vain sisäänpäin, vaan maaperästä ja pohjavedenpinnasta riippuen jätevettä voi myös vuotaa ulospäin. Tämä puolestaan aiheuttaa riskin pohjavesien pilaantumiselle. Viemäriverkoston kuntoa voidaan arvioida esimerkiksi viemäriverkoniän, vuotovesimäärien ja tukosten perusteella. [1, s. 330.]

4 Pumppaamon huolto ja kunnossapidon ohjaus Ahjo-sovelluksella

Pumppaamot koostuvat kokonaisuudessaan hyvin monesta erilaisista toiminnoista. Tärkeintä on ennakointi ja huolto, johon liittyvät luotettavat hälytysjärjestelmät. Kirkkonummen Vesi hoitaa itse pumppaamoiden seurannan, kunnossapidon ja osan korjauksista. Tietyt korjaukset hankitaan ostopalveluna esimerkiksi pumppuvalmistajalta. Pumppaamo kestää normaali huolloilla noin 20–25 vuotta.

Pumppaamoon lisätään pinnantunnistimia, jotka lähettävät hälytyksen pinnan ollessa liian korkealla. Pumppuun asennetaan myös alaraja, joka sammuttaa pumpun, kun veden alaraja on pumppaussäiliössä saavutettu. Kirkkonummen Vedellä pumppaamoissa on lähes kaikissa kaksi rinnakkaista pumppua käytössä. Pumppaamo varustetaan yleensä ylimääräisellä pumpulla, jotta vikatilanteessa toinen riittää pumppaamaan vedet. Pumppujen käynnin vuorotteluautomatiikka tasaa käyttötunnit. Hälyttimet, kuten pintakytkin tai paineanturi, säädetään ohjauskeskuksesta kaapelin avulla halutulle korkeudelle. Pinnan noustua vesiraja osuu hälyttimeen, joka puolestaan lähettää hälytyksen eteenpäin asentajille. Keskusohjaamo ja sen valvontalaitteet ovat nykyaikaisia, ja sieltä saa monenlaista tietoa pumppaamon sen hetkisestä tilasta, kuten virtausta, lämpötilaa, tehoa ja sähkön kulutusta koskevia arvoja. Tärkeä pumppaamon ominaisuus on se, että ala- ja pintarajat ovat hyvässä suhteessa toisiinsa nähden, jolloin pumpun käynti saadaan sopivaksi. Pienellä säädöllä pumpun toimintaa saadaan tehostettua ja sähkön kulutusta pienennettyä.

Pumppaamoihin on kehitelty myös sekoittajia, jotka pitävät veden liikkeessä, ja tavara lähtee tasaisemmin eteenpäin pumppaamolta. Sekoittajat säästävät sähköä ja turhia työtunteja, koska vikailmoituksia tulee täten harvemmin. Pienissä reppupumppaamoilla pintakytkimet ovat suosittuja. Paineanturi sekä pintakytkimet ovat siitä huonoja, ettei niitä ole enää järkevä korjata, ja tilalle kannata ostaa aina uusi. Hyvää niissä on se, että ne eivät ole kalliita, ja yksinkertaisuus ja toimivuus ovat kohtalaisen hyviä. Pumppaamoissa pumppua voidaan tarvittaessa ohjata käsin, ja yksin ollessaan pumpun ohjaus toimii automaattisesti. Pumppaamo voidaan myös kauko-ohjata manuaalisesti valvomokoneella ja tarkistaa pumppaamon tila ennen sen käynnistämistä. Ohjauskeskus ei ole 100-prosenttisen luotettava, eivätkä pintatunnistimet välttämättä ilmoita viasta, kuten silloin, jos pintakytkimet hajoavat eikä vikailmoitus lähde ajoissa asentajille.

Pumppaamon hyvä suunnittelu helpottaa asentajien työskentelyä pumppaamalla. Pumppujen nosto ja laskeminen tehdään helpoksi, jotta huoltotyöt sujuisivat. Keskipakopumput ja uppopumput ovat yleisimmät ja niiden puhdistusta ei juurikaan tarvitse asentajien itse hoitaa käsin. Uppopumput ovat siitä käteviä, että niiden pumppu ja moottori ovat molemmat yhdessä kokonaisuudessa ja niiden laskeminen onnistuu johdeputkia pitkin säiliöön. Uppopumppu asettuu itsestään pienellä hienosäädöllä oikeaan kohtaan, josta se lähtee paineella viemään säiliön tavaraa eteenpäin. Uppopumppu on myös edullinen vaihtoehto. [5, s. 19.]

Kunnossapidon ja huoltojen järjestelmällistä suorittamista varten on markkinoilla useita sähköisiä kunnossapitojärjestelmiä. Kirkkonummen Vedellä on käytössä Masinotek Oy:n Ahjo-sovellus. Ahjo-järjestelmään on määritelty pumppaamojen tarkastus- ja huoltokäynnit. Pumppaamoja huolletaan järjestelmän avulla ennakoidusti, ja korjaustarpeet kirjataan havaintojen perusteella työtehtäviksi. Kirkkonummen Vedellä on noin sata pumppaamoja, joista kaikki pumppaamot ovat listattuna Ahjossa. Osa pumppaamon pumppuista tai ohjauskeskuksen laitteista saattaa olla huollossa tai rikki. Silloin pumppaamon toimintakin on epävarmaa, jos joku komponentti puuttuu. Seuraukset voisivat johtaa esimerkiksi ympäristön saastumiseen. Pumppaamon ollessa täysi ja toimimaton menee jätevesi aina muita reittejä ulos pumppaamosta. Jätevesi ei kuulu luontoon, eikä kenenkään asuntoon tai rakennuksiin. Huollon ja tarkistuskäyntien tarkoitus on minimoida ylivuodot. Lisäksi ennakointi tulee paljon edullisemmaksi kuin huoltamattoman pumppaamon täyskorjaaminen laiminlyönnin vuoksi.

