



**SAVONIA**



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KUOPION KAUPUNGIN VESIALUEIDEN HOITO- JA KUNNOSTUSOHJELMAN ESISELVITYS

TEKIJÄ: Tessa Savonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Tessa Savonen	
Työn nimi Kuopion kaupungin vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelman esiselvitys	
Päiväys	27.4.2018
Sivumäärä/Liitteet	65/0
Ohjaajat Projekti-insinööri Ville Matikka ja yliopettaja Pasi Pajula	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Kuopion kaupunki, vesialueiden hoitaja Markku Tuomainen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä laadittiin esiselvitys uutta Kuopion kaupungin vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelmaa 2019 – 2023 varten. Aikaisemmat hoito- ja kunnostusohjelmat ovat koskeneet pääosin Kuopion keskeisen kaupunkialueen lampia ja uutta ohjelmaa haluttiin laajentaa myös lahtialueita ja liitoskuntien vesialueita koskeviksi.</p> <p>Teoriaosuudessa määriteltiin Kuopion kaupungin vesialueiden seurantamenetelmät, ravinteiden ja kaupunkien vaikutukset vesistöihin sekä ominaiskuormituslukujen hyödyntäminen uudessa ohjelmassa. Samalla määriteltiin myös uudet lähtökohdat kunnostuksen priorisointiin, jossa haluttiin painottaa liitoskuntien huomioimista kunnostuspäätöksiä tehdessä. Lisäksi työssä käsiteltiin, kuinka riskienhallinnan ja vesialueiden arvottamisen yhdistämisellä voitaisiin tukea vesienhoitoon kohdistuvaa päätöksentekoa.</p> <p>Vesien luokittelu päivitettiin laajempaan ekologiseen luokitteluun. Keskeisimpänä tekijänä työssä toimi ravinteipitoisuuksien tarkastelu, jonka pohjalta vesialueiden luokittelu, kehityksen seuraaminen ja muutosten analysointi toteutettiin.</p> <p>Kohtuullista ulkoista kuormitusta kohdistuu 40 prosenttiin Kuopion lammista ja suurimmat kuormitustasot tulevat ydinkeskusta alueelta. Ulkoisen kuormituksen määrä tulee ottaa huomioon herkillä vesialueilla, etenkin rakentamisen aikana. Kuopion kaupungilla seurattavista lammista ja lahdista 60 % on erinomaisessa tai hyvässä kunnossa ja heikoimmassa kunnossa ovat pienet lammet. Seurannassa mukana olleista vesialueista, suurimman osan tila oli parantunut vuosikymmenien aikana. Vesialueisiin, joiden tila oli parantunut, on toteutettu erilaisia vesienkunnostustoimenpiteitä. Uuden ohjelman vesialuekohtaiset tarkastelut toteutetaan Pölläkanlahteen tehdyn esimerkin mukaisesti. Tämän esiselvityksen avulla toteutetaan uusi nykytarpeita vastaava vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelma.</p>	
Avainsanat vesienhoito, vesistön kunnostus, vedenlaatu, ulkoinen kuormitus, sisäinen kuormitus, ravinteet, hapetus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Tessa Savonen			
Title of Thesis Preliminary Survey of Water Area Treatment and Restoration Program for the City Of Kuopio			
Date	27 April 2018	Pages/Appendices	65/0
Supervisors Mr. Ville Matikka, Project Engineer and Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners City of Kuopio			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to draft a preliminary report for the City of Kuopio's water area treatment and restoration program for 2019 – 2023. Previous programs were mostly for the ponds located in the Kuopio City center area. The new program is to be expanded to include bay areas and joint municipality water areas.</p> <p>In the theory part of this thesis, tools to monitor the water areas, the effects of the nutrients and the city on the waters, and specific load numbers were studied to see if they could be used in the new program. New focus points were defined for prioritizing the maintenance, in which the joint municipalities were included when making restoration plans. Combining risk management and monetary value of the water areas was also a part of this thesis. Water areas were updated with ecologic classifications. Nutrient load was found out to be the centric measurement to follow. The results of this were used to determine the water quality, to classify the water area and to analyze the changes.</p> <p>As a result, it can be concluded that a moderate external load was found to affect 40 % of ponds and bays. 60 % of the ponds and bays were in excellent or great condition. Some of the small ponds were in the poorest condition. Most of the water areas included in the program have had their quality increased. The water areas the quality has of which gone up, have had restoration procedures made to them. For the new program, water area based procedures will be done following the example of one bay, Pölläkänlahti. The results of the preliminary report will be used to create a new water area treatment and restoration program for 2019 – 2023.</p>			
<p>Keywords water restoration and management, water quality, external load, internal load, nutrients, oxidation</p>			

## ESIPUHE

Haluan kiittää Kuopion kaupunkia mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja mahdollisuudesta perehtyä Kuopion vesialueiden hoitoon. Erityisesti haluan kiittää Kuopion kaupungin vesialueiden hoitajaa Markku Tuomaista osaavasta opinnäytetyön aikaisesta ohjauksesta. Lisäksi haluan osoittaa kiitokseni myös opinnäytetyötä ohjanneelle projekti-insinööri Ville Matikalle ja muille ympäristötekniikan opettajille opintojen aikana saadusta opetuksesta.

Kiitän myös perhettäni ja läheisiäni opintojen aikana saadusta tuesta ja kannustuksesta.

Kuopiossa 27.4.2018

Tessa Savonen

## SISÄLTÖ

KÄSITTEITÄ .....	6
1 JOHDANTO .....	8
2 KUOPION VESIALUEET.....	9
2.1 Yleistä.....	9
2.2 Edelliset kunnostus- ja hoitosuunnitelmat.....	11
2.3 Nykytarpeet ja tavoitetila .....	13
3 VESISTÖN TILAN SEURANTAMENETELMÄT KUOPIOSSA .....	15
3.1 Vesianalyysit.....	15
3.2 Koekalastukset.....	16
3.3 Sedimenttimääritykset .....	17
4 KUORMITUKSEN NYKYTILA.....	19
4.1 Vedenlaatua kuormittavat ravinteet.....	19
4.2 Kaupunkien vaikutukset vesialueisiin .....	20
4.3 Kuormituksen lähteet.....	22
4.4 Vesistökuormituksen arviointityökalut .....	26
5 KUOPION VESIALUEIDEN VEDENLAATU .....	30
5.1 Kuopion vesialueiden nykytila .....	30
5.2 Kuopion vesialueiden tilan kehitys .....	36
6 VESIEN KUNNOSTUKSEN TARVE JA ENNALTAEHKÄISY.....	41
6.1 Kunnostuksen priorisointi .....	41
6.2 Ennaltaehkäisy.....	45
6.2.1 Riskienhallinta .....	45
6.2.2 Arvottaminen .....	46
7 AIKAISEMMAT KUNNOSTUSMENETELMÄT JA NIIDEN TOIMIVUUDET .....	49
8 PÖLLÄKÄNLAHTI .....	54
8.1 Perustiedot.....	54
8.2 Nykytila ja kuormitus .....	55
8.3 Hoito- ja kunnostustoimenpiteet .....	59
9 YHTEENVETO.....	60
LÄHDELUETTELO.....	62

## KÄSITTEITÄ

**ALUSVESI** = Järvessä tai meressä harppauskerroksen alapuolella, lähellä pohjaa oleva vesikerros.

**ASUKASLÄHTÖISYYS** = Tässä opinnäytetyössä asukaslähtöisyydellä tarkoitetaan vesienhoidon toteuttamista alueen asukkaiden mielipiteet huomioon ottaen.

**EKOLOGINEN TILA** = Vesimuodostuman tila vesienhoitosuunnitelmassa (erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono). Ekologinen tila kuvaa, kuinka luonnontilainen vesimuodostuma on.

**EKOSYSTEEMIPALVELUT** = Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan luonnon ihmiselle suoraan tai välillisesti tuottamia hyötyjä. Ne jaetaan useimmiten tuotanto-, säätely-, kulttuuri- ja tukipalveluihin. Ne voivat olla esimerkiksi luonnonvaroja, kuten ravintokasveja, puuta tai lääkeaineita.

**HULEVESI** = Hulevesi on rakennetulla alueella maan pinnalle, rakennuksen katolle tai muulle pinnalle kertyvää sade- tai sulamisvettä. Hulevesiksi luetaan myös rakennusten perustusten kuivatusvedet.

**KOSTEIKKO** = Kosteikolla tarkoitetaan maiseman tai pienveden osaa ja ranta-aluetta, joka pysyy kosteana tai veden peitossa vähintään osan vuotta tai koko vuoden, ja jossa on kosteikolle tyypillisiä vesi- ja rantakasveja. Kosteikot voivat olla luonnontilaisia tai rakennettuja.

**KIINTOAININE** = Kiintoaine on hiukkasista koostuvaa orgaanista eli eloperäistä ainesta tai elotonta kiivenäismaa-ainesta. Esimerkiksi levät, turve ja savi ovat kaikki kiintoainetta.

**LASKEUTUSALLAS** = Laskeutusaltaat ovat laskuojien yhteyteen kaivettuja altaita, joihin valumavesien sisältämä kiintoaines laskeutuu virtauksen pienentyessä. Laskeutusaltaiden tarkoituksena on poistaa valumavesistä kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita.

**LÄHIDEMOKRATIA** = Lähidemokratiasta puhutaan kuntaliitoksien yhteydessä. Lähidemokratian tavoitteena on edistää liitoskuntien asukkaiden mahdollisuuksia kehittää muun muassa kunnan toimintaa ja palveluita.

**MINIMIRAVINNE** = Ravinne, joka eniten rajoittaa kasvien kasvua rajoittava tekijä.

**PIENVESI** = Tässä opinnäytetyössä pienvesillä tarkoitetaan lampia.

**PÄÄLLYSVESI** = Järvessä tai meressä harppauskerroksen yläpuolella, pinnassa oleva vesikerros.

**PRIORISOINTI** = Asioiden laittaminen tärkeysjärjestykseen, taloudelliset ja toteutusmahdollisuudet huomioiden

**RAVINNE** = Ravinteet ovat kemiallisia aineita, joita kasvit tarvitsevat kasvaakseen. Kasvien pääravinteita ovat typpi, fosfori ja kalium. Ravinteet ovat pääsyynä vesien rehevöitymiseen.

REHEVÖITYMINEN = Rehevöitymisellä tarkoitetaan kasvien tärkeimpien ravinteiden, typen ja fosforin, kertymistä vesistöön. Rehevöityminen aiheuttaa vesiympäristössä biomassan kasvua. Rehevöityminen vaivaa etenkin matalia, taajama- ja viljelyaluilla sijaitsevia järviä.

SEDIMENTTI = Sedimentti tarkoittaa kerrostuvaa maa-ainesta, joka on siirtynyt paikalle veden, tuulen tai jäätikön vaikutuksesta. Tavallisimmin sedimenttejä syntyy merien, järvien ja jokien pohjiin, joihin joet ja tulvavedet kuljettavat maa-ainesta.

SIDOSRYHMÄ = Sidosryhmät ovat organisaatiolle oleelliset ympäristön muut toimijat eli kaikki ne tahot, joiden kanssa organisaatio on vuorovaikutuksessa, jotka vaikuttavat sen toimintaan ja joihin sen toiminta vaikuttaa. Sidosryhmät voivat olla yksilöitä, ryhmiä tai organisaatioita. Sidosryhmiä ovat mm. omistajat, sijoittajat, asiakkaat, kumppanit, kilpailijat ja toimittajat.

SISÄINEN KUORMITUS = Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan vesistön pohjalle kerrostuneiden ravinteiden ja haitta-aineiden liukenemista pohjasedimentistä takaisin veteen.

TAAJAMA-ALUE = Taajamalla tarkoitetaan vähintään 200 asukkaan taajaan rakennettua aluetta. Asukasluvun lisäksi taajamassa on huomioitu rakennusten lukumäärä, kerrosala ja keskittyneisyys.

ULKOINEN KUORMITUS = Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan vesistöön sen ulkopuolelta, esimerkiksi metsistä, pelloilta, katualueilta tai ilmasta kulkeutuvia ravinteita sekä haitta-aineita. Ulkoista kuormitusta aiheuttavat esimerkiksi maatalous, teollisuus, puhdistamattomat jätevedet sekä luonnonhuuhtouma.

UMPEENKASVU = Umpeenkasvussa vesistö täyttyy kasvillisuudesta eli niin sanotusti kasvaa umpeen. Umpeenkasvu voi olla joko pinnanmyötäistä, pohjanmyötäistä tai vedensisäistä. Umpeenkasvu vaivaa etenkin pieniä ja matalia vesialueita.

VALUMA-ALUE = Alue, jolta vedet kertyvät vesistöön.

VESIALUE = Järvi, lampi, joki, puro, tekojärvi ja muu vastaava vesialue. Tässä opinnäytetyössä vesialueilla tarkoitetaan järviä, lampia ja lahtia.

VIRKISTYSKÄYTTÖ = Luonnon virkistyskäyttö sisältää kaiken luontoympäristössä tapahtuvan vapaa-ajan oleskelun ja liikkumisen jalan, hiihtäen tai pyöräillen tarkoituksena liikunta, retkeily, telttailu, metsästys, virkistyskalastus, veneily tai muu vapaa-ajan toiminta.

YMPÄRISTÖN ARVOTTAMINEN = Ympäristön arvottamisessa ympäristön tilalle tai sen muutokselle määritetään rahallinen arvo, jota mitataan muun muassa maksuhalukkuudella.

## 1 JOHDANTO

Vesialueet ovat olennainen osa Kuopion kaupunkia, sillä vesi muodostaa noin kolmanneksen kaupungin pinta-alasta. 1900-luvun puolivälissä jätevesien johtaminen, ympäristön rakentaminen ja kuivatusvesien tuomat ravinteet ovat kiihdyttäneet keskeisen kaupunkialueen vesialueiden rehevöitymistä aiheuttaen haittaa niiden käytölle. Koska useiden vesialueiden tila on heikentynyt ihmistoiminnan seurauksena, vesien tilaa on alettu seuraamaan.

Kuopion vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelman toteutus perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin (2000/60/EY) Euroopan yhteisön vesipolitiikan suuntaviivoista. Direktiivin tavoitteena on suojella, parantaa ja ennallistaa pinta- ja pohjavesiä niin, ettei niiden tila heikkene ja että vesistöjen tila on vähintään hyvä koko EU:n alueella. Kuopion pienvesien hoito- ja kunnostusohjelma tarkentaa näitä suunnitelmia Kuopion alueella.

Kuopion kaupungille on tehty kolme aikaisempaa hoito- ja kunnostusohjelmaa. Lampien kunnostus-tarve todettiin 1970-luvun lopussa. Ensimmäinen kunnostusohjelma ja kartoitus lampien tilasta laadittiin syksyllä 1986. Uusi vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelma on tarkoitus laatia vuosille 2019 – 2023. Uudessa hoito- ja kunnostusohjelmassa tarkastellaan pienvesien lisäksi myös lahtia ja uusien liitoskuntien vesialueita. Uusi hoito- ja kunnostusohjelma tulee olemaan nykyistä laajempi ja paremmin nykytarpeita vastaava. Lopputuloksen halutaan olevan päätöksentekoa tukeva.

Opinnäytetyön tavoite oli tehdä esiselvitys Kuopion kaupungin vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelman päivittämisestä. Esiselvityksessä määritellään, miten pienvesiä valitaan ohjelmaan, miten vesistöjä seurataan ja miten niitä hoidetaan tai kunnostetaan. Tätä esiselvitystä tullaan käyttämään varsinaisen hoito- ja kunnostusohjelman laadintaan.

Esiselvityksessä määriteltiin tarpeelliset seurantamenetelmät ja päivitettiin vesien luokittelu vesienhoidon laajempaan ekologiseen luokitteluun. Keskeisimpiä työkaluja ovat vesien ravinnepitoisuuksien kehittymisen seuraaminen, muutosten analysointi ja vesien tilan heikkenemisen estäminen ennaltaehkäisykeinoilla. Kuopion kaupungilla vesien heikkenemistä on estetty esimerkiksi yleissuunnittelussa huomioiduilla hulevesiohjelmilla, sedimentin hapettamisella ja kiintoainekuormituksen hallitsemisella.

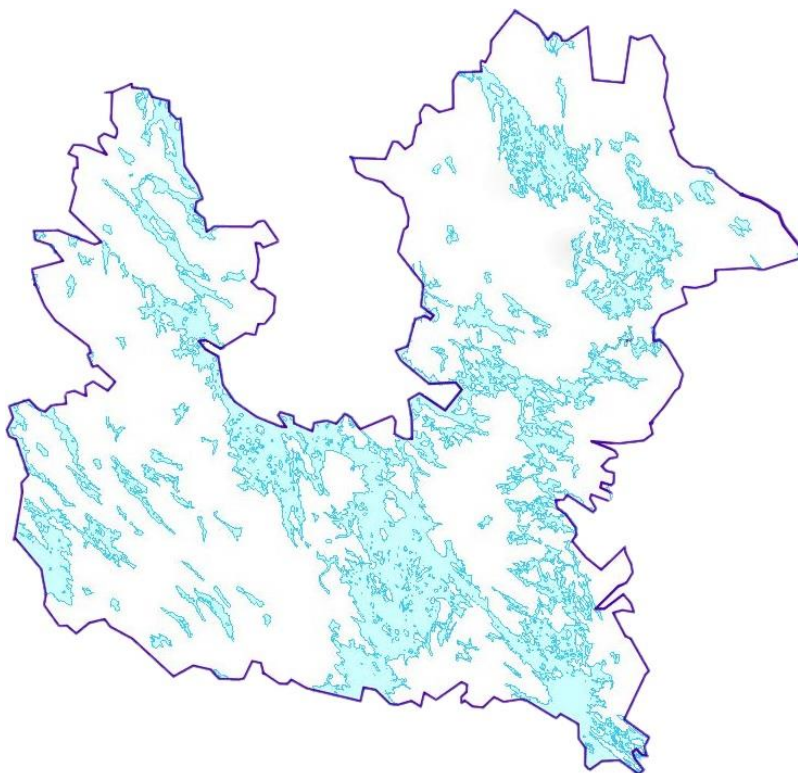
Työssä laadittiin lukuisia Excel-pohjaisia vedenlaadun analysointi- ja seurantatyökaluja, paikkatietosovelluksia ja malliraportteja. Järvikohtaisten tietojen esimerkkikohteena tässä opinnäytetyössä toimi Pölläkänlahti.

## 2 KUOPION VESIALUEET

Kuopiossa sijaitsee runsaasti lampia ja lahtia, joiden tila on heikentynyt tai vaarassa heikentyä ihmistoiminnan seurauksena. Nykyisin näiden vesien tilaa seurataan vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelman avulla. Tässä kappaleessa tarkastellaan seurannassa olevia vesialueita, edellisiä kunnostusohjelmia ja uuden suunnitelman tavoitteita. Tämä suunnitelma ei käsittele pohjavesiä eikä jokia.

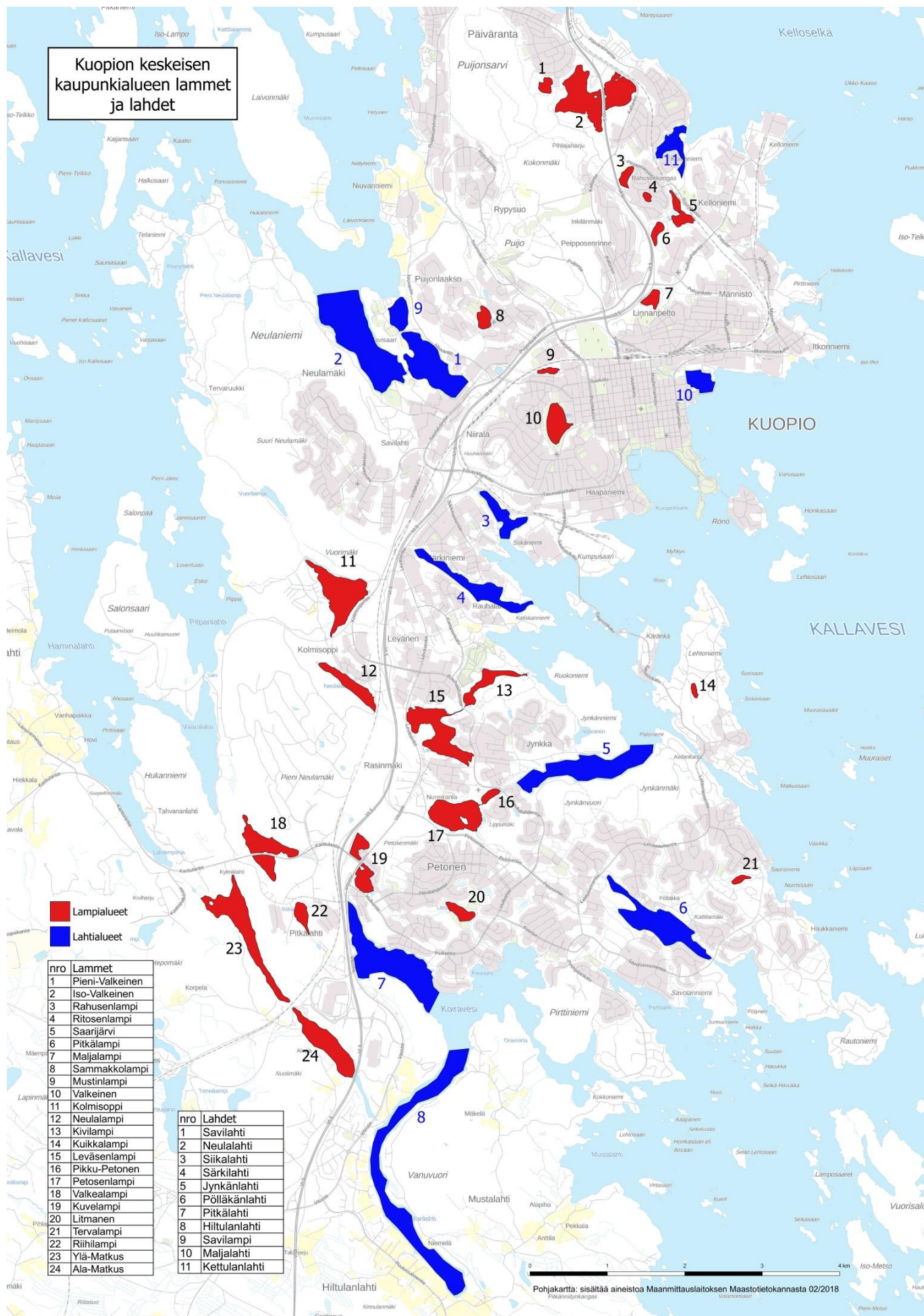
### 2.1 Yleistä

Kuopion kaupunki sijaitsee Itä-Suomessa, Pohjois-Savossa. Vesistöjen runsas määrä on Kuopiolle tyypillistä ja noin kolmasosa Kuopion pinta-alasta on vettä (KUVA 1). Suurin Kuopiossa sijaitseva järvi on Kallavesi, jonka ympäröiville rannoille Kuopion keskeinen kaupunkialue on suuriltaosin rakennut. (Kuopion kaupunki, 2017)



KUVA 1. Kuopion maakunnassa sijaitsevat vesialueet. Vesialueet on kuvattu sinisellä värillä. (Maanmittauslaitos, 2018)

Kuopiossa on myös paljon pieniä lampia, järviä ja lahtia suurten vesialueiden lisäksi. Näistä noin kolmekymmentä sijaitsee Sorsasalon ja Pitkälähden välisellä alueella (KUVA 2). Alueella sijaitsevat lahdet ovat usein umpinaisia. Umpinaisuuden takia lahtien veden vaihtuvuus on heikompi kuin useissa muissa lahdissa. Tämän vuoksi ne voivat muistuttaa ominaisuuksiltaan lampia. Kaupungin vesialueiden tilaa on seurattu erilaisten velvoitetarkkailujen yhteydessä, joista laajin on Kallaveden yhteistarkkailu. (Kuopion kaupunki, 2014) Edellisessä hoito- ja kunnostusohjelmassa on käsitelty 31 lampea ja 8 lahtea. Näistä lammista seitsemän sijaitsee Kuopion keskeisen kaupunkialueen ulkopuolella, Riistavedellä, Karttulassa tai Nilsiässä. Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsevat lammet ja lahdet on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Kuopion keskeisen kaupunkialueen lammet ja lahdet.

## 2.2 Edelliset kunnostus- ja hoitosuunnitelmat

Lampien kunnostustarve todettiin 1970-luvun lopussa. Kaupungin hallinnossa lampien kunnostuksen tarve oli ensimmäisen kerran virallisesti esillä vuonna 1982, jolloin kaupunginhallitus teki teknisen lautakunnan esityksestä päätöksen kunnostaa viittä Kuopion lampea. Uudelleen asia oli esillä kaupunginhallituksessa vuonna 1985 kalatalouslautakunnan esityksestä. Syksyllä 1986 laadittiin kaupungin teknisen viraston ja ympäristönsuojelutoimiston yhteistyönä kartoitus lampien tilasta sekä ensimmäinen kunnostusohjelma. Kunnostusohjelmaan saatiin kuitenkin vain Litmasenlampi, jonka ruoppaus toteutettiin talvella 1987 – 1988 huonoin menestyksin. (Kuopion kaupunki, 2007)

Vuonna 2004 kaupungin strategia edellytti uuden pienvesistöjen kunnostusohjelman laatimista, jonka perusteella päätettiin laatia uudet suunnitelmat. Tekninen lautakunta hyväksyi toisen kunnostusohjelman vuosille 2007 – 2012. Suunnitelma päivitettiin vuosille 2014 – 2018 vuonna 2014. Aiemmissä kunnostusohjelmissa on keskitytty lähinnä pienvesien hoitoon, eikä lahtialueita ole tutkittu yhtä tarkasti. (Kuopion kaupunki, 2017)

Lampien ja lahtien tilaa on seurattu jo ennen kunnostussuunnitelmien tekoa. Muun muassa Valkeisesta, Leväsenlammesta ja Pitkälammesta vanhimmat vesinäytteet ovat peräisin 1960-luvulta ja aktiivinen lampien tilan seuranta alkoi 1980-luvulla. Kuopion kaupungilla lahdista pisimpään on seurattu Särkilahtea (1994) ja Pölläkänlahtea (1995). Muiden lahtien tilaa on alettu seuraamaan pääasiassa 2000-luvun alkupuolella ja niiden perusteellisemmat selvitykset on tehty vuosina 2004 – 2005. Lahtialueista ainoastaan Pölläkänlahti on ollut aktiivisen hoidon piirissä.

