

Simo Ylönen

# PINTAVESIVÄLITTEISET RISKIT POHJAVESIALUEILLA

Esimerkkinä Hanhikankaan pohjavesialue

Mikkelissä

Opinnäytetyö  
Ympäristötekniikan ko

Helmikuu 2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Simo Ylönen	Ympäristöteknologi- an insinööri (AMK)	Helmikuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		34 sivua 18 liitesivua
Pintavesivälitteiset riskit pohjavesialueilla Esimerkkinä Hanhikankaan pohjavesialue Mikkeliissä		
<b>Toimeksiantaja</b>		
Mikkelin seudun ympäristöpalvelut		
<b>Ohjaajat</b>		
Hannu Poutiainen, Hanna Pasonen, Heikki Tanskanen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää pintavesivälitteiset riskit Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Työ toteutettiin vastaamalla neljään aiheeseen liittyvään ongelmaan. Ensimmäinen ongelma ratkaistiin luomalla karttatarkastelu Hanhikankaan pohjavesialueelle, josta saatiin selville, kuinka laajalta alueelta Hanhikankaan pohjavesialueelle on mahdollista levitä erilaisia riskitekijöitä pintaveden mukana. Sen jälkeen selvitettiin nykyinen tilannekuva Hanhikankaan pohjavesialueen ja pohjavesialueelle vaikutuksensa ulottavien alueiden pintaveden nykytilasta ja tilanteen kehittymisestä viimeisen 15 vuoden ajalta. Kolmanneksi tehtiin kuormitusmallinnus Hanhikankaan pohjavesialueelle ja viimeiseksi selvitettiin Mikkelin pohjavesialueilla ja pohjavesialueille vaikutuksensa ulottavalla alueella sijaitseviin jätevesipumppaamoihin liittyvät riskit systemaattista riskianalyyssimenetelmää hyödyntämällä. Tietoa kerättiin, digitoitiin ja mallinnettiin tulevaisuuden vesistöprojekteja varten.</p> <p>Tiedon mallinnukseen ja keräämiseen käytettiin ArcGIS Pro:ta ja -Collectoria. Tietoa saatiin kerättyä ympäristöstä, erilaisista tietokannoista, haastatteluilla sekä Esrin ja Suomen ympäristökeskuksen karttatietojärjestelmistä. Kuvaajat ja tarvittavat laskelmat tehtiin Excelillä.</p> <p>Tuloksena saatiin selville, että pohjavesialueelle voi syntyä riskejä pintaveden liikkeistä pohjavesialueella. Suurimmat riskit Hanhikankaalle syntyvät ihmisten aiheuttamien tahattomien päästöjen seurauksena. Emolanjoen virtaus on kohtalaisen vähäistä, ja siksi pienemmätkin pitoisuusmuutokset aiheuttavat muutoksia veden kokonaislaatuun.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
pohjavesi, jätevesi, riskianalyysi, vedenlaatu, mallintaminen		

Author	Degree	Time
Simo Ylönen	Bachelor of Science in environmental en- gineering	February 2018
<b>Thesis Title</b>		34 pages 18 pages of appen- dices
Surface water related risks to ground water In example of ground water area of Hanhikangas		
<b>Commissioned by</b>		
Regional environmental services of Mikkeli		
<b>Supervisors</b>		
Hannu Poutiainen, Hanna Pasonen, Heikki Tanskanen		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective of this bachelor's thesis was to research what kind of environmental risks to groundwater are caused by the flow of surface water. The research was done by completing four problems of this subject. The problems were completed by making a model which shows from how far the ground water can be contaminated by the drainage of surface water, then making a presentation of the water quality of Hanhikangas spanning from the last 15 years. The third section was to make a model that shows what happens to the water quality of Hanhikangas, if a leakage happens from nearby waste water pumping stations and the last part was making a risk analysis of those pumping stations by using systematic risk analysis standard of Regional environmental services of Mikkeli.</p> <p>The data collected in this thesis will be used in projects of commissioner later on.</p> <p>Data collecting and environmental modeling were mostly done with ArcGIS Pro and ArcGIS Collector by using different feature- and tile layers and base maps of SYKE and Esri. The data was collected from the environment, from different databases and by interviewing people. Calculations and graphs were made with Excel.</p> <p>The results of this thesis show that the quality of surface water can create risks to ground water. The most notable risk to ground water was caused by inadvertent human influence such as failure of nearby waste pumping systems. The water flow of Emolanjoki is scarce and therefore even the slightest changes of water quality can be notable for the overall water quality of the river.</p>		
<b>Keywords</b>		
ground water, waste, risk analysis, water quality, environmental modeling		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TEORIA JA TAUSTATIEDOT .....	8
2.1	Pohjavesialueet ja pohjavesialueille kohdistuvat riskit .....	8
2.2	Valuma-alue.....	10
2.3	Vemala .....	11
2.4	Jätevesipumppaamot ja riskianalyysi.....	12
2.5	Aiemmat tutkimukset ja aineistot .....	13
3	MENETELMÄT .....	14
3.1	Valuma-alue tarkastelu .....	14
3.2	Vesistön kuormitustilanne ja tilanteen kehittyminen Pankajoessa ja Hanhikankaalla.....	15
3.3	Vemala .....	15
3.4	Pumppaamojen riskianalyysi .....	16
3.4.1	Pumppaamoihin liittyvien ympäristöriskien arviointi .....	17
3.4.2	Riskianalyysi .....	18
4	TULOKSET .....	21
4.1	Valuma-alue tarkastelu .....	21
4.2	Kuormitustilanne .....	21
4.2.1	Kuormitustulokset.....	25
4.2.2	Vemala.....	26
4.3	Pumppaamot ja riskianalyysi .....	30
5	TULOSTEN TARKASTELU .....	32
5.1	Valuma-alue tarkastelu .....	33
5.2	Kuormitustilanne .....	33
5.3	Pumppaamojen riskianalyysi ja Vemalan tulokset .....	35
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
6.1	Valuma-alue tarkastelu .....	37

6.2	Kuormitustilanne .....	37
6.3	Pumppaamojen riskianalyysi ja Vemalan tulokset .....	38
LÄHTEET.....		40

## LIITTEET

Liite 1. Pumppaamokortit

Liite 2. Pankajoen tulokset

Liite 3. Vesistötuloksien taulukkotiedot

Liite 4. Pumppaamoiden riskianalyysitiedot

## 1 JOHDANTO

Vesihuoltolain (Vesihuoltolaki 17 a §) mukaan kunnan tulee kehittää vesihuoltoa alueellaan yhdyskuntakehitystä vastaavasti vesihuoltolain tavoitteiden toteuttamiseksi yhteistyössä alueensa vesihuoltolaitosten, laitoksille vettä toimittavien ja niiden jätevesiä käsittelevien sekä muiden kuntien kanssa sekä osallistua vesihuollon alueelliseen yleissuunnitteluun. Vesilaitoksen tehtävä on toimittaa kuntalaisille vettä sekä huolehtia jäteveden puhdistamisesta. Erilaisilla vedentuotannon suunnittelun tehtäviä varten ovat olemassa varautumissuunnitelmat, kuten WHO:n käytössä oleva suositus WSP:stä (Water safety plan). (WHO 2012.)

Vesihuoltolaitosten varautumissuunnitelmissa tulee kuvata, kuinka vesihuoltolaitos varautuu puhtaan veden jakelussa tai jätevesien johtamisessa ja puhdistamisessa mahdollisesti esiintyviin häiriötekijöihin. Perinteisesti varautumissuunnitelmissa pääpaino on ollut puhtaan veden jakelun turvaaminen ja puhtaan veden jakelussa tapahtuviin häiriötekijöihin varautuminen (esimerkiksi Hangon vesi- ja viemärlaitoksen valmiussuunnitelma ja Lahden vesihuollon kehittämissuunnitelma) mutta yhä enemmän on alettu kiinnittää huomiota myös ennalta varautumisen tärkeyteen jätevesien johtamisessa ja puhdistamisessa ilmeneviin häiriötekijöihin. Lisäksi vedenhankinnan kannalta tärkeille pohjavesialueille kohdistuvien riskien kartoituksessa näkökulmaa on alettu vähitellen laajentaa varsinaisen pohjavesialueen rajojen ulkopuolelle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella Mikkelin pohjavesialueille kohdistuvia pintavesivälitteisiä riskejä ja määritellä pohjavesialueille valuma-alue pintavesivälitteisten riskien näkökulmasta. Tavoitteena on havainnollistaa ja selvittää, millaisia riskitekijöitä Mikkelin vedenhankinnan kannalta tärkeille pohjavesialueille voisi pintaveden mukana kulkeutua ja kuinka laajalta alueelta. Opinnäytetyössä tarkastellaan pintaveden laatua pohjavesialueilla ja pohjavesialueille vaikutuksensa ulottavissa vesistöissä ja kartoitetaan Mikkelin tärkeimmillä pohjavesialueilla ja pohjavesialueiden valuma-alueilla sijaitseviin jätevesipumppaamoihin liittyvät ympäristöriskit mahdollisessa ylivuototilanteessa. Jätevesipumppaamojen toimintaan ja sijaintiin liittyvät ympäristöriskit arvioidaan systemaattisella riskinarviointimenetelmällä. Lisäksi määritetään jäteveden kulkeutumisreitit mahdollisessa ylivuototilanteessa ja arvioidaan

pohjavesialueiden ulkopuolisten jätevesipumppaamojen mahdolliset vaikutukset pohjavesialueille. Erityisesti huomiota kiinnitetään Hanhikankaan pohjavesialueeseen ja Hanhikankaan pohjavesialueen ja lähiympäristön pintavesien laatuun ja kulkeutumisreitteihin. Opinnäytetyössä laaditaan tilannekuva Hanhikankaan pohjavesialueen pintavesikuormituksesta ja siitä, mistä kuormitus on peräisin olemassa olevien vedenlaatutietojen perusteella. Mikkelin kaupunki saa myös suurimman osan käyttövedestään (~95 %) Hanhikankaan ja Pursialan pohjavesialueilta. Hanhikankaan vedenottoa ollaan myös tehostamassa siinä määrin, että kokonaisotto kaksinkertaistuisi noin 4500 m<sup>3</sup>/d tienoille. (ELY-keskus 2010.)

Opinnäytetyön tavoitteet ovat siten alla mainitun kaltaiset:

#### 1. Valuma-alueetarkastelu

Selvittää karttatarkasteluna, kuinka laajalta alueelta Hanhikankaan pohjavesialueelle on mahdollista levitä erilaisia riskitekijöitä pintaveden mukana.

#### 2. Pintavesien laatutarkastelu

Esittää tilannekuva Hanhikankaan pohjavesialueen ja pohjavesialueelle vaikutuksensa ulottavien alueiden pintaveden nykytilasta ja tilanteen kehittymisestä viimeisen 15 vuoden aikana.

#### 3. Kuormitusmallinnus

Arvioida Hanhikankaan pohjavesialueelle kohdistuvat pintavesien laatuun vaikuttavat kuormituslähteet Vemala-ympäristömallinnusmenetelmällä.

#### 4. Jätevesipumppaamojen riskinarviointi

Selvittää Mikkelin pohjavesialueilla ja pohjavesialueille vaikutuksensa ulottavalla alueella sijaitseviin jätevesipumppaamoihin liittyvät riskit systemaattista riskianalyysimenetelmää hyödyntämällä.

Opinnäytetyö tarjoaa tausta-aineistoa yhteistyössä Geologian tutkimuskeskuksen kanssa toteutettavalle ”Kaakkois-Suomi – Venäjä CBC 2014–2020”-ohjelmaan kuuluvalla hankkeella ”Towards higher adaptive capacity in urban water management”. Keskeisenä teemana hankkeessa on ilmastonmuutoksen

vaikutukset pohjavesien laatuun ja riittävyteen. Hankkeessa arvioidaan pintaveden laadun vaikutuksia pohjaveteen ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia pintaveden laadun kehitykseen. Hankkeen tutkimuskohteina ovat Likolampi ja Hanhikankaan pohjavesialue.

## **2 TEORIA JA TAUSTATIEDOT**

### **2.1 Pohjavesialueet ja pohjavesialueille kohdistuvat riskit**

Pohjavesi on pohjavesikerroksessa sijaitsevaa vettä. Pohjavesi on yleisesti helppohoitoisin ja tehokkain tapa tarjota väestölle puhdasta vettä erityisesti alueilla, joissa joudutaan tekemään paljon työtä veden puhdistamiseksi. Pohjavettä kertyy itsestään suodattumalla muusta vedestä eri maakerroksien läpi. Suodattumalla eri maakerroksien läpi vedestä eroaa hiukkaset, patogeenit, mikro-organismit sekä monet kemialliset yhdistelmät. Pohjaveden etuja juomakäytössä pintaveden puhdistamiseen nähden on pohjaveden käytön helppous, edullisuus sekä veden tasaisen korkea laatu. Pohjavesi on myös usein helposti saatavilla. (WHO 2006.)

Pohjavesi on kuitenkin haavoittuvainen saastumiselle, ja pohjaveden laadun huononeminen on vakava asia alueen vesihuollolle. Koska pohjavesi on maaperäkerroksien alla piilossa, sen laadun tarkkailu on hankalaa. Pilaantuminen voi johtua monesta eri lähteestä ja syyt pilaantumiselle voivat olla hankalia löytää. Pohjaveden laadun taso palautuu suhteellisen hitaasti, ja sen takia mahdolliset jatkuvat kontaminaatiot vedessä voivat tehdä koko pohjaveden laajallakin alueella juomakelvottomaksi. Riskejä pohjaveden pilaantumiselle ovat myös veden ylikäyttö, jossa pohjavettä otetaan nopeammin kuin sitä ehtii muodostua. (WHO 2006.)

Valtioneuvoston asetuksen (929/2016 § 8 d) mukaan pohjavesialueen ja sen muodostamisalueen määrittämisen tulee perustua parhaaseen saatavilla olevaan hydrogeologiseen tietoon. Näiden tietojen tulee sisältää kaikki tarvittavat tiedot alueen vedenotosta, ekosysteemin tilasta sekä muut suojelun kannalta olennaiset tiedot.



Mikkelin pohjavesialueille on laadittu suojelusuunnitelma Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen toimesta. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmassa on dokumentoitu perustietoa pohjavesialueista ja tiedossa olevista pohjavesialueeseen kohdistuvista riskitekijöistä. Hanhikankaan ja Pursialan pohjavesialueet ovat Mikkelin vedenhankinnan kannalta elintärkeitä. Pursialan ja Hanhikankaan alueilta otettiin vuonna 2008 vettä keskimäärin 9100 m<sup>3</sup>/d. Mikkelin vesilaitoksen tämänhetkinen vedenottotekniikka antaa mahdollisuuden noin 10 000 m<sup>3</sup>/d vedenottoon. (ELY-keskus 2010.) Pintaveden laadun merkitys korostuu tilanteissa, joissa pohjavettä muodostuu paljon rantaimeytymällä. Tällainen tilanne on mm. Hanhikankaan pohjavesialueella. Lisäksi Hanhikankaalla pintaveden laadun merkitystä pohjavedelle lisää se, että Hanhikankaan vedenottamon pumppausmääriä on suunniteltu nostettavan huomattavasti nykyisestä.

Pohjavesialue voidaan todeta riskialueeksi joko kemiallisten tai määrällisten riskien takia. Pohjavesien suojelusuunnitelman mukaan maaperän pilaantuminen johtuu yleensä esimerkiksi polttoaineen jakeluun ja varastointiin, sahoihin ja kyllästämöihin, kaatopaikkoihin, ampumaratoihin, puutarhoihin, romuttamoihin sekä kemiallisiin pesuloihin. Mikkelin pohjavesialueille ei kaavoiteta uutta mahdollisesti saastuttavaa yritystoimintaa. Mikkelin pohjavesialueilla suurimmiksi riskitekijöiksi on luokiteltu teollisuus ja yritystoiminta, liikenne ja kuljetustoiminta sekä asutus ja maankäyttö. Mikkelin pohjavesialueet on luokiteltu suojelusuunnitelmassa kokonaisriskiluokkiin asteikolla 1-3, ja tällä asteikolla suuririskisimmän kolmosluokan saavat Hanhikankaan ja Pursialan pohjavesialueet. Porrassalmen riskiluokka on 2. Pursialan pohjavesialue on arvioitu olevan huonossa kunnossa vesienhoitosuunnitelmassa. Hanhikankaan ja Porrassalmen pohjavesien kemiallista tilaa ei ole voitu arvioida luotettavasti ihmisperäisten riskien analysoinnin puutteellisuuden vuoksi. (ELY-keskus 2010.)

Pohjavesialueiden suojelusuunnitelman mukaan Hanhikankaan pohjavesialueen pohjaveden laadun turvaamiseksi on myös pintavedenlaadun turvaaminen Pankalammen ja Hanhijoen vesistöissä erittäin tärkeää. Alueen vedenlaatua tarkkaillaan monesta eri mittauspisteestä. (ELY-keskus 2010.)

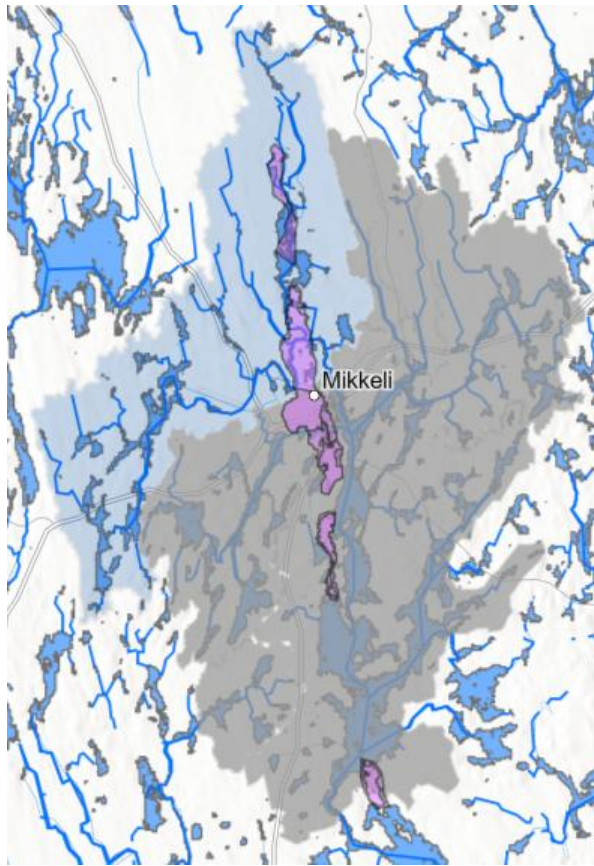
WHO:n mukaan varautumissuunnitelmien tekemisessä pitäisi keskittyä erityisesti moniesteperiaatteeseen. Moniesteperiaatteen tarkoitus on luoda ve-

denotolle toisistaan riippumattomia keinoja veden laadun takaamiseksi. Tämä tapahtuu luomalla toiminnalle eri kerroksia eli esteitä, jonka jokaisen tarkoitus on itsessään estää veden saastuminen. Kun eri kerroksien toiminta on itsenäistä, voivat muut kerrokset kompensoida yhden kerroksen ongelmia, eikä näin ollen ongelmatilanteessa synny kertautuvia ongelmia koko järjestelmälle. Kun varautuminen alkaa jo esimerkiksi valuma-alueen suojelusta, ei muille portaille synny niin suurta vastuuta veden puhdistamiseen, sillä veden laatu on jo lähtökohtaisesti parempi. (WHO 2011.)