5 Vioista aiheutuvat kustannukset

Suunnittelussa tulee huomioida tekninen ns. suljettu järjestelmän toimivuus eli paineellinen linja. Jäteveden siirtämisessä olennaista on se, että osataan huomioida siirtomatkat, joissa maastot ovat laajoja ja vaihtelevia. Vaikka nykyajan pumput ovat hyvin kehittyneitä, ne tarvitsevat virtaa, huoltoa ja kunnossapitoa toimiakseen. Linjaston pumppausta voidaan pitää linjaston tärkeimpänä komponenttina, joten niiden suunnitteluun ja kunnossapitoon menee myös paljon aikaa ja rahaa. Mikäli pumppaamot eivät toimi, ei toimi jätevesilinjaston haluttu systeemi, jolloin pumppaamot ovat myös riski kunnalle. [5, s. 18.]

Pumppaamot sijoitetaan yleensä sivummalle asutuksesta mahdollisuuksien mukaan. Pumppaamoiden hajuhaitat, ja kunnossapidon melu aiheuttavat haittaa lähellä asuville, joten sijoitus pyritään asentamaan kauemmaksi asuinalueista. Vesistöjen lähellä sijaitsevat pumppaamot tulee huomioida erikseen, ettei ympäristölle tule haittaa mahdollisista vuodoista. [5, s.12–13.]

Pumppaamon sijainnin määrää maaston muodot, ja pumppaamo sijoitetaan maaston alimpaan kohtaan. Tästä syystä pumppaamon asentaminen sivummalle asuinalueelta on haastavaa, eikä pumppaamon sijoituksen ensi kriteerinä ole välttää asuinalueelle sijoitusta. Vesistöjen lähellä sijaitsevat pumppaamot huomioidaan suunnitteluvaiheessa erikseen.

Taulukkoon 1 on laitettu keskimääräiset hinta-arviot, jotka aiheutuvat pumppaamoiden vikaantuessa. Taulukosta voidaan todeta, että tukokset ja uudet pumpput aiheuttavat suurimmat kustannukset. Pumpput kestävät noin 15 vuotta, joten pumppujen uusiminen on pakollista pumppaamoissa. Tukoksilta sen sijaan voidaan välttyä laadukkaana seurannan ja kunnossapidon avulla.

Taulukko 1. Ote kuvaa pumppaamoiden kustannuksia, jotka aiheutuvat vioista

Pumppaamon vikojen keskimääräiset korjaukset (€)				
		Pumppaamon kokoluokka		
Vikatyyppi		Pieni	Keskikokoinen	Suuri
Pumppaamon koko	Sähköt	1 500	3 000	5 000
	Automaatio	600	1 000	2 000
	Putket	500	1 500	6 000
	Pumppu	3 000	5 000	25 000
	Tukos/ylivuoto	3 000	4 000	10 000

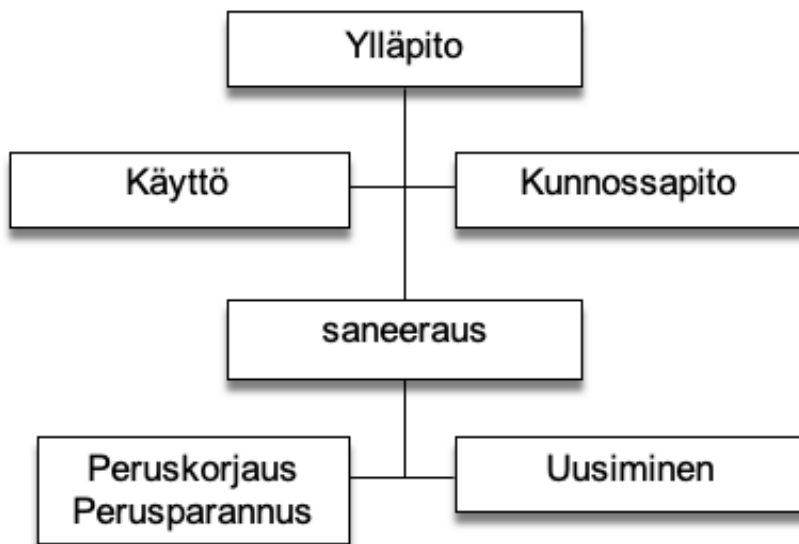
6 Pumppaamon saneeraus

Saneerauksen tarve koostuu monesta tekijästä, kuten rakenteellisista tekijöistä, iästä aiheutuvasta normaalista kulumisesta ja toiminnallisista tekijöistä. Rakenteellisilla tekijöillä tarkoitetaan, että rakenteet heikkenevät käytön myötä ja säännölliset huollot eivät auta rakenteiden pidempiaikaiseen säilymiseen. Näitä rakenteellisia kulumia voivat olla esimerkiksi korroosio, painumat, siirtymät ja tiivisteiden hapertuminen. Toiminnalliset tekijät voivat tarkoittaa esimerkiksi yli- tai alikuormitusta pumppaamoissa. Tästä voi aiheutua pumppaamolle rasite, jolloin pumpput käynnistyvät tiheästi ja lyhytkestoisesti, jolloin pumppujen käyttöikä. Iästä aiheutuvat haitat ovat liitännäisiä rakenteellisiin tekijöihin. Muita syitä voivat olla erilaiset toiminnanhäiriöt, joissa siihen liittyvät instrumentit ei toimi halutulla tavalla. Pumppaamo saattaa lähettää mm. ristiriita-, ylivuoto- tai kommunikointihäilytyksiä kaukovalvontaan, vaikka automaatio olisi katsottu toimivaksi. Toiminnanhäiriö voi tarkoittaa myös putkirikkoa, tukosta ja paineen alentumista. [4, s. 650.]