Taulukossa 1 on esitetty vesialueet, jotka ovat mukana hoito- ja kunnostusohjelmassa sekä vuosi milloin ne on otettu mukaan ohjelmaan.

TAULUKKO 1. Vesialueet pienvesien hoito- ja kunnostusohjelmassa.

Vesialue	Mukana ohjelmassa vuodesta	Vesialue	Mukana ohjelmassa vuodesta
Ahvenlampi	2014	Pieni-Varkaanlampi	2014
Ahvenuksenlampi	2014	Pikku-Petonen	2007
Ala-Matkus	2014	Pitkälampi	2014
Iso-Kankainen	2014	Pitkälampi	2007
Iso-Valkeinen	2007	Pölläkänlahti	2008
Kivilampi	2007	Rahusenlampi	2007
Kolmisoppi	2007	Riihilampi	2007
Kuikkalampi	2014	Rissalanlampi	2014
Kuvelampi	2007	Ritosenlampi	2007
Leväsenlampi	2007	Saarijärvi	2007
Litmanen	2007	Sammakkolampi	2007
Maljalampi	2007	Savilahti	2007
Mustinlampi	2007	Savilampi	2007
Neulalahti	2014	Tervonlampi	2014
Neulalampi	2007	Valkealampi	2014
Petrosenlampi	2007	Valkeinen	2007
Pieni-Kankainen	2014	Ylä-Matkus	2014
Pieni-Valkeinen	2014		

Vuosien 2007 – 2012 ohjelmassa on käsitelty vesialueittain fosforin ja kiintoaineen ulkoisen kuormituksen määrää sekä herkkyttä ulkoiselle kuormitukselle Vollenweiderin ja nettosedimentaation avulla. Lisäksi ohjelmassa on käsitelty erilaisien kunnostusmenetelmien soveltuvuutta ja kunnostuskohdeiden priorisointia. Jokaiselle kunnostusohjelmassa olevalle lammelle on tehty oma kappale, jossa niiden tila on kartoitettu yksityiskohtaisemmin. Taulukosta 1 näkee, mitkä lammet ovat olleet vuosien 2007 – 2012 ohjelmassa mukana.

Vuosien 2014 – 2018 ohjelma on toteutettu ohjelman suunnitteluosion ja lampikorttien avulla. Suunnitteluosuudessa käsiteltiin edellisen kunnostusohjelman toteutumista, pienvesien tilan kehitystä ja toimenpiteitä tulevalle ohjelmakaudelle. Priorisointi oli toteutettu alueen merkityksen ja asukasmäärän avulla. Lopuksi ohjelmassa käsiteltiin erilaisia toimenpiteitä ja siitä aiheutuvia kustannuksia.

Ohjelman toinen osa sisälsi lampikortit. Yksi lampikortti sisältää yhden sivun, johon on lammen karttakuvan lisäksi kirjattu seuraavat tiedot:

1. Nimi ja sijainti
2. Vesistön ja lähiympäristön luonne
3. Morfologinen tila
4. Purku- ja lasku-uomat
5. Hydrologinen tila
6. Vedenlaatu
7. Ekologinen tila
8. Maisema- ja virkistysarvo
9. Valuma-alue ja maankäyttö
10. Seuranta
11. Toimenpiteet
12. Jatkotoimenpiteet

Lampikorttien lisäksi suunnitelmassa oli tehty lahtikortit, mutta niiden toteutus on jäänyt vajaaksi puutteellisten lähtötietojen johdosta. Lampikorttien ongelmana on tilan rajallinen määrä, jonka takia lampia ei ole pystytty tarkastelemaan kovinkaan yksityiskohtaisesti. Lampikorteissa monen kohteen toimenpiteet kohta oli jätetty tyhjäksi, koska kohteelle ei löytynyt järkeviä hoitokeinoja, perustiedot olivat puutteellisia tai tilan kehittymistä vielä seurataan.

### 2.3 Nykytarpeet ja tavoitetila

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2000/60/EY) Euroopan yhteisön vesipolitiikan suunta- viivoista tuli voimaan 22.12.2000. Direktiivin tavoitteena on suojella, parantaa ja ennallistaa pinta- ja pohjavesiä niin, ettei niiden tila heikkene ja että vesistöjen tila on vähintään hyvä koko EU:n alueella. Suomessa direktiivi on pantu toimeen lailla vesien- ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004) ja siihen liittyvillä asetuksilla. Suurin osa Kuopion vesialueista kuuluu Vuoksen vesienhoitoalueeseen, ja pieni osa Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueeseen Karttulan alueella Rautalammin vesistön latvavesillä. (Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2016) Kuopion pienvesien hoito- ja kunnostusohjelma tarkoittaa näitä suunnitelmia Kuopion alueella.

Vesienhoidon painopiste alkaa siirtyä kaupungin sisäisten pienvesien lisäksi Kuopiota ympäröiviin lahtialueisiin, joista osa on melko umpinaisia, lähes lampimaisia. Kun aiemmin vesien tutkimuksen tavoitteena oli ympäristön suojelu ja ympäristöriskien hallinta, nykyään vesien hyvä tila voidaan nähdä kaupungin vetovoimatekijänä ja vaalittavana omaisuutena, joka voi tuoda myös taloudellista lisäarvoa. Rakennetulta alueelta tulevien hulevesien hallinto on muuttunut siten, että hulevedet olivat aiemmin lainsäädännöllisesti vesihuoltolain piirissä, mutta nykyään maankäyttö- ja rakennuslain alla. (Kuopion kaupunki, 2017)

Tietoa tarvitaan monissa eri pisteissä, sillä päätöksenteossa on huomioitava entistä useampia asioita ja tasoja. Hydrologisesti ajatellen, kaikki, mitä ihminen tekee Kuopion maaperällä, päättyy lopulta

Kallaveteen. Mikäli vastaanottavan vesistön kantokykyä ei ylitetä, ravinteet ja kiintoaineet sedimentoituvat luonnon kiertokulun mukaisesti vesistöjen pohjaan. Mikäli kantokyky ylittyy, vesien virkistysarvo saattaa alentua. Myös ilmastonmuutos näkyy selvästi vesien tilassa. Valunnat muuttuvat pääsääntöisesti siten, että talven aikaiset leudot säät ja roudan väheneminen lisäävät talviajan pintavalun-  
luntoja, ja lumensulamisvesien kevättulvat jäävät pienemmiksi. Muutosprosesseja arvioitaessa tarvitaan tarkempaa tietoa ympäristöstä. Myös tieto luonnon monimuotoisuuden tilanteesta auttaa riskinarvioinnissa: mitä monimuotoisempaa luonto ja vesiympäristö säilyvät, sitä paremmat edellytykset luonnolla on sopeutua ilmastonmuutokseen. (Kuopion kaupunki, 2017)

Uusi vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelma 2019 – 2023 ei keskittyisi enää pelkästään pienvesien hoitoon vaan myös lahtialueet tullaan ottamaan suunnitelmaan mukaan. Haasteita lahtialueiden tarkasteluun tuo se, että niistä ei ole niin paljon tietoa, kun pienvesistä. Lisäksi saatavilla oleva tieto on hajallaan ja se tulee koota, jotta lahtialueiden kestokykyä voidaan analysoida. Kestokykyarvion tulee olla riittävän luotettava, jotta investointiresurssit voidaan keskittää niihin kohteisiin, joilla on merkitystä vesien virkistysarvon ja sitä kautta vetovoimaisuuden ja sekä vesi- että maaomaisuuden arvon kehittymiselle. Tämän lisäksi uudessa kunnostusohjelmassa tulisi tarkastella myös uusien liitoskuntien vesialueita. (Kuopion kaupunki, 2017) Tällä vuosisadalla Kuopion kaupunkiin liitettiin Vehmersalmi vuonna 2005, Karttula vuonna 2011, Nilsinä vuonna 2013, Maaninka vuonna 2015 ja viimeisimpänä Juankoski vuonna 2017.

Uuden hoito- ja kunnostusohjelman halutaan olevan nykyistä laajempi ja se tulee päivittää nykytarpeita paremmin vastaavaksi. Tarkasteluun otetaan myös mukaan erilaiset riskit kuten hulevesien hallinta ja jätevesipumppaamojen ylivuotoihin varautuminen. Uudesta vesistöjen hoito- ja kunnostusohjelmasta halutaan saada enemmän päätöksentekoa tukeva. Alueen laajentuminen vaatii myös lisäresursseja seurannan ja hoitokohteiden määrittämiseen. Lopputuloksen täytyy olla riittävän yksiselitteinen, jotta sitä voidaan käyttää hyödyksi päätöksenteossa. Vesialueita koskevia päätöksiä tehdään kaupungin eri osastoilla suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon alueilla. (Kuopion kaupunki, 2017)

### 3 VESISTÖN TILAN SEURANTAMENETELMÄT KUOPIOSSA

Vesialueiden hoidon osalta Kuopion vedenlaadun seurantaan kuuluu nykyisin noin 40 vesialuetta. Seurannan tarkoituksena on jatkaa vesien tilan kehityksen kartoittamista pääosin vesianalyyysien ja sen lisäksi koekalastusten ja sedimenttimäärittysten avulla. Näitä kyseisiä menetelmiä käytetään Kuopion vedenlaadun seurannassa.

Seurantamenetelmien avulla selvitetään veden biologiset ja fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. Saatuja tuloksia voidaan käyttää mm. vesistön ekologisen ja kemiallisen tilan arviointiin, järvien tyypittelyyn, rehevöitymisen mittarina sekä vesien tilan seurantaan. Seurannan avulla voidaan havaita, jos vesien tilassa tapahtuu muutoksia, joihin voidaan tarvittaessa puuttua. Myös vesien tilan parantuminen näkyy seurannan tuloksissa, jolloin hyvän tilan saavuttaneesta vesialueesta voidaan siirtää vesien kunnostukseen käytettävää rahoitusta huonompikuntoiseen kohteeseen.

#### 3.1 Vesianalyytit

Pintavesien seurannan tarkoituksena on olla selvillä vesien tilasta ja siinä tapahtuvista muutoksista, mm. vesistöön kohdistuvan kuormituksen tai tehtyjen kunnostustoimenpiteiden vaikutuksista. Vesien tilasta tarvitaan tietoa etenkin silloin, kun suunnitellaan vesienhoitoa. Yksi tapa vesialueiden tilan seurantaan on säännölliset vesinäyteanalyysit. Usein seurattavissa kohteissa näytteiden otto tapahtuu vähintään kaksi kertaa vuodessa, kesällä ja talvella. Näytteet otetaan usealta eri syvyydeltä; vähintään pintakerroksesta sekä pohjan tuntumasta suurimman syvänteen kohdalta. (Keski-Suomen ELY keskus, 2017) Vesinäytteenottajan täytyy olla näytteenottoon perehtynyt ja usein vaaditaan, että näytteenottaja omaa vesinäytteenoton sertifikaatin.

Vesinäytteestä analysoitavat muuttujat riippuvat hyvin paljon veden käyttökohteesta. Esimerkiksi kaivovettä analysoitaessa ollaan kiinnostuneita mm. veden väristä ja bakteereista, kun taas järivedessä kiinnostaa värin lisäksi myös usein hapen ja ravinteiden määrä. Yleisimmät järvien vesinäytteistä analysoitavat muuttujat ovat:

- Lämpötila (°C)
- Happi (mg/l)
- Sähkönjohtavuus (mS/m)
- Alkaliteetti (mmol/l)
- pH
- Väriluku (Pt mg/l)
- Kokonaistyyppi (µg/l)
- Kokonaisfosfori (µg/l)

Näiden lisäksi vesinäytteestä voidaan määrittää myös seuraavat muuttujat: rauta (µg/l), mangaani (µg/l), kiintoaine (mg/l), sameus (FTU), kemiallinen hapenkulutus COD (mg O<sub>2</sub>/l), hapen kyllästysprosentti (kyll %), klorofylli-a (µg/l) sekä typen ja fosforin yhdisteet (µg/l).

### 3.2 Koekalastukset

Kalasto vaikuttaa vesien laatuun, ympäristön tilaan ja virkistyskäyttöön ja siten kalaston selvittäminen liittyy olennaisesti vesistöjen tilaan liittyviin tutkimuksiin. Kalakannan tilasta voidaan arvioida mm. vesistön ja kalaston kuntoa ja suunnitella kalaston hoitotoimia, joilla voidaan parantaa vesistön ekologista ja kalataloudellista tilaa (Turun ammattikorkeakoulu, 2017). Vesien kalastoa, ja sitä kautta veden tilaa, voidaan selvittää koekalastusten avulla. Koekalastuksen tuloksia voidaan verrata erilaisten indikaattorien avulla, joita käyttämällä saadaan tietoa vesistön tilasta. Koekalastukset suoritetaan yleensä kesällä NORDIC-yleiskatsausverkolla, jossa on 12 erilaista solmuväliä. Koekalastettavan järven pyyntipaikat määritellään jakamalla järvi ruutuihin ja arpomalla pyyntipaikat. Koekalastuksessa käytettävien verkkojen määrä riippuu järven pinta-alasta ja syvyysvyöhykkeistä. (Möttönen, 2015)

Koekalastuksen tulosta voidaan tulkita erilaisilla kalastoa kuvaavilla muuttujilla. Ravintoverkkokunnon yksilösaaliin rajana on Etelä-Suomessa pidetty 2000 g/verkko/yö. Sen yli menevä osuus kertoo kalaston runsaasta määrästä. Petokalojen osuutta voidaan kuvata petokalindeksillä F/C, jossa F kuvaa saaliskaloja ja C kuvaa petokaloja. Jos  $F/C > 7$  petokaloja on alle 14,2 %, jolloin petokaloja on liian vähän hoitamaan pikkukalojen harvennusta. Jos  $F/C = 2 - 7$  petokaloja on hyvissä olosuhteissa riittävästi. Taas jos  $F/C < 2$  petokaloja on yli 15 %, jolloin niitä on liikaa. Petokalojen kuten hauen ja yli 15 cm mittaisten ahvenien ja kuhien biomassanosuus rehevöityneissä järvissä kalaston biomassasta on yleisesti alle 10 %. (Tuomainen;Asikainen;& Lempinen, 2016)

Särkikalavaltaisuus vaikuttaa myös järven kuntoon. Mikäli särkikaloja on biomassasta suurin osa ja keskikoko jää ravintokilpailusta johtuen pieneksi (esim. alle 10 g), voi ylisuuri särkikalakanta vauhdittaa järven rehevöitymiskierrettä. Rehevöitynyt vaikutus johtuu särkien tavasta hakea ravintoa. Kun särjet pöyhivät pohjaa ravintoa hakiessaan, pohjasta vapautuu vesimassaan sinne jo sedimentoituneita ravinteita. Särjet syövät eläinplanktonia, jolloin suuri särkiparvi voi romahduttaa eläinplanktonien määrän. Jos eläinplanktonin määrä romahtaa, kasviplanktonien määrä lisääntyy, jolloin muuan muassa sinileväkukintojen riski kasvaa. Lisäksi särkikalojen ulosteet ovat helposti liukenevassa muodossa, josta erityisesti levät hyötyvät. Vuorokausirytmien mukaisesti särjet siirtyvät yöksi avoimille vesialueille, jolloin ulosteiden sisältämä, sedimentistä peräisin oleva, fosfori vapautuu suoraan levien ulottuville. Järvien ekologisen tilan luokitteluperusteissa on havaittu, että paremmin kuormitetut järvet erottuvat vertailujärvistä särkikalojen yksilömääräosuuksilla (särkikaloja kpl/verkko/yö). Vertailujärvissä särkikalojen osuus on 35 % ja kuormitetuissa 60 % (Tuomainen;Asikainen;& Lempinen, 2016).

Suomen järvien kalalajisto jakautuu lajien yhteisesiintymiseen perustuvissa analyyseissä viiteen ekosysteemiekologiseen ryhmään. Kalaston yhteisesiintymistä ja runsautta sekä samalla järviyyppejä kuvaavia pääryhmiä voidaan erotella seuraavasti:

1. rehevyyden ilmentäjät (pasuri, sorva, lahna, ruutana, suutari ja sulkava) ovat tyypillisiä Etelä-Suomen savialueiden luonnostaan rehevissä ja sameissa järvissä,
2. yleislajit, ahven, hauki, särki, kiiski ja made esiintyvät yleisinä monentyyppisissä järvissä, minkä johdosta niillä on vähäinen merkitys järvi-tyyppejä erottelevana tekijänä,
3. pohjoiset lohikalat, harjus, nieriä, taimen, siika sekä särkikaloista muttu vaativat kylmää ja hapekasta vettä, jolloin leveysaste ja korkeus merenpinnasta määräävät selvimmin näiden lajien esiintymisen,
4. pelagiset kalalajit, muikku, siika ja taimen (syys- tai talvikutuisia) ja kuore (kevätkutuinen) ovat yleisiä suurehkoissa, niukkaravinteisissa, kirkkaissa tai keskiumuksisissa järvissä. Siian, muikun ja nieriän kudun onnistuminen edellyttää alusveden ja pohja-aineksen hyvää happipitoisuutta.
5. Kuha, kuore ja salakka ovat yleisiä suurehkoissa ja tuottoisissa, keskisyvissä ja syvissä eteläisissä järvissä. (Tuomainen;Asikainen;& Lempinen, 2016)

### 3.3 Sedimenttimääritykset

Kerrostuma eli sedimentti on vesialueen pohjalle laskeutunutta ainetta. Sedimentit sisältävät eri suhteissa kivennäisainetta, kuten savea ja eloperäistä ainesta, kuten liejua ja mutaa. Järvisedimenttien muodostuminen on alkanut viimeisen jääkauden jälkeen eli 10 000 vuotta sitten. Sedimentit ovat järven syntyajankohdan jälkeen pohjalle kerrostuneita aineksia. Tämä aines on voinut kulkeutua valuma-alueelta, kerrostua uudelleen järvaltaassa tai syntyä järvessä. Kerrostumat varastoivat ja vapauttavat aineita ja yhdisteitä sekä kuluttavat happea. Sedimentin paksuus vaihtelee yleensä 2 – 10 metriin. Ihmistoiminnan vaikutus sedimentistä on yleensä muutamia kymmeniä senttimetrejä. Pienissä järvissä sedimenttikerros on keskimäärin paksumpi kuin suurissa, mikä aiheutuu lähinnä valuma-alueelta kulkeutuvan aineksen kerrostumisesta latvavesien pieniin altaisiin. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2008, s. 65); (Vapo, 2012)

Huomattava määrä järveen tulevista ainemääristä varastoituu pohjasedimenttiin. Erityisesti matalissa järvissä sedimentin merkitys vesialueen rehevyydelle voi olla hyvinkin suuri. Pintasedimentin tila vaikuttaa myös vesieliöihin ja niiden kautta koko vesiekosysteemiin. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, ei pvm) Sedimentin koostumus, väri ja haju kuvaavat järven tilaa. Järvessä tapahtuvat eloperäisen aineksen hajotusprosessit voivat olla hapellisia tai hapettomia. Hapellisissa olosuhteissa hajoava ja kerrostuva orgaaninen aines on väriltään rusehtavaa ja melkein tuoksutonta. Jos aines kerrostuu ja hajoaa syvänteeseen hapettomissa olosuhteissa, sedimentti on väriltään mustaa. Musta väri johtuu ferriraudan pelkistymisestä ferroraudaksi. (Vesi-Eko Oy, 2008)

Sedimenttinäyte otetaan yleensä syvänteestä, koska sedimenttiä kerrostuu jatkuvasti ja tasaisesti vain virtauksettomiin syvänteisiin. Näytteenottoaikoja tulisi olla enemmän kuin yksi. Näytteet otetaan yleensä painovoimakairalla tai Limnos -sedimenttiottimella. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2008, ss. 65, 67)

Sedimentistä selvitetään sekä sedimentin fysikaalisia, että kemiallisia ominaisuuksia. Yleisimpiä tutkimuksen kohteita sedimentissä ovat sen laatu-, ravinne-, ja haitta-ainepitoisuuden selvittäminen. Järveen kohdistunutta kuormitusta on mahdollista analysoida sedimenttiprofiilin avulla. (Suomen Vesiensuojeluyhdistyksen Liitto Ry, ei pvm)

Sedimenttinäytteistä voidaan määrittää seuraavia ominaisuuksia:

- Kuiva-ainepitoisuus
- Hehkutushäviö
- Biologinen hapenkulutus
- Kokonaisfosfori
- Kokonaistyyppi
- Savipitoisuus
- Metallit

Näytteistä voidaan myös analysoida haitta-aineet kuten öljyhiilivedyt sekä PAH- ja PCB-yhdisteet. Sedimentin fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien lisäksi näytteistä tutkitaan erilaisten eliöiden jäänteitä, koska ne kertovat muutoksista veden laadussa ja järven pohjan oloissa sekä mm. alusveden happitilanteessa. (Vapo, 2012)

Sedimenttinäytteiden perusteella voidaan määrittää raudan pelkistyspotentiaali raudan ja fosforin suhteen avulla. Korkea Fe/P-suhde (yli 8,5) tarkoittaa, että sedimentissä on tarpeeksi vapaata, pidätyiskykyistä rautaa sitomaan fosforia, jos pohjanläheisen veden olosuhteet ovat hapelliset. Sedimentistä saatavan hiilen ja typen suhteen (C/N-suhde) eli kerrostuneen aineksen hajoamispisteen avulla voidaan tulkita järven humuksisuutta, rehevyyttä ja kuormituksen lähdettä. (Vesi-Eko Oy, 2008) Sedimenttinäytteiden tuloksista voidaan päätellä myös järven sisäisen kuormituksen määrä sekä vesialueen valuma-alueen historia, fosforivarantojen määrä, sedimentin hapenkulutus ja vesialueen rehevöitymisen taso.

## 4 KUORMITUKSEN NYKYTILA

Kuormituksen selvittäminen on oleellinen osa vesialueiden kunnostusta. Yleisimmin vedenlaadun heikentymisen syynä ovat ravinteet, typpi ja fosfori. Ravinteiden lisäksi vedenlaatua heikentävät kiintoaineen mukana kulkeutuvat haitta-aineet. Kaupungistuminen ja rakentaminen ovat muuttaneet kuormituksen vaikutuksia vesialueille, kun alueiden hydrologia ja kuormituksen lähteet ovat muuttaneet. Kuopiossa esiintyvät kuormituksen lähteet poikkeavat maaseudusta ja etenkin rakentamisen aikana tuleva kuormitus on suurta. Kuopion kuormituksen kartoittamisessa apuna ovat toimineet Kuopion kaupungille aiemmin tehdyt hulevesiselvitykset.

### 4.1 Vedenlaatua kuormittavat ravinteet

Typpi, Fosfori, Lämpötila, Happi ja pHi, Väri ja sameus, Klorofylli

Yksi suurimpia tekijöitä, jotka muuttavat vesien ekologista tilaa on ravinteiden aiheuttama rehevöityminen. Vesien rehevöitymistä ja vaikutuksia vesieliöihin voidaan karkeasti mitata ravinnepitoisuuksien avulla. Veden ravinnepitoisuus vaikuttaa veden lajistoon ja sen runsauteen. Ravinteilla on myös epäsuora vaikutus pohjaeläimistöön ja kalastoon. Vedessä rehevöityminen näkyy tuotannon määrän lisääntymisenä. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2013, s. 3)

Fosfori (P), on vesiekosysteemissä ensimmäisenä levien käytöstä loppuva ravinne eli minimiravinne. Levät käyttävät pääasiassa ravinteenaan fosfaattifosforia eli liuennutta epäorgaanista fosforia. Kesän kasvukaudella esiintyvät fosfaattifosforin määrät ovat kuitenkin vesistössä hyvin pieniä, koska levät käyttävät vapautuneen fosfaattifosforin välittömästi. Fosforia pääsee veteen fosforipitoisista kivistä rapautumalla sekä ihmisen toiminnan vaikutuksesta. Ihmisen aiheuttamia fosforipäästöjä tulee lähinnä maa- ja metsätalouden lannoitteista, asutuksen, turvetuotannon, kalankasvatuksen ja teollisuuden jätevesistä. (Vantaanjoen ja Helsinginseudun vesiensuojeluyhdistys ry, 2004); (Luonnontila.fi, 2014); (Ympäristö.fi)

Taulukossa 2 on esitetty aiemmin käytössä ollut ravinnepitoisuuksiin perustuva järvien luokittelu fosforin osalta. Niukkatuottoiset, karut järvet, esiintyvät esimerkiksi kangasmailla ja erittäin rehevät viljelysten keskellä.