## **2.2 Valuma-alue**

Valuma-alue on alue, jonka alueelta vedet ja samalla muut veden mukana kulkeutuvat aineet kulkeutuvat samaan vastaanottavaan vesistöön. Valuma-alue määritellään halutusta pisteestä vastavirtaan, eli valuma-alue on kyseistä veden ulostulokohtaa ruokkivan veden alkualue. (Esri Inc. 2017.) Mitä alemmalla jokea valuma-aluetta tarkastellaan, sitä isompi valuma-alue on. Mikkelin alue kuuluu Ukonveden (4.151) valuma-alueeseen. (Nab Labs Oy. 2014.)

Kuvassa 1 olevassa kartassa on esitetty ne Hanhikankaan, Pursialan ja Porssalmen pohjavesialueille vaikutuksensa ulottavat valuma-alueet, joiden joet kuljettavat vettä pohjavesialueilla sijaitseviin pintavesiin ja päätyvät lopulta Mikkelin alapuoliseen Saimaaseen. Tietyltä valuma-alueelta tulevat päästöt ja aineet kulkevat siis jossain vaiheessa saman päätepisteen läpi, mikäli osa päästöistä ja ainepitoisuuksista ei ehdi pidättäytyä uomiin ja altaisiin.



Kuva 1. Hanhikankaan, Pursialan ja Porrassalmen pohjavesialueille vaikutuksensa ulottavat valuma-alueet, joiden joet kuljettavat vettä pohjavesialueilla sijaitseviin pintavesiin

Kuvassa 1 on vaalean sinisellä Hanhikankaan valuma-alue sekä Emolanjoen valuma-alue, jotka ovat tässä opinnäytetyössä tarkastelun kohteena. Lilalla värillä on väritetty Mikkelin pohjavesialueet. Karttaan on myös laitettu havainnollistamiseksi muut Mikkelin kaupungin alueella olevat jokien valuma-alueet kohdalta, jossa ne laskevat Saimaaseen. Harmaalla värillä ovat Urpolanjoen, Juurisalmen, Myllyjoen, Visulahdenpuron ja Multisillanojan valuma-alueet

### 2.3 Vemala

Opinnäytetyössä on käytössä Suomen ympäristökeskuksen ravinnekuormituksen kokonaisvaltainen mallinnus- ja arviointijärjestelmä eli WSFS-VEMALA, jolla lasketaan kuormitusmääriä halutulle alueelle tietyltä aikaväliltä. Vesistömallijärjestelmä WSFS-VEMALA perustuu koko Suomen kattavaan vesistömalliin. Vesistömallilla tarkoitetaan vesistön hydrologista kiertoa ja veden kulkeutumista vesistön uomissa ja järvissä kuvaavaa mallia. Vesistömalli kuvaa veden kiertokulun sadannasta maaperän ja vesistöjen kautta haihdunnaksi ja valunnaksi mereen. Vesistömallissa on kuvattu hydrologisen kierron

kannalta tärkeimmät vesistöalueen elementit eli aluesadanta, lumipeite, haihdunta maanpinnalta ja vesistöistä, maankosteus, pohjavesi, valunta, järvet ja joet. (Suomen ympäristökeskus 2016.)

## **2.4 Jätevesipumppaamot ja riskianalyysi**

Vesihuoltolaitosten varautumissuunnitelmissa on usein keskitytty vain puhtaan veden jakelun ja toisaalta jätevedenpuhdistamon toiminnan turvaamiseen häiriötilanteissa. Jätevesiverkoston ja pumppaamojen häiriötilanteisiin liittyvien ympäristöriskien ja pumppaamon ylivuodon purkautumisreitin vaikutusalueella olevien ympäristön herkkyystekijöiden analysointi tulisi kuitenkin olla osa vesihuoltolaitosten varautumissuunnitelmaa. Jätevesipumppaamoihin liittyvien ympäristöriskien arvioinnissa keskeiset tietotarpeet liittyvät pumppaamon purkputken sijaintiin ja mahdollisen ylivuodon kulkeutumisreittiin, minkä selvittäminen voi osoittautua ongelmalliseksi.

Monilla eurooppalaisilla vesihuolto-organisaatiolla on vastaavanlaisia ongelmia. Euroopan komissio on kartoittanut kyseistä ongelmaa laajalti ja huomannut, että vaikka tietoa olisi olemassa, tieto ei välttämättä liiku riittävän hyvin eri toimijoiden välillä. Komission mukaan tärkein tekijä pumppaamoiden tehokkaan ja ympäristöystävällisen käytön varmistamiseksi on oikeanlainen suhtautumistapa jätevesipumppaamojen ongelmien tarkkailuun. Käytännössä jätevesipumppaamojen toimintaan pitäisi kiinnittää paljon nykyistä enemmän huomiota, sillä se tulee komission mukaan maksamaan siihen priorisoidut resurssit moninkertaisesti takaisin pitkällä ja keskipitkällä aikavälillä. Vaikka toimintahäiriöt eivät suoraan aiheuttaisi ympäristöongelmia, ylivuoto aiheuttaa usein kertautuvia ongelmia vedenpuhdistusjärjestelmille, jotka voivat myöhemmin eskaloitua ympäristöongelmiksi. (Euroopan komissio 2015.)

Pumppaamojen toiminnan pienetkin toimintahäiriöt aiheuttavat helposti suoria kuluja koko vesilaitoksen toiminnassa. Vaikka pumppaamojen toiminta on automatisoitua, mahdolliset suunnittelutyön puutteet tai puuttunut tieto aiheuttavat ongelmatilanteissa ylimääräistä energiankulutusta. Vaikka pumppaamojen ongelmatilanteita ei voida täysin välttää, niiden tapahtumisväli on minimoitava käyttämällä nykypäivän teknologiaa, ottaen huomioon poliittiset, ekonomiset,

sosiaaliset, tekniset, ympäristölliset sekä lainsäädölliset seikat. (Euroopan komissio 2015.)

Opinnäytetyössä tehtävä riskianalyysi on prosessi, jossa yritetään etukäteen havaita mahdollisia riskejä toimintaympäristöstä. Ympäristönsuojelussa riski ympäristölle syntyy yleensä jonkun järjestelmän pettämisestä tai henkilön tai yhteisön väärästä toiminnasta. Riskianalyysissä on tarkoitus tunnistaa kaikki mahdolliset ongelmat ja ominaisuudet, jotka syntyvät riskitilanteissa. Ympäristöriskien osalta riskinarviointi kohdistetaan ihmisten terveyteen ja ympäristöön (eloton ja elollinen) liittyviin haitallisiin seurauksiin. (Mikkelin seudun ympäristöpalvelut 2016.)

## **2.5 Aiemmat tutkimukset ja aineistot**

Mikkelin seudun ympäristöpalvelut ovat teettäneet samasta alueesta opinnäytetöitä (Lampinen Kaisa 2013, Niemelä Sami 2014, Kuusikoski Noora 2015, Kärkkäinen Jesse 2016).

Aiemmin Mikkelin seudun ympäristöpalvelujen ohjauksessa on tehty opinnäytetyö (Kärkkäinen), jonka tavoitteena oli kartoittaa ne jätevesipumppaamoihin liittyvät tietotarpeet, joita tarvitaan ympäristöriskien arviointiin ja riskianalyysiin. Jätevesipumppaamoja koskevien riskien arvioinnissa oli tärkeä arvioida pumppaamon, erityisesti pumppaamon purkuputken sijaintipaikkaan, ja mahdollisen ylivuodon kulkeutumisreittiin liittyvät ympäristön herkkyystekijät.

Jätevesipumppaamoihin liittyvä riskianalyysi suoritettiin kuten Kärkkäisen (2016) opinnäytetyössä on esitetty. Mikkelin vesilaitos on huolehtinut pumppaamoiden toimintakunnosta niin, että pumppaamoiden toimintaa ei tarvitsisi jatkuvasti tarkkailla. Pumppaamoiden mekaaninen toiminta onkin siksi itsenäistä. Kaikkien pumppaamoiden toimintaa tarkkaillaan jatkuvasti etäyhteydellä, mutta silti pumppaamoiden seurantapuolen järjestelmässä voi tulla vielä arvaamattomia ongelmia, joten tässä riskianalyysissä tarkasteltiin ylivuodon tapahtumisen jälkeisiä ongelmia ja sen vaikutusta pumppaamon riskisyyteen.

Tässä opinnäytetyössä riskianalyysiin ei otettu huomioon eri pumppaamoiden teknisten ominaisuuksien aiheuttamia muuttujia pumppaamon toimintakunnol-

le, eli ylivuodon todennäköisyyden arvioinnin sijaan toisena tarkasteltavana riskin suuruutta määrittävänä kriteerinä tarkastellaan pumppaamon kokoa, eli kuinka suuri ympäristöriski syntyy pumppaamon ollessa epäkunnossa. Pumppaamon läpi virtaavan jäteveden määrää koskevat tiedot, ja näihin tietoihin perustuva pumppaamon kokoluokka saatiin Mikkelin Vesilaitoksen työntekijöiltä. (Pasonen 2017.)

Vesilaitos on luokitellut pumppaamot eri huoltotaajuuteen viittaaviin kiireellisyysluokkiin, jotka määrittävät pumppaamoiden toiminnan tarkastusvälin. Korkeamman profiilin pumppaamot luokassa 1 ovat pohjavesialueella, keskustan alueella tai uimarantojen läheisyydessä. Toisen luokan pumppaamot eivät ole oletetuilta vaikutuksiltaan niin riskisiä, ja siksi ne tarkistetaan harvemmin. Kolmannen luokan pumppaamoiden ylivuotojen seuraukset oletetaan olevan paljon 1. ja 2. luokkaa vähäisemmät, ja ne tarkastetaan vain muutaman kerran vuodessa. Pumppaamojen purkuputken päästöjen kulkeutumista ei ole otettu huomioon kyseisessä luokituksessa, joten niiden kulkeutuminen voi aiheuttaa yllättäviä ongelmia. (Pasonen 2017.) Tässä opinnäytetyössä on lisäksi tarkoituksena selvittää, tarvitseeko pumppaamoiden luokituksia muuttaa.

### **3 MENETELMÄT**

#### **3.1 Valuma-alue tarkastelu**

Työtä varten määritettiin Emolanjoen valuma-alue. Määritys tehtiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) valuma-alueen rajaustyökalu Valuella. (Suomen ympäristökeskus.) Muut valuma-alueet saatiin Metsäkeskuksen vesiensuojelutyökalusta. Valuesta saatu shapefile-tiedosto yhdistettiin ArcGIS-Onlinen karttaan, johon oli aikaisemmin lisätty SYKE:n Ranta10 ominaisuustietokanta, joka pitää sisällään Suomen järvien, lampien sekä yli 2 metriä leveiden uomi- en paikkatiedot. (Suomen ympäristökeskus 2016.) Näiden lisäksi karttaan lisättiin SYKEN rajapintapalvelusta pohjaveden INSPIRE-WMS tiedot eli Suomen pohjavesikerrostumien alueet.

Näillä menetelmillä rajattiin halutulle karttasovelluspohjalle Emolanjoen valuma-alue, pohjavesimuodostelmat alueella ja pohjavesialueen ylittävien vesis-

töjen sijainnit. Eri objektien värejä vaihdettiin mahdollisimman selkeän kokonaisuuden saamiseksi.

Erityistä huomiota kiinnitettiin Mikkelin lentokentän hulevesialueeseen, sillä aikaisempien tietojen (opinnäytetöiden ja muiden selvityksen) mukaan sen arvioitiin vaikuttavan merkittävästi Hanhiklampeen johtavan joen vedenlaatuun.

### **3.2 Vesistön kuormitustilanne ja tilanteen kehittyminen Pankajoessa ja Hanhikankaalla**

Pintaveden laadun osalta tarkasteltiin Hanhikankaan pohjavesialueelle tulevaa kuormitusta pintaveden kemiallisen hapenkulutuksen ( $COD_{Mn}$ ), kokonaisfosforin ( $P_{tot}$ ), kokonaistypen ( $H_{tot}$ ), väriluvun ja lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrän avulla. Kuormitusta tarkasteltiin karttatarkasteluna siten, että pohjavesialueelle tuleva kuormitusvaikutus esitetään joen virtaussuunnan mukaan.

Lisäksi tutkittiin Pankajoen (näytteenottopiste 228) näytteenottotuloksia. Tämän lisäksi luotiin havainnollistava karttapohja ArcGis Pro:hon, jossa vedenlaatuun liittyviä muuttujia tarkasteltiin. Joen tilanteen havainnollistamiseksi tutkittiin myös joesta otettuja mittaustuloksia mahdollisena riskitekijänä. Tulokset esitettiin karttapohjalla. Tämän toimenpiteen avulla saatiin selvitettyä kattavampi tilanne joessa tapahtuvassa pintaveden imeytymisestä eri kohteisiin.

### **3.3 Vemala**

Tässä opinnäytetyössä Vemalaa käytetään simuloimaan halutun alueen virtaamamääriä tilanteessa, jossa jätevesipumppaamo menee epäkuntoon ja siten valuttaa ylivuotoputken kautta jätevettä vesistöön. Jäteveden laadun katoon olevan tässä tilanteessa samanlaista, kuin se keskimäärin on vuoden 2016 vuosiraportissa. Vemalasta saadaan kuukausittaisia virtaamatuloksia, josta lasketaan jokaiselle kuukaudelle ja yli- ja alivirtaama-arvot ( $HQ$  ja  $NQ$ ) ja nämä arvot otetaan kalenterivuosilta 2008–2017. Näistä arvoista lasketaan keskiylivirtaama, keskivirtaama ja keskialivirtaama ( $MHQ$ ,  $MQ$  ja  $MNQ$ ). Tiedot jäteveden laadusta saadaan vesilaitokselta vuoden 2016 vuosiyhteenvetoreportista.

### 3.4 Pumppaamojen riskianalyysi

Jätevesipumppaamojen sijaintitiedot ovat saatavilla Mikkelin Vesilaitokselta. Opinnäytetyöhön valittiin jätevesipumppaamoja karttatarkastelun perusteella myös pohjavesialueiden ulkopuolelta siltä osin, kun arvioitiin, että pumppaamon ylivuototilanteessa vaikutukset saattaisivat ulottua pohjavesialueelle. Valittujen pumppaamojen osalta tarkastettiin purkuputken sijainti maastossa ja arvioitiin osin maastossa, osin karttatarkastelun perusteella jäteveden kulkeutumisreitti mahdollisessa ylivuototilanteessa.

Riskianalyysin karttatarkastelu ja tiedon kerääminen toteutettiin ArcGis Pro-sovelluksella. Työn edetessä rakennettiin alustalle tietokanta, johon kerättiin pistemäistä sekä viivamaista tietoa. Tietokannan viivadataa käytettiin maastossa purkuputkien sijainnin piirtämiseen sekä pistedataa purkuputkien sijaintien laittamiseen. Näiden kahden sijaintitietotyypin perusteella saatiin merkitä karttaan kohteet, jotka kuvasivat purkuputkien sekä pumppaamoiden sijaintia. Maastossa tietoa kerättiin älypuhelimella, jonka GPS:llä mitataan purkuputkien sijaintitietoja.

Jotta paikkatieto olisi riittävän tarkkaa, tietokantaan kerättiin keskiarvoistettua tietoa, joka on kolmen pisteen keskiarvo. Tämä tehtiin sen takia, että älypuhelimien sijaintitarkkuus ei ole kuin noin viiden metrin luokkaa, joten keskiarvoistamalla tieto saatiin noin metrin tarkkuudelle. Tämän ongelman takia maastoon otettiin mukaan Garminin GPS -laite, joka toimi sijaintitietojen varmistuksena epävarmuustilanteissa.

Tehdyn tietokannan rakenteen takia tiedot saatiin muotoon, jossa sitä voidaan käyttää hyväksi muissakin vastaavanlaisissa projekteissa, sekä pumppaamojen jatkovalvonnassa. Tietokannan kerätyt tiedot ovat muototietona (shapefile) ja ne kootaan myöhemmin tiiliasoksi (feature layer), johon syötettiin muut pumppaamoiden tiedot. Näin luotiin ns. pumppaamokortti kullekin pumppaamolle. Tietokanta julkaistaan myös Mikkelin kaupungin sisäisesti karttatiedotona (webmap) ArcGis Online:ssa. Tietokannan tietoja voi myös tarkastella tarvittaessa erilaisissa tilastointiohjelmissa, kuten Excelissä tai SPSS:ssä.



ArcGis Pro:ta käytettiin myös vesistötuloksien havainnollistamiseen. Ohjelman avulla piirrettiin eri mittauspisteiden tulokset pitemmältä aikaväliltä (20-5v) kartalle nykytilanteen havainnollistamiseksi. Valmiiksi karttapohjaksi tähän valittiin pohjakartaksi tiekartta, jonka päälle ohjelmalla piirrettiin läheiset järvet, joet ja pienemmät uomat. Kartalle laitetaan työtä varten myös tutkittavan valuma-alueen laajuus, joka saatiin ympäristötietojärjestelmä Valuesta sekä Metsäkeskuksen vesiensuojelutyökalusta. ”Pumppaamokortteihin” otettiin myös tietoja muista Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden tiedoista. ArcGis Pro:n taustakartoissa käytettiin Suomen ympäristökeskuksen avoimen tiedon taustakarttoja sekä muuta avointa dataa.

### **3.4.1 Pumppaamoihin liittyvien ympäristöriskien arviointi**

Opinnäytetyötä varten valittiin Pursialan, Hanhikankaan ja Porrassalmen pohjavesialueilta ja pohjavesialueiden valuma-alueilta kaikki ne pumppaamot, joiden vaikutusten mahdollisessa ylivuototilanteessa on mahdollista kohdistua pohjavesialueilla oleviin pintavesimuodostumiin. Näiden pumppaamojen osalta koottiin saatavissa olevat sijaintitiedot, selvitettiin ylivuotoputken sijainti ja purkureitti, ja arvioitiin ylivuodon läheisyydessä olevat riskitekijät.

Ympäristön herkkyystekijöiden osalta kartoitettiin jokaisen tarkasteltavan pumppaamon osalta pumppaamon purkuputken sijainti, jäteveden todennäköinen purkureitti mahdollisessa ylivuototilanteessa ja purkuputken aukon ja purkureitin vaikutusalueella olevat häiriintyvät kohteet kuten uimarannat, uimapaidat, lasten leikkipaikat ja pohjavesialueet. Jokaisesta tarkasteltavasta pumppaamosta laadittiin ns. pumppaamokortti, johon koottiin ympäristöriskien arvioinnissa tarvittavat tiedot pumppaamosta ja ympäristön herkkyystekijöistä. Lisäksi pumppaamokortissa esitetään kartalla ylivuodon purkautumisreitti lähimpään vastaanottavaan vesistöön. Pumppaamokortissa on kirjattuna pumppaamon summittainen osoite, koordinaatit, matka vesistöön, lähin vesistö, purkuputken sijainti, kiireellisyysluokka, kokoluokka, vaikutus pohjavesialueelle, vaikutus virkistyskäyttöön, terveyshaitan todennäköisyys, ylivuodon havaittavuus, riskiluokitus, lähin riskialtis kohde, purkupaikka ja purkupaikan laajuus.

### 3.4.2 Riskianalyysi

Riskianalyysissa riskiluokka määritellään onnettomuuden tai päästöön johtavan häiriötilanteen todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden perusteella. Riskin suuruuteen siis vaikuttaa terveyshaittaa tai ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan päästön todennäköisyys ja seurausten vakavuus, mihin puolestaan vaikuttavat erilaiset toiminnan/laitoksen sijaintapaikkaan liittyvät herkkyystekijät, kuten sijainti pohjavesialueella. (Pasonen 2017.)