Saneeraustarpeen määrittely vaatii runsaasti lähtötietoja ja kokemusta. Pumppaamon kunnossapitotarpeen lisääntyminen on yksi merkittävä merkki saneeraustarpeesta. Kunnossapidon tarpeen kasvaessa aiheutuu yleensä myös lisäkustannuksia. Saneeraustar-

peen määrittelyyn vaikuttaa häiriön vaikutukset ympäristöön. Jotta edellä mainittuja havaintoja voidaan tehdä, tämä edellyttää verkon ja pumppaamoiden jatkuvaa tarkkailua ja seurantaa.

Tarkkailua helpottaa seurantatiedon dokumentointi kunnossapitojärjestelmään. Tällaisten ohjelmien tulisi olla helppo käyttöisiä ja selkeitä, jotta niiden hyödyntäminen työn ohella olisi sujuvaa. Ohjelman luonti riippuu työpaikan toiveista ja siltä, mitkä ovat tärkeimmät seikat. Näillä ohjelmilla tai dokumenteilla on tarkoituksena ylläpitää ennalta ehkäisevää hyvää laatua ja välttää toiminnanhäiriöitä. Suuren vuotoriskin vallitessa tai jos kyseessä on huonokuntoinen pumppaamo, sijoitetaan nämä saneerausjärjestyksen alkupäähän ja selvitetään, kuinka kiireellisestä tapauksesta on kyse. Kuva 4 näyttää pumppaamon ylläpitoprosessin.



Kuva 4. Pumppaamon ylläpito [4, s. 648]

Saneeraus voi olla peruskorjausta tai uusimista. Peruskorjaus tarkoittaa, että vanhoja rakenteita korjataan ja kunnostetaan. Vanha rakenne jätetään, mutta osia saatetaan uusia ja asentaa vanhaan rakenteeseen. Peruskorjauksessa kaikki ehjä jätetään ja vain rikkiäiset osat uusitaan. Tämä tarkoittaa myös laajempaa parannusta ja korjausta kuin mitä kunnossapidolla saataisiin aikaiseksi. Uusiminen tarkoittaa, että vanhat rakenteet uusitaan kokonaisuudessaan eli vanhan tilalle tulee kokonaan uusi pumppaamo. [5]

7 Hankekortti

Pumppaamoiden saneerauksen toteuttamisen avuksi on laadittu hankekortti, johon laitetaan pumppaamosta mahdollisimman paljon tietoa sen hetkisestä tilasta. Hankekortit laaditaan valmiiksi esimerkiksi kymmenestä suurimman riskin pumppaamosta. Tällöin vuosittaiset saneerauskohteet voidaan valita pienemmästä pumppaamojoukosta, eikä koko pumppaamomassaa tarvitse arvioida joka vuosi. Hankekortit voidaan laittaa esimerkiksi riskijärjestykseen. Hankekorteista valitaan saneeraukseen suurimmat riskiluvut saaneet pumppaamot, tai ne, joilla on riittävän korkea riskiluku, mutta alueella toteutetaan esimerkiksi muuta maarakennusta, johon saneeraus voidaan yhdistää. Saneeraustarve arvioidaan tuleville vuosille, mielellään ainakin seuraavalle kymmenelle vuodelle, minkä perusteella voidaan jakaa tulevat korjaukset vuositasolle ja määrittää tästä budjetti tulevien vuosien investoinneille. Hankekortteja päivitetään pumppaamoiden riskitaulukon muutosten myötä. Jos esimerkiksi pumppaamon vikaantuminen kasvaa, riskiluokkaa nostetaan ja pumppaamo siirtyy saneerausjärjestyksessä eteenpäin. Tarkoitus onkin, että nämä tukisivat toisiansa ja Exceliin tehdystä riskitaulukosta tiedon siirto hankekortin olisi helppoa ja vaivatonta. Hankekortti toimii saneerausvaiheen suunnitteluvaiheessa hyvänä pohjana, jonka avulla toteutuksesta on helppo keskustella.

8 Tuloksena saatu Excel-malli

Tuloksena on Excel-malli, jossa on esiteltynä Kirkkonummen Veden jätevedenpumppaamot ja niiden riskiluokitukset. Mallin käytöstä on tehty Kirkkonummen Vedelle omat ohjeet. Ohjeista löytyy myös ehdotuksia, miten hankekorttia käytetään ja ehdotuksia, miten kunnossapidon Ahjo-sovelluksen tietoja voitaisiin hyödyntää riskinarvioinnissa. Excel-taulukossa on esitetty pumppaamon nimi, ikä, milloin viimeisin saneeraus on tehty, arvio häiriön vaikutuksista ympäristöön, kokoluokka ja kokemukseen perustuva arvio kuntotilasta. Riskianalyysin mukaan mitä iäkkäämpi pumppaamo, sitä enemmän korjauksia pumppaamo tarvitsee ja riski vian toteutumiseen on korkeampi. Pumppaamon ikä korreloi selvästi pumppaamon kunnan kanssa. Vian vaikutus ympäristöön on liitoksissa siihen, onko pumppaamon ylivuoto yhteydessä jokeen, järveen, mereen tai aiheuttaako ylivuoto muuta haittaa ympäristölle, rakenteille, luonnolle tai ihmisille. Lisäksi ympäristövaikutuksen suuruuteen vaikuttaa pumppaamon koko. Suuren pumppaamon riskitaso on lähtökohtaisesti suurempi kuin pienen. Sen vuoksi vaikutukset on arvioitu pumppaamon koon ja ympäristöhaittojen yhteisvaikutuksena.