TAULUKKO 2. Fosforin laatuluokituksen raja-arvot. (Ympäristö.fi)

Karu	< 15 µg/l
Lievästi rehevä	15 - 25 µg/l
Rehevä	25 - 100 µg/l
Erittäin rehevä	> 100 µg/l

Typpi (N), on yksi kasvien pääravinteista, ja se on toiseksi tärkein kasvien perustuotantoa rajoittava minimitekijä heti fosforin jälkeen. Typpi aiheuttaa myös vesistöjen rehevöitymistä, vaikka sen rehevöittävä vaikutukset eivät ole yhtä voimakkaita kuin fosforilla. Typpi vaikuttaa kuitenkin luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen fosforin tavoin. (Luonnontila.fi, 2014) Kokonaistyyppi (kok.N µg/l) pitää sisällään kaikki typen orgaaniset ja epäorgaaniset muodot, kuten nitraatin (NO<sub>3</sub>-N µg/l),

nitriitin ( $\text{NO}_3\text{-N}$   $\mu\text{g/l}$ ) ja ammoniumin ( $\text{NH}_4\text{-N}$   $\mu\text{g/l}$ ). Typpikuormitusta tulee tavallisesti maa- ja metsätaloudesta, asutuksen jätevesistä, laskeumana, turvetuotannosta ja teollisuuden jätevesistä. Typen yhdisteistä nitraattityppi ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) on merkittävä rehevöittäjä, sillä levät käyttävät nitraattityppeä suoraan ravinnokseen. Nitraattityppeä tulee puhdistamoilta ja pelloilta. Nitraatin loppuminen vesistöstä on merkki levätuotannon aktiivisuudesta. Jos fosforia on vedessä tarpeeksi, mutta nitraattityppi loppuu, saattaa sinilevien tuotanto päästä vedessä valloille. Sinilevillä on kyky ottaa typpensä vedessä olevasta liuenneesta kaasumaisesta tyypestä. Sinileväkukinnot voivat aiheuttaa riskin veden talouskäytölle tai uimiselle, sillä puolet sinilevistä on myrkyllisiä. (Vantaanjoen ja Helsinginseudun vesiensuojeluyhdistys ry, 2004)

Typen yhdisteistä ammoniumtyppeä ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) esiintyy runsaasti mätänemisvaiheessa olevissa jäteveissä. Ammoniumtyppi muuttuu ammoniakiksi ( $\text{NH}_3$ ), kun pH kohoaa yli 8,0. Jos ammoniakkaa sisältävää jätevettä pääsee vuotamaan vesistöön, sillä voi olla kohtalokkaita seurauksia alueen vesieliöillä ja kaloille, koska ammoniakki on niille hyvin myrkyllistä. (Rissanen, 2006) Taulukossa 3 on esitetty aiemmin käytössä ollut järvien ravinnepitoisuuden laatuluokituksen perustuva kokonaistyyppipitoisuuden luokittelu.

TAULUKKO 3. Typen laatuluokituksen raja-arvot. (Ympäristö.fi)

Karu	< 400 $\mu\text{g/l}$
Lievästi rehevä	400 - 600 $\mu\text{g/l}$
Rehevä	600 - 1500 $\mu\text{g/l}$
Erittäin rehevä	> 1500 $\mu\text{g/l}$

Muita vedenlaatua heikentäviä haitta-aineita ovat esimerkiksi sinkki, sulfaatti, kupari, kadmium ja lyijy.

#### 4.2 Kaupunkien vaikutukset vesialueisiin

Maankäyttö on muuttunut Suomessa voimakkaasti 1900-luvulla kaupungistumisen myötä. Kaupungit ovat kasvaneet suuremmiksi ja sen myötä ne ovat laajentuneet ympäröivälle maaseudulle. Kaupunkien tieverkostot ovat laajentuneet ja suurimpia kaupunkeja yhdistävät nykyisin moottoritiet. Kaupungistumisen myötä rakennettujen alueiden keskellä sijaitsevat vesialueet ovat joutuneet paineen alle. Kaupungeissa vesialueiden tilaa uhkaavat roskaantuminen, liettyminen, taajama-alueilta valuvat ravinteet ja raskasmetallit. Taajama-alueiden vesialueisiin kohdistuva kuormitus liittyy osin pistelähteisiin, kuten teollisuuteen tai jätevedenpuhdistamoihin. (Kuusisto, 2002, s. 7)

Rakennetut kaupunkialueet muuttavat alueen pintavalunnan ja imeytymisen olosuhteita ja näiltä alueilta kertyvä hulevesi lisää haitallista vesistökuormitusta. Päästöjen lisäksi kaupunkialueen pintavaluntavesien laatua heikentää luonnollisten pintavettä puhdistavien elementtien, kuten avo-ojien, lammikoiden ja kosteikkojen vähäinen määrä. Kaupunkiympäristössä hulevedet ja luonnonmukaisilta pinnoilta kertyvät sade- ja sulamisvedet sekoittuvat keskenään. Sademäärät voivat olla kaupungeissa 10 % suurempia kuin ympäröivällä maaseudulla, joka johtuu suuresta ilmassa olevien pienhiuk-

kasten määrästä. Suurissa kaupungeissa hulevesivalunta on noin 20 % suurempi, joka johtuu kasvilisuuden vähäisyydestä ja hulevesien tehokkaasta johtamisesta. Sade- ja sulamisvesistä muodostuu maa- tai pohjavettä rakennetuilla alueilla noin 20 % vähemmän kuin rakentamattomilla alueilla, sillä suuresta pintavalunnasta johtuen sadevedet eivät pääse imeytymään maaperään. Kaupungistuminen vähentää myös haihduntaa, koska satanut vesi poistuu alueilta pintavaluntana ja vesi ei imeydy rakentamisessa käytetyn tiiviin pinnan läpi maaperään. Tämän takia kaupunkialueiden haihdunta voi olla noin 15 % pienempi. Luvut voivat paikallisesti kuitenkin vaihdella paljon. (Tarkkala, 2002); (Vakkilainen;Kotola;& Nurminen, 2005); (Hakola, 2012)

Asuinalueiden suurin pintavesistöihin kohdistuva vaikutus johtuu päällystettyjen pintojen suuresta määrästä ja pintamaakerrosten muuttumisesta. Päällystetyt pinnat kuten, kadut ja katot, keräävät tehokkaasti puoleensa saasteita, jotka ovat peräisin liikenteestä ja laskeumasta. Näille kertyvät hulevedet johdetaan normaalisti sadevesiviemäreiden kautta pintavesiin. Kun vesi ei pääse imeytymään päällystetyiltä pinnoilta maaperään, vesi valuu nopeasti sateen tai sulamisen jälkeen vesistöön. Tämän takia kaupunkialueilla vesistöihin päätyvän veden määrä lisääntyy. Vedenpinnan korkeusvaihtelut kasvavat ja nopeutuvat samasta syystä, jolla on vaikutusta vesistöjen tulvimiseen, eroosioon ja uomien kuivumiseen. Kaupunkirakentaminen voi hydrologisten vaikutusten kautta muuttaa helposti myös pintavesien ekosysteemejä. Asuinalueilla sadevesiviemäriin joutuu roskia ja kasvijätettä, jotka aiheuttavat vesistöissä samentumista, laatumuutoksia ja pahaa hajua. (Tarkkala, 2002, s. 4); (Kuusisto, 2002, s. 10)

Liikenteestä tulee kaupunkien hulevesien suurimmat päästöt. Liikennealueilta tulevista sadevesistä kulkeutuu sadevesiviemäriin esimerkiksi hiilivetyjä, liuottimia, liukkaudentorjunnan suojoja, ajoneuvojen kulumisjätettä ja raskasmetalleja. Kaupunkien virkistysalueiden maanpinta voi olla hyvinkin tiivis täytön takia ja liikuntapaikoilla voi sijaita paljon vettä läpäisemättömiä pintoja. Usein virkistysalueilta tulevat lemmikkien ulosteet joutuvat vesistöön ja heikentävät vedenlaatua, koska usein ulkoilureitit sijoitetaan lähelle vesialueita. Venesatama-alueilla käsitellään usein mm. polttonesteitä, jotka ovat haitallisia vesistölle sinne joutuessaan. (Tarkkala, 2002, s. 5)

Kaupunkialueen fosforipäästöt tulevat suurimmaksi osaksi jätteistä, lannoitteita ja eläinten ulosteista. Typpikuormitus on peräisin kaupunkialueella pääasiassa lämmityksestä, liikenteestä sekä eläin- ja kasvijätteenä. Tämän lisäksi kaupunkialueiden typpikuormitusta voivat kasvattaa lannoitteet ja sekaviemäreiden ylivuodot. Tiiviisti rakennetuilla alueilla, kuten kaupunkien keskustoissa ja liikennealueilla, vesistökuormitus on kaikkein suurinta. (Kuusisto, 2002, s. 10) Rakennetun ympäristön tyypin hulevesikuormitus on 1,5 % ja fosforin 2,1 % vesistökuormituksesta koko maan tasolla. Kuormitus on kuitenkin vain pieni osa maatalouden aiheuttamasta kuormituksesta ja hieman alle puolet pienempi kuin metsätalouden aiheuttama hajakuormitus. (Vakkilainen;Kotola;& Nurminen, 2005, s. 40)

Kuormituksen määrä ja erilaiset kuormittavat tekijät ovat muuttuneet voimakkaasti Pohjois-Savossa kaupungistumisen aikana. Ennen teollistumista vesistöön tulevaa kuormitusta tuli pääasiassa maataloudesta ja asumisesta. Pohjois-Savon maakunnassa teollistuminen painottui 1800 – 1900-luvulla puunjalostus- ja metsäteollisuuteen. Turvetuotanto alkoi maakunnassa 1970-luvulla. Teollisuuden

kuormitus alkoi näkyä voimakkaana kuormituksena 1950-luvulla ja vesistöt olivat likkaisimmillaan 1970-luvulla asutustaajamien ja teollisuuden läpiympäristössä. (Lahti, 2009, ss. 10, 29)

Kuopiossa vuonna 1967 Keski-Kallaveteen laskettiin käsittelemättömiä asumajätevesiä noin 13 000 m<sup>3</sup>/vrk ja ennen Savon Sellu Oy:n käyntiinlähtöä erilaisia teollisuusjätevesiä noin 8 000 – 10 000 m<sup>3</sup>/vrk. Jätevesistä tullut ravinnekuormituksen määrä on ollut huomattavan korkea, koska suurin osa asumajätevesistä laskettiin Kallaveteen puhdistamattomana. (Oksman, 1969, s. 7)

Suuri harppaus järvien kuormituksen vähentämisessä tapahtui 1970-luvulla, kun jätevesiä alettiin johtaa jätevedenpuhdistamoille. Taajamien viemäröinti ja puhdistamot olivat suuralta osin rakennettu 1980-luvun puoleen väliin mennessä. Etenkin orgaanisen aineen ja fosforin vesistökuormitus oli kaupungeissa vähentynyt. Jätevesien valtakunnallinen puhdistusteho on tänä päivänä jo yli 95%. (Suomen ympäristökeskus, 2012, ss. 9 - 10) Ympäristönsuojelulain myötä tulleet teollisuuslaitosten päästöraajat ovat myös vähentäneet tehokkaasti vesistöihin tulevaa kuormitusta.

Nykyään järvien ulkoinen kuormitus otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa ja kuormituksen paino on siirtymässä enemmän sisäisen kuormituksen hallintaan. Nykyisin Kuopion pistekuormituslähteistä merkittävimpiä ovat Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo ja Savon Sellu. Muita pistekuormituslähteitä ovat Neuron, Vehmersalmi ja Kuopion Energia Oy Haapaniemi, mutta niiden osuus kokonaiskuormituksesta on vain parin prosentin luokkaa. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2017)

#### 4.3 Kuormituksen lähteet

##### *Hulevesikuormitus*

Hulevesikuormituksen kartoittamisessa käytettiin apuna aikaisemmin Kuopion kaupungille vuosina 2006 ja 2016 tehtyjä hulevesiselvityksiä (Rissanen, 2006); (Tikkanen, 2016). Aikaisemmissa hulevesiselvityksissä on tarkasteltu 32 Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsevaa lampea. Kaikki nämä lammet eivät ole mukana hoito- ja kunnostusohjelmassa. Selvityksessä mukana olleista lammista on koostettu taulukko 4, jossa on tarkasteltu lampiin kohdistuvaa fosforikuormituksen määrää. Fosforin lisäksi myös kiintoaineen tarkastelu on tärkeää, koska monet epäpuhtaudet ja suurin osa fosforista ovat sitoutuneena kiintoaineeseen.

Taulukossa 5 on esitetty kiintoaineen ja kokonaisfosforin kuormitustasot. Nämä kuormitustasot on koostettu Tukholman hulevesistrategiasta (Dagvattenklassificering, 2001), joka perustuu useisiin Ruotsissa tehtyihin tutkimuksiin ja Euroopan Unionin vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) normeihin. Arvot on muunnettu yksikkömuunnoksella muotoon kg/km<sup>2</sup>/a. (Tikkanen, 2016)

TAULUKKO 4. Kuopion lampiin kohdistuva fosforikuormituksen määrä. Muokattu lähteestä (Tikkanen, 2016)

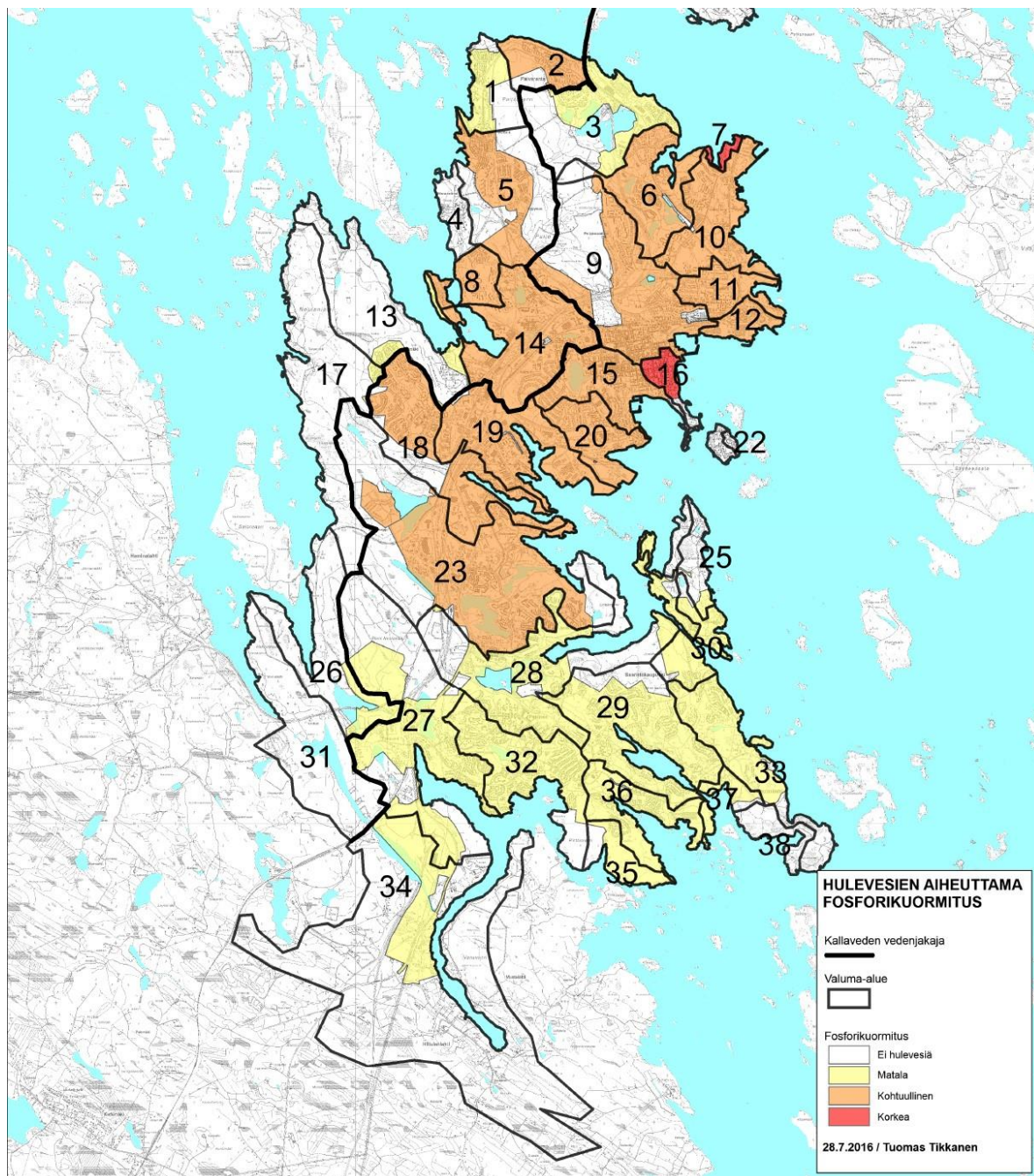
Vesialue	Matala	Kohtuullinen	Korkea
Iso-Valkeine itä		x	
Iso-Valkeine länsi	x		
Pieni-Valkeinen	x		
Rahusenlampi	x		
Ritosenlampi	x		
Saarijärvi		x	
Pitkälampi		x	
Maljalampi		x	
Sammakkolampi		x	
Mustinlampi		x	
Valkeinen		x	
Kolmisoppi	x		
Neulalampi	x		
Kivilampi		x	
Leväsenlampi		x	
Kuikkalampi	x		
Petosenlampi	x		
Pikku-Petonen	x		
Litmanen		x	
Kuvelampi	x		
Valkealampi	x		
Tervonlampi	x		
Riihilampi	x		
Ylä-Matkus	x		
Ala-Matkus	x		

TAULUKKO 5. Huleveden kiintoaineen ja fosforin kuormitustasot. Muokattu lähteestä (Tikkanen, 2016)

Huleveden kuormitustasot (kg/km <sup>2</sup> /a)		
Kuormitustaso	Kiintoaine	Kokonaisfosfori
Matala	< 16000	< 32
Kohtuullinen	16000 - 56000	32 - 64
Korkea	> 56000	> 64

Fosforista tulevan kuormituksen määrä on taulukon 4 mukaan kohtuullista 10 lammessa ja matalaa 15 lammessa. Hulevesistä kulkeutuvan fosforin määrä on suurinta ydinkeskustassa ja matkustajasa-taman rannan edustalla. Kiintoainekuormituksen määrä on kohtuullista myös niissä lammissa, mihin kohdistuu kohtuullista fosforikuormitusta (TAULUKKO 4) sekä näiden lisäksi kohtuullista kiintoaine-kuormitusta löytyi myös Rahusenlammesta, Petosenlammesta ja Riihilammesta. Lopuissa kohteissa kiintoainekuormituksen määrä on matala. Korkeita fosfori- tai kiintoainekuormituksia lampiin ei koh-distunut.

Selvityksessä mukana olevista lahtialueista fosfori- sekä kiintoainekuormitus on kohtuullista lähinnä keskustan lähetyvillä olevissa lahdissa kuten Maljalahdessa, Särkilahdessa, Siikalahdessa, Savilahdessa sekä Kettulanlahdessa. Näiden lisäksi kohtuullista kiintoainekuormitusta tulee myös etäämpänä keskustasta sijaitsevaan Hiltulanlahteen. Hiltulanlahtea vaivaa eteenkin maatalouden aiheuttama kuormitus. Muiden lahtialueiden fosfori- ja kiintoainekuormitus on vähäistä. Kuvassa 3 on esitetty Kuopion kaupunkialueella hulevesistä tuleva fosforikuormituksen määrä.



KUVA 3. Kuopion keskeisen kaupunkialueen hulevesien fosforikuormitus. Matala = Ei puhdistustarvetta, Kohtuullinen = Puhdistustarpeen määrittäminen edellyttää vesistöalueen sietokykyarvion. Korkea = Edellyttää puhdistustarvetta (Tuomas Tikkanen, 2016)

#### *Rakentamisen aikainen kuormitus*

Kuopion asukasluku oli 118 000 vuonna 2017. Kuopion asukasmäärä lisääntyy ja tämä näkyy myös rakentamisessa. Uusien asuntojen rakentaminen on keskittynyt pientaloalueille Kuopion eteläosiin,

mutta tulevaisuudessa asuntorakentaminen keskittyy keskusta-alueen täydennysrakentamiseen. Vesien kannalta merkittävimmät kohteet tulevana vuosina ovat Savilahden alueella, Valkeisen itärannalla ja Kuopionlahden pohjukassa. Myös Maljalahden rakentaminen leviää Itkonniemen suuntaan, jolloin Matkustajasataman lähialueet muuttuvat rantojen osalta merkittävästi. Neulalahdella rakentaminen keskittyy myös Neulaniemen rantaan, johon on tulossa mittavia vesialueen täyttöjä.

Huuhoutuvan aineksen määrä on suurimmillaan rakentamisvaiheessa. Rakentamisen aikainen typpi- ja fosforikuormitus voi olla jopa viisinkertaista verrattuna rakentamista edeltäneeseen tilaan. Rakennustyömailta tulevien vesien kokonaistypen, kokonaisfosforin ja kiintoaineen kuormitus voi olla jopa suurempaa, kuin maatalousvaltaisilta valuma-alueilta tuleva vesistökuormitus. Rakentamisen jälkeen fosforikuormitukset laskevat noin puoleen, toisin kuin typpikuormitus, joka laskee vain hieman rakentamisen aikaisesta kuormituksesta. (Airola;Nurmi;& Pellikka, 2014); (Vaittinen, 2016)

Kuopiossa rakentamisen aikaiset kuormitustasot olivat 2000-luvun alussa pääsääntöisesti kohtuullisia. Kiintoainekuormitusta on kuitenkin suositeltu alennettavan erityisesti rakentamisen aikana sellaisilla herkillä lahtialueilla, jotka eivät kestä enempää ulkoista kuormitusta. (Rissanen, 2006) Vesialueen herkkyys saadaan laskettua esimerkiksi Vollenweiderin mallin avulla. Seuraavaksi rakennettavalla Savilahden alueella tulee kiinnittää erityistä huomiota rakentamisen aikaisiin päästöihin, jotta sen tila ei pääse heikkenemään enempää.

Rakentamisen aikana tulevaa kiintoaineen huuhtouman määrää voidaan vähentää esimerkiksi väliaikaisilla laskeutusalttaila, jotka rakennetaan purkuputkien päihin. Jotta laskeutusaltaihin päätyisi suurin osa rakentamisen aikaisesta kuormituksesta, niiden tulee olla rakennettuna hyvissä ajoin ennen alueen rakentamisen aloittamista. (Rissanen, 2006)

#### *Sisäinen kuormitus*

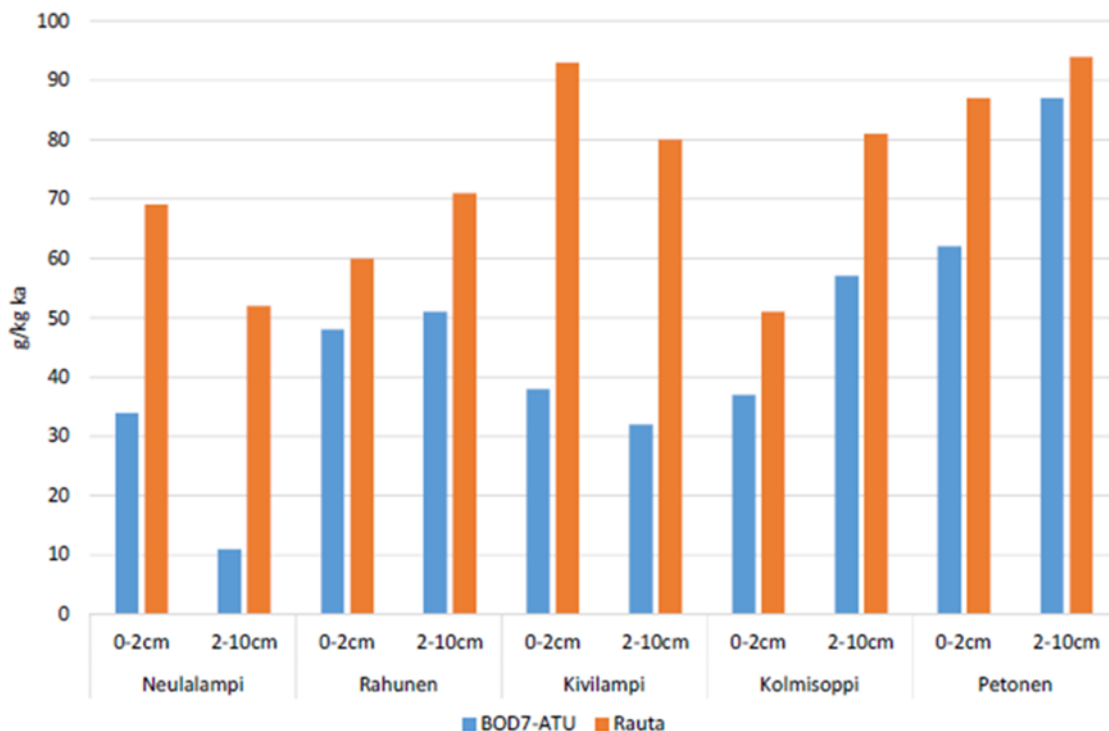
Varsinkin talven aikana, jolloin perustuotannon taso järvissä laskee, kuolleisiin eliöihin sitoutunut fosfori vajoaa ja sedimentoituu pohjalle. Jos happi pääsee loppumaan vesialueen syvänteistä, fosfori vapautuu kemiallisten reaktioiden kautta takaisin veteen, jolloin fosforipitoisuudet kohoavat alusvedessä voimakkaasti. Tällaisessa tilanteessa fosforipitoisuudet voivat olla jopa kymmenkertaisia pintaveteen verrattuna. Tämä tapahtuu yleensä talvella tai keskikesällä, kun vesimassa on kerrostunut ja sen alaosien happipitoisuus pienenee. Tätä tapahtumaa kutsutaan järven sisäiseksi kuormitukseksi. (Vantaanjoen ja Helsinginseudun vesiensuojeluyhdistys ry, 2004) (Luonnontila.fi, 2014)

Sisäinen kuormitus voi ulkoisen kuormituksen lisäksi ylläpitää rehevöitymisen kehittymistä, jolloin järven tila ei enää parane pelkillä valuma-alueella tehtävillä vesiensuojelutoimilla. Tyypillinen suomalainen järvi on matala, joka rehevöityy helposti ja sillä on vaarana kasvaa umpeen. (Lehtinen;Sammalkorpi;Harjula;& Ulvi, 2002, ss. 8 - 9)

Vuonna 2007 arvioitiin, että Kuopiossa huomattava osa pienvesiin kohdistuvasta kuormituksesta on tällä hetkellä sisäisen kuormituksen aiheuttamaa. (Kuopion kaupunki, 2007) Talvisin ja kesäisin esiintyvää pohjan vähähappisuutta esiintyy vieläkin joissain Kuopion vesissä. Sisäisen kuormituksen

todellinen määrä riippuu siitä, kuinka pitkiä jaksoja sedimentin pinta on hapettomassa tilassa. Fosforille yhden kuukauden hapettoman jakson vaikutus voi siis olla jopa yhtä suuri kuin koko vuoden ulkoinen fosforikuormitus. (Karvonen, 2007)

Kuopiossa on viimeksi vuonna 2015 tutkittu lampien sedimenttejä. Sedimenttitutkimuksen BOD7- ja rautapitoisuudet on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Sedimentin BOD7- ja rautapitoisuudet eri havaintopaikoilla (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2015)

Kriittisenä rajana, jossa järven sisäinen kuormitus käynnistyy, voidaan pitää BOD7-arvoa 20 g O<sub>2</sub>/kg (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, 2015) ja tämä arvo ylittyy kaikissa näytteissä paitsi, Neulalammen pintasedimentissä (KUVA 4). Tästä voidaan päätellä, että ainakin Rahusessa, Kivilammessa, Kolmisopessa ja Petosenlammessa on todennäköisesti sisäistä kuormitusta. Sisäisen kuormituksen määrää käsitellään vesialueittain yksityiskohtaisemmin varsinaisessa hoito- ja kunnostusohjelmassa.