Karttatarkastelun perusteella pumppaamot jaettiin kahteen ryhmään, ja ne ovat alla mainitun kaltaiset:

Taulukko 1. Riskianalyysissä käytettävien pohjavesialueella olevien pumppaamoiden yksilöintitiedot

PUMPPAAMO	OSOITETIETO	WGS84 lat	WGS84 lon
Rouhiala	Arentitie	61.705601	27.268048
Likolampi	Päämajankatu	61.696945	27.270657
Hänninhauta	Hänninhauta	61.68454	27.268282
Porrassalmentie	Porrassalmentie	61.660853	27.284385
Siikasalmen jvp	Siikasalmentie 4:n jälkeen oikealla	61.61965	27.28833

Pohjavesialueella olevat pumppaamot ovat jo oletuksena tarkan tarkkailun alla. Niissä ei vesilaitoksen puolesta sallita ylivuotoa.

Taulukko 2. Riskianalyysissä käytettävien lähellä vesistöjä olevien pumppaamoiden yksilöintitiedot

PUMPPAAMO	OSOITE	WGS84 lat	WGS84 lon
Laajatie	Laajatie	61.65992	27.26577
Lentokenttä	Lentokentänkatu 2	61.687522	27.22106
Moisionpelto	Latokalliontien lähellä	61.650356	27.274722
Siekkilä	Pohjolankatu	61.694333	27.237113
Tuukkalantie	Tuukkalantie 14:n kohdalla	61.66277	27.272982
Viilarintie	Viilarintie	61.681104	27.216632
Vuolingontie	Vanhamäentie	61.682058	27.191027

Pohjavesialueen lähellä olevat pumppaamot ovat tässä opinnäytetyössä tarkemman tarkkailun kohdalla, sillä niiden toiminnan muutokset ovat vaikeammin huomattavissa, sillä niiden toimintaa tarkkaillaan pohjavesialueella olevia pumppaamoita vähemmän.

Riskianalyysi toteutettiin, kuten Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden riskianalyysimatriisissa on määritelty. Ensimmäisenä kriteerinä tarkkaillaan pumppaamon kokoluokkaa ja riskianalyysin toisena tarkasteltavana kriteerinä käytettiin ympäristön herkkyyttä ylivuodolle ja terveyshaitan todennäköisyyttä, mitkä olivat tärkeimmät tekijät aikaisemmissa opinnäytetöissä arvioitaessa ylivuodon seurauksen vakavuutta. Seurauksen vakavuutta arvioitiin asteikolla 1-3 (1 = lievä, 2 = kohtalainen, 3 = suuri) siten, että arvioinnissa huomioidaan seuraavat tekijät:

Taulukko 3. Opinnäytetyön riskianalyysissä käytetyn riskimatriisin pumppaamoylivuotoluokainen arvoasteikko virkistyskäytön vaikutuksessa valitulla asteikolla

<b>Ylivuodon vaikutus virkistyskäyttöön (1-3)</b>		
<b>1</b>	=	mahdollinen vähäinen vaikutus
<b>2</b>	=	mahdollinen vaikutus
<b>3</b>	=	selkeä vaikutus

Taulukko 4. Opinnäytetyön riskianalyysissä käytetyn riskimatriisin pumppaamoylivuotoluokainen arvoasteikko terveyshaitan todennäköisyydessä valitulla asteikolla

<b>Terveyshaitan todennäköisyys (1-3)</b>		
<b>1</b>	=	mahdollinen vähäinen vaikutus
<b>2</b>	=	mahdollinen vaikutus
<b>3</b>	=	terveysvaikutus

Taulukko 5. Opinnäytetyön riskianalyysissä käytetyn riskimatriisin pumppaamoylivuotoluokainen arvoasteikko pohjavesialueen vaikutuksessa valitulla asteikolla

<b>Vaikutus pohjavesialueelle (1-3)</b>		
<b>1</b>	=	ylivuoto ei ulotu pohjavesialueelle
<b>2</b>	=	ylivuoto ulottuu pohjavesialueelle mutta vaikutuksia ei todennäköisesti ole tai ne ovat vähäiset
<b>3</b>	=	ylivuoto ulottuu pohjavesialueelle ja on olemassa mahdollisuus pohjaveden laadussa näkyville vaikutuksille

Eri riskiarviointiparametrien vertailuun vaikutti mahdollisen ympäristöongelman vakavuus. Mikäli pumppaamon purkuputkesta tuleva ylivuoto aiheuttaa suurempia terveyshaittoja, esimerkiksi jos purkuputken vieressä oleva oja viettää vaikka uimarannalle tai lastentarhan viereen, on sijaintitieto kriittisempi kuin muussa toisenlaisessa tilanteessa. Myös ojan sijainti ja virtaus olivat kriittisiä tekijöitä riskianalyysiä tehdessä.

Riskiluokka määritettiin alla olevan riskimatriisin avulla:

Taulukko 6. Opinnäytetyön jätevesipumppaamoiden riskiluokkakohtainen arviointimatriisi

Pumppaamon kokoluokka	RISKILUOKKA		
3 (suuri)	I	I	I
2 (kohtalainen)	II	II	I
1 (pieni)	III	II	I
Ympäristön herkkyys (ylivuodon seurauksen vakavuus)	1 (lievä)	2 (kohtuullinen)	3 (suuri)

Taulukko 7. Jätevesipumppaamoiden riskiluokitukset valitulla asteikoilla

Riskiluokka III	Pieni jätevesimäärä alueella, jossa ylivuotoreitin vaikutusalueella ei ole erityisiä herkkyystekijöitä
Riskiluokka II	Pieni tai kohtalainen jätevesimäärä alueella, jossa ylivuotoreitin vaikutusalueella on herkkyystekijöitä ja pieni mahdollisuus virkistyshaittaan.
Riskiluokka I	Kohtalainen tai suuri jätevesimäärä alueella, jossa ylivuotoreitin vaikutusalueella on mahdollisuus virkistys- ja terveyshaittaan ja pohjaveden laadussa näkyville vaikutuksille.

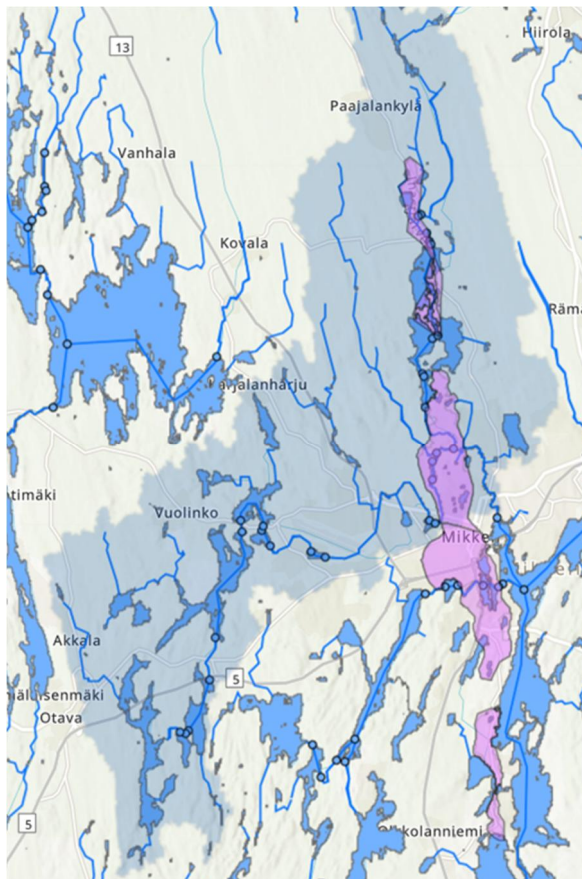
Havaittavuus luokiteltiin asteikolla helppo, normaali ja vaikea. Kriteereinä käytettiin lähellä olevaa asutusta sekä liikennettä. Havaittavuuden tekee hankalammaksi myös lähellä olevat hajunlähteet, kuten suot, rämeiköt tai navetat ja hevostallit.

## 4 TULOKSET

Tuloksia saatiin kerättyä hyvin karttatarkastelun, avointen tietokantojen tutkimisen, etukäteen kerättyjen tuloksien käsittelyn, maastokäyntien ja haastatteluiden avulla. Liitetiedoissa on myös täytetyt pumppaamokortit ArcGis Onlinen tietokannasta. (Liite 1.)

#### 4.1 Valuma-alue tarkastelu

Emolanjoen valuma-alueeksi saatiin Suomen ympäristökeskuksen työkalulla määritettyä alue, joka on alla olevassa kartassa (Kuva 2) värjättynä vaalean sinisellä. kartassa näkyy myös pohjavesialue lilan värisenä. Vaaleansininen alue on alue, josta päästöt todennäköisesti valuvat Emolanjokeen.



Kuva 2. Emolanjoen valuma-alue ja SYKE:n Ranta10 Esrin karttapohjalla

## 4.2 Kuormitustilanne

Kaikilta mittauspisteiltä oli tuloksia avovesikaudelta (1.5.–31.10). Tuloksia oli paljon avovesikaudelta, vuosilta 2000–2016. Mittaustuloksia ei kuitenkaan

ollut käytettävissä siten, että näytteet olisi eri vuosina otettu täsmälleen samaan aikaan, joten mittaustuloksista ei ollut mahdollista tehdä aukotonta aikasarjaa. Mittaustuloksille laskettiin keskiarvo, ja eri mittauspisteille ja eri vedenlaatuparametreille lasketut keskiarvot sijoitettiin kartalle, joissa näkyy jokiuoman sijainti suhteessa pohjavesialueeseen. Tuloksista on jätetty pois mittausien tekijöiden liputetut tulokset L, G, LT ja W, jotka tarkoittavat L = tulos pienempi kuin, LT = tulos pienempi kuin ilmoitettu arvo, mutta ainetta on havaittu, G = tulos suurempi kuin, W = epävarma tulos.

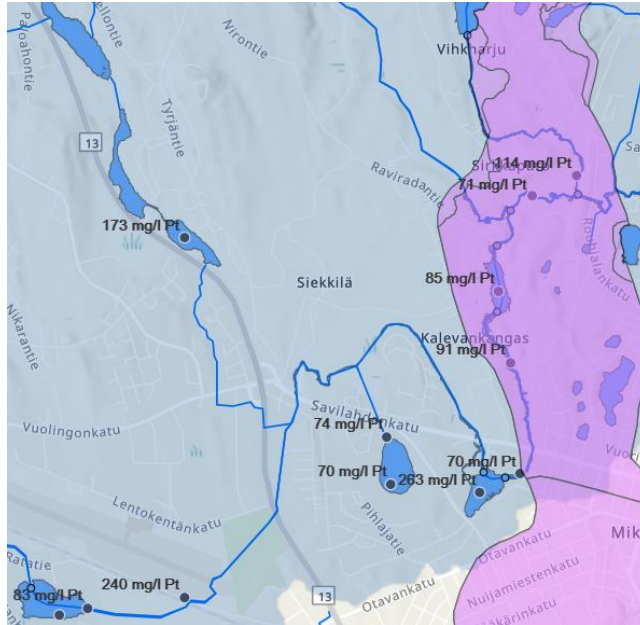
Taulukossa 8 on taulukoituna vedenlaatatietojen keskiarvot eri mittauspisteillä.. Kaikki arvot ovat vuosilta 2014–2016 samaan vuodenaikanaan 1.6–1.9. Tulokset ovat värikoodattu siten, että niiden värikoodaus kertoo tuloksien suhteen toisiinsa. Korkein kolmasosa tuloksista on väritetty punaisella, keskimäinen kolmasosa keltaisella ja alin kolmasosa vihreällä. Tulokset ovat järjestetty veden valumisen mukaan niin, että ylemmästä mittauspisteestä vesi valuu aina joen virtaussuunnan mukaan alempaan.

Taulukko 8. Pitoisuuksien suhteiden keskiarvojen vaihtelu joen virtaussuunnan myötä 1.6–1.9, 2014–2016, Naistingista Hanhijoen mittauspisteeseen

Mittauspiste	Kemiallinen hapen kulutus mg/l	Kokonaisfosfori, suodattamaton µg/l	Kokonaistyyppi, suodattamaton µg/l	Väriluku mg/l Pt	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset kpl/100ml
Naistinki 256	9,8	14	440	50	36
Naistinki luusua 272	8,7	19	470	50	4
Naistinginjokeen oja 319	20	88	4800	340	20
Pankalampi 032	21	27	2100	450	16
Pankajoki 033	7,9	17	520	70	3
Pankajoki 228	12	19	730	80	27
Hanhilampi 327		25	24	70	22
Hanhijoki 229	9,1	17	670	80	15

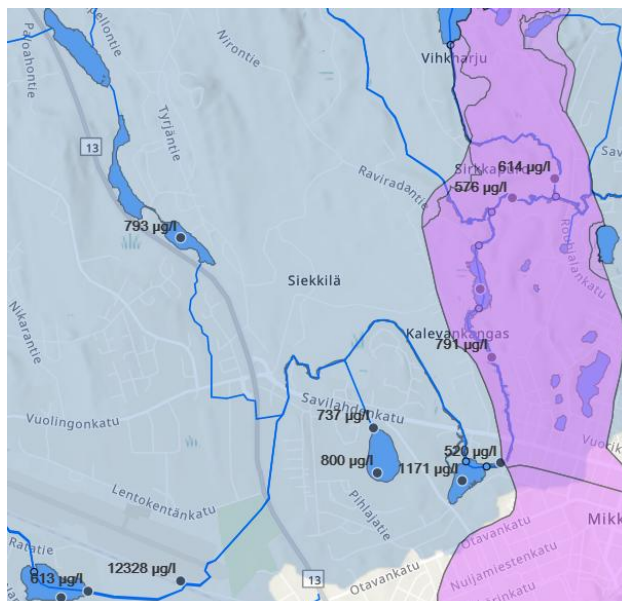
Tuloksien taulukoinnin lisäksi tulokset sijoitettiin karttapohjalle (kuvat 3-7), josta näkyy tuloksien arvot kussakin mittauspisteessä, mittauspisteiden silmämääräiset välimatkojen sijainnit joen virtaussuunnan matkalla, mittauspisteiden muutoksien suhde pohjavesialueen läheisyydessä sekä Mikkelin eri kaupunkikohteiden (lentokenttä, pääkadut, kaupunginosat) sijainnit jokeen nähden.

Värilukujen arvot on laitettu kuvan 3 kartalle. Tuloksien määrä oli 128, joista laskettiin keskiarvot kullekin pisteelle. Kolmannessa liitteessä on taulukoituna kunkin pisteen mittauspisteen mittauksien tulokset.



Kuva 3. Värilukujen arvot mittauspisteissä Emolanjoen valuma-alueella pohjaveden läheisyydessä n=128

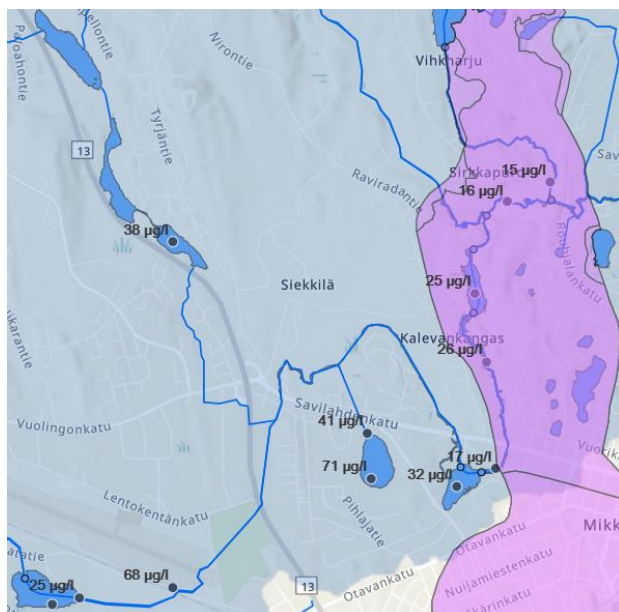
Kokonaistypen arvot on laitettu kuvan 4 kartalle. Tuloksien määrä oli 131, joista laskettiin keskiarvot kullekin pisteelle. Kolmannessa liitteessä on taulukoituna kunkin pisteen mittauspisteen mittauksien tulokset.



Kuva 4. Keskiarvotulokset kokonaistypen arvoista mittauspisteissä Emolanjoen valuma-alueella pohjaveden läheisyydessä n=131

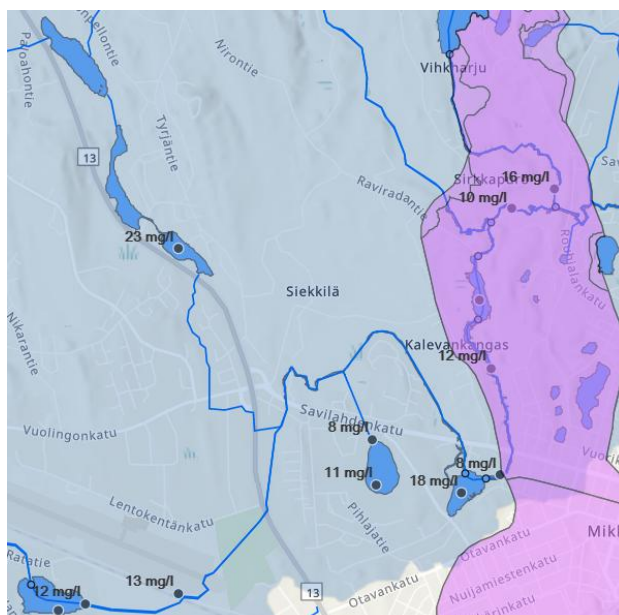


Kokonaisfosforin arvot on laitettu kuvan 5 kartalle. Tuloksien määrä oli 147, joista laskettiin keskiarvot kullekin pisteelle. Kolmannessa liitteessä on taulukoituna kunkin pisteen mittauspisteen mittauksien tulokset.



Kuva 5. Keskiarvotulokset kokonaisfosforin arvoista mittauspisteissä Emolanjoen valuma-alueella pohjaveden läheisyydessä n=147

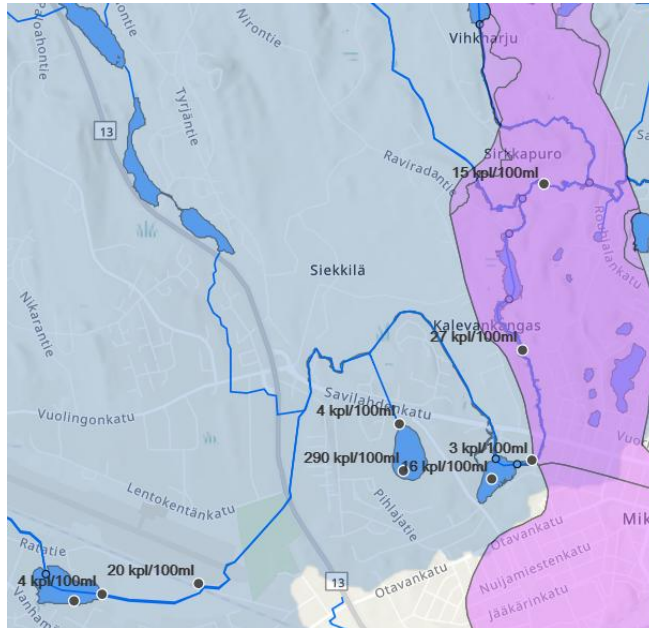
Kemiallisen hapenkulutuksen arvot on laitettu kuvan 6 kartalle. Tuloksien määrä oli 131, joista laskettiin keskiarvot kullekin pisteelle. Kolmannessa liitteessä on taulukoituna kunkin pisteen mittauspisteen mittauksien tulokset.