Tuloksena opinnäytetyöstä on saatu toimiva Excel-malli, joka on helppokäyttöinen alavetovalikoiden ja lajittelun avulla. Malli on yksinkertainen, ja antaa jatkuvaan seurantaan tarvittavat riskikategoriat ja pumppaamoiden saneerausjärjestyksen. Kirkkonummen Vedellä ei ole ollut aikaisempaa yhteenvedoa kaikista pumppaamoista. Tietojen keräämisellä ja kokoamisella yhteen paikkaan on voitu luoda toimiva saneerausjärjestelmä. Excel-mallin voi ottaa heti käyttöön, koska malli on rakennettu Kirkkonummen Veden omista pumppaamoista.

Excel-malli on yksinkertainen lista pumppaamoista perustietoineen. Työntekijät syöttävät tarvittavat tiedot syöttökenttiin ja malli laskee pumppaamoille riskikategoriat automaattisesti, sekä tekee yhteenvedon kaikista pumppaamoista kahteen piirakkagraafiin erilliselle välilehdelle. Excelissä esitettyyn graafiseen riskianalyysiin vaikuttaa ihmisen kokemus riskin tunne eli kokemus, pumppaamon ikä, nykyiset vauriot ja tehdyt saneeraukset tai tulevaisuudessa tarvittavat saneeraukset. Huoltojen ja päivystyksien määrät ja vikailmoitukset on liitettyä kuntotason luokitukseen.

Taulukko 2 on ote Excel-mallista, jossa näkyy pumppaamoiden automaattisesti laskettavat kentät riskikategoria, vaikutus ja todennäköisyys. Nämä sarakkeet on määritelty kaavoilla laskemaan automaattisesti taulukoiden 10, 12 ja 14 mukaan. Sarakkeet on lukittu, joten loppukäyttäjä ei pääse vahingossa muokkaamaan niitä ilman, että ottaa Excel-suojauksen pois päältä.

Taulukko 2. Ote Excel-mallista, jossa pienten ja keskikokoisten pumppaamojen riskikategoriat ja mallin muuttujat.

Riskikategoria	Vaikutus	Todennäköisyys	Nimi
1	1	1	Abrasinmäki jvp
1	1	1	Allisgårdintie jvp
Puuttuu	2	Puuttuu	Astra jvp
2	1	2	Bengt Schalinin tien jvp
Puuttuu	2	Puuttuu	Brittebontie jvp
3	1	3	Bron jvp
3	3	1	Danskarbyn jvp
3	3	1	Finnsbackan jvp

Taulukko 3 ja 4 kuvaa syötettäviä tietoja, joita loppukäyttäjää pääsee muokkaamaan. Näistä arvoista lopullinen riskikategoria lasketaan automaattisesti. Vaaleansinisellä värillä merkityt solut ovat muokattavia kenttiä. Jokaisella solulla on vetovalikko, jossa on ennakkoon määritellyt arvot. Muita kuin vetovalikossa olevia arvoja ei kenttiin pysty syöttämään. Saneeraus-/rakennusikäsarake laskee automaattisesti iän vuosissa käyttäen hankintavuosi-/saneerausvuosisarakkeen arvoja.

Taulukko 3. Ote Excel-mallista: syötettävät tiedot

Saneeraus-/Rakennusikä	Hankintavuosi/Saneerausvuosi	Vuotomahdollisuus	Kokoluokka	Kuntotaso
16	2003	Ei mitään	Pieni	Tyydyttävä
6	2013	Rakennukseen/kadulle/luontoon	Pieni	Hyvä
32	1987	Vesistöön	Pieni	
21	1998	Rakennukseen/kadulle/luontoon	Pieni	Tyydyttävä
10	2009	Vesistöön	Pieni	
28	1991	Ei mitään	Pieni	Tyydyttävä
15	2004	Vesistöön	Keskikokoinen	Tyydyttävä
1	2018	Vesistöön	Keskikokoinen	Hyvä

Taulukko 4. Ote esimerkki alavetovalikosta

Hankintavuosi/Saneerausvuosi	Vuotomahdollisuus	Kokoluokka	Kuntotaso	Kun
2003	Ei mitään	Pieni	Tyydyttävä	
2013	Rakennukseen/kadulle/luontoon	Pieni	Hyvä	
1987	Vesistöön	Pieni	Tyydyttävä	
1998	Rakennukseen/kadulle/luontoon	Pieni	Huono	
2009	Vesistöön	Pieni	Erittäin huono	
1991	Ei mitään	Pieni	Tyydyttävä	OK,
2004	Vesistöön	Keskikokoinen	Tyydyttävä	
2018	Vesistöön	Keskikokoinen	Hyvä	
2000	Vesistöön	Pieni	Erittäin huono	Huc

Taulukko 5 kuvaa kommenttikenttiä, joihin loppukäyttäjät voivat vapaasti kirjoittaa pumppaamon nykyisestä kuntotasosta ja tehdyistä korjauksista.