#### 4.4 Vesistökuormituksen arviointityökalut

##### *Ominaiskuormitusluvut*

Valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen määrä voidaan arvioida kullekin vesialueelle ominaiskuormituslukujen avulla. Kuormitus lasketaan usein kiloa hehtaaria tai neliökilometriä kohden vuodessa.

Kirjallisuudesta löytyy valmiiksi määritettyjä ominaisuuskuormitus arvoja erilaisille ravinteille, jotka on määritelty eri maankäytön mukaan. Esimerkiksi taulukosta 6 lähteestä 1 (Melanen, 1981) saadut ominaiskuormitusarvot perustuvat tutkimuksiin, jotka ovat ainoita suomalaisia hulevesitutkimuksia, joissa mittauksia on tehty vähintään vuoden verran ja jotka ovat käyttäneet automatisoitua virtaa-

mapainotteista näytteenotinta. (Vakkilainen;Kotola;& Nurminen, 2005, ss. 33 - 34) Ominaiskuormitusluvut on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Ominaiskuormitusluvut.

Alue	Fosfori kg/ha/a	Kiintoaine kg/ha/a	Typpi kg/ha/a
Pientaloalue <sup>1)</sup>	0,24	96,6	4,95
Kerrostaloalue <sup>1)</sup>	0,38	214,5	8,84
Keskusta-alue <sup>1)</sup>	0,142	450	7,25
Liikennealue <sup>1)</sup>	0,41	370	3
Teollisuusalueet <sup>1)</sup>	0,86	790	2,9
Viheralue/Nurmi <sup>2)</sup>	0,6	330	17
Peltoalue <sup>2)</sup>	1	1000	13
Metsät <sup>3)</sup>	0,1	3,1	2,1

1) Melanen 1981, 2) Viikinkoski & Hynninen 1993, 3) Saukkonen & Kortelainen 1995

Kuormituslukujen ohella on oleellista tietää tarkasti myös pinta-ala, jolta kuormitusta muodostuu. Tässä työssä pinta-ala määräytyy vesialueen valuma-alueen mukaan. Kun valuma-alueen eri maankäyttötapojen pinta-alat ovat selvillä, alueen ominaiskuormitus voidaan laskea kertomalla maankäyttömuodon pinta-ala kuormituksen lähteellä. Tulokseksi saadaan maankäytön mukaan määräytyvä ainehuuhtouman määrä.

#### *Vollenweider*

Järvien kyky sietää kuormitusta vaihtelee suuresti riippuen järven tilavuudesta, keskisyvyydestä ja viipymästä. Esimerkiksi tilavuudeltaan suuri ja lyhyt viipymäinen järvi kestää enemmän kuormitusta, kuin matala järvi, jossa viipymäaika on pitkä. Vollenweider -malli sisältää ulkoiselle kuormitukselle kaksi erilaista sietorajaa. Ylemmän kriittisen rajan ylittyessä on ulkoisesta kuormituksesta aiheutuva rehevöitymisriski erittäin todennäköinen, jolloin kunnostustoimet tulisi kohdistaa sen vähentämiseen. Kuormituksen jäädessä alle alemman sietorajan ovat rehevöitymishaitat epätodennäköisiä. Käytännön kokemuksen ja seurantatulosten mukaan Vollenweiderin antamat tulokset ovat lähinnä suuntaa-antavia (Kuopion kaupunki, 2007) Vollenweider (1975, ref. Eloranta 2005) on esittänyt kaavat, joilla sallittava fosforikuormitus (alempi sietoraja)  $P_a$  (g/m<sup>2</sup>/a) voidaan laskea kaavalla 1:

$$P_a = 0.055 * \left(\frac{Q}{A}\right)^{0.635} \quad (1)$$

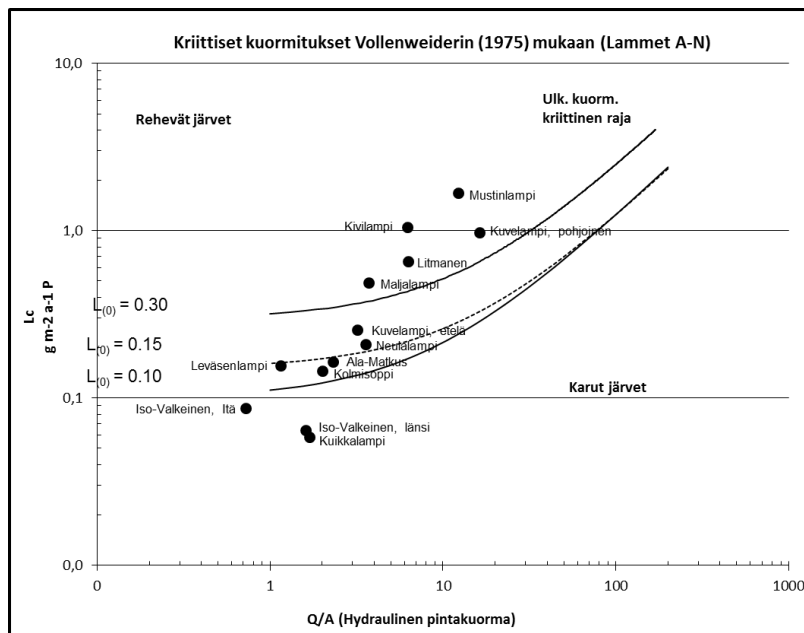
ja niin sanottu vaarallinen fosforikuorma (ylempi sietoraja)  $P_v$  (g/m<sup>2</sup>/a) kaavalla 2:

$$P_v = 0.174 * \left(\frac{Q}{A}\right)^{0.469} \quad (2)$$

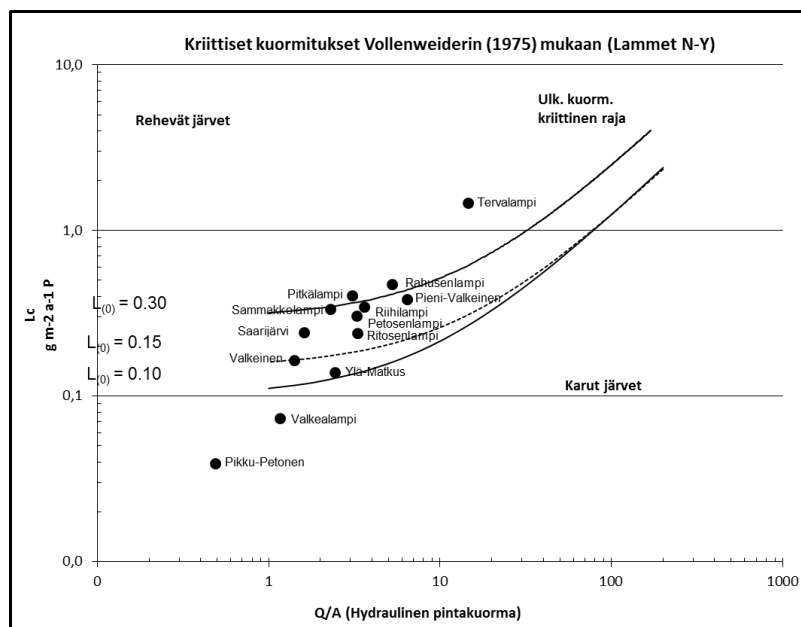
Kaavassa  $Q/A$  on ns. hydraulinen pintakuorma eli järveen tuleva vesimäärä  $Q$  (m<sup>3</sup>/a) jaettuna järven pinta-alalla  $A$  (m<sup>2</sup>). (Karvonen, 2007)

Vuoden 2016 Vollenweider tulokset on esitetty kuvissa 5 – 7. Tuloksissa vesialueet on luokiteltu asteikoille ulkoisen fosforikuormituksen vuosikeskiarvon mukaan (pystyakseli) ja hydraulisen pinta-

kuorman mukaan (vaaka-akseli). Saatujen tulosten mukaan, etenkin Mustinlammella, Kivilammella, Kuvelammella, Tervalammella ja Maljalammella ulkoisen kuormituksen määrä on liian suurta. Iso-Valkeisen, Kuikkalammen, Pikku-Petosen ja Valkealammen ulkoinen kuormitus alittaa alemman sietorajan, jolloin ulkoisen kuormituksen määrä on pieni.

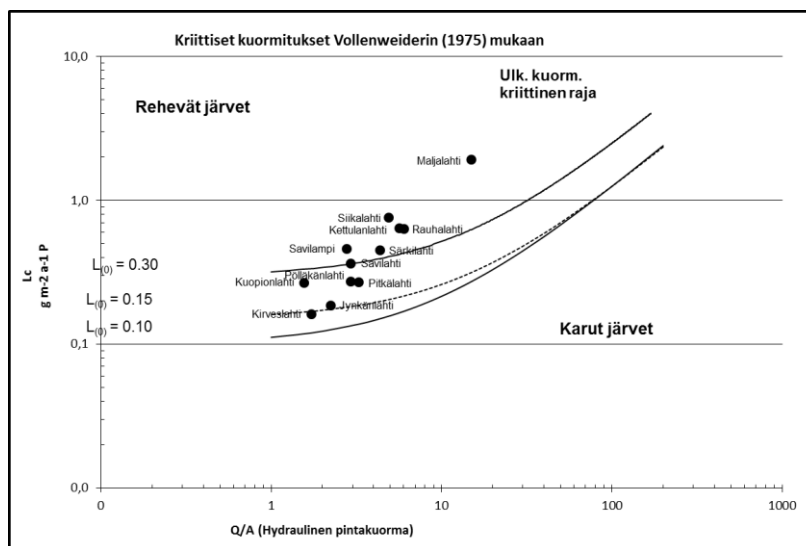


KUVA 5. Kuopion lampien (A-N) kriittiset kuormitukset Vollenweiderin mukaan. (Kuopion kaupunki, 2016)



KUVA 6. Kuopion lampien (N-Y) kriittiset kuormitukset Vollenweiderin mukaan. (Kuopion kaupunki, 2016)

Lahtialueista Maljalahti, Siikalahti, Kettulanlahti, Särkilahti, Savilampi ja Savilahti ovat Vollenweiderin mallin mukaan herkkiä ulkoiselle kuormitukselle ( KUVA 7).



KUVA 7. Kuopion lahtien kriittiset kuormitukset Vollenweiderin mukaan.  
(Kuopion kaupunki, 2016)

## 5 KUOPION VESIALUEIDEN VEDENLAATU

Kuopiossa sijaitsevien lampien ja lahtien tilaa seurataan vuosittain otettavilla vesinäytteillä. Tässä työssä on määritelty Kuopion seurannassa olevien vesialueiden vedenlaadun luokat sekä vesialueiden tilan muutos vuosien varrella. Vedenlaadun luokitus tehtiin Kuopion kaupungin tietokannasta saadusta aineistosta. Tietokanta sisältää yli 12 000 vesinäytteen tulokset. Vesialueiden tilan seuranta perustuu vuosittain maaliskuussa ja heinä-elokuussa otettaviin vesinäytteisiin, jolloin syvänteiden happipitoisuus on minimissään joko talven jääkannen alaisen tai kesän lämpökerrostuneisuuden lopulla. Vanhimmat mittaustulokset ovat peräisin 1960-luvulta, jonka ansiosta joidenkin kohteiden vesien tilan muutosta pystyttiin kartoittamaan kattavasti. Vesinäytteillä toteutettu seuranta on käsittänyt lähinnä fysikaalis-kemiallisten muuttujien, erityisesti ravinteiden ja happipitoisuuden tutkimisen. Vesinäytteiden lisäksi tilaa seurataan 5 – 10 vuoden välein tehtävillä sedimenttimäärityksillä ja koe-kalastuksilla.

### 5.1 Kuopion vesialueiden nykytila

Biologisia laatutekijöitä tarkastellaan ensisijaisesti ekologisen tilan luokittelussa. Vesien ekologinen luokittelu perustuu levien, kalojen, vesikasvien ja pohjaeläinten vertailuun. Järven tilaa verrataan luonnontilaiseen vesialueeseen, jossa ihmistoimista ei ole vaikuttanut vesieliöistöön. Mitä vähäisempi ihmisen vaikutus on, sitä parempi on vesialueen ekologinen tila (KUVA 8). Tämän lisäksi ekologisen tilan arvioinnissa otetaan huomioon myös veden laatutekijät, kuten kokonaisravinteet, pH, näkösyvyys sekä hydromorfologiset tekijät. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2016)

Fysikaalis-kemiallisiksi luokittelumuuttujiksi on valittu päällysveden, tarkemmin ylimmän kahden metrin vesikerroksen, kokonaisfosforin ja kokonaistypen määrät. Luokittelussa suositellaan, että havaintopaikalta olisi tietoja vähintään kolmelta vuodelta ja tarkasteltavat ravinnetasot olisivat kasvukauden aikaisia. Kun ravinnepitoisuudet ovat selvillä, vedenlaadusta tehdään kokonaisarvio, jossa on yhdistetty kaikkien saatavissa olevien laatuun vaikuttavien tekijöiden antama tieto veden tilasta. Jos kokonaisravinteet luokituvat eri tavoin, tulisi painottaa fosforituloksia, koska se on sisävesien tärkein biomassan kasvua rajoittava tekijä ja typen luokkarajojen asettaminen on epävarmempaa. Luokituksessa käytetään apuna myös muita tietoja vedenlaadusta ja lisäksi tulisi tarkastella aineiston riittävyttä, luotettavuutta, ajoittumista sekä paineita. Vedenlaadun fysikaalis-kemialliset tekijät ovat luokitusta tukevia suureita, eivätkä ne yksin voi määrätä ekologista luokkaa. (Vuori;Mitikka;& Vuoristo, 2009, ss. 12, 32)

Järven ekologisen tilan luokittelussa on käytettävä vähintään aineistoa a-klorofyllistä, fysikaalis-kemiallisesta vedenlaadusta sekä tietoja muusta biologiasta, esim. kalastosta. Tilastollisesti erittäin edustavaa a-klorofylliaineistoa vedenlaatutietojen kanssa voidaan myös käyttää luokitteluun, jos voidaan päätellä, että ravinnekuormitus on pääasiallinen tilan muuttaja. (Vuori;Mitikka;& Vuoristo, 2009, s. 5)

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen mukaan (Kanninen, 2018) järven ekologista tilaa kuvaavat seuraavat tekijät:

#### Erinomainen tila

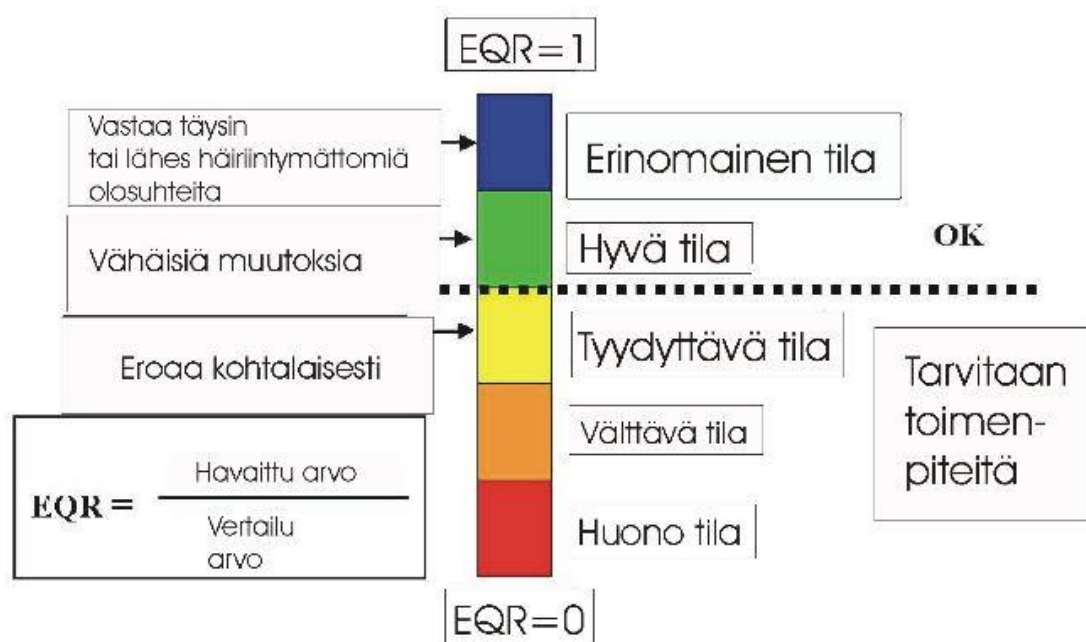
- Alusvesi ja pohjasedimentti pysyy hapellisena, pohjaeliöstö on monilajinen
- Tasapainoinen ja hyväkasvuinen kalakanta, runsaasti myös petokaloja
- Monilajinen vesi- ja rantakasvillisuus, ei yksittäisten lajien valtaamia rantoja
- Ei haitallisia leväkukintoja
- Veden väri voi olla luontaisesti kirkas tai humuksen vuoksi tumma, mutta ei tilan heikentymisen vuoksi samentunut

#### Tyydyttävä tila

- Alusvedessä ajoittain hapettomuutta ja pohjaeliöstö yksipuolistunut
- Särkikalojen osuus kalakannasta kasvanut, kalojen kasvu mahdollisesti heikentynyt ja petokalojen suhteellinen määrä vähentynyt
- Vesikasvillisuus runsastunut ja etenkin rehevyyttä ilmentävät lajit lisääntyneet, rantojen kasvillisuusvyöhykkeet laajentuneet
- Ajoittain järven virkistyskäyttöä rajoittavia leväkukintoja
- Etenkin kesäkaudella vesi voi olla sameaa runsaan levämäärän vuoksi

#### Huono tila

- Järven pohja usein hapeton ja pohjaeläimistöä lähinnä vain hapettomuutta sietävät lajit, kuten surviaissääsken toukat
- Kalastossa lähinnä särkikaloja, kuten särkeä ja lahnaa, kalojen määrä voi olla erittäin runsas tai hyvin vähäinen (laaja-alainen hapettomuus)
- Vesikasvillisuus aiheuttaa järven umpeenkasvua ja kasvilajisto on yksipuolinen
- Laajat ja toistuvat sinileväkukinnat tavanomaisia
- Vesi samentunut hapettomuuden tai levärunsauden seurauksena



KUVA 8. Vesien ekologinen tila ja laatusuhde. (Ruuhijärvi, 2008)

Kuopion vesialueiden vedenlaadun luokkarajojen määrittämisessä käytettiin apuna Ympäristöhallinnon 7/2012 ohjeita pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun. (Aroviita, ym., 2012) Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin veden ravinteiden (typen ja fosforin) määrää vesialueilla. Taulukossa 7 on esitetty järvien ravinteiden keskimääräiset luokkarajat. Taulukko on tehty Ympäristöhallinnon ohjeiden 7/2012 pohjalta, johon on listattu 13 eri järviyyppin vedenlaadun arvot, joista on koostettu taulukon 7 keskiarvot. Taulukko auttaa hahmottamaan vedenlaadun raja-arvot, mutta sitä ei voi yksinään soveltaa järven vedenlaadun luokan määrittämiseen. Jokaiselle vesialueelle on määriteltävä oma järviyppi, jonka perusteella vedenlaadun luokka määräytyy.

TAULUKKO 7. Järvien vedenlaadun keskimääräiset luokkarajat. Luokkarajat on määritelty 13 järviyyppin keskiarvosta. Muokattu lähteestä (Aroviita, ym., 2012, s. 57)

Luokkarajat keskimäärin	Erinomainen/Hyvä	Hyvä/Tyydyttävä	Tyydyttävä/Välttävä	Välttävä/Huono
Fosfori ug/l	20	31	50	83
Typpi ug/l	500	650	935	1375

Kuopion vesialueiden vedenlaadun määrittäminen aloitettiin luokittelemalla vesialueet järviyyppeihin ympäristökeskuksen pintaveden tyyppin määrittämisohjeilla. (Pilke, 2012, s. 26) Järviyyppin määrittämiseksi oli tiedettävä mm. järven pinta-ala (km<sup>2</sup>), keskisyvyys (m), veden väri (mg Pt/l) ja alkaliteetti. Kuopion vesialueet sijoittuvat taulukon 8 mukaan 7 seuraavaan järviyppiin:

TAULUKKO 8. Järviyypit ja niihin sijoittuneiden vesialueiden määrä.

Järviyppi	Kappalemäärä
Keskikokoiset ja pienet vähähumuksiset järvet	1
Pienet humusjärvet	7
Runsahumuksiset järvet	4
Runsaskalkkiset järvet	23
Matalat vähähumuksiset järvet	2
Matalat humusjärvet	6
Matalat runsahumuksiset järvet	2

Taulukosta 8 näkee, että Kuopion lampien vesi on hyvin kalkkipitoista. Alkaliteetin korkea pitoisuus (>0,4 mmol/l) määrittää kohteen runsaskalkkisiin järviin. Liitoskunnissa oli ainoastaan yksi runsaskalkkinen järvi.

Vesialueista Valkealampi, Kuvelampi ja Iso-Valkeinen on kukin esitetty kahtena vesialueena (länsi/itä tai pohjoinen/etelä), joka lisäsi vesialueiden määrää järviyypeissä. Tielinja on jakanut nämä vesialueet kahtia. Kettulanlahden, Pitkälahden ja Särkilahden luokittelussa käytettiin Suomen ympäristökeskuksen avoimesta tietopalvelusta Hertasta saatuja Etelä-Kallaveden veden värin tuloksia. Veden väri määrittää vesialueen humuspitoisuuden. Humuspitoisen vedenlaadun luokkaraja on aika suuri 30 – 90 mg Pt/l, jonka takia vedenlaadun tarkalla värillä ei ole tässä tapauksessa niin suurta merkitystä.

Järvityyppimäärityksen jälkeen vedenlaatu luokiteltiin Ympäristöhallinnon 7/2012 ohjeen mukaisesti (Aroviita, ym., 2012, s. 57) järvityypeittäin kokonaisfosfori ja -typpi pitoisuuden mukaan erinomaiseksi, hyväksi, tyydyttäväksi, välttäväksi tai huonoksi. Luokittelussa käytettiin maaliskuussa saatuja pintaveden (0-2 metriä) vedenlaadun tuloksia. Saadut vedenlaadun tulokset on esitetty taulukossa 9 ja kuvassa 9.

TAULUKKO 9. Kuopion vesialueiden ekologiset -vedenlaatu luokat. Tuloksissa on painotettu ohjeiden mukaisesti fosforin tuloksia.

Laatuluokka	Lammet	Lahdet	Yhteensä	% -osuus
Erinomainen	13	0	<b>13</b>	30
Hyvä	6	7 (+1*)	<b>13 (+1*)</b>	30
Tyydyttävä	10	1	<b>11</b>	26
Välttävä	4	0	<b>4</b>	9
Huono	2	0	<b>2</b>	5

*\*Mittausdata liian vähäistä tai vanhaa, mutta kohde sijoittuisi sen perusteella kyseiseen ryhmään*

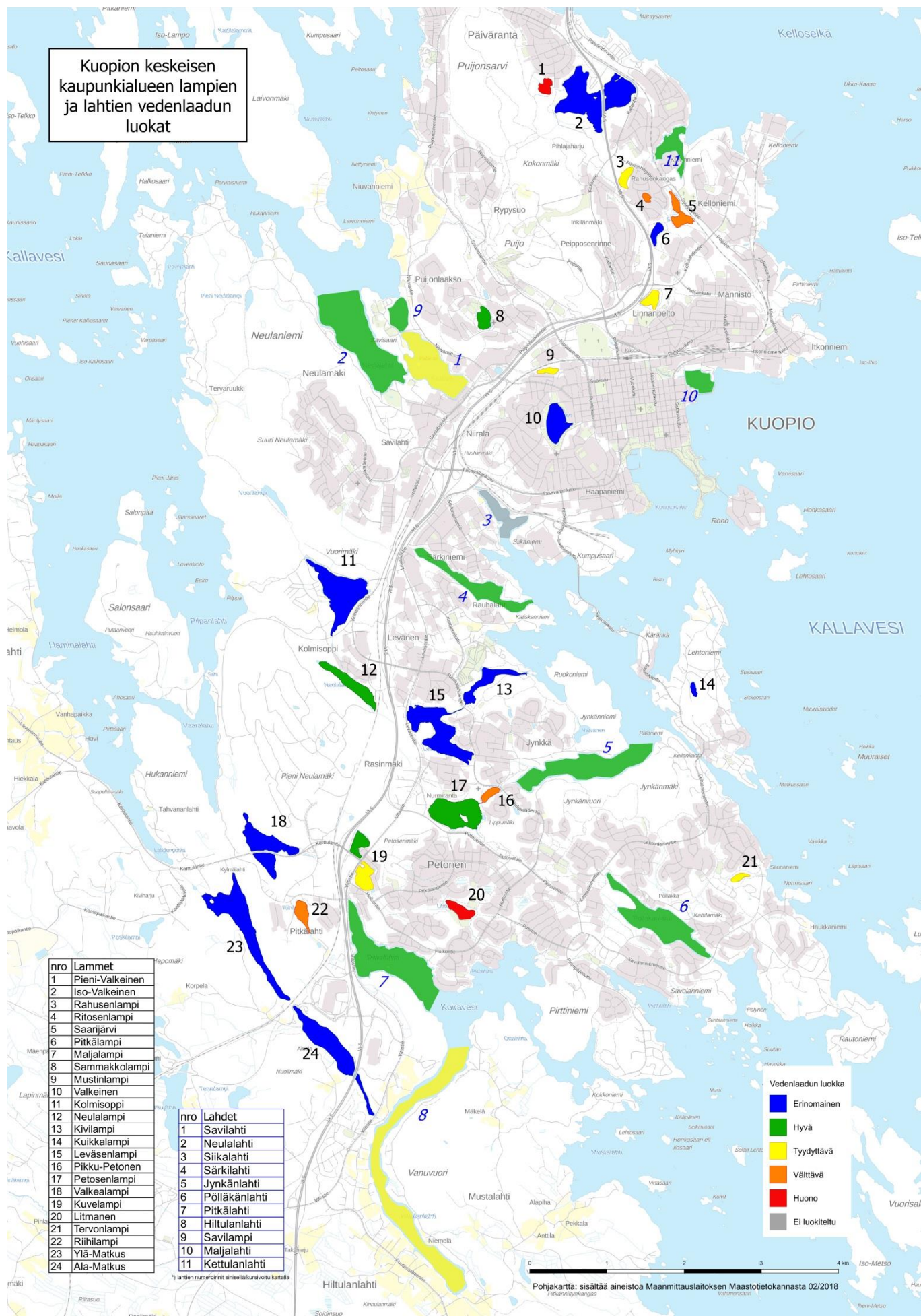
Ainoastaan Siikalahtea ei voinut luokitella yhden ainoan tuloksen perusteella. Taulukosta 9 voidaan päätellä, että noin 60 % Kuopion vesialueista on hyvässä tai erinomaisessa kunnossa. Heikoimmassa kunnossa Kuopion vesialueista ovat Pieni-Valkeinen ja Litmanen, joiden fosforimäärät olivat keskimäärin yli 100 µg/l ja typpimäärät noin 1100 µg/l.