Kuva 6. Keskiarvotulokset kemiallisen hapenkulutuksen arvoista mittauspisteissä Emolanjoen valuma-alueella pohjaveden läheisyydessä n=131



Lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrät on laitettu kuvan 7 kartalle. Tuloksien määrä oli 79, joista laskettiin keskiarvot kullekin pisteelle. Kolmannessa liitteessä on taulukoituna kunkin pisteen mittauspisteen mittauksien tulokset.



Kuva 7. Keskiarvotulokset lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrästä mittauspisteissä Emolanjoen valuma-alueella pohjaveden läheisyydessä n=79

#### 4.2.1 Kuormitustulokset

Pankajoen tulokset ovat toisessa liitteessä (liite 2). Tulokset taulukoitiin, ja lisäksi niistä piirrettiin graafit, joissa näkyy kaksi korreloivaa arvoa rinnakkain samassa kaaviossa. Tulokset päätettiin laittaa samaan taulukkoon visuaalisen selkeyden ja johtopäätösten havainnollistamisen takia.

Osassa kaavioista määriteltiin trendiviiva, jossa on käytetty kahden kauden ennusteen sisältävän liukuvan keskiarvon tuloksia. Tähän päädyttiin siksi koska kaikista pisteistä ei ollut otettu kaikkia mittauksia. Kuitenkin trendiviivan avulla saatiin simuloitua matemaattisesti todennäköiset tulokset kullekin arvolle puuttuville kohdille.

#### 4.2.2 Vemala

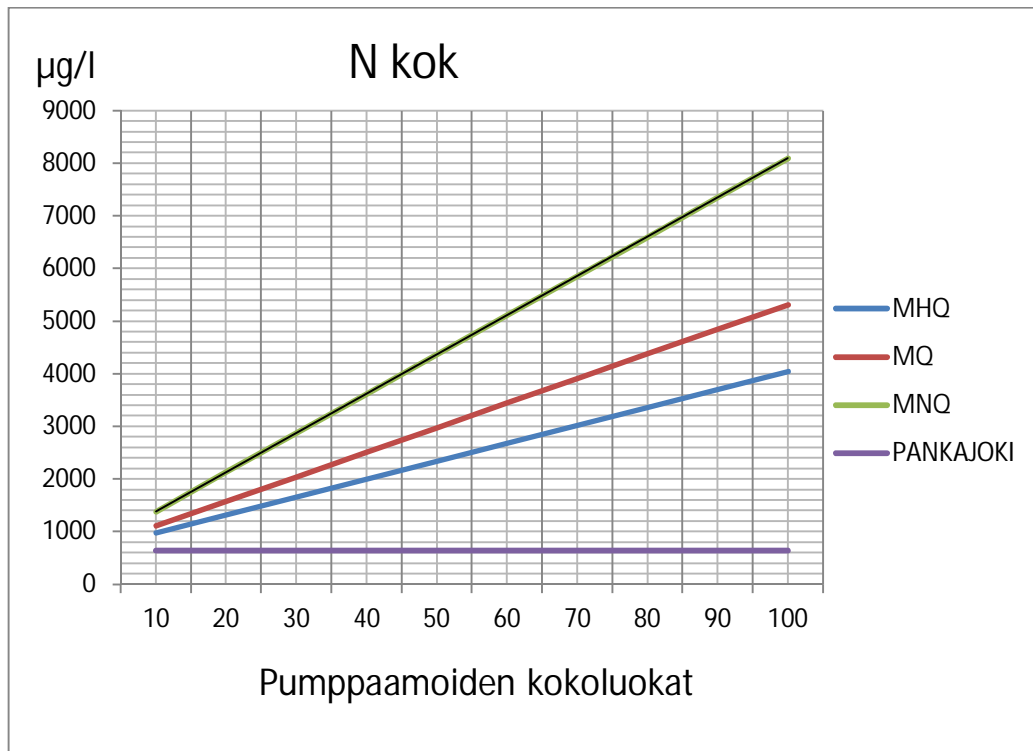
Vemalasta otettiin kalenterivuosilta 2008–2017 Emolanjoen virtaama-arvot, jotka laitettiin alla olevaan taulukkoon. MHQ on virtaamien keskimääräinen ylivirtaama, MQ kaikkien tuloksien keskiarvo eli keskivirtaama ja MNQ virtaamien jakson keskialivirtaama. (Korhonen 2007.) Näiden arvojen avulla saatiin mallinnettua mahdollisimman todenmukaisesti joen nykyinen virtaama.

Taulukko 9. Vemalan simuloituista tuloksista lasketut virtaama-arvot vuosina 2008 - 2018

	MHQ	MQ	MNQ
2008–2009	2,56	1,85	1,14
2009–2010	1,45	1,03	0,62
2010–2011	1,57	1,09	0,62
2011–2012	1,78	1,20	0,62
2012–2013	2,44	1,75	1,05
2013–2014	1,59	1,13	0,67
2014–2015	1,20	1,00	0,80
2015–2016	1,70	1,29	0,88
2016–2017	1,96	1,42	0,88
2017–2018	1,67	1,29	0,90
Keskiarvo	1,79	1,30	0,82

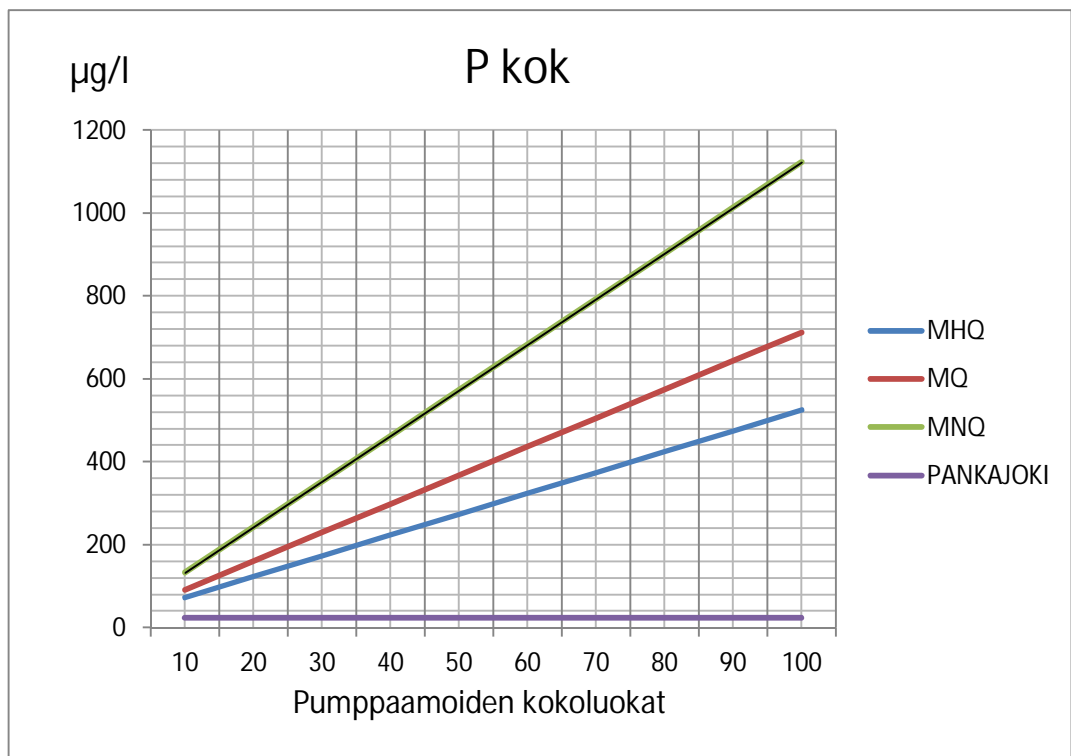
Alle 10l/s pumppaamot ovat luokiteltu pieniksi pumppaamoiksi, 10-50l/s pumppaamot keskikokoisiksi, 50-100l/s ovat suuria pumppaamoita ja yli 100l/s pumppaamot ovat ns. megapumppaamoja. Kuvissa 8-11 näkyy, kuinka paljon minkäkin kokoisesta pumppaamosta pääsevä jätevesi laimentuu, jos pumppaamosta pääsee suoraan jätevettä jokeen.

Tämän kappaleen jälkeen tulevissa kuvissa (8-11) on kuvattuna valittujen pitoisuuksien arvot pumppaamoiden kokoluokkiin nähden. Käyrien muoto pysyy tässä tapauksessa samana arvojen verrattavien yhteneväisyyden takia. Taulukoissa tarkkaillaankin tuloksien muutosta Pankajoen normaalitilanteeseen nähden. Koska taulukot ovat koottu suhteessa Pankajoen tuloksiin ja pumppaamoiden kokoluokkaan nähden, niin tuloksien visuaalinen muoto on samankaltainen jokaisessa kuvassa. Koska tulokset ovat pitoisuuksien muutoksien vertailua alati virtaavassa joessa, tässä ei kiinnitetä huomiota jäteveden pumppaamisen aikaan vaan pitoisuuden kasvuun.



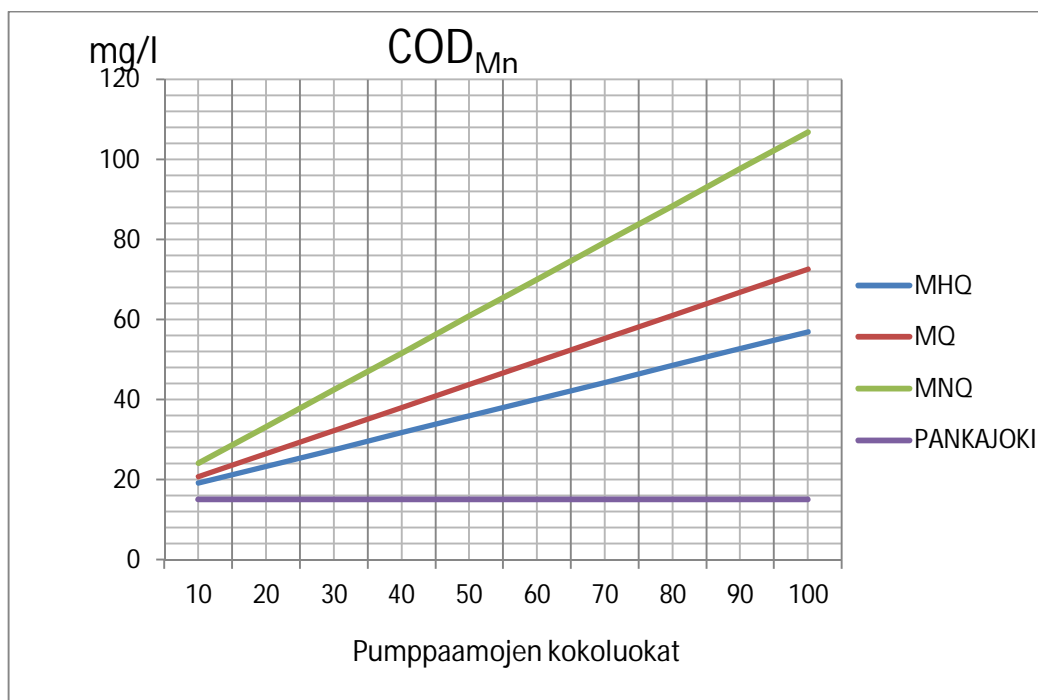
Kuva 8. Kokonaistypen arvojen muutokset ylivuodon sattuessa virtaama-arvoilla MHQ, MQ ja MNQ eri kokoluokan pumppaamoihin nähden verrattuna Pankajoen tuloksiin

Kuvassa 9 on kuvattuna kokonaisfosforin arvot pumppaamoiden kokoluokkiin nähden. Taulukoissa tuloksien muutosta Pankajoen normaalitilanteeseen nähden.



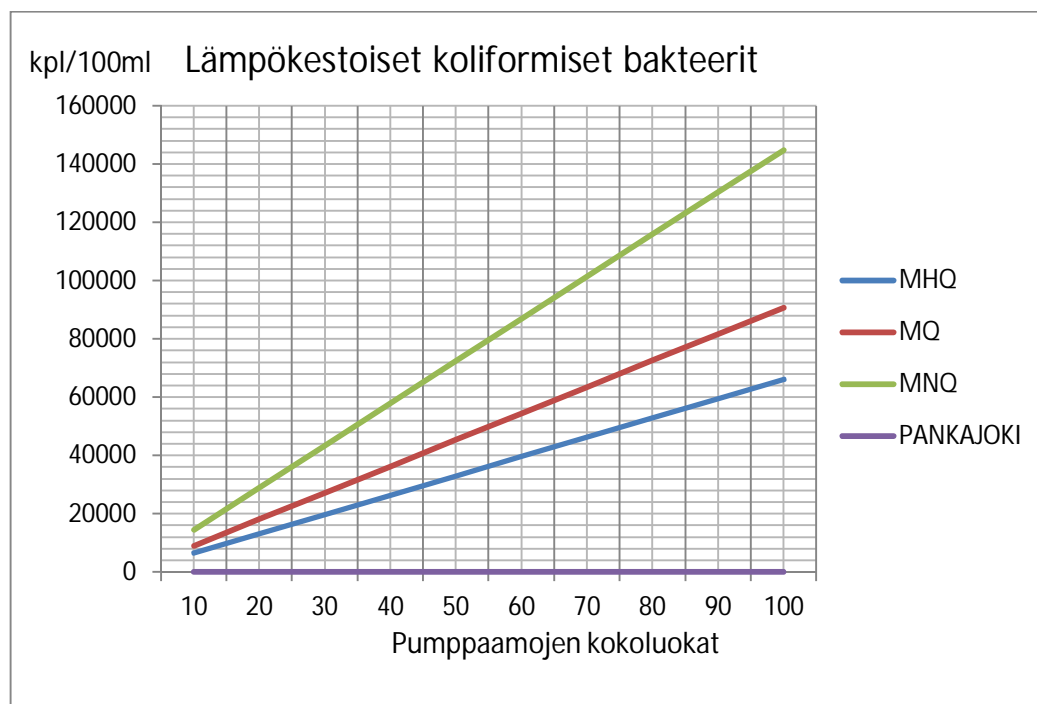
Kuva 9. Kokonaisfosforin arvojen muutokset ylivuodon sattuessa virtaama-arvoilla MHQ, MQ ja MNQ eri kokoluokan pumppaamoihin nähden verrattuna Pankajoen tuloksiin

Alla olevassa kuvassa 10 on kuvattuna kemiallisen hapenkulutuksen arvot pumppaamoiden kokoluokkiin nähden. Taulukoissa esitellään tuloksien muutosta Pankajoen normaalitilanteeseen nähden.



Kuva 10. Kemiallisen hapenkulutuksen arvojen muutokset ylivuodon sattuessa virtaamavaroilla MHQ, MQ ja MNQ eri kokoluokan pumppaamoihin nähden verrattuna Pankajoen tuloksiin

Kuvassa 11 on kuvattuna lämpökestoiset koliformisten bakteerien määrät pumppaamoiden kokoluokkiin nähden. Taulukoissa esitellään tuloksien muutosta Pankajoen normaalitilanteeseen nähden. Alla olevassa kuvassa 11 ei näy selvästi Pankajoen vertailuarvoa, sillä tulosten ero on sen verran iso, että viiva ei skaalaudu kunnolla.



Kuva 11. Lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrän muutokset ylivuodon sattuessa virtaama-arvoilla MHQ, MQ ja MNQ eri kokoluokan pumppaamoihin nähden verrattuna Pankajoen tuloksiin

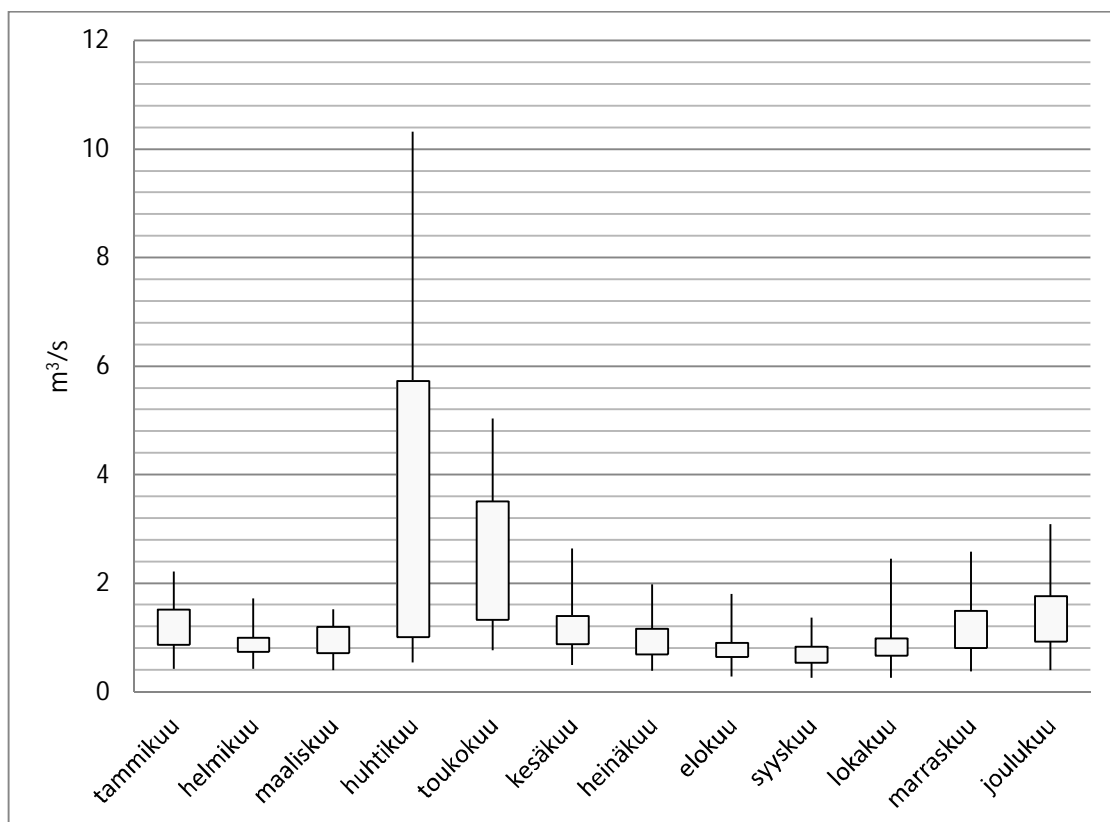
Taulukossa 10 on laskettu keskiarvotulokset Kenkäveronniemen jäteveden puhdistuslaitokselle tulevalle jätevedelle (Mikkelin vesilaitos 2016.) Tätä tulosta käytettiin kaikissa neljässä yllä olevassa (kuvat 8-11) kuvassa jäteveden laadun keskiarvona.

Taulukko 10. Tulevan jäteveden keskiarvotulokset Kenkäveronniemen jätevesilaitokselta vuodelta 2016

	Kokonaismäärä	Yksikkö
<b>Pumppausmäärä</b>	15857	m <sup>3</sup>
<b>N kok</b>	61	mg/l
<b>P kok</b>	9	mg/l
<b>Cod<sub>Mn</sub></b>	752	mg/l
<b>Koliformiset bakteerit</b>	1185416	pmy/100ml

Kuvassa 12 on Emolanjoen virtaamatulokset kalenterivuosilta 2008–2017.