Taulukko 5. Ote Excel-mallista: Kommenttikentät

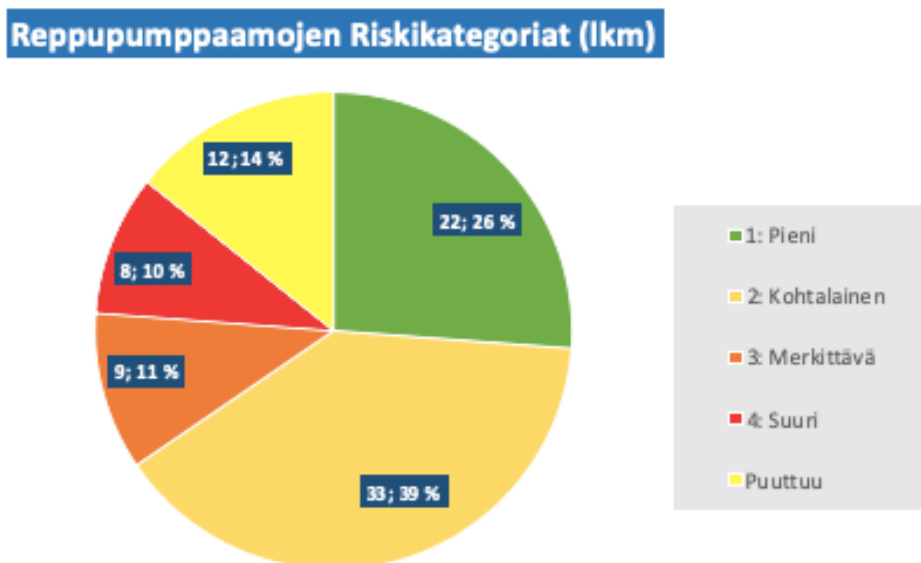
Kuntotason nykyinen tilanne	Tehdyt korjaukset
OK, nousuputken hitsaus	Pumput ja niiden varusteet uusittu 1991, rakennettu 1974
	Uusi pumppaamo

Taulukko 6 kuvaa riskikategorian ja mallin muuttujat erikseen siirtolinjoille. Nämä on määritelty samalla logiikalla kuin pienten ja keskikoisten pumppaamojen riskikategoriat mutta lueteltu eri välilehdelle. Mallissa eteläinen ja pohjoinen siirtolinja on lisäksi eritelty toisistaan.

Taulukko 6. Ote Excel-mallista: Siirtolinjat

	Riskikategoria	Vaikutus	Todennäköisyys	Nimi
Eteläinen siirtolinja	3	3	1	Hindersby
	3	3	1	Sokerimestarintie
	3	3	1	Pikkalanlahti
	3	3	1	Syväjärvi

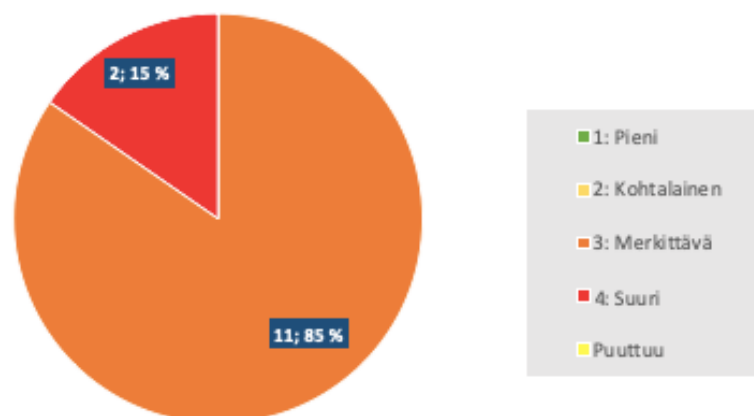
8.1 Yhteenvetokuvat pumppaamoiden riskiluokituksesta



Kuva 5. Pienten ja keskikokoisten pumppaamoiden yhteenvetokuva

Kuvassa 5 on yhteenvetokuva, jossa on esitetty kaikki Kirkkonummen Veden pienet ja keskikokoiset jätevedenpumppaamot lukumäärällisesti. Piirakka on liitetty Excel-malliin. Piirakasta voi seurata yhteenvetona esimerkiksi, montako pumppaamo on määrällisesti ja prosentuaalisesti punaisena. Kuvan perusteella siis voidaan sanoa, että suuririskisiä pumppaamoja on lukumäärällisesti 8, joka vastaa 10%:a kuviosta. Piirakka päivittyy automaattisesti, kun Excel-malliin tekee muutoksia. Mikäli Excel-malliin ei ole täytetty kaikkia tietoja, riskikategoria muuttuu keltaiseksi, joka tarkoittaa puutteellista. Pumppaamoista 14 % on tiedoiltaan puutteellisia, ja se vastaa lukumäärällisesti 12 pumppaamo.

Siirtolinjojen Riskikategoriat (lkm)



Kuva 6. Siirtolinjojen yhteenvetokuvio

Siirtolinjojen toiminta on ensisijainen ja niiden kunnossapito ja saneeraukset menevät kaikkien pumppaamojen edelle, koska nämä huolehtivat jäteveden eteenpäin viemisestä jätevedenpuhdistamolle. Tämän takia siirtolinjat on eriteltyä erikseen omalla välilehdellä Excel-mallissa, jotta niiden seuranta olisi paremmin huomattavissa. Kuva 6 esittää samanlaista yhteenvetopiirakkaa kuin kuva 5, mutta siirtolinjoista. Lisäksi siirtolinjojen yhteenvetopiirakkaa on helpompi seurata, kun ne ovat eriteltyä erikseen kaikista muista pumppaamoista.

8.2 Saneerauksen kustannukset

Pumppaamon pumpatessa jätevettä eteenpäin on myös selvä, että mitä enemmän vettä pumpataan, sitä kalliimpaa se on. Siksi suunnitteluvaiheessa huomioidaan putkikoko, paine ja pumppujen tehontarve optimaaliseksi. Mitoitusta tärkeämpi on toimintavarmuus, koska toimimattomana pumppaamo vaatii enemmän huoltoa, kuin toimiva pumppaamo. [6, s. 17.]

Kustannuksissa tulee huomioida suunnittelu, myöhemmät laajennukset, pumppujen ja muiden laitteiden kunnossapito sekä huoltotyöt ja ympäristöriskien minimointi. [6, s. 17.]

Taulukko 7 kuvaa arvioidut saneerauskustannukset pumppaamoille kokoluokan mukaan. Mitä suurempi pumppaamo, sen kalliimpi saneeraus on. Pienessä pumppaamossa saneerauksen kokonaiskustannus on 30 000 € ja suuressa 200 000 €.