Vedenlaatua määritettäessä huomattiin, että kokonaistypen määrä oli kesäisin noin 100 – 500 µg/l pienempi mitä talvisin. Keskimääräinen vuodenaikaisvaihtelu oli 10 vesialueen kohdalla n. -240 µg/l. Tämä johtuu luultavasti kesän kasvukaudesta, jolloin vesikasvit ja levät sitovat ravinteita vedestä käyttöönsä. Kokonaisfosforin tuloksissa samaa ilmiötä ei havaittu. Tämän perusteella tutkitut vesialueet ovat fosforirajoitteisia.

Hiltulanlahden luokittelua vaikeutti se, että sen fosforipitoisuudet olivat erinomaisella tasolla ja typpipitoisuudet välttävällä tasolla. Korkeat typpipitoisuudet johtuvat Hiltulanlahtea ympäröivästä maataloudesta. Lisäksi Savilammen hyvä luokka kyseenalaistettiin. Savilammen järvityyppi sijoittui luokkaan matalat runsashumuksiset järvet. Tässä järvityypissä luokkarajat ovat todella korkeat ja jopa 40 µg/l fosforitasot antoivat mahdollisuuden luokitella kyseisen vesialueen hyväksi. Tällaisten kohteiden luokituksia täytyy katsella kriittisesti.

Kuvasta 9 nähdään, että suuriosa Kuopion lahdista on hyvässä tilassa. Pohjois-Savon ELY-keskus on luokitellut Kallaveden ekologisen luokan hyväksi, joka näkyy myös Kallaveden yhteydessä olevissa lahdissa. Ainostaan umpinaisten lahtien, kuten Savilahden ja Hiltulanlahden tila on heikompi kuin Kallaveden. Umpinaiset lahdet muistuttavat luonteeltaan enemmän lampia, kun lahtia. Kuvasta voi myös huomata, että heikoimmassa tilassa ovat pienet lammet. Isompien vesialueiden tila on parempi, joka johtuu luultavasti paremmasta veden vaihtuvuudesta ja niiden syvyydestä. Pienen lammen

tilassa veden kuormitus näkyy herkemmin kuin ison lammen, jossa kuormittavat ravinteet pääsevät laimenemaan suurempaan vesitilavuuteen.



KUVA 9. Kuopion lahtien ja lampien vedenlaadun luokat. Lampien numerot on esitetty mustalla ja lahtien sinisellä.

## 5.2 Kuopion vesialueiden tilan kehitys

Kuopion kaupunkia luonnehtivat vesistöt, jotka voidaan jakaa Kallaveden reittivesistöön ja kaupungilla oleviin pienvesiin. Jo varhaisessa vaiheessa on kiinnitetty huomiota asutusten keskellä olevien pienvesien tilaan, jotka ovat herkkiä ihmisen toiminnan aiheuttamille muutoksille. Seuranta ja vesien hoito on 1960-luvulta alkaen keskitetty erityisesti näille pienvesille. Maakunnan teollistuminen alkoi 1800-luvulla ja painottui puunjalostusteollisuuteen. Kuormitus alkoi näkyä Kallavedellä voimakkaasti 1900-luvun puolivälissä. Kuormituksen laadusta ja määrästä ei kuitenkaan ole tarkempaa tietoa, sillä vesilaki astui voimaan vasta 1962. Kehityksen tuloksena vesistöt olivat likaisimmillaan 1970-luvulla asutustaajamien ja teollisuuden lähiympäristössä. Huomio keskittyi pistekuormittajiin 1970-luvulla, jonka jälkeen sekä teollisuuden että asutuksen aiheuttamien jätevesien käsittelyyn kiinnitettiin erityistä huomiota. Nykyisin vesiensuojelun painopiste on suunnattu hajakuormituksen alentamiseen, joita tulee pääasiassa maa-, metsä- ja karjataloudesta sekä kaukolaskeumista. (Kuopion kaupunki, 2017)

Tässä työssä tarkastellaan Kuopion keskeisen kaupunkialueen vesitilan kehitystä. Vedenlaadun kehityksen seurannassa vesialueiden vedenlaatutiedot luokiteltiin neljään kymmenen vuoden jaksoon, jonka jälkeen tuloksia vertailtiin keskenään. Vertailtaviin vedenlaatutietoihin kuuluivat kokonaisfosforin ja kokonaistypen keskiarvot maaliskuun pintavedestä (0-4 metriä). Vertailtavat kymmenen vuoden jaksot olivat: 1978 – 1987, 1988 – 1997, 1998 – 2007 ja 2008 – 2017. Vedenlaadun kehitys saatiin kartoitettua 15 eri vesialueelle. Tuloksille laskettiin myös keskivirhe.

Keskivirhe lasketaan kaavasta 3:

$$SE = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

jossa SE = keskivirhe, S= keskihajonta, n= kappalemäärä

Keskivirhe tarkoittaa keskimääräistä virhettä ja sitä voidaan käyttää mittaamaan tiettyä todennäköisyyttä vastaavaa luottamusväliä. Mitä pienempi keskivirhe on, sitä todennäköisemmin saatu tulos vastaa todellista tilannetta.

### *Ala-Matkus*

Ala-Matkuksen vedenlaatu on koko mittaushistorian ajan ollut erinomainen. Vedenlaatu on silti hie- man parantunut 80-luvulta vuoteen 2017 mennessä. 1990-luvulla Ala-Matkuksen typpipitoisuudet nousivat yli 600 µg/l, mutta ovat sen jälkeen alkaneet laskea noin 500 µg/l tasoon. Ala-Matkuksen kokonaisfosfori on mittaushistorian aikana ollut todella alhainen, se on vaihdellut 10 - 13 µg/l.

### *Iso-Valkeinen*

Iso-Valkeinen on jaettu kahteen osaa, itä- ja länsipuoleen. Kummankin puolen vedenlaatu on vuosikymmenien ajan ollut erinomainen. Kuitenkin 80-luvulla mitattujen tulosten mukaan, itä- ja länsipuolen fosforipitoisuudet olivat olleet tasolla 30 µg/l. Tämän tuloksen keskivirhe on kuitenkin todella

suuri +/- 18 µg/l, joten tulos voi poiketa huomattavasti todellisuudesta. Nykyisin Iso-Valkeisen itäosan fosforipitoisuudet ovat noin 10 µg/l ja länsiosan 13 µg/l. Iso-Valkeisen länsiosan typpipitoisuudet ovat hiljalleen lisääntyneet vuosikymmenien saatossa. Vielä 80-luvulla typpimäärä oli vajaa 500 µg/l ja nykyisin se on melkein 600 µg/l. Nouseviin typpimääriin tulee kiinnittää huomiota. Itäosan arvot ovat vaihdelleet 500 µg/l kummallakin puolella.

#### *Kivilampi*

Kivilammen nykytila on erinomainen. Kivilammen ravinnepitoisuudet nousivat 1990- ja 2000-lukujen alussa. Suurimmat muutokset näkyivät typen määrissä, joka oli suurimmillaan vajaa 900 µg/l. Fosforin määrä ollut koko tarkkailuhistorian ajan hyvin pieni (vähän päälle 20 µg/l). Viimeisen 10 vuoden tarkastelun aikana sekä typpi, että fosforipitoisuudet ovat laskeneet erinomaisiin lukemiin. Fosforin määrä laski 10 µg/l, nykyisin ollen 12,3 µg/l ja typen määrä laski 200 µg/l nykyisin ollen noin 650 µg/l. Tila on siis selvästi parantunut vuosien aikana. Yksi tilan paranemista selittävä tekijä voi olla alueen kaupungistuminen. Entiset metsä- ja suoalueet ovat muuttuneet kuivemmaksi asuinalueeksi, jonka ansiosta myös vesi pääsee vaihtumaan useammin.

#### *Rahusenlampi*

Rahusenlammen tila on selvästi heikentynyt tarkastelujaksojen aikana. Rahusenlammen typpipitoisuudet ovat olleet 80-luvulta saakka todella korkeat, yli 1000 µg/l. Viimeisen kymmenen vuoden tarkastelujakson aikana typpipitoisuuden keskiarvoksi on saatu 1674 +/-351 µg/l. Tuloksen suuri virhearvo voi kuitenkin vääristää tulosta. Vielä 80-luvulla Rahusenlammen fosforipitoisuudet olivat vielä hyvää luokkaa noin 25 µg/l, jonka jälkeen pitoisuudet nousivat kahden seuraavan tarkastelujakson aikana yhteensä 20 µg/l. Fosforipitoisuus on laskenut viimeisen 10 vuoden aikana 45 µg/l → 40 µg/l, mutta tuloksien virhearvioista johtuen tuloksen todennäköisyys voi heittää 5 µg/l. Lammen nykytila on tyydyttävän ja välttävän välillä.

#### *Sammakkolampi*

Sammakkolammen tila on muuttunut huomattavasti tarkasteltavien vuosikymmenten aikana. Suurimmat muutokset ovat tapahtuneet fosforin määrässä. Vuosina 1988 – 1996 Sammakkolammen fosforipitoisuudet kohosivat huimat 20 µg/l 1980-lukuun verrattuna, jolloin fosfori määrä oli suurimmillaan 62 µg/l. Tämän jälkeen Sammakkolampeen on tehty useita kunnostustoimenpiteitä, joiden ansiosta fosforipitoisuudet laskivat ensimmäisen kymmenen vuoden aikana yli 25 µg/l ja toisen vuosikymmenen aikana toiset 20 µg/l. Nykyisin Sammakkolammen fosforipitoisuudet ovat noin 15 µg/l, joka on hyvällä tasolla. Sammakkolammen typpipitoisuudet ovat myös laskeneet hiljalleen kohti parempaa tasoa. Korkeimmat typpipitoisuudet havaittiin myös 1990-luvulla, jolloin arvo oli 1300 µg/l. Sammakkolammen typpipitoisuus on laskenut kahdessa kymmenessä vuodessa 36 % ja nykyisillään sen arvo on keskimäärin 828 µg/l. Kokonaistypen määrä on kuitenkin vielä korkea ja tyyppiä on suhteessa fosforiin paljon. Sammakkolammen tila on kohonnut välttävästä hyväksi.

#### *Ylä-Matkus*

Vielä 80-luvulla Ylä-Matkus on ollut täysin luonnontilainen. Neljäkymmenen vuoden tarkastelun aikana Ylä-Matkuksen typpimäärät ovat nousseet joka vuosi noin 10 µg/l. Alueen ihmistoiminta on

selvästi vaikuttanut lammen tilaan ja vedenlaadun kehitystä tulee seurata, ettei vedenlaatu pääse heikkenemään liikaa. Fosforin määrässä samaa kehitystä ei ole tapahtunut, sen määrä on vaihdellut 10 µg/l molemmin puolin. Ylä-Matkuksen tila on erioainen.

#### *Muut kohteet*

Kolmisopen ja Leväsenlammen tila on parantunut tarkastelujaksojen aikana, mutta niiden tila on ollut koko ajan erinomainen. Valkeisen tila on parantunut tarkastelujakson aikana ja sen hyvä tila on saavutettu. Kuvelammen eteläpuolen ravinnepitoisuudet ovat vaihdelleet tyydyttävän tason sisällä ja vähän nousseet viimeisimmän 10 vuoden tarkastelujakson aikana, mutta pohjoispuolen tila on hyvä. Pölläkänlahden tilaa on alettu seuraamaan vasta 2000-luvun alussa, mutta sen tila on parantunut seurantajakson aikana tyydyttävästä hyvään. Pitkälammen typpipitoisuudet ovat laskeneet hiljalleen vuosien aikana, mutta fosforin arvot ovat pysyneet koko ajan hyvällä tasolla. Savilahtea on seurattu säännöllisesti vuodesta 2004 lähtien ja tila sen on huomattavasti heikentynyt etenkin fosforin osalta, vaikka sen typpipitoisuudet ovat laskeneet. Savilahden nykytila on tyydyttävä. 1960-luvulla Savilahden tila oli kuitenkin huonompi, sillä maa- ja karjatalous olivat kuormittaneet sitä vuosisatoja.

Vesialueiden vedenlaadun muutokset on esitetty taulukossa 10, jossa on tarkasteltu kahden viimeisimmän kymmenvuotisjakson tuloksia. Vedenlaadun muutosta oli hankala kuvata taulukkoon, koska ravinteiden muutokset eivät aina tukeneet toisiaan. Osassa vedenlaatu oli esimerkiksi parantunut fosforin osalta ja heikentynyt typen osalta. Taulukon 10 vesialueiden värit on määritelty kuvan 9 nykytilan ekologisen vedenlaatuluokan mukaan.

TAULUKKO 10. Vesialueiden tilan muutos vuosien 1998 – 2007 ja 2008 – 2017 välillä.

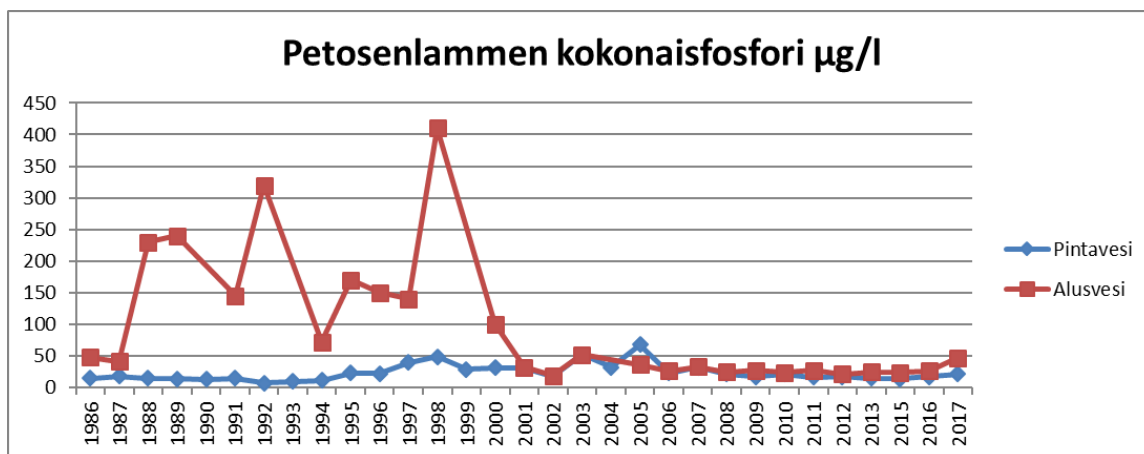
Vesialue	Tilan muutos
Ala-Matkus	+
Iso-Valkeinen itä	0
Iso-Valkeinen länsi	-
Kivilampi	++
Kolmisoppi	+
Leväsenlampi	+
Pitkälampi	0
Valkeinen	+
Ylä-Matkus	-
Kuvelampi	0
Petosenlampi	++
Pölläkänlahti	++
Sammakkolampi	++
Rahusenlampi	-
Savilahti	--
++ = parantunut huomattavasti	
+ = parantunut hieman	
0 = pysynyt samana	
- = heikentynyt	
-- = heikentynyt huomattavasti	

Petosenlampi on hyvä esimerkki siitä, kuinka veden tilaa on saatu paremmaksi. Vielä 1980-luvun alussa Petoselammen ravinnepitoisuudet olivat ihan hyvät, kunnes kuormitus muutti radikaalisti veden tilaa. 2000-luvun alussa Petosenlampi oli hyvin samea ja siellä esiintyi paljon leväkukintoja ja muita rehevyydestä aiheutuvia haittoja. 15 vuoden aikana vesi on kuitenkin kirkastunut huomattavasti (KUVA 10). Kuvasta 11 ja kuvasta 12 näkee, kuinka Petosenlammen ravinnepitoisuudet (koko-naisfosfori ja kokonaistyyppi) ovat laskeneet 1990-luvun jälkeen.

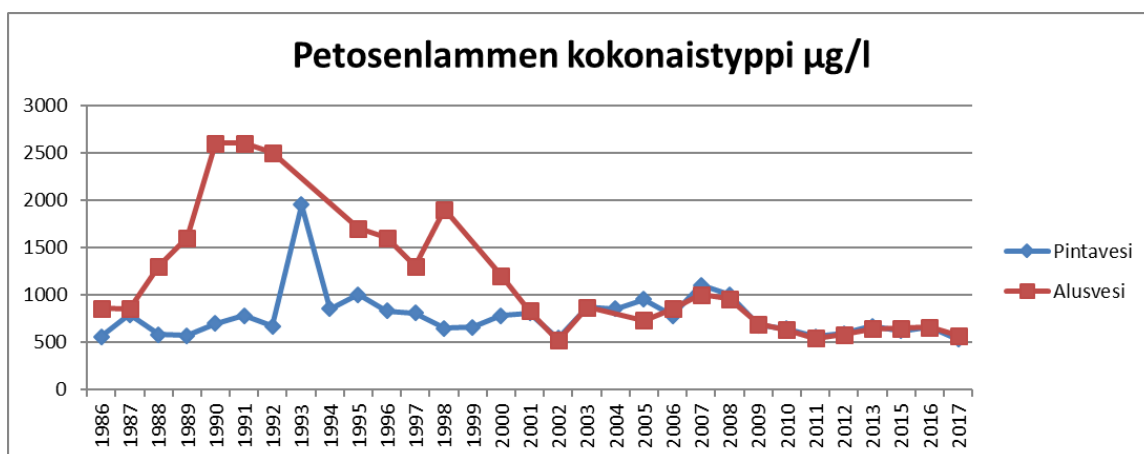


KUVA 10. Petosenlammen kirkastuminen vuosina 1999 – 2014. Muokattu lähteestä (Kuopion kaupunki, 2017)

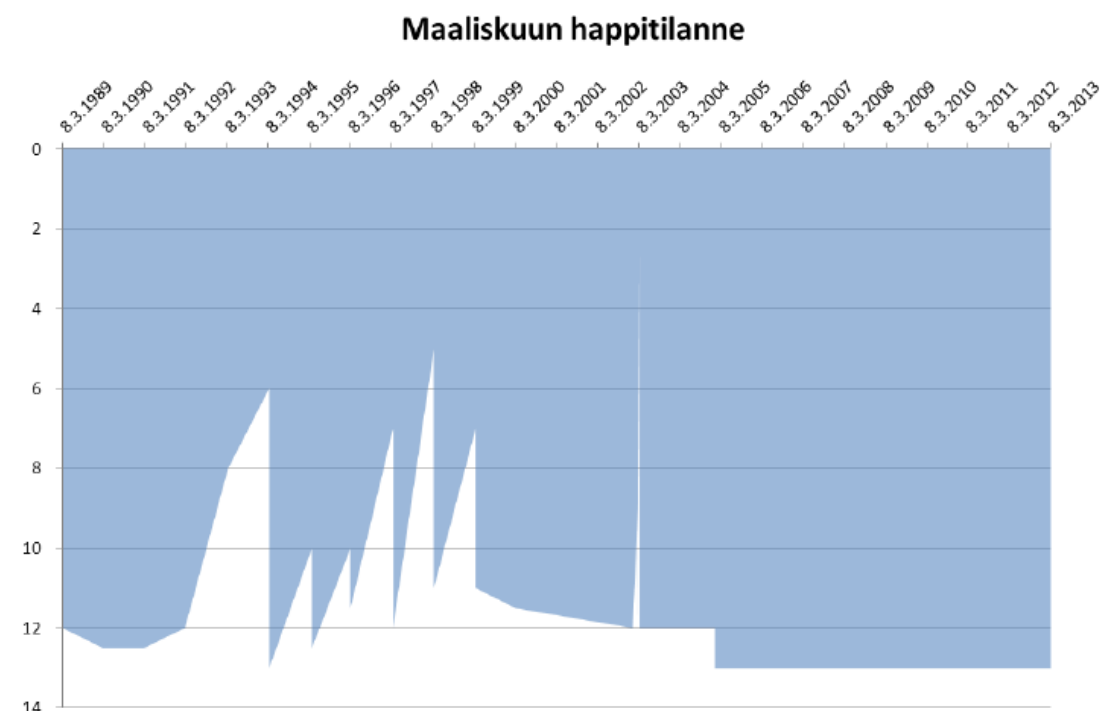
Myös pohjan happipitoisuudet ovat parantuneet kuvan 13 mukaan. Joinakin vuosina hapeton vesikerros on yletynyt jopa 6 metriin saakka ja loppukesän happipitoisuus on ollut jopa talvea heikompi. Nykyisin Petosenlammen pohjan happipitoisuudet ovat ylittäneet 0,5 mg/l olevan hapettomuuden rajan. (Tuomainen;Asikainen;& Lempinen, 2016)



KUVA 11. Petosenlammen kokonaisfosfori pitoisuus pintavedessä (1m) ja alusvedessä (11-13m) maaliskuussa 1986 – 2017.



KUVA 12. Petosenlammen kokonaistyyppi pitoisuus pintavedessä (1m) ja alusvedessä (11-13m) maaliskuussa 1986 – 2017.



KUVA 13. Petosenlammen maaliskuun happitilanne syvänteessä 1989 – 2013. Valkoinen alue kuvaa kuinka syväälle hapeton vesikerros on ylettynyt metreinä. (Tuomainen;Asikainen;& Lempinen, 2016)

## 6 VESIEN KUNNOSTUKSEN TARVE JA ENNALTAEHKÄISY

Kuopion vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelmassa on mukana melkein 40 vesialuetta, jonka takia joudutaan miettimään, mitkä vesialueet tarvitsevat eniten kunnostusta. Kunnostuskohteiden valintaan tarvitaan priorisointimallia, jonka avulla pystytään kartoittamaan sekä virkistysarvoltaan että sijainniltaan kohteet, joiden vedenlaadun parantamiseen kunnostukseen tarkoitettuja määrärahoja kannattaa sijoittaa. Kunnostuksen ulkopuolelle jääneiden kohteiden tilan muutosta voidaan kuitenkin seurata vesianalysien, sedimenttinäytteiden ja koekalastuksien avulla.

Kuopiossa on paljon vesialueita ja puhtailla vesillä pystytään ylläpitämään hyvää kuvaa kaupungista. Vesien tilan kunnan heikkenemistä voidaan myös ennaltaehkäistä, joka on suhteessa halvempi keino vesien hyvän tilan ylläpitämiseen, kuin kunnostus.

### 6.1 Kunnostuksen priorisointi

Vesien kunnostustarve syntyy pääasiassa vesistöjen käyttäjien haittoiksi kokemista asioista, jota koetaan virkistyskäytön yhteydessä. Virkistyskäyttäjää haittaavat eniten veden näkyvä likaisuus sekä esiintyvät leväkukinnot. Mökkiläisiä ja ranta-asukkaita häiritsevät eniten liika vesikasvillisuus tai oman rannan liettyminen. Kalastajien virkistyskäyttöä haittaavat vajaasti hyödynnettävien kalalajien runsaus, kalojen makuvirheet ja arvokalojen vähäinen määrä. Vesialueen mataluus ja tiheä kasvillisuus häiritsevät veneilyä, uintia ja kalastusta. Onkin kartoitettu, että yleisimmin järvien käyttökelpoisuutta heikentäviksi ongelmiksi koetaan rehevyys, liiallinen vesikasvillisuus ja mataluus.