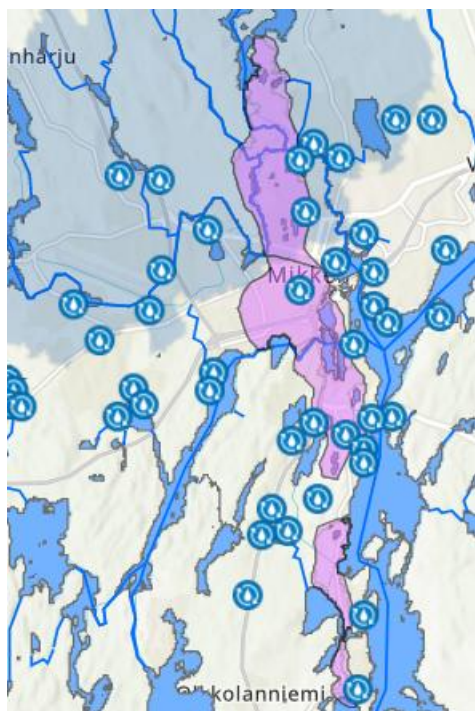
Kaaviossa laatikon ylä- ja alapuoli tarkoittavat ylempien ja alempien keskiarvojen tuloksia. Laatikon perässä oleva viiva ylä- tai alapuolella tarkoittaa kunkin kuukauden yksittäistä suurinta tai pienintä arvoa. Kaikki Vemala-osion graafit piirrettiin seuraavalla alla olevan kuvan perusteella.



Kuva 12. Emolanjoen simuloidut keskiarvoiset kuukausittaiset virtaamatulokset 1.1.2008–31.12.2017 kaaviossa, jossa todennäköinen kuukausittainen virtaama on laatikon sisällä ja huippuarvot viivojen päässä

### 4.3 Pumppaamot ja riskianalyysi

Jätevesipumppaamojen paikkatiedot sijoitettiin karttaan (kuva 13), jossa on valmiiksi liitettyä Hanhikankaan valuma-alue, Ranta10:nen uomaverkosto sekä Mikkelin pohjavesialueet. Pumppaamot ovat merkitty karttaan symbolilla, joka on sinivalkoinen kierron symboli, jonka sisällä on valkoinen pisara.



Kuva 13. Jätevesipumppaamojen sijoittuminen pohjavesialueiden läheisyyteen Mikkelin alueella

Taulukossa on esimerkkinä ArcGis Pro:sta saatu raakadata pumppaamoista, joihin liitetään karttatiedot pumppaamokorttien luomiseksi. Liitteissä (liite 1) on taustatietona kaikki valmiit pumppaamokortit.

Taulukko 11. Laajatien raakatiedon pumppaamokortti

PUMPPAAMO	LAAJATIE
OSOITE	Laajatie
WGS84 lat	61,65992
WGS84 lon	27,26577
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	50m
Lähin_vesistö	Laajalampi
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	1
Kokoluokka	2
Vaikutus_pohjavesialueelle	1
Vaikutus_virkistyskäyttöön	3
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Normaali
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Läheinen uimaranta
Purkupaikka	Ojaan, josta johtaa Laajalampeen
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli

EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{61643298-8233-1312-5389-905310003098}

Pumppaamoiden tietokannasta on myös otettu kuvakaappaukset, joista näkyy kartalla kunkin purkuputken sijainti ja mihin vesistöön tai uomaan vedet päätyvät. Nämä tulokset löytyvät liitteistä (liite 2).

Pumppaamoiden riskiluokitus päätettiin esittää sijoittamalla pumppaamoiden nimet riskiluokitusmatriisiin. Liitteisiin lisättiin myös kaikki tulokset taulukoituina. Esimerkiksi Porrassalmentien pumppaamo on kokoluokaltaan suuri (3) ja ylivuodon seurauksen vakavuus on kohtuullinen (2), jolloin Porrassalmentien pumppaamo sijoitetaan taulukon yläriville ja keskimmäiseen sarakkeeseen. Tulokset näkyvät alla olevassa taulukossa 12.

Taulukko 12. Pumppaamoiden riskiluokitustulokset laitettuna riskiluokitusmatriisiin

Pumppaamon kokoluokka	RISKILUOKKA		
3 (suuri)	I	I Porrassalmentie, Lentokenttä, Siekkilä	I
2 (kohtalainen)	II Moisionpelto Viilarintie	II Vuolingontie, Likolampi, Laajatie	I
1 (pieni)	III Siikasalmi	II Rouhiala, Hänninhauta, Tuukkalantie	I
Ympäristön herkkyys (ylivuodon seurauksen vakavuus)	1 (lievä)	2 (kohtuullinen)	3 (suuri)

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Kaikkia opinnäytetyöhön kerättyjä tietoja ei suoraan perinpohjaisesti analysoitu, sillä tulosten kerääminen ja niiden mallinnus oli joidenkin osa-alueiden kohdalla työn tarkoitus ja siksi joistakin tuloksista on mainittuna vain huomautuksia liitteissä. Tulokset koettiin hyödyllisiksi tulevaisuutta varten.



## 5.1 Valuma-alueetarkastelu

Emolanjoen valuma-alueella on väljästi rakennettua asuinalueita (rakennuksia 325), pelloja, ojitettuja soita, turvemaita sekä huomattavat määrät sekametsää. Fosforin, typen ja kiintoaineen kuormituksen osuus Emolanjoen vedessä on peltujen ja kategorian ”muun” osalta on noin 90 %. Tämä tarkoittaa, että huomattavan suuri osa vesistön pitoisuuksista on joko peräisin peltoviljelmästä tai luonnonhuuhtoutuman, metsätalouden ja tuntemattomien kuormituslähteiden vaikutuksesta. (Jyväskylän yliopisto 2013.)

Aiempien tutkimusten ja selvitysten perusteella Tuskun ja Rantakylän teollisuusalueelta tulee päästöjä hulevesialueelle (Naistinki ja joet), josta se muutamassa tunnissa kulkeutuu pintaveden mukana vesistöihin, jotka ovat pohjavesialueen päällä. (Tanskanen 2017.) Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavesi muodostuu pääosin rantaimetyymällä Hanhilammen vedestä. Emolanjoen valuma-alueella ( $F=116 \text{ km}^2$ ) on paljon ihmistoimintaan liittyviä hajakuormitustyyppisiä kuormituslähteitä. Pohjaveden muodostuminen rantaimetyymällä ja pintavesiin kohdistuvat hajakuormitustyyppiset päästöt saattavat altistaa pohjaveden pintavesivälitteisille vaikutuksille, kuten esimerkiksi lentokentän hoito- toimenpiteet, läheisten raskaan tekniikan toiminta (rekka-autotermiinaalit ja korjaamot) sekä jätevesipumppaamot. Hanhikankaan pohjaveteen voi näin ollen päätyä valuma-alueelta erilaisia kuormituslajeja, joiden kemiallisesta koostumuksesta ei ole saatavilla tarkempaa tietoa.

## 5.2 Kuormitustilanne

Tässä työssä Hanhijoen valuma-alueen kuormitustilannetta on tarkasteltu koamalla keskeisimmät vedenlaatutiedot keskeisimmistä mittauspisteistä (Liite 2) aikasarjana vuodesta 1995 lähtien. Pitimmältä aikaväliltä (Pankajoen tulokset 1995–2014, Liite 2) käy ilmi, että pitoisuuksien määrä on yleisesti noussut. Tosin esimerkiksi ammonium typpenä- sekä kokonaisfosforin arvojen määrä on laskenut tasaisesti. Väriluku ja kemiallinen hapenkulutus ovat laskeneiden yksittäisarvojen jälkeen nousseet, ja vuoden 2010 jälkeen arvot pienivät radikaalisti hetkeksi, mutta jatkoivat laskeneen arvon jälkeen trendilinjaa pitkin ylöspäin. Koliformisten bakteerien määrästä ei voi juurikaan päätellä mitään, sillä muutokset arvoissa johtuvat todennäköisesti vain hulevesityyppi-

sestä hajakuormituksesta johtuvista hetkellisistä nousuista. Sähkönjohtavuuden vaihtelu on myös luonnollista liittyen päästöjen muutoksiin. Pankajoen kokonaistypen arvot ovat vuoden 2007 jälkeen kääntyneet pitoisuuksienvaihteluiden suhteen laskuun. Pankajoen kokonaistypen ja pH-arvon suhde on käänteinen vuoden 2007 jälkeen. Kokonaistypen arvot ovat laskeneet ja pH on noussut. Kloridipitoisuudet ovat laskeneet hieman, ja hapen kylläisyysaste on noussut hieman.

Lisäksi pohjavesialueelle tulevaa pintavesikuormitusta ja pintaveden vedenlaatuparametrejä tarkasteltiin keskiarvotarkasteluna Hanhijoen ja Pankajoen eri mittauspisteissä siten, että vedenlaatuparametrejä on mahdollista arvioida kartalla suhteessa joen virtaussuuntaan ja pohjavesialueen sijaintiin (kuvat 8-11).

Värilukujen keskiarvotulokset kuvassa 3 Karkialammen mittauspisteessä korkeammat kuin Lehmuskylän ja Pankalammen lähistöllä. Pitoisuudet laimenevat tällä välimatkalla ja Pankalammen jälkeen vakiintuvat 70–90 mg/l Pt – tasolle. Väriluvun perustella arvioituna koko joki tutkitulta matkalta on luokiteltavissa ympäristökeskuksen (2007.) mukaan humuspitoiseksi.

Kokonaistypen keskiarvotulokset kuvassa 4 ovat suurimpia Naistinginojan mittauspisteessä. Naistinginojan pitoisuudet johtuvat tosin pisteen sijainnista, eli koska se ei suoraan ole joessa, ovat pitoisuudetkin oletettavasti muita mittauspisteitä korkeampia. Laihalammen ja Pankalammen kohdalla pitoisuudet ovat suurempia kuin muissa joen mittauspisteissä keskimäärin. Suomen ympäristökeskuksen (2007.) mukaan kokonaistypen ollessa välillä 600–1500 µg/l on vesi luokitukseltaan rehevä, ja joen tulokset olivat näiden arvojen välissä lähes koko matkalla. Kokonaistypen arvot ovat kahdessa pisteessä luokitukseltaan erittäin rehevä (>1500 µg/l).

Kokonaisfosforin keskiarvotulokset kuvassa 5 ovat moninkertaiset joen juoksun alussa (Naistinki) verrattuna loppuun (Hanhilampi, Pankakoski, Pankajoki). Kokonaisfosforin arvot vaihtelevat joen matkalla Suomen ympäristökeskuksen (2007.) lievästi rehevän ja rehevän välillä. Suhteessa suuremmat pitoisuudet eivät tarkoita suoraan pitoisuuksien suuresta luonnollisesta poistumisesta vaan joen juoksun alun kyseisten pitoisuuksien vähäisyydestä.

Kemiallisen hapenkulutuksen keskiarvotulokset kuvassa 6 ovat koko joen matkalta 23 – 8 mg/l välillä. Tulokset laskevat joen kulun myötä kemiallisten reaktioiden tapahtuessa. Joki ei ole saastunut ihmisperäisistä jätevesistä, ja siksi arvon on matala. Koska joen valuma-alueelta tulevilta vesiltä (esim. Karhialammelta) on turvepitoisia soita, joiden vesien laatu nostavat kemiallisen hapenkulutuksen parametreja joessa. (Ely-keskus 2010.) Suomen ympäristökeskuksen (2007.) mukaan kemiallisen hapenkulutuksen ollessa 4-10mg/l välissä on vesi luokituksestaan väritön ja keskihumuksinen.

Tässä tapauksessa kemiallinen hapenkulutus heijastaa pääosin valuma-alueelta huuhtoutuvien orgaanisten yhdisteiden määrää eli veden humuspitoisuutta. Kuormituselvityksessä voi havaita Rokkalanjoen COD<sub>Mn</sub> -arvojen nousseen tasaisesti, mikä johtunee pääosin maankäyttömuutoksista eli mm. turvemaiden ojituksista. Pitoisuudet eivät ole erityisen korkeita, (SYKE 2007) mutta asialla on merkitystä lähinnä pohjavedeksi rantaimettyvän veden laatu-tekijänä. COD<sub>Mn</sub> arvoltaan yli 15 mg/l veden orgaaninen aine käytännössä syö pohjaveden hapettomaksi tyypillisillä pohjavesialueen alueen viipymillä. (SYKE 2007.)

Lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrät kuvassa 7 ovat suurimmat Laihalammessa. Muualla joessa tulokset vaihtelevat 3–27 kpl/100 ml välillä. mukaan EU-uimarannalle on asetettu mikrobiologiset raja-arvot koliformisten bakteerien kohdalle, ja niiden määrä on oltava alle 10000 kpl/100ml. (Kansanterveyslaitos 2008.)

Tulokset vaihtelevat joen matkalla paljon. Ne voivat kasvaa, kun pääuomaan yhtyy toisia uomia, joista tulevat vedet ovat pääuoman vesiin nähden väkivämpiä. Kun pääuomaan yhtyy ainepitoisuuksiltaan laimeampia vesiä, pitoisuudet laimenevat.

### 5.3 Pumppaamojen riskianalyysi ja Vemalan tulokset

Mikkelin Vesilaitoksen jätevesipumppaamot ovat etävalvonnassa ja mahdolliset häiriöt pumppaamojen toiminnassa huomataan nopeasti. Ongelmana kuitenkin useiden pumppaamojen kohdalla on epävarmat tiedot pumppaamon

purkuputken tarkasta sijaintipaikasta. Mikäli purkuputken sijaintipaikka ei ole tiedossa, ei ole myöskään mahdollista esittää jäteveden kulkeutumisreittiä mahdollisessa ylivuototilanteessa. Pumppaamoilla, joiden läpi virtaa suuria määriä jätevettä, lyhytkin häiriö pumppaamon toiminnassa voi johtaa jäteveden ylivuotoon, minkä vaikutukset ulottuvat kauas purkupisteestä. Näin ollen pohjavesialueelle voi kohdistua riskejä myös sellaisista jätevesipumppaamoista, jotka eivät sijaitse varsinaisella pohjavesialueella. Tässä työssä arvioitiin kahdentoista jätevesipumppaamon toimintaa.

Tuloksista (taulukko 2 ja pumppaamokortit liite 1) käy ilmi, että aikaisempien tietojen lisäksi eniten huomiota kiinnittävä pumppaamo on Viilarintien pumppaamo, jossa ylivuotoputki menee suoraan läheiseen ojaan, joka siitä jatkaa junaradan vieressä olevaan ojaan ja josta se menee 7-nimiseen jokeen Naisitingin ja lentokentän väliin. Pumppaamo on tärkeä siksi, sillä sen havaittavuus on heikko ja mahdollisesti suuri ylivuoto aiheuttaisi ongelmia. Siekkilän pumppaamon jätevesi laskee päinvastaiseen suuntaan kuin oli alun perin ajateltu. Lentokentän pumppaamo tarkastettiin kaksi kertaa, sillä sen purkuputken sijainnista oli epäselvyyttä. Lentokentän pumppaamo myös luokiteltiin korkeariskiseksi riskiluokitusmatriisissa. (Taulukko 12.) Porrassalmentien sekä Siikasalmen pumppaamot tarkistettiin vesilaitoksen työntekijän kanssa. Moisio-  
pellon pumppaamon mahdolliset ylivuodot menevät vanhaa viemäriputkea pitkin Kyyhkylän pumppaamolle. Porrassalmentien pumppaamo oli myös tärkeä, sillä se sijaitsee suoraan pohjavesialueen päällä. Mikäli pumppaamo joutuu ylivuototilanteeseen, voi se aiheuttaa pohjaveden pilaantumista. Pumppaamon purkuputki tosin löydettiin, eikä läheisyydessä ollut merkkejä ylivuodosta.

Muiden pumppaamojen purkuputket ovat enemmän tai vähemmän oikeassa kohdassa verrattuna muihin opinnäytetöihin, vesilaitoksen tietoihin ja Stella-webiin. Tulokset olivat samankaltaisia kuin muissa opinnäytetöissä.

Jätevesipumppaamojen ylivuotojen tulokset päätettiin kuvata valitulla tavalla kuvissa 8–11, koska näin tulokset saatiin esitettyä kuvassa mahdollisimman paljon myös sellaistaakin tietoa, jota ei tässä opinnäytetyössä suoraan tarvittaisi. Kun kuvissa arvojen muutokset ovat kuvattuna viivamuodossa, on tuloksien syvempi analysointi helpompaa. Kuvissa olevien pitoisuuksien muutoksien

suhde näkyy taulukossa suoraan, ja siten taulukkoon saadaan monen muuttujan vaikutus huomioon. Taulukoissa 9 ja 10 on tietoa pumppaamoiden ylivuotoon liittyvistä tuloksista, josta kaaviot saatiin piirrettyä. Kuvassa 12 on simuloitua kuukausittaiset virtaamatulokset viimeiselle kymmenelle vuodelle, ja siitä näkyy, miten virtaamasta johtuvien pumppaamoiden ylivuodon vaikutusten arvot muuttuvat kuukausittain. Kuvasta voi päätellä pumppaamojen ylivuodon seurausta eri valuman vaihteluilla, kun sitä vertaa kuviin 8-11, jossa näkyvät pumppaamoiden suhteet virtaamiin.

## **6 JOHTOPÄÄTÖKSET**

### **6.1 Valuma-alue tarkastelu**

Hanhikankaan pohjavesialueelle määritettiin valuma-alue, jotta pystyttäisiin tarkastelemaan, kuinka laajalta alueelta pohjavesialueelle kulkeutuu pintavesiä ja samalla arvioimaan, kuinka laajalta alueelta pohjavesi-alueelle on mahdollista kulkeutua pintaveden mukana erilaisia kuormitustekijöitä. Valuma-alueen määrittäminen tehtiin kahdella eri menetelmällä; Suomen ympäristökeskuksen Value-menetelmällä ja Metsäkeskuksen valuma-alueen määrittästyökalulla. Molemmilla menetelmillä saadut valuma-alueen rajaukset olivat yhdenmukaiset. Rajaus olisi ollut mahdollista myös tehdä itse ArcGis Pro:lla, mutta tulokset olisivat olleet samat, kuin Suomen ympäristökeskuksen ohjelmalla, sillä kummatkin ohjelmat ovat saman alustan (Esrin Inc) tuotoksia.

### **6.2 Kuormitustilanne**

Vedenlaadun tuloksista saatiin selville, että pitoisuuksien arvot normaalisti laskevat joen virtaaman mukaan. Tämä johtuu todennäköisesti joen eri purojen sekä ojien tuoman veden laadun erosta joen pääuoman vedenlaatuun nähden. Osa mittauspisteiden anomaliaista johtuu mittauspisteen sijainnista. Esimerkiksi suurin osa mittauspisteen 319 pitoisuuksista (P kok, N kok) johtuu todennäköisesti läheisen lentokentän huoltotoimenpiteistä (Tanskanen 2017) eivätkä ne siten kuvasta muuta kuin mittauspisteen omia pitoisuuksia, joten niiden suhde pitoisuusnousuun on useimmissa virtaamatilanteissa varsin pieni. Jonkun yksittäisen hulevesitapahtuman aikana voi olla havaittava nousua mutta tästäkään ei ole mittaustuloksia. Tuloksien keskiarvostaminen käytän-

nössä tekee yksittäisten pitoisuuksien analysoinnin tämän takia erittäin vaikeaksi. Koko hulevesiviemäröity kaupunkirakenne Naistingista Hanhिलampeen nostaa pitoisuutta joessa, mutta käytössä olevan aineiston perusteella ei voi päätellä syitä kovin pitkälle.