Taulukko 7. Pumppaamoiden arvioidut saneerauskustannukset kokoluokan mukaan.

Pumppaamon keskimääräinen saneerauskustannus (EUR)		
Pumppaamon kokoluokka	Pieni	30 000
	Keskikokoinen	60 000
	Suuri	200 000

Taulukossa 8 on kuvattu saneeraussuunnitelma pumppaamoille, joiden riskikategoria määriteltiin olevan 4. Kokonaiskustannuksen arvioidaan olevan 530 000 € ja se koostuu kymmenestä pumppaamosta. Pumppaamo Jorvas on ylivoimaisesti kallein investointi, koska se on siirtolinjaan kuuluva suuri pumppaamo. Arvioitu vuosittainen budjetti investoinneille on 150 000 €/vuosi, eli viiden vuoden budjetti yhteensä 750 000 €. Kaikki pumppaamot voidaan saneerata neljän vuoden sisällä mutta vuonna 2020 budjetti ylittyy 80 000 eurolla, jos Jorvaksen pumppaamo saneerataan täysimääräisesti.

Taulukko 8. Riskikategoria 4 pumppaamojen saneeraussuunnitelma.

Saneeraussuunnitelma			2019	2020	2021	2022	2023
Budjetti (EUR)			150 000	150 000	150 000	150 000	150 000
Riskikategoria 4 pumppaamot	Ikä vuosissa	Saneerauskustannus					
Suuret pumppaamot							
Strömsby	15	60 000	60 000				
Jorvas	35	200 000		200 000			
Keskikok. pumppaamot							
Menninkäisenrinteen jvp	22	60 000	60 000				
Pienet pumppaamot							
Framnäsin jvp	19	30 000				30 000	
Koneisto	39	30 000				30 000	
Luoman koulun jvp	24	30 000		30 000			
Masalanpuiston jvp	26	30 000			30 000		
Ravals	35	30 000			30 000		
Tarutien jvp	19	30 000			30 000		
Vilhonkummun jvp	28	30 000	30 000				
Kokonaissaneeraus (EUR)			150 000	230 000	90 000	60 000	0
Erotus budjettiin			0	80 000	-60 000	-90 000	-150 000

8.3 Ahjon ja hankekortin hyödyntäminen

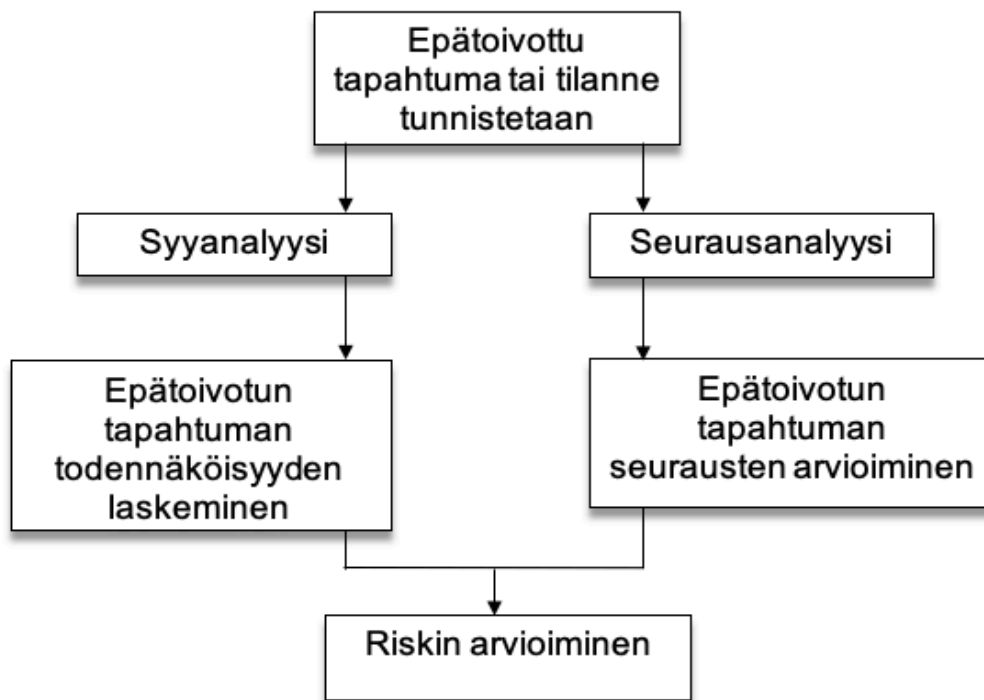
Ahjo-sovelluksen hyödyntäminen Excel-mallissa vaatii Ahjo-tietojen jatkuvaa siirtämistä Excel-malliin. Ahjo-sovellus toimii erillisenä apuvälineenä päivittäisessä työssä, mutta tietoja ei ole toistaiseksi siirretty Ahjosta erilliseen järjestelmään. Ahjo-sovellusta voi halutessaan käyttää tukena Excel-mallissa, jolloin Ahjon tehtävät ja havainnot eivät huku Ahjo-järjestelmään tai jää raportoimatta. Kunnossapidon tekemät havainnot Ahjon kautta on mahdollista siirtää Excel-malliin, koska malliin on laitettu kommenttikentät. Mikäli pumppaamoissa ei löydy perushuoltojen lisäksi mitään huomioitavaa, ei Ahjon tietoja ole myöskään tarpeellista siirtää Excelliin. Noin kerran kuussa Ahjo-tietojen ja havaintojen siirtäminen olisi tarpeellista, jotta vältyttäisiin mahdollisilta tietokatkoilta. Lisäksi Ahjon ja Excelin yhteiskäyttö helpottaisi ja nopeuttaisi tulevaisuudessa hankekorttien täyttämistä.