(Lehtinen;Sammalkorpi;Harjula;& Ulvi, 2002, s. 8)

Järvien kunnostustarpeen priorisointi on tärkeä osa kunnostuksen suunnittelua. Priorisoinnin tavoitteena on suunnata rajallisia resursseja sinne, missä niistä saadaan suurin hyöty. Kunnostuksen priorisoinnissa kriteerien täytyy olla alueen ympäristöön sopivia, riittävän yksiselitteisiä, ymmärrettäviä ja niiden on mitattava suoraan haluttua asiaa. Valittavissa kriteereissä on vältettävä toistoa eli samaa asiaa ei mitata usealla mittarilla. Kriteerien määrä on hyvä pitää kohtuullisena, koska liian suuri malli on usein työläs ja monimutkainen käsitellä, mutta liian suppea malli ei välttämättä tuo suunnittelutilanteen eri näkökulmia esille. Kriteereitä valittaessa on myös syytä ottaa huomioon, että kaikkiin kriteereihin liittyvä tieto ei ole välttämättä helposti saatavissa. (Marttunen;Mustajoki;Verta;& Hämäläinen, 2008, s. 19)

Kuopion pienvesien hoito- ja kunnostusohjelmassa 2007 – 2012 on käytetty priorisointitaulukkoa, jonka arviointikriteerit liittyvät lähinnä lampien käyttöön. Käytetyt kriteerit olivat:

- Ulkoilumahdollisuudet
- Uiminen/uimarannat
- Kalastus
- Veneily
- Lähiasutus
- Matkailu ja maisema/kaupunkikuva

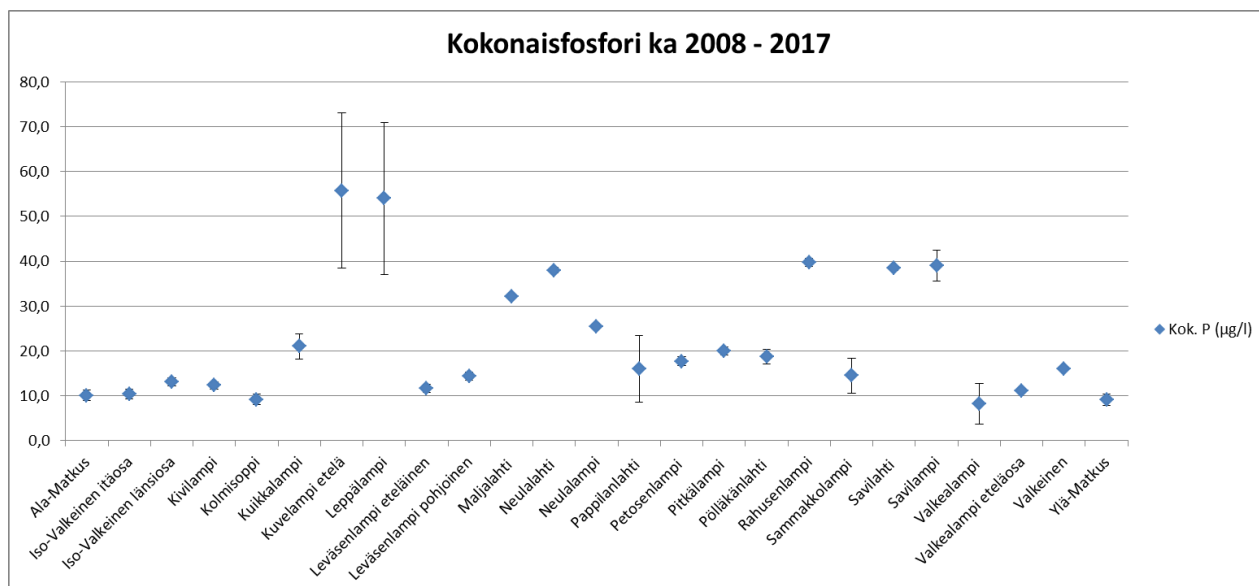
Kuopion lammet on pisteytetty kriteereittäin viiden asiantuntijan toimesta, jonka jälkeen jokaiselle kohteelle on laskettu oma kriteerikohtainen keskiarvo. Lopputuloksesta on muodostettu priorisointitaulukko, jossa lammet on luokiteltu niiden kunnostustarpeen mukaan. Ongelmana vanhassa priorisointitaulukossa on sen keskittyminen pelkästään vesistöjen käyttöön eikä vesistön tilaa ole huomioitu ollenkaan. Myös osa käytetyistä kriteereistä on epäoleellisia, kuten veneily, jonka merkitys on lammissa vähäinen. Kriteereitä voitaisiin myös yhdistää, jotta mallista tulisi yksikertaisempi.

Uudessa suunnitelmassa priorisointikriteerit voitaisiin jakaa kolmeen pääluokkaan: *Vesistön tila, vesistön käyttö ja toimenpiteiden toteutettavuus*. Tällaisten kriteerien avulla järven tilaa pystytään tarkastelemaan ekologisen, sosiaalisen sekä taloudellisen näkökulman avulla. Apuna uuden priorisointimallin ohjeiden kehittämisessä käytettiin Oulussa käytettyä mallia. (Anttila, 2015)

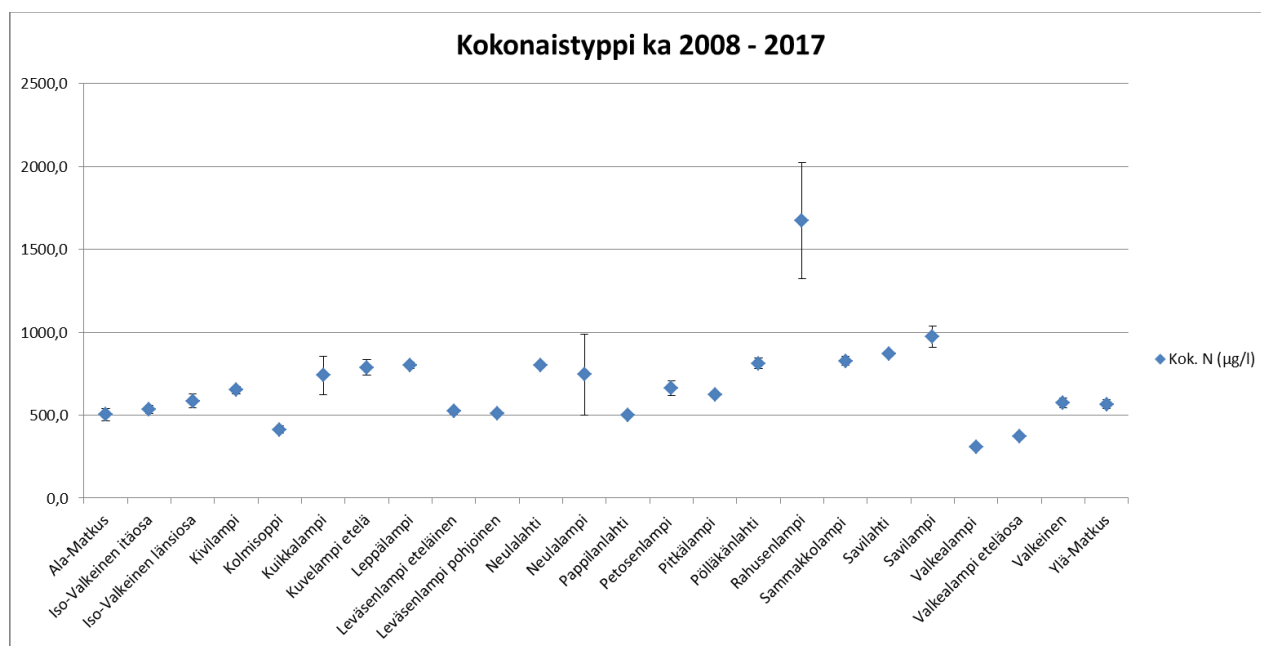
Vesistön kunnostuksen yleishyödyllisyys on tärkeä mittari vesistön kunnostusta suunniteltaessa. Kunnostusohjelmaa käytetään apuna päätettäessä, minne resursseja kannattaa suunnata. Siksi esimerkiksi alueen asukkaiden ja alueen virkistyskäytön arviointi on tärkeä osa kunnostuskohteiden valintaa. Priorisoinnissa voidaan tarkastella vesistöjen sijoittumista eri alueille ja pisteyttää ne sen mukaan. Järvet voidaan pisteyttää esimerkiksi seuraavalla tavalla niiden sijoittumisen mukaan: Keskusta, tiheä taajama, harva taajama, haja-asutusalueen asutus keskittymä, haja-asutusalue ja asumaton alue. Eniten pisteitä saa keskustasta ja vähiten asumattomasta alueesta. Muita vesistön käyttöön liittyviä alakriteereitä voivat olla esimerkiksi vesistön käyttäjien ja asukkaiden lisäksi kalastus sekä maisema- ja virkistysarvo.

Vesien tila on oleellinen kriteeri vesienkunnostuksessa. Mitä heikommassa tilassa oleva vesialue on, sitä suurempi kunnostustarve sillä on. Järven tilaan liittyviä alakriteereitä voivat olla esimerkiksi ekologinen tila, ulkoinen kuormitus, havaitut ongelmat sekä kalasto. Esimerkiksi ekologinen tila on hyvä kriteeri, koska se kertoo ihmisen toiminnan vaikutuksesta vesialueeseen. Lammen ekologinen tila kuvaa lammen luonnonmukaisuutta. Erinomaisessa tilassa oleva vesialue vastaa luonnontilaista vesialuetta. Huonossa tilassa oleva vesialue on kuormituksen pilaama ja runsaasti rehevöitynyt sekä siellä esiintyy mm. leviä ja alusveden happikatoja. Hapettomuutta voi esiintyä myös lähes luonnontilaisissa metsälammissa. Esimerkki järven tilan määrittämisestä on esitetty kohdassa 5.1 ja Kuopion vesialueiden tila kuvassa 9.

Esimerkiksi kuvia 14 ja 15 voidaan hyödyntää veden kunnostuksen tarvetta arvioitaessa. Tämän kaltaisten kuvien avulla pystytään helposti vertailemaan vedenlaadun tuloksia eri Kuopion vesialueilla. Kuvissa 14 ja 15 on kuvattu vesinäytteistä saatujen ravinnetulosten keskiarvoa jokaisella vesialueella viimeisen 10 vuoden aikana. Tulokset on määritetty vesinäytteiden maaliskuun pintaveden (0 – 4m) tuloksista. Tulokset on saatu määrittämällä saatujen tulosten keskiarvo ja niiden keskivirhe.



KUVA 14. Kuopion vesialueiden kokonaisfosforin keskiarvo viimeisimmän 10 vuoden tuloksista. Taulukossa esitetyt keskivirheet ( $\pm$ SE) on kuvattu pystysuuntaisella viivalla.



KUVA 15. Kuopion vesialueiden kokonaistypen keskiarvo viimeisimmän 10 vuoden tuloksista. Taulukossa esitetyt keskivirheet ( $\pm$ SE) on kuvattu pystysuuntaisella viivalla.

Toteutettavuus on myös tärkeä mittari priorisoinnissa, koska sen avulla voidaan pohtia, onko toimenpide mahdollista toteuttaa. Esimerkiksi järven ruoppaus voisi olla todella hyvä idea järven tilan parantamiseksi, mutta se on vaikeasti toteutettavissa, koska toimenpide on liian kallis ja läjitysalueiden löytäminen voi olla mahdotonta. Toteutettavuuden alakriteereitä voivat olla esimerkiksi tekninen toteutuskelpoisuus, hinta, kustannus-hyötysuhde, paikallinen aktiivisuus sekä lainsäädäntö ja lupakysymykset. (Anttila, 2015)

Kriteerien valinnassa jokaiselle kriteerille täytyy miettiä oma painoarvo. Esimerkiksi alueen käyttäjät, asukkaat sekä virkistyskäyttö ovat painoarvoltaan tärkeitä mittareita vesistön kunnostuksessa. Kun

on saatu kaikki kolme mittaria, voidaan järvet pisteyttää niiden mukaan. Vesienhoidon työryhmä päättää tarkemmat kunnostuksessa käytettävät kriteerit ja pisteyttää kohteet.

#### *Asukslähtöisyys ja liitoskunnat*

Vesistöjen käyttö ja hoito, kuten sen kunnostus tai säännöstely, koskettavat aina suurta paikallista ihmisjoukkoa. Kansalaisten osallistumiseen heitä koskettavien asioiden päätöksenteossa, suunnittelussa ja osittain myös suunnitelmien toteuttamisessa on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. Kansalaisten vaikutusmahdollisuuksien edistäminen omaa ja lähiympäristöään koskevissa asioissa on tavoitteena mm. perustuslain 20 §, maankäyttö- ja rakennus-, kunta- ja ympäristönsuojelulaissa sekä laissa ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Järven kunnostus vaatii onnistuakseen saumatonta yhteistyötä kaikkien eri toimijoiden välillä. Eri tahojen välistä yhteistyötä hankaloittaa usein tiedonkulun toimimattomuus, jolloin tiedon ymmärtäminen voi jäädä vajaaksi. Tämän välttämiseksi on tärkeää suunnata voimavaroja viestinnän suunnitteluun ja toteuttamiseen. Tietoa ja vuorovaikutusta lisäämällä voidaan myös korjata mahdollisesti syntyviä virheellisiä käsityksiä kunnostuksen etenemisestä ja sen vaikutuksista. Kun asukkaita huomioidaan jo kunnostuksen suunnitteluvaiheessa, säästytään usein päättövaiheen valituksilta. (Rotko & Laitinen, 2004, ss. 5, 27)

Kuntaliitoksien yhteydessä syntyy keskustelua yleensä liitoskuntien vaikutusmahdollisuuksista. Moni paikallisista on huolissaan heidän asemastaan isossa kunnassa, jolloin lähidemokratian arvostus nousee tärkeään rooliin. Toimivaltaisessa lähidemokratiassa ihmisten tulisi voida aidosti vaikuttaa kuntansa asioihin ja että kunnan budjettiprosessin kautta osoitetaan myös rahallisia resursseja tämän toimivallan toteuttamiseen. (Ojanperä, 2012)

Uudessa vesistöjen kunnostus- ja hoitosuunnitelmassa tullaan tarkastelemaan myös liitoskuntien vesistöjä. Kuopion kaupunkiin on liitetty kuusi kuntaa vuodesta 1973 lähtien. On tärkeää, että myös uuden hoito- ja kunnostusohjelman priorisoinnissa huomioidaan liitoskuntien vaikutusmahdollisuudet kuntansa vesienhoitoon. Esimerkiksi Juankoskella sijaitseva Pappilanlahti edustaa kunnostustarpeessa olevaa Kuopion liitoskunnan vesistöä. Kuopion kaupunki on tehnyt yhteistyössä Ramboll Finland Oy:n kanssa esiselvityksen Pappilanlahden tilasta. Tämä suunnitelma päätettiin toteuttaa, kun Juankosken pitäjäraati esitti vuoden 2017 budjetoitua määrärahaa käytettäväksi Pappilanlahden kunnostukseen. Alueen asukkaat ovat jo pitkään toivoneet Pappilanlahden kunnostamista. Tehdyn suunnittelun esiselvitys painottui asukslähtöiseen kuulemiseen, joka toteutettiin yleisötilaisuutena Juankosken soittokunnan talon salissa tammikuussa 2018. Tällä tavoin Pappilanlahdella pystyttiin toteuttamaan sidosryhmien vaikutusvaltaa sekä liitoskunnan lähidemokratiaa.

Tämän kaltaisesta yleisötilaisuuden järjestämisestä on paljon hyötyä myös kunnostuksen suunnittelijalle. Paikallisilta voi löytyä paljon hiljaista tietoa vesistön historiasta ja maankäytöstä sekä kuvia, mitä ei ole julkisesti saatavilla. Alueen historian tietäminen auttaa rajaamaan sopimattomia kunnostusvaihtoehtoja pois ja välttymään virheiltä kunnostusvaiheessa. Kun paikalliset ovat saaneet vaikuttaa kunnostusprosessiin, he ovat siihen todennäköisemmin tyytyväisiä. Paikallisten tyytyväisyys kunnostustulokseen nostaa mm. alueen virkistysarvoa.

## 6.2 Ennaltaehkäisy

Vesialueiden tilan heikkenemisen ennaltaehkäisy on kustannustehokkainta vesienhoitoa. Kuormituksen väheneminen vähentää tulevaisuudessa myös vesien kunnostustarvetta. Etenkin herkkien vesistöjen valuma-alueilla maankäytön suunnittelu ja tarpeiden yhteensovittaminen ovat keskeistä ennaltaehkäisytoimintaa. Etenkin teollisuuslaitoksen sijaintia suunniteltaessa tulee selvittää toiminnasta aiheutuva kuormitus sekä sen vaikutuspiirissä olevien pintavesien tila ja niiden kuormitusherkkyydestä kyseiselle toiminnalle, koska teollisuudesta tulevat päästöt voivat muuttaa merkittävästi vesialueiden tilaa. Ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA) tulee kiinnittää huomiota myös vesistöihin kohdistuvien riskien ennaltaehkäisyyn. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2017, s. 53)

Riittävä valvonta ja ympäristölainsäädännön noudattaminen kuuluvat keskeisesti ennakoivaan vesien suojeleluun. Keskeistä on myös eri viranomaisten välinen yhteistyö valvonnan toteutuksessa ja tiedon vaihdossa. Ilmastonmuutoksesta johtuvaa kehitystä pitäisi pyrkiä seuraamaan tulevaisuudessa ja vesien hoidon toimintatavat tulisi pyrkiä muuttamaan kehityksen mukaisesti. Ilmastonmuutos lisää uhkaa vesien tilan heikkenemiselle. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2017, s. 55)

Kuopion kaupungilla vesien heikkenemistä on estetty esimerkiksi yleissuunnittelussa huomioituilla hulevesiohjelmilla, sedimentin hapettamisella ja kiintoainekuormituksen hallitsemisella. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi, miten vesialueen riskienhallintaa ja arvottamista voidaan hyödyntää ennaltaehkäisykeinona päätöksenteon tukena.

### 6.2.1 Riskienhallinta

Vesialueiden heikentymisen ennaltaehkäisyä voidaan toteuttaa esimerkiksi riskien kartoituksen ja hallinnan avulla. Riskienhallinnassa tulisi kartoittaa vesialueita uhkaavat riskit, riskien toteutumisen todennäköisyydet sekä seurauksen vakavuudet.

Keräsen ym. (Keränen;Tiihonen;& Molarius, 2000, s. 8) mukaan riskien todennäköisyys voidaan arvioida seuraavasti:

- Epätodennäköisenä ympäristövahinkona voidaan pitää tapausta, joka sattuu harvemmin kuin kerran 20 vuodessa
- Mahdollisena ympäristövahinkona voidaan pitää tapausta, joka sattuu kerran kymmenessä vuodessa.
- Todennäköinen ympäristövahinko tapahtuu vuosittain.

Riskien merkittävydessä arvioidaan seurauksien vakavuutta, jos riski pääsee toteutumaan. Esimerkiksi vesistöön kohdistuvissa riskeissä vähäinen riski aiheuttaa yleensä haittaa vain päästöalueen (teollisuuslaitoksen, yrityksen yms.) lähiympäristössä. Haitalliset riskit voivat aiheuttaa lievää haittaa vesistöissä, kuten esimerkiksi värin tai sameuden muutoksia ja valituksia alueen käyttäjiltä. Vakavat riskit voivat aiheuttaa vesistöissä esimerkiksi kalakuolemia ja voimakasta rehevöitymistä. Riskin merkittävyyteen vaikuttavat sekä mahdollisen vahingon todennäköisyys, että vahingosta aiheutuvat seuraukset. (Keränen;Tiihonen;& Molarius, 2000, s. 7) Taulukossa 11 on esitetty riskienkartoituksessa käytettävä taulukko, jolla riskejä voidaan arvioida.

TAULUKKO 11. Riskien merkittävyyden arviointi.

Tapahtuman todennäköisyys	Seuraukset Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Kun riskit on kartoitettu, niiden pohjalta voidaan tehdä riskienhallintasuunnitelma merkittävimpien riskien pienentämiseksi.

### 6.2.2 Arvottaminen

Useille palveluille, joita ihmiset hyödyntävät ympäristöstä, ei ole olemassa hintaa. Ympäristössä tapahtuvien muutosten taloudellinen arvottaminen perustuu ympäristöstä hyötyvien tai sen muutoksesta kärsivien arvostuksen muutoksiin. Esimerkiksi vesien rehevöitymisen vähentäminen tai järven kunnostaminen tuottavat ihmisille hyötyä, kun taas tontille noussut tulvavesi tai pohjaveden pilaantuminen puolestaan aiheuttavat haittoja. (Vesitalous, 2013, ss. 4 - 5)

Ympäristotaloudellisen arvottamisen tavoitteena on tuottaa aineistoa erilaisten hankkeiden rahallisista hyödyistä, jotka vaikuttavat ympäristön tilaan. Taloudelliseen arvottamiseen liittyvä tutkimus toteutetaan, kun halutaan saada tietoa ympäristössä tapahtuvan muutoksen rahallisesta arvosta ja tähän arvoon vaikuttavista tekijöistä. Lisäksi tutkimuksessa voidaan saada tietoa, kuinka paljon ympäristöhankkeesta saadaan hyötyä verrattuna siitä aiheutuviin kustannuksiin tai kuinka arvot jakautuvat kansalaisten kesken. Ympäristön tilan parantamisesta seuraavia hyötyjä mitataan usein taloudellisella kokonaisarviolla. Kokonaisarviolla saadaan mitattua rahana saatavaa kokonaishyötyä tietyistä muutoksesta, joka tapahtuu ympäristön tilassa. Taloudellinen kokonaisarvio ei ota huomioon luonnon itseisarvoa. Saatavaa arvoa mitataan maksuhalukkuudella ympäristön tilan muutoksesta. Maksuhalukkuus tarkoittaa rahasummaa, jonka kansalainen on maksimissaan valmis maksamaan esimerkiksi, jos jokin ympäristösuojelutoimi toteutetaan. Vesialueiden asukkaiden mielipiteet ja maksuhalukkuus tukevat vesien kunnostamista ja niiden entistä parempaa huomioimista rakentamisen, kaavoituksen ja viheralueiden suunnittelun yhteydessä. (Vesitalous, 2013, ss. 4 - 6, 16)

Maksuhalukkuuden lisäksi on tärkeä tietää millaisia ominaisuuksia ympäristöhyötyihin tai haittoihin liittyy kussakin ongelmassa. Tämän tiedon avulla osataan valita parhaiten kohteisiin soveltuva arvotusmenetelmä. Ympäristöhyödykkeen kokonaisarvon voidaan ajatella määräytyvän käyttöarvon, optioarvon ja olemassaoloarvon summasta. Peruserottelu tehdään luonnon käyttäjäarvon ja olemassaoloarvon perusteella. Käyttäjäarvo mittaa muun muassa virkistystä, kalastusta, marjastusta ja olemassaoloarvo mittaa muun muassa arvostusta, jonka ihmiset kokevat lajien säilymiselle ja valmiutta luopua jostakin kulutuksesta luonnon hyväksi. Optioarvo tarkoittaa arvoa, joka annetaan mahdollisuudelle käyttää ympäristöhyödykettä tulevaisuudessa. Yhdistämällä käyttäjä- ja olemassaoloarvot taloudellisen toiminnan tarkastelussa ympäristöhyötyjen ja haittojen kokonaisarvo määritetään:

*Kokonaisarvo = käyttäjäarvo + olemassaoloarvo* (Helsingin yliopisto, 2015); (Juutinen, 2012)

Taulukossa 12 on esitetty kaksi yleistä keinoa arvon määrittämiseksi: lausuttujen ja paljastettujen preferenssien menetelmät. Lausuttuihin preferenssi menetelmiin kuuluu ehdollinen arvottaminen ja valintakoemenetelmä, ja ne perustuvat kyselyiden tekoon. Esimerkiksi ehdollinen arvottaminen perustuu kyselyihin, joissa vastaajille kuvataan arvotettavan hyödykkeen nykytila, tapahtuva muutos, miten muutos toteutetaan ja ketkä osallistuvat sen toteuttamisen kustannuksiin. Tämän jälkeen vastaajia pyydetään kertomaan, kuinka paljon he olisivat halukkaita maksamaan esitetystä muutoksesta. (Vesitalous, 2013, s. 6)

Paljastettuihin preferenssi menetelmiin kuuluu hedoniset hinnat sekä matkakustannusmenetelmä, ja ne pohjautuvat toteutuneeseen markkinakäyttäytymiseen. Esimerkiksi hedonisten hintojen menetelmä perustuu ajatukseen, jossa ympäristöhyödykkeen arvo heijastuu sellaisen markkinoilla vaihdettavan hyödykkeen hinnassa, joka on jotenkin kosketuksissa ympäristöön, kuten vedenlaadun vaikutus kesämökkien hintaan. (Vesitalous, 2013, s. 8)

Tämän lisäksi joissain tapauksissa ympäristöhyödykkeen arvo voidaan määrittää myös aiempiin arvottamistutkimuksiin perustuvien menetelmien avulla, joihin perustuvat tulostensiirto ja meta-analyysi. Esimerkiksi tulostensiirrosta tietyssä kohteessa arvioitu ympäristöhyödykkeen arvo siirretään uuteen, aiemmin tutkimattomaan kohteeseen, joka on riittävän samankaltainen. (Vesitalous, 2013, s. 8)

TAULUKKO 12. Taloudelliset arvottamismenetelmät. (Vesitalous, 2013, s. 6)

Arvottamismenetelmä	Nimi englanniksi	Tiedonlähde
Lausuttujen preferenssien menetelmät	Stated preference methods	Kysely: kuvitteellinen markkinatilanne
Ehdollinen arvottaminen	Contingent valuation (CV)	
Valintakoemenetelmä	Choice experiment (CE)	
Paljastettujen preferenssien menetelmät	Revealed preference methods	Kysely tai muu aineisto: todellinen markkinatilanne
Hedoniset hinnat	Hedonic pricing (HP)	
Matkakustannusmenetelmä	Travel cost (TC)	
Aiempiin tutkimuksiin perustuvat menetelmät		Tilastollinen analyysi: kuvitteellinen tai todellinen markkinatilanne
Tulostensiirto	Benefit transfer (BT)	
Meta-analyysi	Meta-analysis (MA)	

Usein tyypillisille ympäristöhyödyille, kuten vedenlaadulle ja virkistyskalastusmahdollisuuksille ei ole määritetty arvoa, jolloin niiden merkitys voi jäädä taka-alalle päätöksenteossa, kun todellista arvoa ei tunneta. Arvottamisen avulla luonnon tarjoamat ekosysteemipalvelut voidaan nähdä vertailtavassa

muodossa. Vaikka ympäristön taloudellinen arvottaminen ei ole välttämätöntä päätösten tekemiselle, se edesauttaa sekä parempia päätöksiä että hankkeiden suunnittelua johdonmukaisemmin eri tavoitteiden mukaisiksi. (Vesitalous, 2013, s. 51)

Arvottamisesta olisi hyötyä Kuopiossa mm. jäteveden riskinhallinnassa. Kuopiossa on useita jätevesipumppaamoita lampien ja lahtien lähellä. Ylivuototilanteessa käsittelemätön jätevesi aiheuttaa merkittäviä fosfori-, typpi-, ja muiden orgaanisten aineiden päästöjä vesialueeseen. Jätevedestä johdettujen mikrobi- ja hajuhaittojen takia joudutaan joskus sulkemaan uimarantoja ja myös muu virkistyskäyttö, kuten kalastus ja ravustus voivat keskeytyä. Pumppaamoylivuodolla tarkoitetaan jäteveden purkautumista jätevedenpumppaamon tai pumppaamon etukaivon ylivuotorakenteesta – esimerkiksi suoraan maastoon tai vesistöön. Ylivuotorakenteita rakennetaan jätevedenpumppaamoille, jotta vältettäisiin jäteveden tulviminen häiriötilanteissa kiinteistöihin, pihuille ja kaduille. Ylivuoto johdetaan toisinaan hulevesiviemäristöön, jolloin sen vaikutukset kohdistuvat hulevesiviemärin purkuvesistöön. Sähkökatko on yleisin raportoitu syy pumppaamoylivuodoille. (Siintoharju, 2016, ss. 6, 38, 44, 58)

Jos esimerkiksi lampeen pääsee ylivuototilanteessa runsaasti jätevettä, lampea joudutaan mahdollisesti kunnostamaan hapettamalla vuosikymmeniä, jotta sen tila paranisi. Tällaisessa tilanteessa voitaisiin miettiä, olisiko järkevämpää suunnata määrärahoja ennaltaehkäisyyn kuten uuden jätevedenpumppaamon varavoimalan hankintaan, jotta välttyttäisiin vuosikymmenien hapetuskustannuksilta. Jäteveden ylivuototilanteeseen liittyy myös maineen ja arvostuksen aleneminen, jolla voi olla suuri merkitys organisaation yleisessä suhtautumisessa luontoarvoihin. Mikäli esimerkiksi kaupunki osoittaa välinpitämättömyyttä jätevesien riskinhallinnassa, minkä kuvan se antaa kuntalaisille ympäristön hoidostaan?