Koliformisten bakteerien määrä on suurimmillaan Laihalammessa. Lammen vedenkierto ei ole kovin suuri. Pitoisuuksien korkeus voi johtua esimerkiksi alueen läheisyydessä olevista koiranulkoilutuslenkeistä, yms hulevesiviemäröidyiltä alueilta huuhtoutuvista lika-aineista. Laihalammen vedenlaatu siis edustaa tyypillisessä hulevesikosteikossa tavattavia arvoja. (Tanskanen 2012.)

Yleisesti ottaen pitoisuudet kuvissa 3–7 laskevat joen juoksun myötä kaikissa mittauspisteissä. Laihalammen ja Pankalammen kohdalla pitoisuudet ovat selvästi korkeampia, mikä johtunee päästöjen tulppamaisen virtauksen paremmasta sekoittumisesta ympäröiviin vesimassoihin.

Tuloksien käsittely oli hyödyllistä tulevaisuuden projektien kannalta. Vesien tuloksista ei pysty suoraan näkemään mitään syitä näihin vedenlaadun muutoksiin. Kiinnostava muutos monissa mittauskohteissa tapahtui tosin vuoden 2007 tienoilla, jolloin monet arvot muuttuivat paljon. Tämä voi johtua esimerkiksi uudesta mittaustekniikasta tai mittaustuloksia prosessoivan laboratorion vaihtumisesta. Tuloksista ei saa tarkkoja tietoja tutkimatta ennen tapahtumia, jotka olivat samoihin aikoihin ja jotka saattoivat vaikuttaa tuloksiin.

### **6.3 Pumppaamojen riskianalyysi ja Vemalan tulokset**

Jätevesipumppaamoiden ylivuoto ei aiheuta juurikaan ongelmia tilanteissa, joissa pumppaamo ei pitkään kerkeä pumppaamaan jätevettä läheisiin ojiin. Mikäli vettä pääsee suhteellisen helposti jokeen, saattaa jopa keskikokoinen tai pieni pumppaamo aiheuttaa suuria muutoksia veden laatuun. Toisaalta vaikka pumppaamo vuotaisikin pitemmän aikaa, ei se välttämättä kerkeäisi vaikuttamaan samalla tavalla kuin tässä opinnäytetyössä on taulukoituna, sillä oheisissa taulukoissa on otettu huomioon pitoisuudet, kun virtaama on suoraan pumppaamolta vesistöihin. Näin ei kuitenkaan ole, koska pumppaamoiden sijoittelussa on kiinnitetty huomiota ylivuotojen suunnan. Vemalan virtaama-

tietojen avulla saatiin havainnollistettua hyvin joen laadun muutosta ylivuodon sattuessa.

Näistä tuloksista näkyy, että mikäli pumppaamo on pitkään epäkunnossa, muutamat arvot, kuten lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrä, aiheuttavat suoraan suuren muutoksen veden laadussa. Käytännössä vesi muuttuu suhteellisen nopeasti saastuneella alueella uimakelvottomaksi eli terveysriski on siinä tapauksessa olemassa, vaikka vedestä ei pääsisi imeytymään pitoisuuksia pohjaveteen. Kaikki kuvissa 8-11 ilmoitetut arvot ovat kautta linjan selvästi suurempia kaikissa pumppaamokokoluokissa verrattuna veden normaaliin laatuun.

Mikäli pumppaamon toiminnan vika ei jostain syystä näy vesilaitoksen seurannassa ja jossakin mittauspisteessä havaitaan sattumalta isompia arvoja (esimerkiksi selvästi suurempia bakteerimääriä), on oikean pumppaamon löytäminen kohtalaisen hankalaa. Kyseisessä tapauksessa ainut keino löytää epäkunnossa ollut pumppaamo on tarkistaa järjestyksessä joen juoksun yläpuolisia pumppaamoita, kunnes viallinen pumppaamo löytyy.

## LÄHTEET

Esri Inc. 2017. Archmap. Karttapalvelun ominaisuuslistaus. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/understanding-drainage-systems.html> [Viitattu: 4.9.2017.]

Etelä-Savon Ely-keskus. 2010. Mikkelin Pursialan, Hanhikankaan ja Porrasalmen pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien päivitys. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/87712/Pursiala\\_Hanhikangas\\_Porrasalmi\\_Suojelusuunnitelma.pdf](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/87712/Pursiala_Hanhikangas_Porrasalmi_Suojelusuunnitelma.pdf) [Viitattu: 10.9.2017.]

Euroopan komissio. 2015. Good Practices on Leakage Management. Raportti. Saatavissa: [https://circabc.europa.eu/sd/a/1ddfba34-e1ce-4888-b031-6c559cb28e47/Good%20Practices%20on%20Leakage%20Management%20-%20Main%20Report\\_Final.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/1ddfba34-e1ce-4888-b031-6c559cb28e47/Good%20Practices%20on%20Leakage%20Management%20-%20Main%20Report_Final.pdf) [Viitattu: 20.9.2017.]

Hangon kaupunki. 2013. Hangon vesi- ja viemärlaitoksen valmiussuunnitelma. Raportti. Saatavissa: <http://docplayer.fi/44092931-Hangon-vesi-ja-viemarilaitoksen-valmiussuunnitelma.html> [Viitattu: 14.2.2018.]

Kansanterveyslaitos. 2008. Suolistoperäisten taudinaiheuttajamikrobien esiintyminen luonnonvesissä. Raportti. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/80487/2008b01.pdf> [Viitattu 20.2.2018.]

Korhonen, J. 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Suomen ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY\\_45\\_2007.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY_45_2007.pdf) [Viitattu: 15.2.2018.]

Kuhmonen, I, Palomäki, A. 2013. Jyväskylän yliopisto. Mikkelin alapuolisen Saimaan kuormitusselvitys. Raportti. Saatavissa:



[https://esvesienhoito.files.wordpress.com/2015/01/mikkelin\\_kuormitus selvitys\\_29082013\\_final\\_pienennetty.pdf](https://esvesienhoito.files.wordpress.com/2015/01/mikkelin_kuormitus selvitys_29082013_final_pienennetty.pdf)

[Viitattu. 20.2.2018.]

Lahden kaupunki. 2010. Vesihuollon kehittämissuunnitelma. Raportti. Saatavissa:

<https://www.lahti.fi/PalvelutSite/AsuminenSite/Documents/Vesihuollon%20kehitt%C3%A4missuunnitelma.pdf> [Viitattu: 14.2.2018]

Metsäkeskus. 2017. Vesiensuojelutyökalut. Karttatietojärjestelmä. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/vesiensuojelutyokalut> [Viitattu: 4.1.2018.]

Mikkelin seudun ympäristöpalvelut. 2016. Ympäristönsuojelun valvontasuunnitelma ja yhteenveto valvontaohjelmasta vuodelle 2017. Raportti. Saatavissa: <https://mikkeli.cloudnc.fi/download/noname/%7B899aa5bb-f493-4d37-8120-f5acfaa055be%7D/17096> [Viitattu: 14.1.2018]

Mikkelin vesilaitos ja Ramboll Oy. 2016. Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamo, Mikkeli, kuormitustarkkailun vuosiyhteenvetoraportti. Raportti. [Viitattu: 19.1.2017.]

Nab Labs Oy. 2014. Mikkelin alapuolisen Saimaan sekä valuma-alueen hoidon yleissuunnitelma. Raportti. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/7169875/Mikkelin+alapuolisen+vesist%C3%B6n+yleissuunnitelma+2014> [Viitattu: 10.11.2017].

Pasonen, H. 2017. PDF-dokumentti. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut.

Stellaweb. Mikkelin kaupungin intran karttatietojärjestelmä.

Suomen ympäristökeskus. 2007. Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEB5CF5FA%7D/91995> [Viitattu 12.2.2017].

Suomen ympäristökeskus. 2016. Vesistömallijärjestelmä (WSFS-VEMALA). Palvelukuvaus. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://metatieto.ymparisto.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7BC08C0416-6605-4BC5-8956-58AAF95F0030%7D> [Viitattu: 21.10.2017].

Suomen ympäristökeskus. 2017. Valuma-alueen rajaustyökalu. Karttatietojärjestelmä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://paikkatieto.ymparisto.fi/value/> [Viitattu 1.1.2018].

SYKE:n paikkatietoaineistojen metatietojen viitedokumentti. 2016. Suomen ympäristökeskus. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://etsin.avointiede.fi/storage/f/paituli/syke/uoma/syke\\_uoma\\_def\\_2016.pdf](https://etsin.avointiede.fi/storage/f/paituli/syke/uoma/syke_uoma_def_2016.pdf) [Viitattu: 10.11.2017].

Tanskanen, H. 2017-2018. Keskustelut 2017-2018. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut.

Tanskanen, H. 2012. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut. Mikkelin Lehmuskylän Laihalammen hoito-ohjelma. [Viitattu: 15.2.2018].

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta 341/2009. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090341> [Viitattu: 1.12.2017.]

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119> [Viitattu: 6.12.2017.]

WHO. 2006. Protecting Ground Water for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43186/1/9241546689\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43186/1/9241546689_eng.pdf) [Viitattu: 14.10.2017.]

WHO. 2011. Guidelines for drinking-water Quality. PDF-dokumentti. Saatavissa:

[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf)

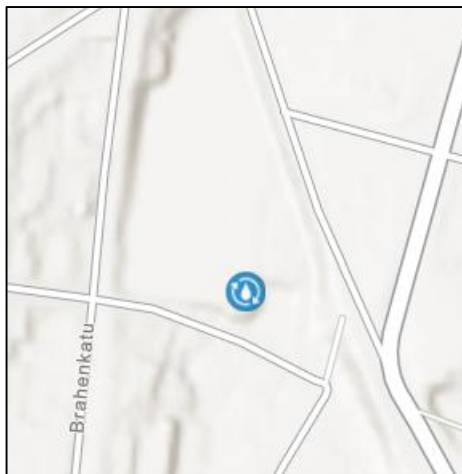
[Viitattu 19.2.2018.]

WHO. 2012. Water safety plans –Training package. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/facilitator-](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facilitator-handbook.pdf)

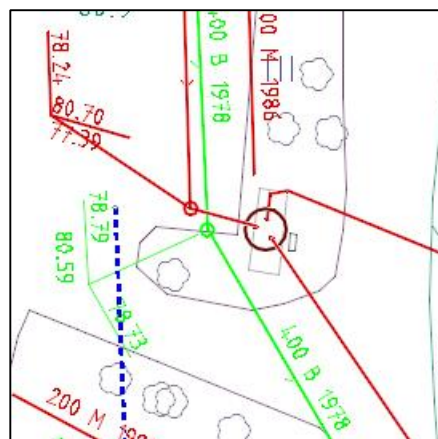
[handbook.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facilitator-handbook.pdf) [Viitattu 12.1.2018].

## PUMPPAAMOKORTIT

PUMPPAAMO	HÄNNINHAUTA
OSOITE	Hänninhauta
WGS84 lat	61,68454
WGS84 lon	27,268282
Pohjavesialueella	Kyllä
Matka_vesistöön	400m
Lähin_vesistö	Kaihunlahti
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	1
Kokoluokka	1
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	2
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Helppo
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Alueen liikkujat, pohjavesi
Purkupaikka	Ylivuoto kannen kautta pihamaalle, johon se padottuu
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{65216414-2757-9198-1832-648265428702}

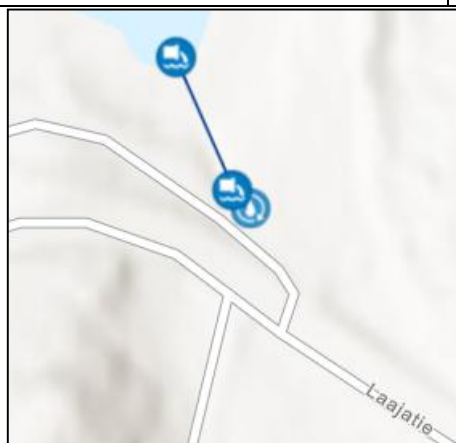


Arcgis Online

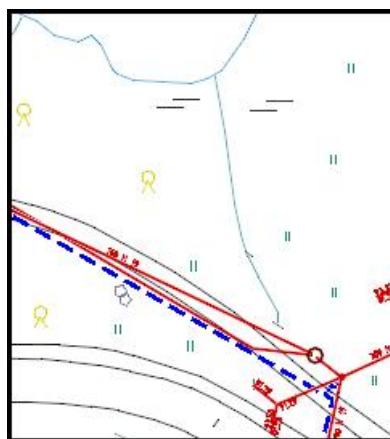


Stellaweb

PUMPPAAMO	LAAJATIE
OSOITE	Laajatie
WGS84 lat	61,65992
WGS84 lon	27,26577
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	50m
Lähin_vesistö	Laajalampi
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	1
Kokoluokka	2
Vaikutus_pohjavesialueelle	1
Vaikutus_virkistyskäyttöön	3
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Normaali
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Läheinen uimaranta
Purkupaikka	Ojaan, josta johtaa Laajalampeen
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{61643298-8233-1312-5389-905310003098}

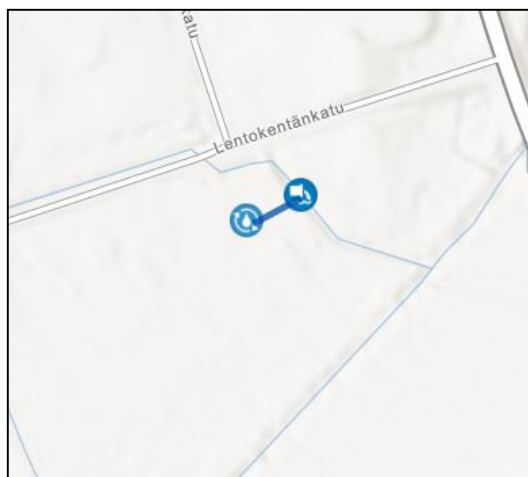


Arcgis Online

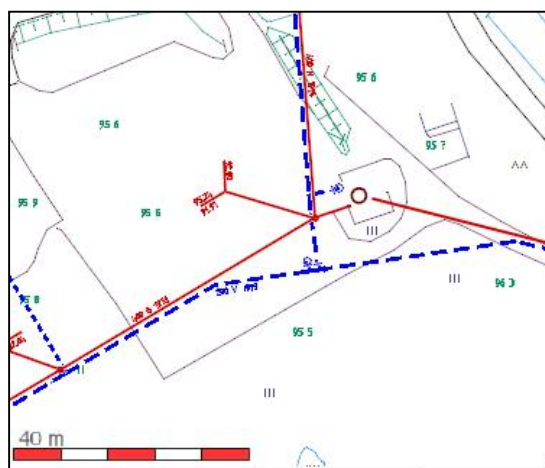


Stellaweb

PUMPPAAMO	LENTOKENTTä
OSOITE	Lentokentänkatu 2
WGS84 lat	61,687522
WGS84 lon	27,22106
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	1500m
Lähin_vesistö	Naistinki
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	1
Kokoluokka	3
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	2
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Normaali
Riskiluokitus	3
Lähin_riskialtis_kohde	Golf-kenttä sekä Hanhikankaan valuma-alue
Purkupaikka	purkaa sadevesiviemäriä pitkin ojaan
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{44948126-1995-4401-1259-760538023716}

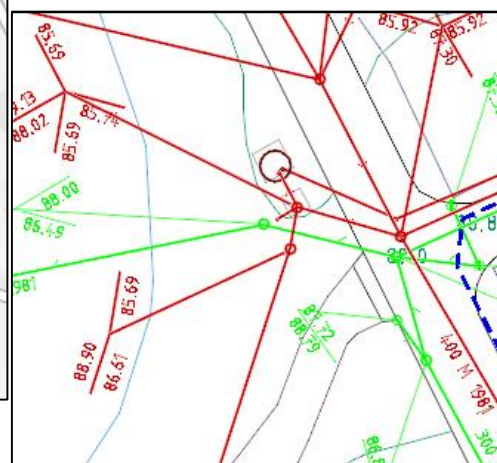


Arcgis Online



Stellaweb

A map showing the intersection of Päämajankatu and Poikkikatu. A blue line with a circular icon at the end indicates the location of the building on Poikkikatu.



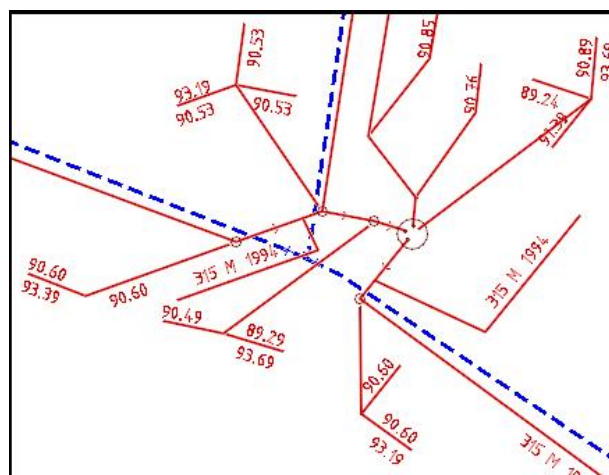
## Arcgis Online

## Stellaweb

PUMPPAAMO	MOISIONPELTO
OSOITE	Latokalliontien lähellä
WGS84 lat	61,650356
WGS84 lon	27,274722
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	500m
Lähin_vesistö	Saimaa
Purkuputken_sijainti	Ei ole
Kiireellisyysluokka	2
Kokoluokka	2
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	1
Ylivuodon_havaittavuus	Vaikea
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Läheiset pellot
Purkupaikka	Ylivuoto vanhaan viemäriin joka vie Kyyhky- län pumppaamolle ja sieltä Saimaaseen
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{80485824-2266-9025-8113-290002794842}



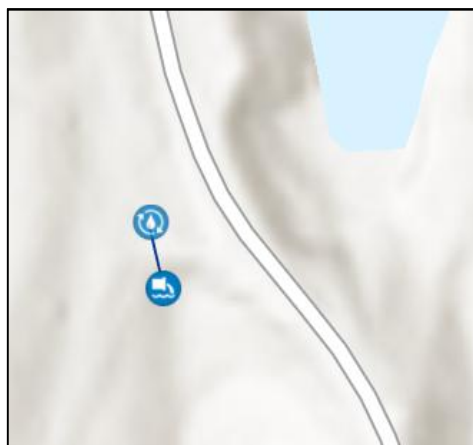
Arcgis Online



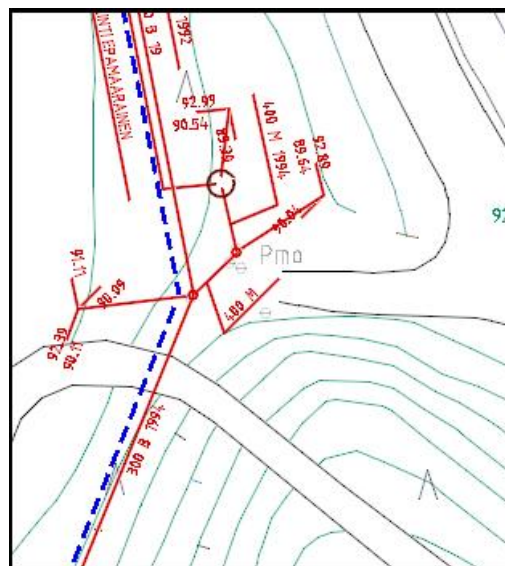
Stellaweb



PUMPPAAMO	PORRASSALMENTIE
OSOITE	Porrassalmentie
WGS84 lat	61,660853
WGS84 lon	27,284385
Pohjavesialueella	Kyllä
Matka_vesistöön	300m
Lähin_vesistö	Moisionlampi ja Saimaa
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	1
Kokoluokka	3
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Vaikea
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Montussa oleva suo, pohjavesi
Purkupaikka	Laskee putkea pitkin suppaan, josta se ei pääse vesistöön
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{68162797-9316-8537-1715-601125608317}