Ahjon, Excel-mallin ja hankekortin yhteiskäyttö on siitä kiinni, saadaanko työpaikalta joku vastuhenkilö hoitamaan näitä. Hankekorttipohjat ja Excel-malli ovat valmiita käyttöön eli Ahjo-tietojen siirtäminen Excel-malliin tai suoraan hankekorttiin vaatii vain tekijän.

Ahjo on toiminut Kirkkonummen Vedellä asentajien työkaluna erityisesti pumppaamokierrosten tekemiseen. Ahjoon on määritelty pumppaamon tarkastusvälit, jolloin asentajat käyvät tarkistamassa pumppaamot. Excel-mallia voidaan tässä hyödyntää ja käyttää resurssit mahdollisesti huoltoa vaativampiin kohteisiin. Excel-mallista voidaan tunnistaa riskiluokassa 3 ja 4 olevat pumppaamot, jotka ovat pian tulossa saneeraukseen. Ahjo-kierroksille voisi Excel-mallia hyödyntäen asentaa pumppaamoille uudet pumppaamokierroksien käyntiajat ja näin ollen resursseja käytettäisiin huomattavasti tehokkaammin. Esimerkiksi resurssit voitaisiin kohdentaa 3- ja 4-riskiluokkiin ja väljentää 1- ja 2-riskiluokkien pumppaamokierroksien käyntien määrää. Uudet ja 1-riskiluokassa olevat pumppaamot eivät tarvitse niin säännöllisiä huoltovälejä, jolloin resurssit kohdennettaisiin tarvitseville pumppaamoille.

9 Pumppaamoiden riskianalyysi

Riskiä voidaan seurata esimerkiksi vuoden ajalta tapahtumien todennäköisyyden mukaan. Todennäköisyys voi tarkoittaa sitä, kuinka usein jokin asia esiintyy määritetyn ajan sisällä. Riski saadaan laskemalla tapahtuman todennäköisyys ja kertomalla se vahinkojen laajuudella (kuva 7). [9, s.116.]



Kuva 7. Riskianalyysi [9, s.116.]

Jätevedenpumppaamoiden kunnonarviointi ja saneeraustarpeen määrittäminen tehdään riskianalyysillä, jossa arvioidaan epätoivottujen tapahtumien todennäköisyyttä ja seurauksia. Jokaiselle pumppaamolle arvioidaan riskikategoria, joka koostuu kahdesta muuttujasta:

Riskikategoria = Vian ilmenemisen todennäköisyys ja vian aiheuttama vaikutus

Vian ilmenemisen todennäköisyys kuvaa todennäköisyyttä, että pumppaamossa tapahtuu huomattava vikatilanne. Vian aiheuttama vaikutus taas kuvaa viasta aiheutuvaa haittaa lähiympäristöön. Molemmat muuttujat arvioidaan ensin omiin kategorioihin. Muuttujista saadut arvot syötetään sitten riskikategoriataulukoon, joka määrittelee lopullisen riskikategorian pumppaamolle. Kuvassa 9 voidaan nähdä, miten vian todennäköisyys ja vaikutus sekä lopullinen riskikategoria määritellään kolmen eri taulukon avulla.

Taulukko 9. Riskikategoria yhteenvetotaulukko

Todennäköisyys					
Kuntotaso					
Saneeraus-/Rakennusikä		Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
	0-10	1	1	2	3
	10-18	1	1	2	4
	18-25	2	2	3	4
	25+	3	3	4	4

Todennäköisyysarvot	
1	Epätodennäköinen
2	Mahdollinen
3	Todennäköinen
4	Lähes varma

Vaikutuksen arvot				
Kokoluokka				
Vuotomahdollisuus		Pieni	Keskikokoinen	Suuri
	Ei mitään	1	1	2
	Rakennukseen/kadulle/luontoon	1	2	3
	Vesistöön	2	3	3

Vaikutuksen arvot	
1	Vähäinen
2	Kohtalainen
3	Kriittinen

Riskikategoria					
Todennäköisyys					
Vaikutus		1	2	3	4
	1	1	2	3	4
	2	2	2	3	4
	3	3	3	4	4
	4	3	3	4	4

Riskikategorian arvot	
1	Pieni
2	Kohtalainen
3	Merkittävä
4	Suuri

Taulukko 10 kuvaa, miten vian ilmenemisen todennäköisyys määritellään. Pumppaamon ikä vuosina määritellään neljään eri kategoriaan. Jos pumppaamoon on suoritettu merkittävä saneeraus, lasketaan ikä saneerausvuodesta eteenpäin. Toinen muuttuja on pumppaamon kuntotaso, joka määritellään asteikolla erittäin huono/huono/tyydyttävä/hyvä. Käyttäen näitä kahta muuttujaa saadaan vian todennäköisyydelle arvo välillä 1-4 (taulukko 11).

Taulukko 10. Todennäköisyys saneeraus-/rakennusikä ja kuntotaso

Todennäköisyys					
Kuntotaso					
Saneeraus-/Rakennusikä		Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
	0-10	1	1	2	3
	10-18	1	1	2	4
	18-25	2	2	3	4
	25+	3	3	4	4

Taulukko 11. Vian todennäköisyyden arvot 1-4 näytetään taulukossa 4, jossa arvo 1 on alhaisin todennäköisyys ja arvo 4 on suurin.