Vaikka veden heikentynyt tila saataisiin ehkä korjattua vuosikymmenien kunnostuksella, sen virkistys ja maisema-arvo alenisi pitkäksi aikaa. Esimerkiksi Kuopion arvokkaimmat kiinteistöt sijaitsevat usein juuri vesialueiden rannalla. Tällöin vesialueen arvon alentuminen voi johtaa myös kiinteistön arvon alenemiseen ja sitä kautta alueen vetovoimaisuus kärsii. Tutkimusten mukaan (Vesitalous, 2013, s. 26) vesialueen virkistysarvo riippuu oleellisesti vedenlaadusta. Virkistys- ja maisema-arvon menetys voitaisiin määrittää ainoastaan arvottamalla vesialueen nykytila ja sen arvo pilaantuneena. Tällä tavoin saadaan rahallinen arvo, paljonko riskin toteutuminen alentaisi vesiomaisuuden arvoa.

## 7 AIKAISEMMAT KUNNOSTUSMENETELMÄT JA NIIDEN TOIMIVUUDET

Vesien hyvän tilan saavuttamista pystytään edistämään kunnostusmenetelmien avulla. Ennen kunnostustoimenpiteiden valintaa tulee selvittää perustiedot vesialueen tilasta. Jokaiselle vesialueelle valitaan omat kunnostustoimenpiteet, koska vesialueiden ominaisuudet vaikuttavat kunnostustoimenpiteiden toimivuuteen. Ominaisuuksia ovat muun muassa valuma-alue, vesialueen lähtötilanne ja valittu kunnostusmenetelmä. Vesialueen hyvä tila saavutetaan usein monien kunnostusmenetelmien yhdistämisellä tai niiden peräkkäisellä toteutuksella. Pitkällä ajanjaksolla parhaan lopputuloksen tuottavat sellaiset toimenpiteet, joissa alennetaan ulkoista ja sisäistä kuormitusta. Yleisimpiä järvenkunnostustoimenpiteitä ovat hapetus, vesikasvien niitto, ravintoketjukurkunnostus, ruoppaus, kemikaalisaostus ja alusveden poisto. (Väisänen, 2005); (Olin, 2013, ss. 32, 52); (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2016)

Kuopiossa on ensimmäiset vesien kunnostustoimenpiteet tehty 1970-luvun lopussa. Tällä hetkellä Kuopiossa on käytetty kuutta eri kunnostusmenetelmää; hapetusta, tehokalastusta, fosforin kemiallista saostusta, ruoppausta, alusveden poistoa ja vesikasvien niittoa. Näistä yleisin vesien kunnostustapa on alusveden hapettaminen. Taulukossa 13 on esitetty Kuopiossa käytetyt vesien kunnostustoimenpiteet.

TAULUKKO 13. Kuopion kaupungin vesialueilla käytetyt vedenkunnostusmenetelmät.

Kunnostustoimenpide	Vesialue	Toiminnan käyttö-/aloitusvuosi
<b>Hapetus</b>	Iso-Valkeisen itäosa	2010
	Iso-Valkeisen länsiosa	2013
	Kivilampi	2006
	Leväsenlampi	1985
	Pölläkölahti	2008 - 2017
	Pitkälampi	1990
	Petosenlampi	2000
	Sammakkolampi	1985
	Valkeinen	1997
	<b>Tehokalastus</b>	Leväsenlampi
Petosenlampi		1999, 2000, 2004, 2006, 2010
Pölläkölahti		2008
Sammakkolampi		1991, 1996, 2000
<b>Fosforin kemiallinen saostus</b>	Sammakkolampi	2000, 2006
<b>Alusveden poisto</b>	Sammakkolampi	1977
<b>Vesikasvien poisto</b>	Neulalampi	2011 →
	Valkeinen	2005, 2017

#### *Hapetus*

Järven rehevöityessä lisääntyvä alusveden happikato saattaa kiihdyttää vesialueen pohjasedimentistä liukenevan fosforin määrää. Hapettamisella voidaan parantaa alusveden happitilannetta, joka hil-

litsee vesialueen sisäistä kuormitusta. Yleisimpiä Suomessa käytettyjä hapetusmenetelmiä ovat hapen vienti veteen ilman- tai paineilmakuplituksen avulla sekä hapellisen päällysveden johtaminen happiköyhään alusveteen. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2016)

Kuopiossa hapetetaan kahdeksaa eri vesialuetta. Hapetuksella ennaltaehkäistään lammen sisäistä kuormitusta. Hapetusta on käytetty kunnostustoimena järvissä, jotka ovat kärsineet virkistyskäyttöä haittaavista rehevyysongelmista.

Kunnostettavissa lammissa on käytössä neljä erityyppistä hapetinlaite. Näistä laitteista yleisin on Visiox-laite, joka on käytössä Valkeisella, Leväsenlammella ja Petosenlammella. Visiox-laitteen muunnelma Aqua Turboa käytetään Sammakkolammella. Iso-Valkeisen länsiosassa ja Pölläkänlahdella on Waterix-tyyppinen hapetinlaite ja Pitkälammella Waterix-micro tyyppinen hapetinlaite. Iso-Valkeisen itäosaa hapetetaan Mixox-laitteella. Näiden kaikkien hapettimien toiminta eroaa hieman toisistaan. (Väänänen, 2013, s. 17)



KUVA 16. Petosenlammessa käynnissä oleva hapetin. (Tuomainen, 2017)

### *Tehokalastus*

Tehokalastuksen tavoitteena on pienentää ylikasvanutta särkikalakantaa. Rehevän järven särkikalajen määrän vähentämisen avulla voidaan saada fosforin sisäinen kuormitus kuriin, leväkukinnot vähäisemmäksi ja järven näkösyvyys paremmaksi. Tehokalastuksen saalistavoitteiden määrä riippuu veden fosforipitoisuudesta. Määrä on noin 50 – 150 kg/ha/v. Tehokalastuksenmenetelmän valintaan vaikuttavat järven ominaisuudet, petokalat, kohdelajit sekä niiden ikäjakauma. Kunnostuksen jälkeen järven kalastoa ja vedenlaatua tulee seurata säännöllisin väliajoin. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2016)

Petosenlammella on toteutettu tehokalastus viitenä eri vuotena. Vuoden 2004 tehokalastus tehtiin kahdella nuotanvedolla. Saalista kalastuksesta tuli 1400 kg (66 kg/ha), josta 90 % oli särkeä. Vuoden 2016 koekalastuksen tuloksista päätellen Petosenlammen kalojen kokojakauma oli selvästi parantunut. Myös kalojen pituusjakauma oli siirtynyt suurempien kalojen suuntaan. (Tuomainen;Asikainen;& Lempinen, 2016)

Pölläkänlahden tehokalastuksen saatiin vuonna 2008 noin 2700 kg saalista (73 kg/ha), josta noin 80 % oli lahnaa, noin 20 % särkeä ja loput saaliista oli ahventa, kiiskeä ja salakkaa. Lahna on särjen lisäksi suuri sisäisen kuormituksen aiheuttaja. Leväsenlammessa vuonna 2009 tehdyssä tehokalastuksessa saalista saatiin 950kg (38 kg/ha), josta 60 % oli särkeä. Kalojen keskikoko oli suhteellisen pientä, mutta joukosta löytyi myös jonkun verran kookkaampia yksilöitä. (Kinnunen, 2008) Tehokalastuksen vaikutukset ovat näkyneet myös Sammakkolammessa.

### *Vesikasvien poisto*

Vesikasvien vähentäminen on käytetyimpiä vesistöjen kunnostustapoja. Vesikasvien niiton tavoitteena on usein parantaa järven virkistys- ja maisema-arvoja, kun liiallinen vesikasvillisuus tai rannan liettyminen aiheuttavat haittoja vesistön käytölle. Vesikasveja poistamalla voidaan edesauttaa järvelä liikkumista, kalastusta ja uimista. Yleensä paras tapa niiton suorittamiseksi on poistaa vesikasvillisuutta laikuittain. Kaikkea vesikasvillisuutta ei saa kuitenkaan poistaa sen ekologisen merkityksen vuoksi. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2016)

Kuopiossa vesikasvien poistoa on käytetty kunnostusmenetelmänä Valkeisella useampana vuotena 2000-luvun puolesta välistä lähtien. Vesikasveja on poistettu myös Neulalammesta lähes vuosittain vuodesta 2011 lähtien. Neulalammessa vesikasvien poisto on toteutettu talkootyönä.



KUVA 17. Vesikasvien niittoa Valkeisella (Tuomainen, 2017)

### *Fosforin kemiallinen saostaminen*

Järven sisäistä kuormitusta voidaan vähentää fosforin saostamisella kemiallisilla yhdisteillä. Fosforin saostus sopii vesialueille, joissa tiedetään järven rehevyyden syynä olevan fosforin vapautuminen pohjasedimentistä alumiinin tai raudan vähäisen määrän vuoksi. Fosforin saostus on aina luvanvaraista toimintaa. Järvelle sopivien yhdisteiden valintaan ja kemiakaalimäärien laskentaan edellytetään aina erityisasiantuntemusta. Saostuskemikaalina on ennen käytetty rautasulfaattia, jonka jälkeen käytössä yleistyi alumiinisulfaatti. Nykyisin ollaan enenevässä määrin siirtymässä alumiinikloridin käyttöön. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2016)

Sammakkolammessa fosforin kemiallista saostusta on käytetty kesällä 2000 ja 2006. Ensimmäisen kemikaloinnin tulokset jäivät kuitenkin vähäisiksi. Huonoon lopputulokseen vaikuttivat liian pieni kemikaaliannostus sekä talvella lammessa ollut happikato. Kesällä 2006 toistetun kemikaloinnin välittömät vaikutukset kemikaalin lisäyksen jälkeen olivat erinomaiset. (Kuopion kaupunki, 2007) Nykyisin Sammakkolammen tila on huomattavasti parempi kuin 2000-luvun alussa. Tilan kohoamiseen ovat vaikuttaneet kemikaloinnin lisäksi lammen hapettaminen ja tehokalastus. Sammakkolammessa on kokeiltu myös huonokuntoisen alusveden poisjohtamista, mutta sen merkitys veden tilaan oli varsin vähäinen.

### *Muut menetelmät*

Näiden toimenpiteiden lisäksi Kuopiossa on tehty ruoppauksia vuosina 2003 – 2007 Kolmisoppi-Kivilampi -lampiketjun kunnostuksen yhteydessä. Tehtyjen ruoppausten tavoitteet olivat kuitenkin enemmänkin maisemakuvallisia ja esteettisiä, eikä niillä ollut veden laatuun olennaista vaikutusta. (Kuopion kaupunki, 2007) Myös Pölläkanlahtea ja Valkeisen pohjois-osaa on ruopattu maisemallisissa tarkoituksissa. Muita tehtyjä toimenpiteitä ovat mm. Tervonlammen länsipäähän rakennettu kosteikko ja Kolmisopelle tehty hulevesien ohjaus lammen ohi vuonna 2004. (Kuopion kaupunki, 2014)

Taulukossa 14 on tarkasteltu käytettyjen kunnostusmenetelmien toimivuutta. Taulukossa on arvioitu, kuinka vesialueiden kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja happipitoisuudet ovat parantuneet kunnostuksen ansiosta. Kun typpi- ja fosforipitoisuudet ovat parantuneet, niiden määrä on vähentynyt kohteessa ja kun happipitoisuudet ovat parantuneet, sen määrä on lisääntynyt vedessä. Taulukossa on käsitelty pintaveden (0 – 4 m) talviaikaisia tuloksia.

TAULUKKO 14. Kunnostusmenetelmien vaikutukset vesialueiden tilaan.

Vesialue	Kunnostusmenetelmä(t)	Typpi ja fosfori	Happi
Iso-Valkeinen itä	Hapetus	0	+
Iso-Valkeinen länsi	Hapetus	-	+
Kivilampi	Hapetus	+	0
Leväsenlampi	Hapetus, tehokalastus	+	0
Petosenlampi	Hapetus, tehokalastus	+	+
Pitkälampi	Hapetus	-	0
Pölläkänlahti	Hapetus, tehokalastus, ruoppaus	+	+
Sammakkolampi	Hapetus, tehokalastus, fosforin kemiallinen saostaminen, alusveden poisjohtaminen	+	+
Valkeinen	Hapetus, vesikasvien poisto	0	0
+ = tila parantunut			
- = tila heikentynyt			
0 = tila pysynyt samana			

Taulukosta 14 voidaan päätellä, että Kuopiossa käytetyt kunnostusmenetelmät ovat parantaneet usean vesialueen tilaa. Ainoastaan Pitkälammen ja Iso-Valkeisen länsiosan tila on heikentynyt, mutta ravinnetasojen heikkeneminen on ollut hyvin pientä. Pitkälammen tila on luokiteltu hyväksi ja Iso-Valkeisen erinomaiseksi. Hapetuksen ansiosta veden happipitoisuutta on pystytty parantamaan tai vähintään ylläpitämään sitä. Esimerkiksi Valkeisen happipitoisuus ei ole muuttunut hapetuksen myötä. Tämä johtuu siitä, että Valkeiseen hapetuksesta tuleva happipitoinen vesi ei pääse leviämään ympäri lampeen pohjan hankalan muodon vuoksi.

## 8 PÖLLÄKÄNLAHTI

Pölläkänlahti toimii tässä opinnäytetyössä mallikohteena uuden suunnitelman järvisivujen toteuttamista varten. Lampikorteista haluttiin luopua, joten uuden suunnitelman ”järvisivut” tulevat olemaan enemmän vuoden 2007 kaltaiset. Pölläkänlahti valittiin mallikohteeksi, koska mallikohteeksi haluttiin lahti ja Pölläkänlahdesta löytyi runsaammin tietoa, kuin muista lahtialueista.

### 8.1 Perustiedot

Pölläkänlahti sijaitsee eteläisessä Kuopiossa, Saaristokaupungin asuinalueella. Lahden vedet virtaavat kohti Kallavettä, johon se on yhteydessä kapean salmen välityksellä. Lahden valuma-alue on kooltaan 3,52 km<sup>2</sup>. Lahden valuma-alue koostuu suurimmaksi osaksi rakennetuista rivitalo- ja omakotitaloista sekä metsästä. Lahden valuma-alueella sijaitsee myös neljä jätevedenpumppaamaa. (Kuopion kaupunki, 2014)

TAULUKKO 15. Pölläkänlahden yleistiedot.

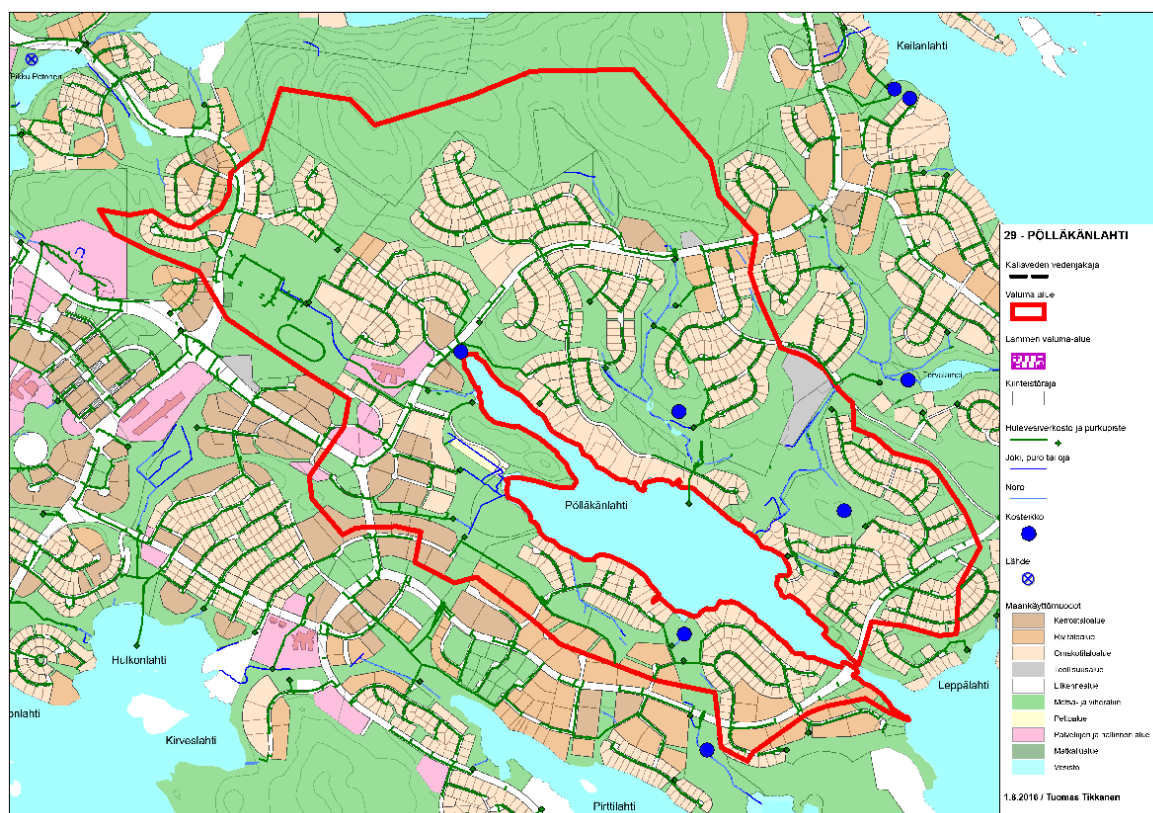
Yleistiedot		
Pinta-ala	37,2	ha
Valuma-alue	3,52	km <sup>2</sup>
Keskisyvyys	2,3	m
Suurin syvyys	10	m
Virtaama	0,035	m <sup>3</sup> /s
Tilavuus	874000	m <sup>3</sup>
Viipymä	0,79	vuotta

Pölläkänlahden virkistyskäyttö rajoittuu suurimmaksi osaksi yksityisten rantatonttien käyttöön. Pölläkänlahtea käytetään veneilyyn, se on suoraan yhteydessä salmen kautta Kallaveteen. Moni rantatontista on varustettu laiturilla ja veneellä. Pölläkänlahden länsipuolella sijaitsee viljelypalsta ja metsä-alue. Pölläkänlahden maankäyttö on esitetty tarkemmin taulukossa 16 ja kuvassa 18.

TAULUKKO 16. Pölläkänlahden maankäyttö.

Pölläkänlahti	Maankäyttö muoto ha	%-osuus
Kerrostaloalue	11,1	3 %
Omakotitaloalue	111,2	32 %
Rivitaloalue	14,7	4 %
Teollisuus	3,4	1 %
Liikenne	33,1	9 %
Metsä	107,5	31 %
Pelto	1,0	0,3 %
Palvelut ja hallinto	1,2	0,3 %
Viheralue	63,6	18 %
Vesistöt	1,7	0,5 %
Julkiset rakennukset	3,7	1 %
<b>Yhteensä</b>	<b>352,2</b>	<b>100%</b>

Pölläkänlahden ympärillä sijaitsee neljä kosteikkoa: Pölläkänpohjukan-, Puronotkon-, Hallakorven- ja Korpikosteikko. Lahden ympärillä olevat kosteikot on esitetty kuvassa 18 sinisillä pisteillä. Kosteikot on rakennettu lahden ympärille vuonna 2005.

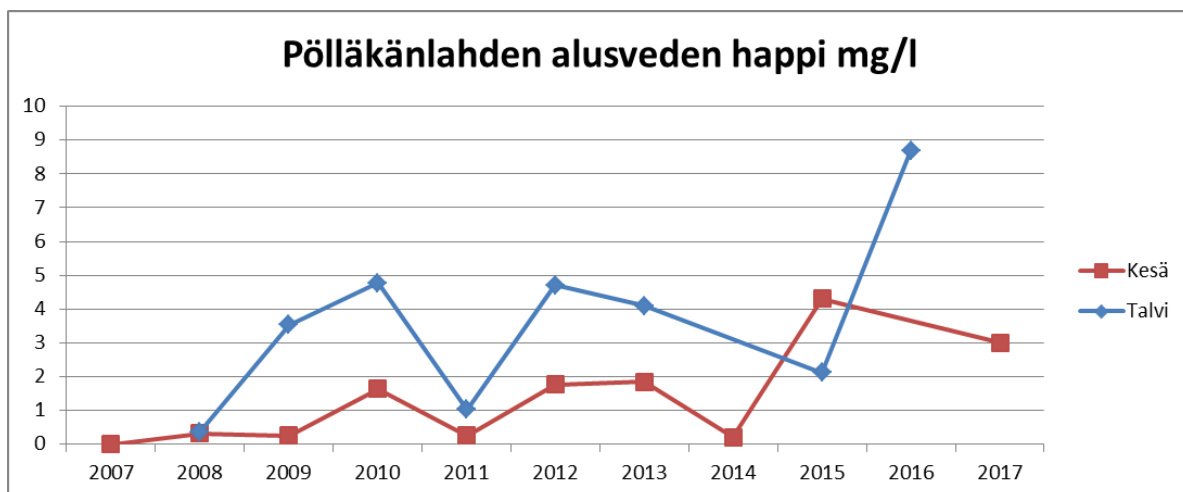


KUVA 18. Pölläkänlahti, sen valuma-alue ja maankäyttö. (Tikkanen, 2016)

## 8.2 Nykytila ja kuormitus

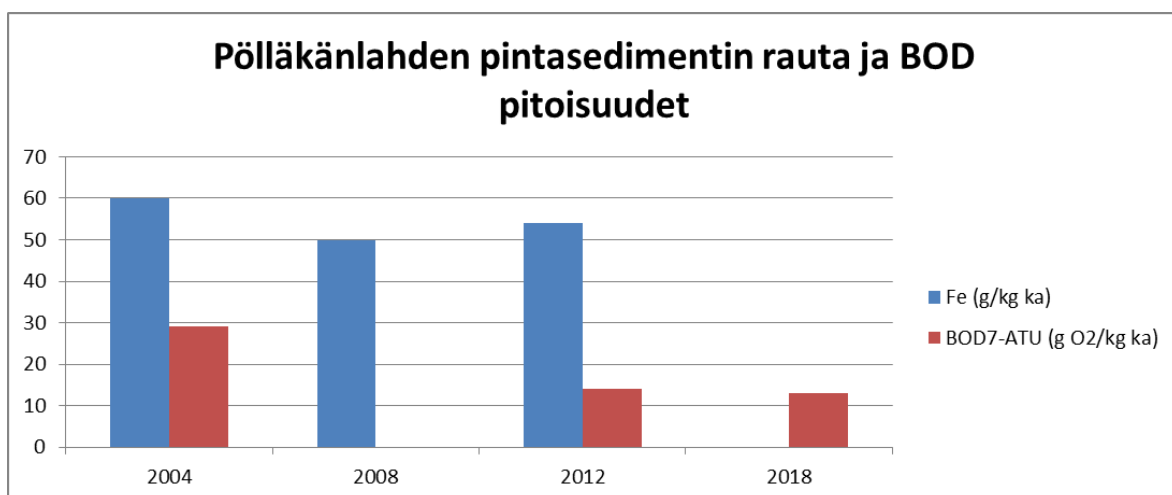
Aikaisempien tutkimusten perusteella Pölläkänlahden rehevöityminen on alkanut jo 1970-luvulla, mutta sen tilaa on alettu seuraamaan tarkemmin vasta vuonna 2006 kosteikkojen tarkkailun yhteydessä. Pölläkänlahden tila on kuormittunut voimakkaasti 2000-luvun rakennuskauden aikana, joka johti sen tilan heikkenemiseen. Rakentamisen jälkeen lahden tila oli sen verran heikossa kunnossa, että kunnostus oli välttämätöntä. Ulkoisen kuormituksen lisäksi lahtea on vaivannut pohjan hapettomuus, sisäinen kuormitus sekä voimakkaat leväkukinnot. (Vesi-Eko Oy, 2008)

Aikaisemmin Pölläkänlahden alusvesi on ollut kesäisin hapetonta, jonka vuoksi sisäinen kuormitus on heikentänyt lahden tilaa. Pölläkänlahti on kärsinyt etenkin kesäaikaisesta pohjan hapettomuudesta, mutta talviaikaan tilanne on parempi (KUVA 19). Pintaveden (1m) happipitoisuudet ovat vaihdelleet vuodesta 2007 lähtien 6 – 10 mg/l, nykyisin ollen vajaa 10 mg/l.