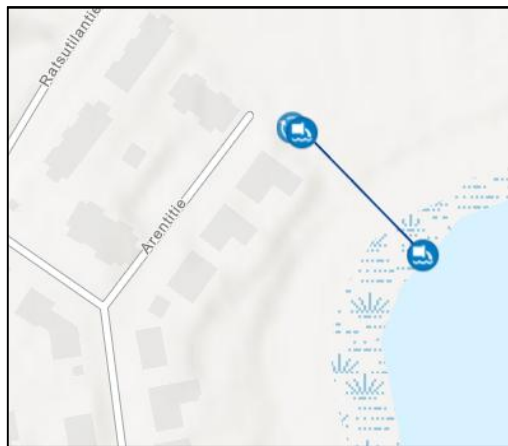


Arcgis Online

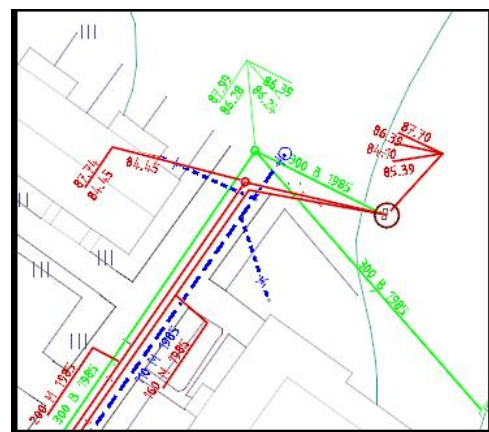


Stellaweb

PUMPPAAMO	Rouhialan jvp
OSOITE	Arenttien päässä oikealla
WGS84 lat	61,705601
WGS84 lon	27,268048
Pohjavesialueella	Kyllä
Matka_vesistöön	50m
Lähin_vesistö	Kovalanlampi
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	2
Kokoluokka	1
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Normaali
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Pohjavesi, kovalanlampi
Purkupaikka	ylivuoto tapahtuu hulevesiviemärin kautta Kovalanlampeen
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{81404272-9181-9599-8154-704438198556}

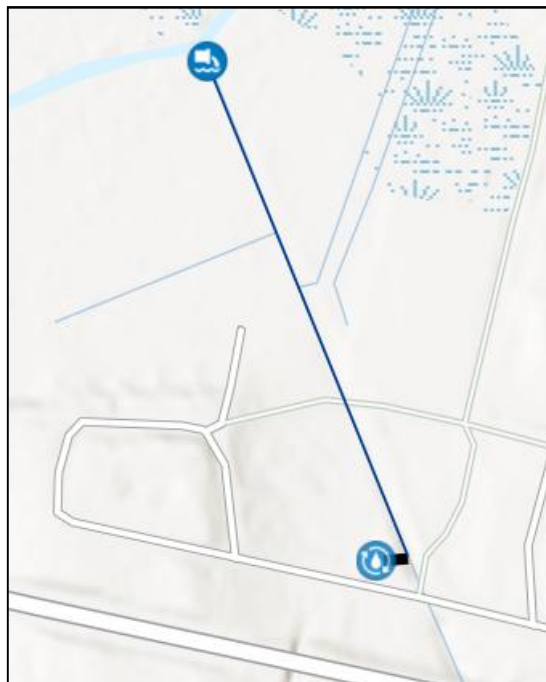


Arcgis Online

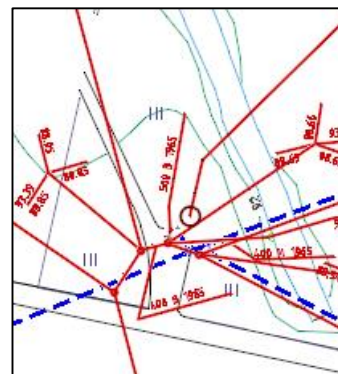


Stellaweb

PUMPPAAMO	SIEKKILÄ
OSOITE	Pohjolankatu
WGS84 lat	61,694333
WGS84 lon	27,237113
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	120m
Lähin_vesistö	Laihalampi
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	1
Kokoluokka	3
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Helppo
Riskiluokitus	3
Lähin_riskialtis_kohde	Pohjavesi, laihalampi
Purkupaikka	Viereiseen ojaan ja siitä Laihalampeen joka laskee edelleen Pankalampeen
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{87786439-2256-9582-6211-383653259363}

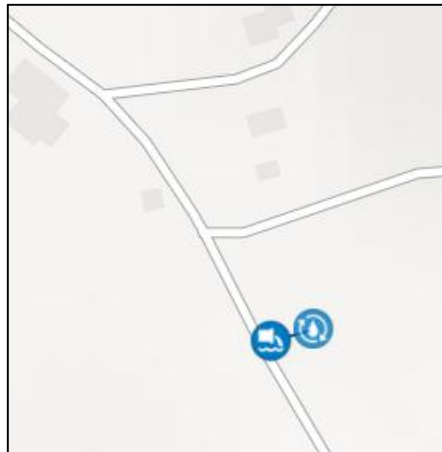


Arcgis Online

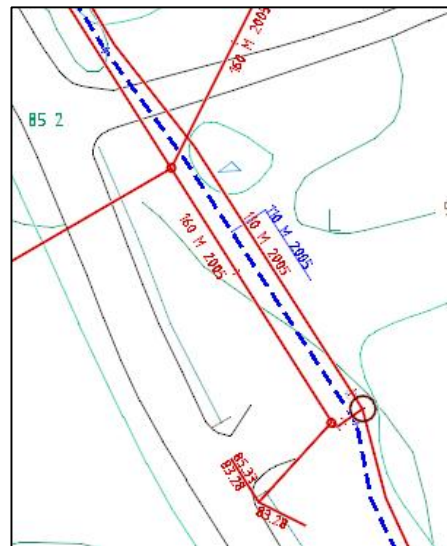


Stellaweb

PUMPPAAMO	SIIKASALMI
OSOITE	Siikasalmentie 4:n jälkeen oikealla
WGS84 lat	61,61965
WGS84 lon	27,28833
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	150m
Lähin_vesistö	Saimaa
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	2
Kokoluokka	1
Vaikutus_pohjavesialueelle	1
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	1
Ylivuodon_havaittavuus	Vaikea
Riskiluokitus	1
Lähin_riskialtis_kohde	Ei ole
Purkupaikka	Laskee ojaan pumppaamon läheisyydessä
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{78580680-8996-3677-9649-631870982275}



Arcgis Online



Stellaweb

PUMPPAAMO	TUUKKALANTIE
OSOITE	Tuukkalantie 14:n kohdalla
WGS84 lat	61,66277
WGS84 lon	27,272982
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	100m
Lähin_vesistö	Moisionlampi
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	3
Kokoluokka	1
Vaikutus_pohjavesialueelle	1
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	1
Ylivuodon_havaittavuus	Vaikea
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Moisionlampi, läheinen asutus
Purkupaikka	Laskee putkea pitkin tien laitaa, ja siitä tien ali moisionlampeen
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{60849843-6211-1495-4572-907845854356}

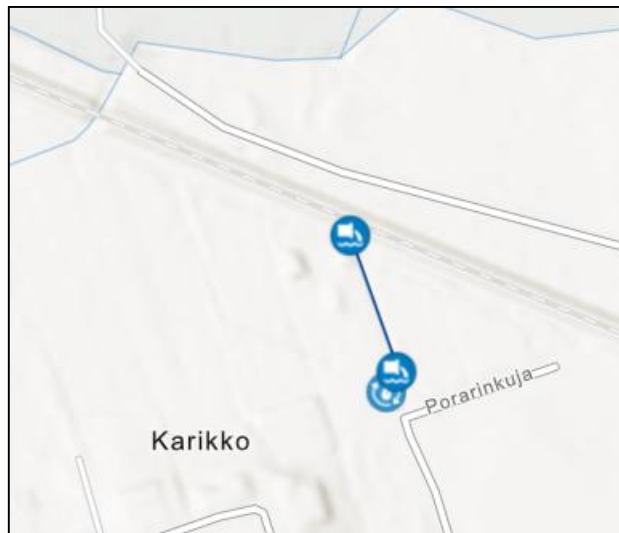


Arcgis Online

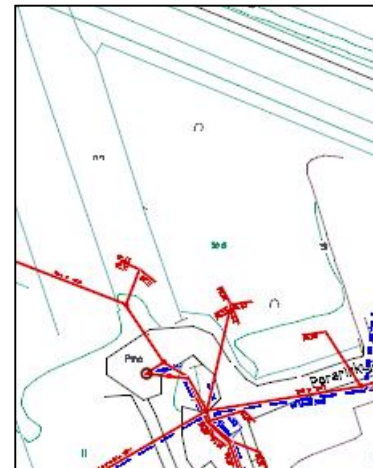


Stellaweb

PUMPPAAMO	Viilarintie
OSOITE	Viilarintiellä, Maskun kalustetalon takana
WGS84 lat	6,681104
WGS84 lon	27,216632
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	700m
Lähin_vesistö	Naistinki
Purkuputken_sijainti	Kartalla
Kiireellisyysluokka	2
Kokoluokka	2
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Vaikea
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	Pohjavesi
Purkupaikka	Laskee ojaan, josta toista ojaa pitkin sitten junaraiteen vieressä olevaa ojaa pitkin jokeen hanhikankaan valuma-alueelle
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{84733738-7882-9447-7946-864206834945}

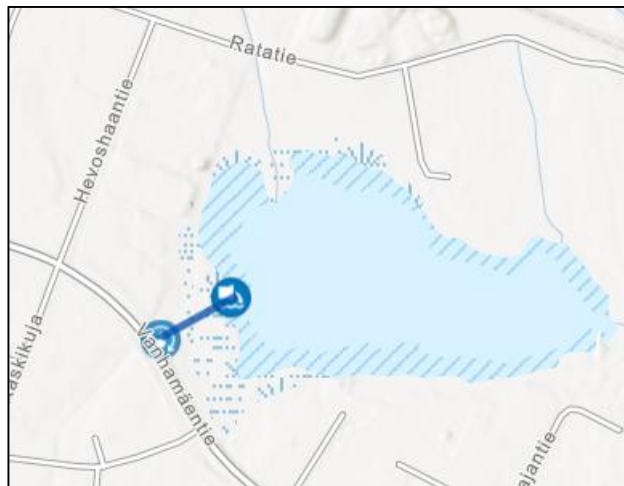


Arcgis Online



Stellaweb

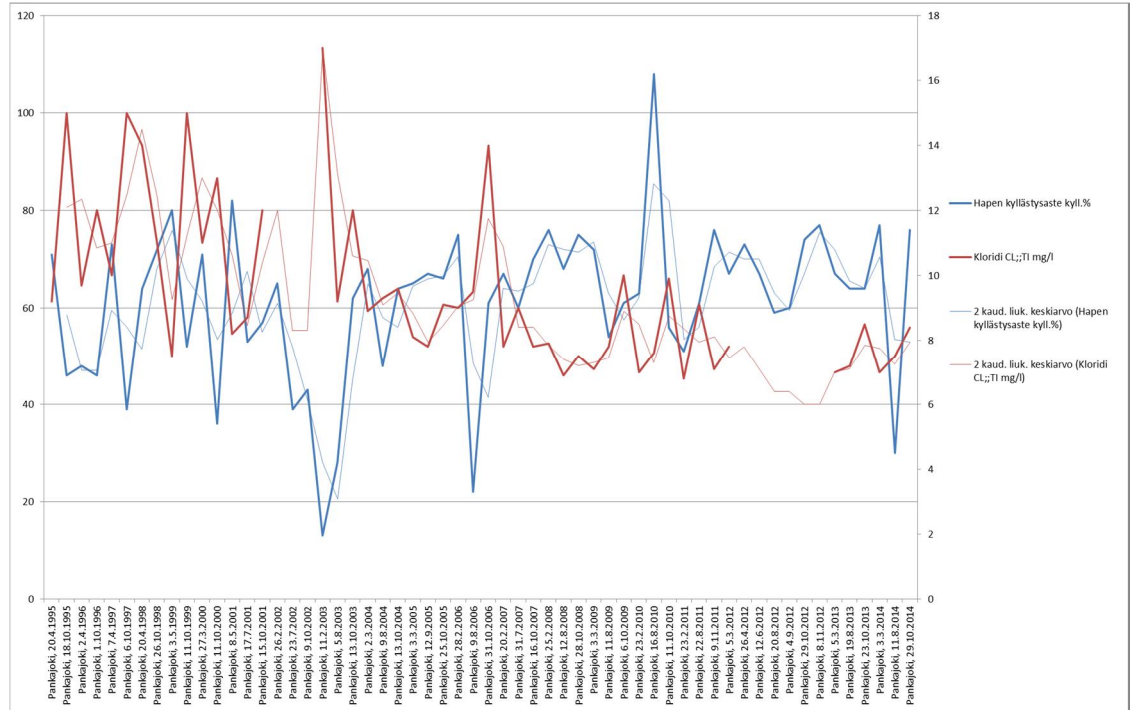
PUMPPAAMO	VUOLINGOTIE
OSOITE	Maamiehentien jälkeen junaradalle päin oikealla
WGS84 lat	61,682058
WGS84 lon	27,191027
Pohjavesialueella	Ei
Matka_vesistöön	100m
Lähin_vesistö	Naistinki
Purkuputken_sijainti	kartalla
Kiireellisyysluokka	3
Kokoluokka	2
Vaikutus_pohjavesialueelle	2
Vaikutus_virkistyskäyttöön	1
terveyshaitan_todennäköisyys	2
Ylivuodon_havaittavuus	Vaikea
Riskiluokitus	2
Lähin_riskialtis_kohde	naistinki, pohjavesi
Purkupaikka	pumppaamon vieressä kulkevaan ojaan josta naistinkiin
CreationDate	21.10.2017 7:54
Creator	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
EditDate	21.10.2017 7:54
Editor	harjoittelija.ymparistonsuojelu_Mikkeli
GlobalID	{67873718-4549-5176-3334-717578201846}