Todennäköisyysarvot	
1	Epätodennäköinen
2	Mahdollinen
3	Todennäköinen
4	Lähes varma

Taulukko 12 kuvaa vian vaikutuksen suuruutta kahdella muuttujalla: pumppaamon kokoluokka ja vuotomahdollisuus. Mitä suurempi pumppaamo, sen merkittävämpi mahdollisen vian vaikutus on. Vaihtoehtoja on kolme: pieni, keskikokoinen ja suuri. Vuotomahdollisuus kertoo, mihin mahdollinen vikatilanne aiheuttaa ylivuotoa. Tälle vaihtoehtoja on myös kolme: ei mitään, rakennukseen/kadulle/luontoon ja vesistöön. Jos ylivuoto pääsee vesistöön, sen vaikutus on ympäristöön suurin. Ylivuodot rakennukseen/kadulle/luontoon aiheuttavat vähemmän haittaa ja jos sijainti on kaukana edellä mainituista, niin riski ympäristöön on vähäinen, jolloin voidaan käyttää vaihtoehtoa ”Ei mitään”. Vian todennäköisyyden arvot 1-3 näytetään taulukossa 13, jossa arvo 1 on alhaisin vaikutus arvo ja arvo 3 on suurin.

Taulukko 12. Vian vaikutuksen arvot kokoluokka ja vuotomahdollisuus

Vaikutuksen arvot				
	Kokoluokka			
		Pieni	Keskikokoinen	Suuri
Vuotomahdollisuus	Ei mitään	1	1	2
	Rakennukseen/kadulle/luontoon	1	2	3
	Vesistöön	2	3	3

Taulukko 13. Vian todennäköisyyden arvot

Vaikutuksen arvot	
1	Vähäinen
2	Kohtalainen
3	Kriittinen

Taulukko 14 kuvaa, miten mahdollisen vian todennäköisyys ja vaikutus määrittelevät lopullisen riskikategorian pumppaamolle. Riskikategorioita on neljä ja niiden merkitykset on eritelty taulukossa 14. Esimerkiksi jos vian vaikutus on arvoltaan 3 (kriittinen) ja todennäköisyys 3 (todennäköinen), saa pumppaamo riskikategorian 4 (suuri), joka tarkoittaa suurta riskitasoa. Taulukossa 15 on riskikategoria-arvojen määrittely.

Taulukko 14. Riskikategorian määrittely käyttäen taulukoiden 1 ja 3 arvoja.

Riskikategoria					
		Todennäköisyys			
		1	2	3	4
Vaikutus	1	1	2	3	4
	2	2	2	3	4
	3	3	3	4	4
	4	4	4	4	4

Taulukko 15. Riskikategoria-arvojen määrittely

Riskikategorian arvot	
1	Pieni
2	Kohtalainen
3	Merkittävä
4	Suuri

10 Yhteenveto

Insinööriyössä kasattiin Kirkkonummen Veden jätevedenpumppaamoista haluttu data ensin Exceliin. Kasatuista tiedoista koottiin jätevesipumppaamoiden riskianalyysi, josta tuloksena tuli Excel-malli, johon on järjesteltynä seuraavat saneerauskohteet riskikategorian mukaan. Excel-mallista saa tietoa pumppaamoiden tämän hetkisestä tilasta, tehdyistä saneerauksista ja seuraavien saneerauksien ajankohdasta. Työn tavoitteena oli luoda toimiva järjestelmä, joka toimisi hyvänä pohjana tulevien saneerauskohteiden valikoinnissa ja määrittelyssä. Tulokseksi saatiin onnistunut saneerausjärjestelmä, joka on toimintojensa ansiosta yksinkertainen ja helppokäyttöinen käyttäjälleen. Työssä on ehdotuksia, miten Excel-mallia voidaan jatkossa hyödyntää Ahjo-sovelluksen ja hankekorttien rinnalla. Excel-mallin käyttöönotto vaatii käyttöönottajaa ja vastuuhenkilön, joka kokeilee Excel-mallin käytettävyyttä ja tehokkuutta työkaluna muun työhönsä.

Työhön on lisättyä esimerkkilaskelma tulevista investoinneista viiden vuoden ajalta. Laskelma näyttää saneerauskustannukset pumppaamoille, jotka ovat riskikategoriassa 4 (korkeariskisiä). Kirkkonummen Vedelle on tehty pidempi laskelma tulevista saneerauksista ja siitä, milloin mahdolliset investointikustannukset kasaantuvat. Tätä osuutta ei ole työhön lisätty ja tähän perehtyminen olisi vienyt enemmän aikaa. Investointiosuutta olisi voinut koittaa lisätä laajempaan laskelmaan Excel-malliin, niin että kaikille pumppaamoille olisi arvioitu tulevat saneerauskustannukset usealle vuodelle. Tämä osuus ei kuitenkaan ole niin tarpeellinen tässä Excel-mallissa, vaan olisi ollut enemmänkin lisäys ja kokeilu saneerausjärjestelmässä.

Lähteet

1. RIL 124 Vesihuolto. 1981. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. Helsinki.
2. Jätevesien ympäristövaikutukset. Verkkoaineisto. Vesiensuojelu. <<https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/etusivu/jateveden-ymparisto-vaikutukset/>>. Luettu: 4.2.2019
3. Vääränen, Päivi. 2004. Veden laatu – veden fysikaalis–kemiallinen tila. Verkkoaineisto. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys. <http://www.vhvsy.fi/fi-les/upload_pdf/2113/Veden_laatu.pdf>. Luettu: 26.3.2019
4. RIL 124-2 Vesihuolto II. 2004. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. Helsinki.
5. Ympäristönsuojelulaki. 2014. 527/27.6.2014.
6. RIL 102-1994 Viemärivedenpumppaamoiden suunnittelu- ja hankintaohje. 1994. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. Helsinki.
7. Linjapumppaamot. Verkkoaineisto. Grundfos Oy. <<https://fi.grundfos.com/pumpputyypit/pumppaamot.html>>. Luettu 15.3.2019
8. Ojala, Jouni, 2019. Kunnallistekninen myynti, Grundfos Oy, Vantaa. Haastattelu 25.4.2019.
9. Pleym, Harald. 1989. Suomentanut, Sundberg, Jaakko. 1991. Ympäristötekniikka. Helsinki: Tammertekniikka.