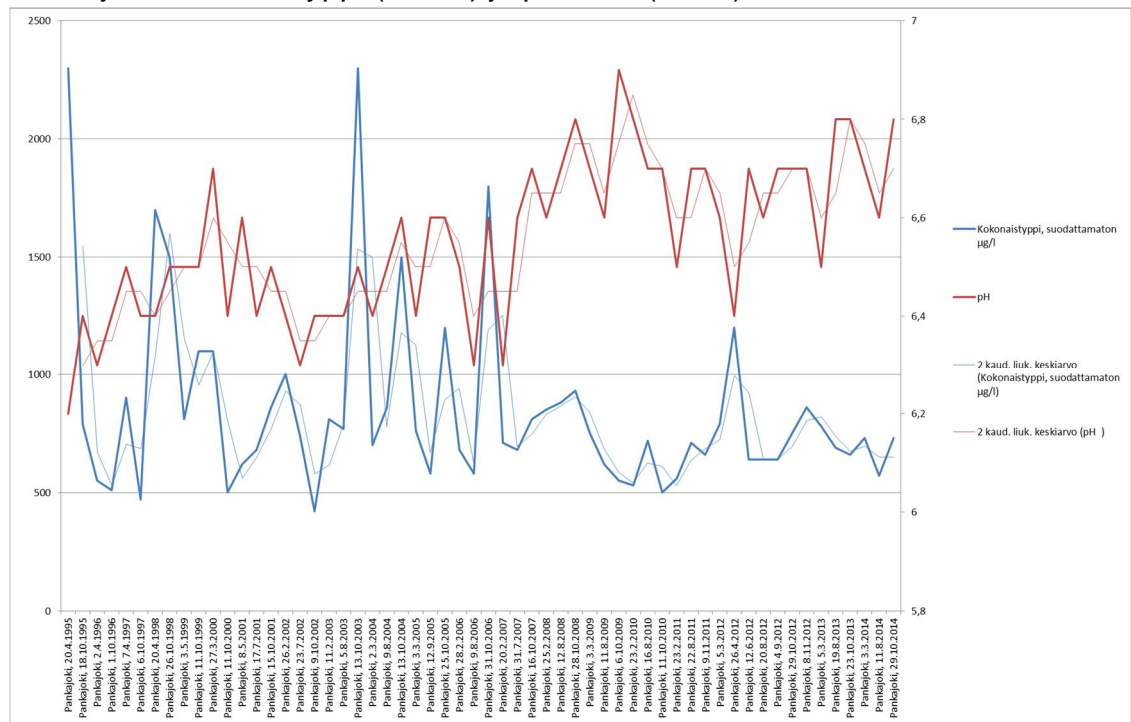


## PANKAJOEN TULOKSET

## Pankajoen kloridi-pitoisuus (vasen) ja hapen kyllästysaste % (oikea)

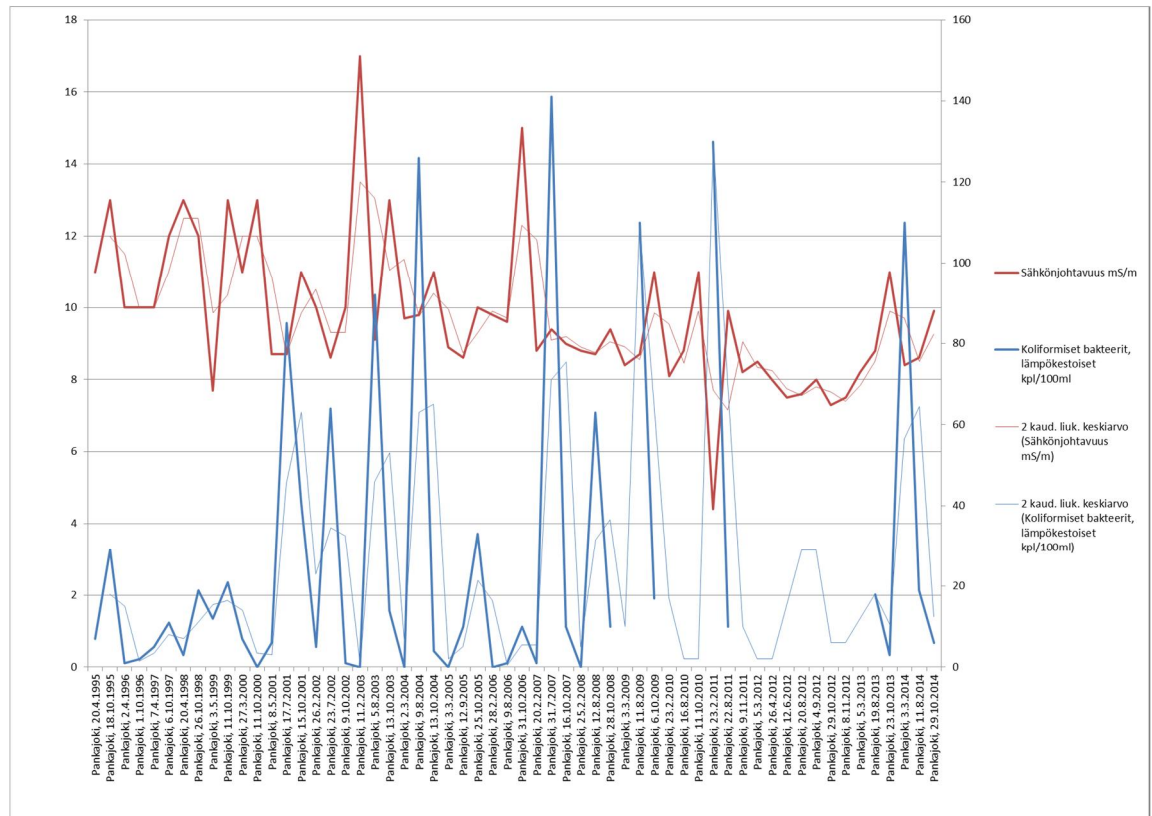


## Pankajoen kokonaistyyppi (vasen) ja pH-arvo (oikea)

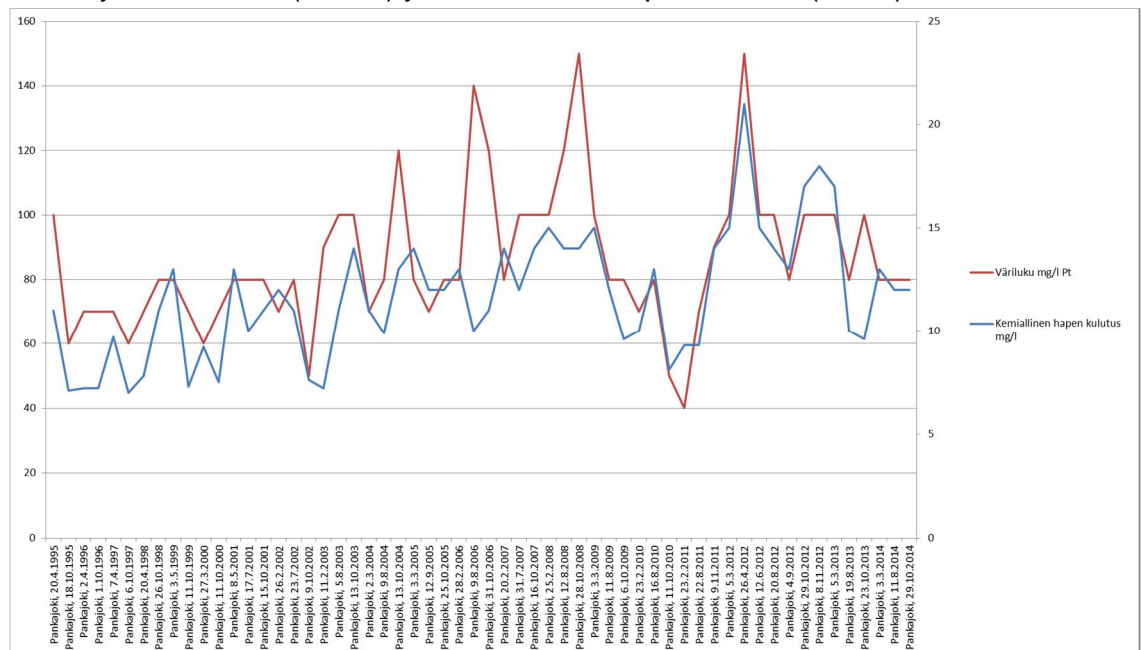




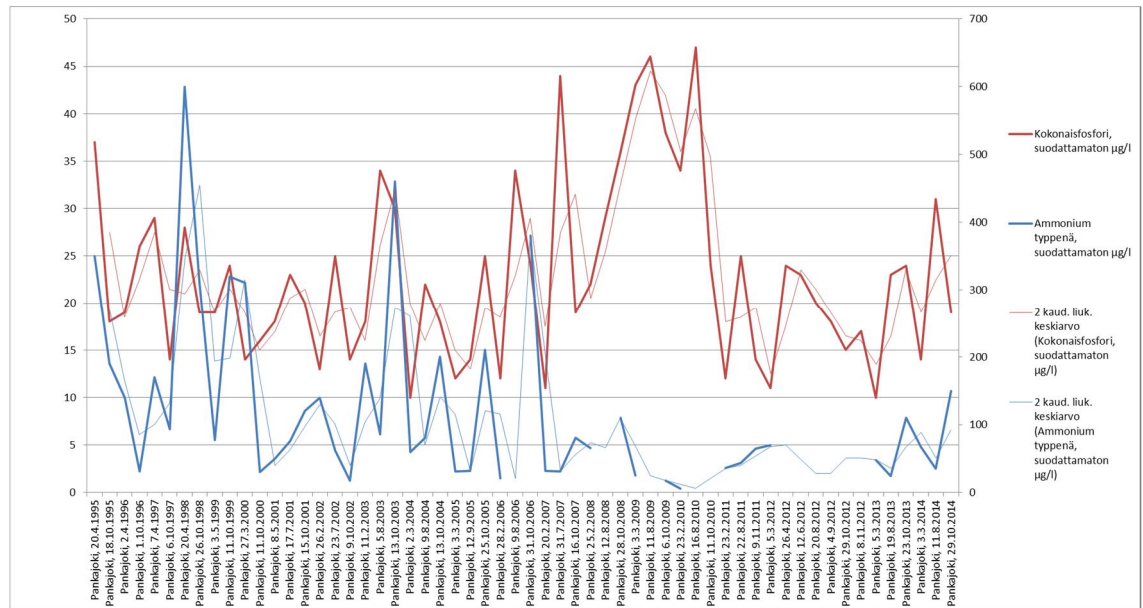
### Pankajoen sähkönjohtavuus (vasen) ja koliformiset bakteerit (oikea)



### Pankajoen väriluku (vasen) ja kemiallinen hapenkulutus (oikea)



## Pankajoen kokonaisfosfori (vasen) ja ammonium typpenä (oikea)



## Pankajoen tulokset taulukossa

Mittausaika	Ammonium typpinä, suodattamaton µg/l	Hapen kyllästysaste, %	Kemiallinen hapen kulutus mg/l	Kloridi Cl <sup>-</sup> : TI mg/l	Kokonaistyyppi, suodattamaton µg/l	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset kpl/100ml	pH	Sähkönjohtavuus, µS/cm	Variluku mg/l Pl	Kokonaistyyppi, suodattamaton µg/l
Pankajoki, 20.4.1995	350	71	11	9,2	2300	7	6,2	11	100	37
Pankajoki, 18.10.1995	190	46	7,1	9,2	790	29	6,4	13	60	18
Pankajoki, 2.4.1996	140	48	7,2	9,7	550	1	6,3	10	70	19
Pankajoki, 1.10.1996	31	46	7,2	12	510	2	6,4	10	70	26
Pankajoki, 7.4.1997	170	73	9,7	10	900	5	6,5	10	70	29
Pankajoki, 6.10.1997	93	39	7	15	470	11	6,4	12	60	14
Pankajoki, 20.4.1998	600	64	7,8	14	1700	3	6,4	13	70	28
Pankajoki, 26.10.1998	310	72	11	11	1500	19	6,5	12	80	19
Pankajoki, 3.5.1999	77	80	13	7,5	810	12	6,5	7,7	80	19
Pankajoki, 11.10.1999	320	52	7,3	15	1100	21	6,5	13	70	24
Pankajoki, 27.3.2000	310	71	9,2	11	1100	7	6,7	11	60	14
Pankajoki, 11.10.2000	30	36	7,5	13	500	0	6,4	13	70	16
Pankajoki, 8.5.2001	50	82	13	8,2	620	6	6,6	8,7	80	18
Pankajoki, 17.7.2001	76	53	10	8,7	680	85	6,4	8,7	80	23
Pankajoki, 15.10.2001	120	57	11	12	860	41	6,5	11	80	20
Pankajoki, 26.2.2002	140	65	12	1000	5	6,4	10	70	13	
Pankajoki, 23.7.2002	62	39	11	8,3	740	64	6,3	8,6	80	25
Pankajoki, 9.10.2002	18	43	7,6	17	420	1	6,4	10	50	14
Pankajoki, 11.2.2003	190	13	7,2	17	810	0	6,4	17	90	18
Pankajoki, 5.8.2003	86	28	11	9,2	770	92	6,4	9,1	100	34
Pankajoki, 13.10.2003	460	62	14	12	2300	14	6,5	13	100	30
Pankajoki, 2.3.2004	60	68	11	8,9	700	0	6,4	9,7	70	10
Pankajoki, 9.8.2004	81	48	9,9	9,3	860	126	6,5	9,8	80	22
Pankajoki, 13.10.2004	200	64	13	9,6	1500	4	6,6	11	120	18
Pankajoki, 3.3.2005	31	65	14	8,1	760	0	6,4	8,9	80	12
Pankajoki, 12.9.2005	32	67	12	7,8	580	10	6,6	8,6	70	14
Pankajoki, 25.10.2005	210	66	12	9,1	1200	33	6,6	10	80	25
Pankajoki, 28.2.2006	21	75	13	9	680	0	6,5	9,8	80	12
Pankajoki, 9.8.2006	22	22	10	9,5	580	1	6,3	9,6	140	34
Pankajoki, 31.10.2006	380	61	11	14	1800	10	6,6	15	120	24
Pankajoki, 20.2.2007	32	67	14	7,8	710	1	6,3	8,8	80	11
Pankajoki, 31.7.2007	31	60	12	9	680	141	6,6	9,4	100	44
Pankajoki, 16.10.2007	81	70	14	7,8	810	10	6,7	9	100	19
Pankajoki, 25.2.2008	66	76	15	7,9	850	0	6,6	8,8	100	22
Pankajoki, 12.8.2008	110	68	14	6,9	880	63	6,7	8,7	120	29
Pankajoki, 28.10.2008	75	75	14	7,5	930	10	6,8	9,4	150	36
Pankajoki, 3.3.2009	25	72	15	7,1	750	6	6,7	8,4	100	43
Pankajoki, 11.8.2009	54	54	12	7,8	620	110	6,6	8,7	80	46
Pankajoki, 6.10.2009	18	61	9,6	10	550	17	6,9	11	80	38
Pankajoki, 23.2.2010	6	63	10	7	530	6	6,8	8,1	70	34
Pankajoki, 16.8.2010	108	108	13	7,6	720	2	6,7	8,8	80	47
Pankajoki, 11.10.2010	56	8,1	9,9	500	6,7	11	50	24		
Pankajoki, 23.2.2011	36	51	9,3	560	130	6,5	4,4	40	12	
Pankajoki, 22.8.2011	44	61	9,3	710	10	6,7	9,9	70	25	
Pankajoki, 9.11.2011	65	76	14	7,1	660	6,7	8,2	90	14	
Pankajoki, 5.3.2012	70	67	15	7,8	790	2	6,6	8,5	100	11
Pankajoki, 26.4.2012	73	73	21	1200	6,4	8	150	24		
Pankajoki, 12.6.2012	67	15	6,40	640	6,7	7,5	100	23		
Pankajoki, 20.8.2012	28	59	14	6,4	640	29	6,6	7,6	100	20
Pankajoki, 4.9.2012	60	13	6,40	640	6,7	8	80	18		
Pankajoki, 29.10.2012	51	74	17	6	750	6	6,7	7,3	100	15
Pankajoki, 8.11.2012	77	18	8,40	840	6,7	7,5	100	17		
Pankajoki, 5.3.2013	48	67	7	780	6,5	8,2	100	10		
Pankajoki, 19.8.2013	24	64	10	7,2	690	18	6,8	8,8	80	23
Pankajoki, 23.10.2013	110	64	9,6	660	3	6,8	11	100	24	
Pankajoki, 3.3.2014	67	77	13	7	730	110	6,7	8,4	80	14
Pankajoki, 11.8.2014	35	30	12	7,5	570	19	6,6	8,6	80	31
Pankajoki, 29.10.2014	150	76	12	8,4	730	6	6,8	9,9	80	19

## VESISTÖTULOKSIEN TAULUKKOTIEDOT

## Tulokset koko joelta

Paikan nimi	WGS84 long	WGS84 lat	Näytteenottoaika	Kemiallinen hapen kulutus mg/l	Kokonaisfosfori, suodattamaton µg/l	Kokonaistyyppi, suodattamaton µg/l	Variluku mg/l Pt
Hanhijoki 229	27,2574	61,70714	26.10.2015	9,1	17	670	80
Hanhilampi 327	27,25319	61,70141	9.6.2004		25	24	70
Karkialampi 025	27,21314	61,70462	25.8.2016	25	30	820	200
Laihalammen luusua 264	27,23893	61,69264	25.8.2016	7,5	40	680	60
Laihalampi 139	27,23949	61,68977	8.8.2006	11	51	800	70
Naistinginjokeen oja 319	27,21318	61,6829	4.9.2012	20	88	4800	340
Naistinki 256	27,19712	61,68185	16.8.2005	9,8	14	440	50
Naistinki luusua 272	27,20071	61,68229	2.9.2015	8,7	19	470	50
Pankajoki 033	27,25593	61,69037	11.10.2000	7,9	17	520	70
Pankajoki 228	27,25467	61,6971	29.10.2014	12	19	730	80
Pankalampi 032	27,25082	61,6893	2.9.2015	21	27	2100	450
Sirkkapuro 045	27,26308	61,70839	9.5.2012	23	16	850	180

## Tulokset samalta vuodelta

Paikan nimi	WGS84 long	WGS84 lat	Näytteenottoaika	Kemiallinen hapen kulutus	Kokonaisfosfori, suodattamaton µg/l	Kokonaistyyppi, suodattamaton µg/l	Variluku
Laihalammen luusua 264	27,23893	61,69264	12.6.2012	7,7 mg/l	26 µg/l	650 µg/l	35 mg/l Pt
Naistinginjokeen oja 319	27,21318	61,6829	12.6.2012	33 mg/l	440 µg/l	3900 µg/l	250 mg/l Pt
Naistinki luusua 272	27,20071	61,68229	12.6.2012	14 mg/l	16 µg/l	550 µg/l	70 mg/l Pt
Pankajoki 228	27,25467	61,6971	12.6.2012	15 mg/l	23 µg/l	640 µg/l	100 mg/l Pt
Sirkkapuro 045	27,26308	61,70839	25.10.2012	19 mg/l	17 µg/l	580 µg/l	180 mg/l Pt

## Keskiarvotulokset

Paikan nimi	WGS84-koord long	WGS84-koord lat	Kemiallinen hapen kulutus mg/l	Kokonaisfosfori, suodattamaton µg/l	Kokonaistyyppi, suodattamaton µg/l	Variluku mg/l Pt
Hanhijoki 229	27,2574	61,70714	10	16	576	71
Hanhilampi 327	27,25319	61,70141		25		85
Karkialampi 025	27,21314	61,70462	23	38	793	173
Laihalammen luusua 264	27,23893	61,69264	8	41	737	74
Laihalampi 139	27,23949	61,68977	11	71	800	70
Naistinginjokeen oja 319	27,21318	61,6829	13	68	12328	240
Naistinki 256	27,19712	61,68185	10	18	440	50
Naistinki luusua 272	27,20071	61,68229	12	25	613	83
Pankajoki 033	27,25593	61,69037	8	17	520	70
Pankajoki 228	27,25467	61,6971	12	26	791	91
Pankalampi 032	27,25082	61,6893	18	32	1171	263
Sirkkapuro 045	27,26308	61,70839	16	15	614	114

## Lämpökestoiset koliformiset bakteerit

Paikan nimi	WGS84 long	WGS84 lat	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset
Hanhijoki 229	27,2574	61,70714	15 kpl/100ml
Laihalammen luusua 264	27,23893	61,69264	4 kpl/100ml
Laihalampi 139	27,23949	61,68977	290 kpl/100ml
Naistinginjokeen oja 319	27,21318	61,6829	20 kpl/100ml
Naistinki 256	27,19712	61,68185	36 kpl/100ml
Naistinki luusua 272	27,20071	61,68229	4 kpl/100ml
Pankajoki 033	27,25593	61,69037	3 kpl/100ml
Pankajoki 228	27,25467	61,6971	27 kpl/100ml
Pankalampi 032	27,25082	61,6893	16 kpl/100ml

## Tutkimusalueen tuloksien määrä

Liite 3/2

	Tuloksien määrä
Hanhijoki 229	52
Kemiallinen hapen kulutus	10
Kokonaisfosfori, suodattamaton	10
Kokonaistyyppi, suodattamaton	10
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	6
Väriluku	12

Hanhilampi 327	12
Kokonaisfosfori, suodattamaton	2
Väriluku	10

Laihalammen luusua 264	44
Kemiallinen hapen kulutus	9
Kokonaisfosfori, suodattamaton	9
Kokonaistyyppi, suodattamaton	9
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	2
Väriluku	9

Laihalampi 139	7
Kemiallinen hapen kulutus	1
Kokonaisfosfori, suodattamaton	3
Kokonaistyyppi, suodattamaton	1
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	1
Väriluku	1

Naistinki 256	7
Kemiallinen hapen kulutus	1
Kokonaisfosfori, suodattamaton	3
Kokonaistyyppi, suodattamaton	1
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	1
Väriluku	1

Naistinginjokeen oja 319	82
Kemiallinen hapen kulutus	19
Kokonaisfosfori, suodattamaton	19
Kokonaistyyppi, suodattamaton	19
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	15
Väriluku	4

Riviotsikot	Tuloksien määrä
Naistinki luusua 272	31
Kemiallinen hapen kulutus	6
Kokonaisfosfori, suodattamaton	6
Kokonaistyyppi, suodattamaton	6
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	2
Väriluku	6

Pankajoki 033	5
Kemiallinen hapen kulutus	1
Kokonaisfosfori, suodattamaton	1
Kokonaistyyppi, suodattamaton	1
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	1
Väriluku	1

Pankalampi 032	42
Kemiallinen hapen kulutus	7
Kokonaisfosfori, suodattamaton	13
Kokonaistyyppi, suodattamaton	7
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	5
Väriluku	7

Pankajoki 228	254
Kemiallinen hapen kulutus	50
Kokonaisfosfori, suodattamaton	54
Kokonaistyyppi, suodattamaton	50
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	46
Väriluku	50

Sirkkapuro 045	135
Kemiallinen hapen kulutus	27
Kokonaisfosfori, suodattamaton	27
Kokonaistyyppi, suodattamaton	27
Väriluku	27

PUMPPAAMOIDEN RISKIANALYYSITIEDOT

Pumppaamot	Kokoluokka (1-3)	Vaikutus pohjavestalueelle (1-3)	Vaikutus vihkisyskäyttöön (1-3)	Terveystaitan todennäköisyys (1-3)	Lähin riskialtis kohde	Purkupaikka	Purkuvesistö	Seurauksen vakavuus (1-3)	Riski luokka (1-3)	Muita (esim. ylivuodon havaittavuus)
Rouhala	1	2	1	2	2 pohjavesi	hulevesiverkko	Kovalanlampi	2	2	2 normaali
Likolampi	2	2	2	2	2 Likolampi, pohjavesi	hulevesiverkko	Likolampi	2	2	2 normaali
Hänriinhauta	1	2	2	1	1 pohjavesi	kautta		2	2	2 hyvä
Porrassalmentie	3	2	1	2	2 pohjavesi	ei pääsyä		2	2	3 heikko
Sikasalmen jyp	1	1	1	1	1	putkella ojaan		1	1	1 heikko
Laajatie	2	1	3	2	2 Ulmaranta	ojaan	Laajalampi	2	2	2 normaali
Lentokenttä	3	2	2	2	2 Hanhikankaan pv-	hulevesiverkko	Oja, 7-niminen joki	2	3	3 normaali
Moisionpeito	2	2	1	1	1 läheiset pelot	Kyyhkylän		1	2	2 heikko
Siekkilä	3	2	1	2	2 Hanhikankaan pv-	ojaan	7-niminen joki	2	3	3 hyvä
Tuukkialantie	1	1	2	2	2 Moisionlampi	Ojaan	Moisionlampi	2	2	2 heikko
Viljarintie	2	2	1	2	2 alue	ojaan	7-niminen joki	2	2	2 heikko
Vuolijontie	2	2	1	2	2 Naistinki	ojaan	Naistinki	2	2	2 heikko