KUVA 19. Pölläkänlahden happipitoisuus alusvedessä (9m) maaliskuussa ja heinäkuussa 2007 – 2017

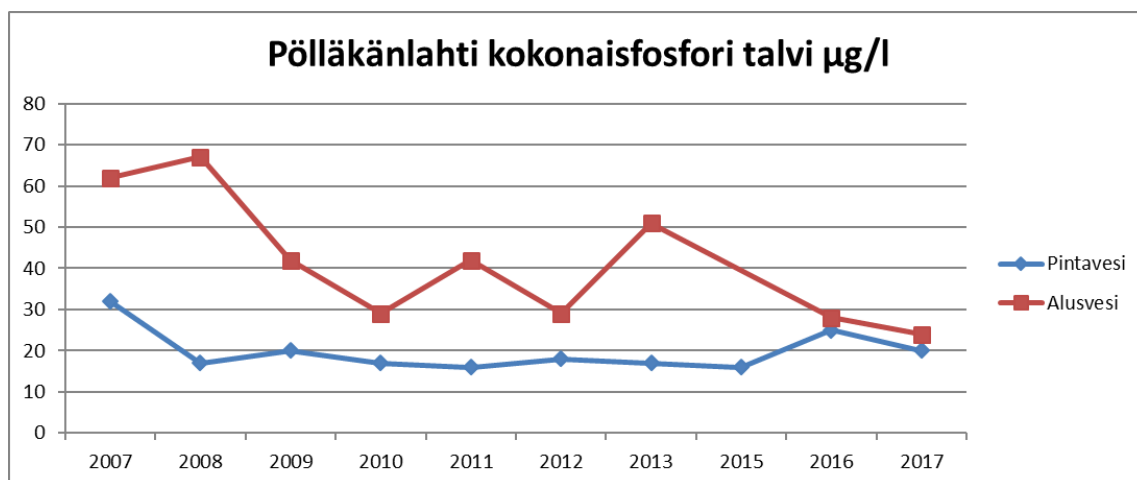
Luontaisen ja karun sedimentin hapenkulutuksena (BOD7) pidetään 1 – 8 g/O<sub>2</sub>/kg ja sitä ylempää tasoa rehevöityneenä. (Vesi-Eko Oy, 2008) Pölläkänlahti on sedimenttitulosten perusteella rehevä. Sedimentistä saatu BOD7-arvo on laskenut puolella vuodesta 2004 vuoteen 2018 mennessä (KUVA 20) ja alittaa nykyisin kriittisen sisäisen raja-arvon (20 g/O<sub>2</sub>/kg). Lahden pintasedimentin kokonaisfosforipitoisuudet ovat olleet vuonna 2004 2,7 g/kg/ka ja vuonna 2012 1,6 g/kg/ka. Pintasedimentin (0-2cm) typpipitoisuudet ovat nousseet vuodesta 2012 vuoteen 2018 mennessä 5,6 g/kg/ka → 8,6 g/kg/ka. Vuoden 2018 sedimentin fosfori- ja rautamääritykset ovat vielä kesken.



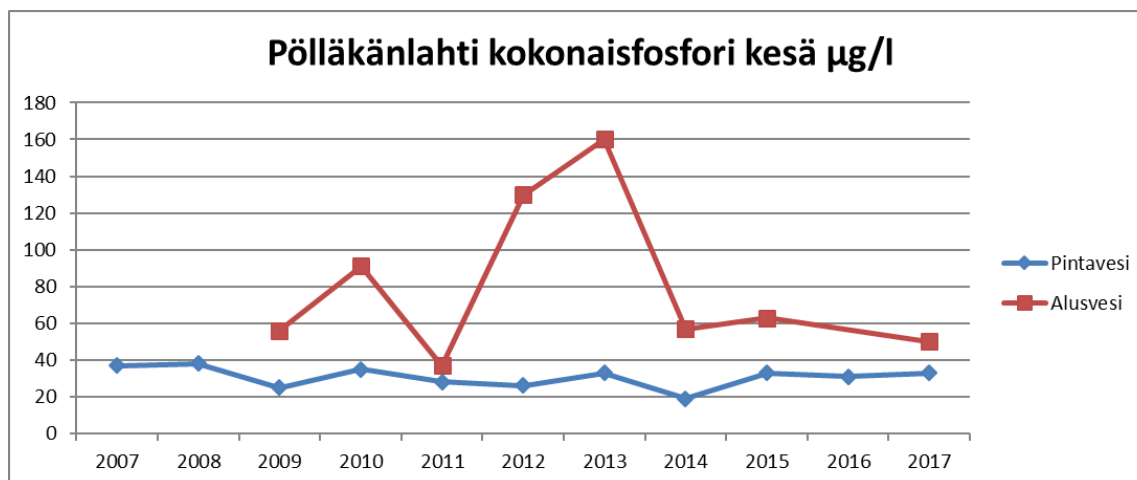
KUVA 20. Pölläkänlahden pintasedimentin (0-2cm) rauta ja BOD pitoisuudet.

Korkea Fe/P-suhde (yli 8,5) tarkoittaa, että sedimentissä on tarpeeksi vapaata, pidätyskykyistä rautaa sitomaan fosforia, jos pohjanläheisen veden olosuhteet ovat hapelliset. (Vesi-Eko Oy, 2008) Pölläkänlahdella raudan ja fosforin suhde on hyvin korkea (Fe/P 43 vuonna 2012), jonka vuoksi sillä on hyvät mahdollisuudet sitoa fosforia pohjasedimenttiin. Pölläkänlahdessa on kuitenkin esiintynyt useampana vuotena pohjan hapettomuutta, joka aiheuttaa päinvastaisen reaktion eli rautaan sitoutuneen fosforin vapautumisen sedimentistä takaisin veteen. Tästä voidaan päätellä, että Pölläkänlahden tilaa voidaan parantaa hyvin toteutetulla hapettamisella.

Pölläkänlahden vedenlaatu on nykyisen luokituksen mukaan hyvä. Aikaisemmin olleet korkeat talvi-aikaiset typpi- ja fosforipitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti vuosien aikana (KUVA 21 ja KUVA 23), mutta kesän aikaiset fosforipitoisuudet ovat vielä korkeat (KUVA 22).

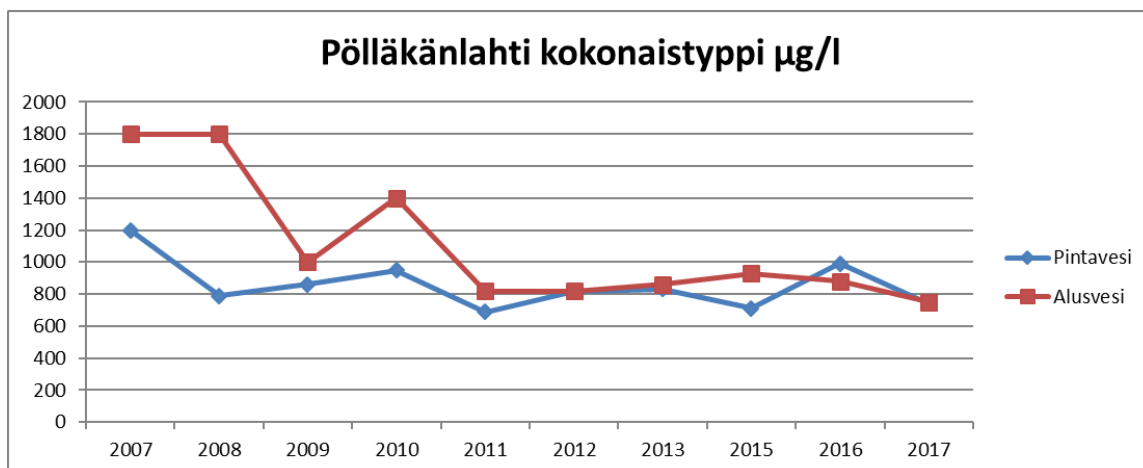


KUVA 21. Pölläkänlahden kokonaisfosfori pintavedessä (1m) ja alusvedessä (8-10m) maaliskuussa 2007 – 2017.



KUVA 22. Pölläkänlahden kokonaisfosfori pintavedessä (1m) ja alusvedessä (8-10m) heinäkuussa 2007 – 2017.

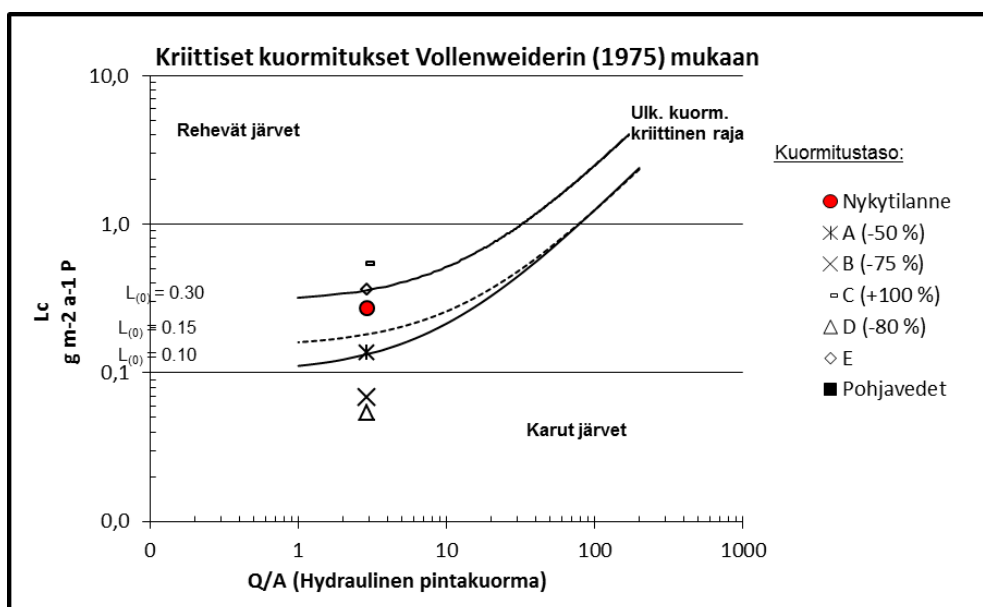
Kuva 22 antaa viitettä myös siihen, että fosforin sisäinen kuormitus on ollut korkealla vuosina 2012 – 2013, mutta laskenut vuonna 2014 aiempaa vastaavalle tasolle.



KUVA 23. Pölläkänlahden kokonaistyyppi pintavedessä (1m) ja alusvedessä (8-10m) maaliskuussa 2007 – 2017

Pölläkänlahteen kohdistuvan kuormituksen määrä laskettiin sen valuma-alueen maankäytön ominaiskuormituksen mukaan. Tulosten mukaan Pölläkänlahteen tulee hulevesistä fosforia n. 103 kiloa vuodessa ja kiintoainetta n. 52 812 kiloa vuodessa. Suurimmat hulevesien kuormitusmäärät tulevat omakotitalo- ja viheralueelta. Tulosten mukaan Pölläkänlahteen kohdistuva hulevesikuormitus neliökilometriä kohden on fosforin ja kiintoaineen osalta matala, mutta typen osalta kohtalainen. Matalan tason hulevesiä ei ole tarpeellista puhdistaa. Pölläkänlahden nykyiset typpipitoisuudet ovat tyydyttävällä tasolla, mutta ne ovat laskeneet huomattavasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Kokonaisravinne tulosten perusteella Pölläkänlahti on fosforirajoitteinen.

Vollenweiderin mukaan Pölläkänlahden herkkyys ulkoiselle kuormitukselle asettuu ylemmän ja alemman kuormitusrajan välille (KUVA 24). Tästä voidaan päätellä, että Pölläkänlahti kestää jonkin verran ulkoista kuormitusta.



KUVA 24. Pölläkänlahden kriittiset kuormitukset Vollenweiderin mukaan. (Kuopion kaupunki, 2016)

Pölläkänlahden nykyiset kuormitustasot ovat ominaisuuskuormituslaskujen mukaan matalat, tyypeä lukuun ottamatta, ja Vollenweiderin mukaan lahti kestää myös jonkin verran ulkoista kuormitusta. Tästä voidaan päätellä, että rakentamisen päättymisen jälkeen Pölläkänlahteen kohdistuva ulkoinen kuormitus ollaan saatu tarpeeksi matalaksi. Lahden tilaa kuormittaa nykyisin sisäinen kuormitus silloin, kun pohjan happipitoisuudet ovat päässeet liian alhaiselle tasolle.

### 8.3 Hoito- ja kunnostustoimenpiteet

Pölläkänlahtea on hapetettu Waterix -laitteella vuodesta 2008 lähtien. Lahden ympärille on myös rakennettu useita kosteikkoja, jotka auttavat hulevesien pidättämisessä. Lahteen laskeviin ojiin on lisäksi tehty patoja, jotka hidastavat lahteen tulevaa vedenjuoksua. Pölläkänlahtea on myös ruopattu Pölläkänsalmen sillan rakentamisen yhteydessä. Hapetuksen ja muiden toimenpiteiden avulla lahden talvinen happitilanne on parantunut ja sisäinen kuormitus on vähentynyt. Hapetuksen aloittamisen jälkeen sinileväkukinnot ovat kadonneet. Lahden hapetus lopetettiin vuonna 2017.

Pölläkänlahden tila on parantunut huomattavasti aiemmin tehtyjen kunnostusten ansiosta, eikä sen tilaa tarvitse nykytilanteessa enää parantaa kunnostuksilla, jos sisäinen kuormitus saadaan pysymään kurissa. Pölläkänlahden tilan seuranta suositellaan jatkettavan, jotta mahdolliset tilan muutokset huomataan ajoissa. Jos uusista tuloksista huomataan alusveden hapen laskeneen liian alhaiselle tasolle ja fosforipitoisuuksien nousseen, lahden sisäinen kuormitus on todennäköisesti käynnistynyt uudelleen. Sedimenttitulosten mukaan Pölläkänlahdella on kuitenkin hyvät mahdollisuudet pitää fosforia sedimenttiin hapellisissa olosuhteissa. Hapettamisen jatkamista suositellaan, jos pohjan happipitoisuus ei pysy hyvällä tasolla.

## 9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä esiselvitys uutta Kuopion kaupungin vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelmaa 2019 – 2023 varten. Kuopion kaupungille on tehty aikaisemmin kolme hoito- ja kunnostusohjelmaa. Uuden suunnitelman nykytarpeissa nousi esille suunnitelman laajentaminen lahtialueisiin ja liitoskuntien vesialueisiin, riskienhallinnan parantaminen sekä päätöksentekoa tukeva seuranta.

Teoriaosuudessa määriteltiin Kuopion kaupungin hyödyntämät vesistön seurantatyökalut, ravinteiden ja kaupunkien vaikutukset vesistöihin sekä ominaiskuormituslukujen ja Vollenweiderin hyödyntäminen uudessa ohjelmassa. Työssä saatiin myös määriteltyä uudet lähtökohdat kunnostuksen priorisointiin, joka sisälsi myös liitoskuntien vesialueiden huomioimisen.

Hulevesien fosforikuormitus luokitellaan kolmiportaisesti: matala, kohtuullinen ja korkea. Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsevien lampien fosforikuormitus on noin 40% kohtuullista kaikista tapauksista. Etenkin ydinkeskustan ja sen lähiasuinalueilla oleva fosforikuormitus on suurempaa kuin luonnontilaisilla alueilla (KUVA 3), joka kuormittaa esimerkiksi Valkeista, Maljalahtea, Savilahtea, Mustinlampea, Maljalampea ja Sammakkolampea. Kohtuullisen ulkoisen kuormituksen määrää tulee tarkkailla herkillä vesialueilla, jossa se voi aiheuttaa niiden tilan heikkenemistä. Näitä lampia Kuopiossa ovat muun muassa Mustinlampi, Kivilampi, Litmanen ja Maljalampi sekä lahtia Maljalahti, Siikalahti, Kettulanlahti, Savilampi ja Savilahti.

Tässä opinnäytetyössä määriteltiin ensimmäistä kertaa Kuopion hoito- ja kunnostusohjelmassa oleville vesialueille ympäristöhallinnon ohjeiden mukainen laatuokittelu. Määrittelyssä hyödynnettiin Kuopion kaupungin vesinäytteiden tuloksista koostuvaa tietokantaa. Kuopion vesialueiden vedenlaatu oli 60 % kohteissa erinomaista tai hyvää. Tyydyttävää vedenlaatua löytyi 26 % kohteista ja huonoa vedenlaatua 2 kohteesta. Heikoimmassa kunnossa olivat pienet matalat lammet. Kuopion lahdista melkein kaikkien kohteiden vedenlaatu oli hyvää, poikkeuksena Savilahti ja Hiltulanlahti, joiden vedenlaatu oli kohtalaista. Vedenlaadun määrittelyn tuloksena saatu kartta (KUVA 9) oli esillä Kuopion vesiviikolla 19. – 23.3.2018 Apajassa sijaitsevassa Kohtaamossa, jossa paikalliset pystyivät tarkistamaan asuinalueensa lammen tai lahden tilan. Tätä karttaa voidaan myös hyödyntää päätöksenteon tukena esimerkiksi arvioitaessa tulevia kunnostuskohteita.

Vesien tila oli parantunut suurimmassa osassa lammista ja lahdista, joita seurataan. Etenkin suurta positiivista tilamuutosta oli tapahtunut Kivilammessa, Pölläkänlahdessa, Sammakkolammessa ja Petosenlammessa. Kaikkia näitä lampia on kunnostettu yhdellä tai useammalla menetelmällä, joka on vaikuttanut niiden tilan kohoamiseen. Tästä voidaan päätellä, että pienvesille tehdyt hoito- ja kunnostustoimenpiteet ovat onnistuneet. Tilan heikkenemistä oli tapahtunut eteenkin Rahusenlammessa, Savilahdessa ja hyvin matalassa Litmasessa. Vesien nykytilan ja muutoksen tarkastelu painottui tässä esiselvityksessä pääosin veden ravinnepitoisuuksien tarkasteluun, mutta uudessa ohjelmassa voidaan tarkastella niiden lisäksi myös vesialueen biologisia ominaisuuksia kuten kalastoa.

Ennaltaehkäisy menetelmissä mainituilla riskienhallinnan ja arvottamisen yhdistämisellä voitaisiin tukea vesienhoitoon kohdistuvaa päätöksentekoa. Arvottamisen avulla voitaisiin määrittää vesiomaisuuden nykyarvo ja sen arvo pilaantuneena. Tällä tavoin saadaan rahallinen arvo, paljonko riskin toteutuminen alentaisi vesiomaisuuden arvoa. Jos määrärahoja suunnataan ennaltaehkäisyyn, joka on paljon halvempaa kuin vesistön kunnostus, voidaan välttyä esimerkiksi vuosikymmenien hapettamiselta ja kaupungin maineriskiltä.

Pölläkanlahden esimerkissä hyödynnettiin esiselvityksessä mainittuja työkaluja. Pölläkanlahden tilaa on pystytty parantamaan aikaisempien kunnostusmenetelmien avulla. Jos sen sisäinen kuormitus pystytään pitämään kurissa, uusia kunnostustoimenpiteitä ei tarvita. Pölläkanlahden esimerkkiä hyödynnetään varsinaisen suunnitelman järvisivujen toteuttamisessa.

Esiselvityksessä kerättyjen lähtötietojen, työkalujen, uusien toimintatapojen ja saatujen tulosten pohjalta toteutetaan uusi vesialueiden hoito- ja kunnostusohjelma. Saatuja tietoja ja tuloksia käytetään uudessa ohjelmassa, jonka perusteella tehdään tarkempia johtopäätöksiä tukemaan lampien ja lahtien hyvän tilan säilyttämistä. Tämä esiselvitys antoi myös uusia toimintatapoja tukemaan ohjelman toteuttamista. Uusien toimintatapojen pohjalta toteutetaan uuden ohjelman vesialueiden priorisointi, jonka perusteella päätetään, mitä vesialueita Kuopion kaupungissa tullaan tulevaisuudessa hoitamaan ja kunnostamaan.

## LÄHDELUETTELO

- Airola, J.;Nurmi, P.;& Pellikka, K. (2014). *Huleveden laatu Helsingissä*. Haettu 6. 2 2018 osoitteesta <http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-12-14.pdf>
- Anttila, S. (2015). *Opinnäytetyö - Oulun vesistöjen kunnostusohjelma, priorisointimallin kehittäminen*. Haettu 30. 1 2018 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88814/Anttila\\_Susanna.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88814/Anttila_Susanna.pdf?sequence=1)
- Aroviita, J.;Hellsten, S.;Jyväsjärvi, J.;Järvenpää, L.;Järvinen, M.;Karjalainen, S. M.; . . Riihimäki, J. (2012). *Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitettyt arviointiperusteet ja niiden soveltaminen - YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA 7 | 2012*. Haettu 23. 1 2018 osoitteesta Suomen ympäristökeskus: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41788/OH\\_7\\_2012.pdf?sequence=6](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41788/OH_7_2012.pdf?sequence=6)
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2017). *Vaikuta vesiin - Vesienhoidon keskeiset kysymykset ja työohjelma Vuoksen vesienhoitoalueella 2022-2027*. Haettu 21. 1 2018 osoitteesta [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/147825/Raportteja\\_72\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/147825/Raportteja_72_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hakola, J. (2012). *Luonnonmukainen hulevesien hallinta, viherympäristö lehti 1/2012*. Haettu 8. 1 2018 osoitteesta [http://data.viherymparisto.fi/files/resourcesmodule/@random4f9681d9578d9/1335263738\\_Hakola\\_Hulevesi.pdf](http://data.viherymparisto.fi/files/resourcesmodule/@random4f9681d9578d9/1335263738_Hakola_Hulevesi.pdf)
- Helsingin yliopisto. (2015). *YLE1 Ympäristötaloustieteen johdantokurssi sl 2015, Ympäristönarvottaminen*. Haettu 5. 2 2018 osoitteesta [http://www.helsinki.fi/taloustiede/opiskelu/yle/YE1\\_10/YE1\\_15-luku4.pdf](http://www.helsinki.fi/taloustiede/opiskelu/yle/YE1_10/YE1_15-luku4.pdf)
- Juutinen, A. (2012). *Ympäristöhyödykkeille voidaan määrittää hinta*. Haettu 5. 2 2018 osoitteesta <http://www.metla.fi/uutiskirje/hyv/2012-03/uutinen-4.html>
- Kanninen, A. (2018). Jokien ja järvien ekologinen tila. ELY-keskus, sähköposti.
- Karvonen, T. (2007). *Matalajärven kuormitus selvitys*. Haettu 8. 3 2018 osoitteesta <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B3A0CA91F-0BEA-475E-8923-14C31D447C46%7D/36816>
- Keränen, J.;Tiihonen, J.;& Molarius, R. (2000). *Ympäristöriskien hallinta*. Haettu 12. 3 2018 osoitteesta <https://www.pk-rh.fi/uploads/ymparistoriskit/ymparistoriskien-hallinta-kirjanen.pdf>
- Keski-Suomen ELY keskus. (2017). Haettu 19. 2 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien\\_tilan\\_seuranta\\_\\_KeskiSuomi\(40632\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tilan_seuranta__KeskiSuomi(40632))
- Kinnunen, K. (2008). *Pölläkänlahden hoitokalastukset vuonna 2008, Leväsenlammen tehokalastukset vuonna 2009*.
- Kuopion kaupunki. (2007). *Kuopion pienvesien hoito- ja kunnostusohjelma 2007-2012*. Kuopio.
- Kuopion kaupunki. (2014). *Pienvesien hoito- ja kunnostusohjelma 2014-2018*. Haettu 22. 2 2018 osoitteesta <https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7476108/Pienvesien+hoito-+ja+kunnostusohjelma+2014+-+2018.pdf/3a6e3ea2-f3ca-4134-a7ac-e007c132a02f>
- Kuopion kaupunki. (2016). *Vollenwaider tulokset lammille ja lahdille, Kuopion kaupungin tietokanta*. Kuopio.
- Kuopion kaupunki. (2017). *Kaupungin vesialuiden hoito, muistio*.
- Kuopion kaupunki. (2017). *Pintavedet*. Haettu 19. 3 2018 osoitteesta <https://www.kuopio.fi/vedet>
- Kuopion kaupunki. (2017). *Taavi paikkatietopalvelu*. Haettu 7. 3 2018 osoitteesta <http://taavi.kuopio.fi/>
- Kuusisto, P. (2002). *Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa*. Haettu 15. 1 2018 osoitteesta [http://www.helsinki.fi/maantiede/labrat/Julkaisuja\\_B48.pdf](http://www.helsinki.fi/maantiede/labrat/Julkaisuja_B48.pdf)
- Lahti, E. (2009). *Pohjois-Savon kalavedet ennen ja nyt - havaintoja kalavesien, kalakantojen ja kalastuksen muutoksista*. Työ- ja elinkeinokeskus.
- Lehtinen, A.;Sammalkorpi, I.;Harjula, H.;& Ulvi, T. (helmikuu 2002). *Vesistöjen kunnostuksen tilanne ja ongelmat*. Haettu 8. 1 2018 osoitteesta [https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/6\\_2002.pdf](https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/6_2002.pdf)

- Luonnontila.fi. (2014). *SV1 Fosforikuormitus*. Haettu 9. 1 2018 osoitteesta  
<https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv1-fosforikuormitus>
- Luonnontila.fi. (2014). *SV2 Typpikuormitus*. Haettu 9. 1 2018 osoitteesta  
<https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv2-sisavesien-typpikuormitus>
- Maanmittauslaitos. (2018). *Paikkatietoikkuna*. Haettu 16. 4 2018 osoitteesta <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi>
- Marttunen, M.; Mustajoki, J.; Verta, O.-M.; & Hämäläinen, R. (2008). *Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa. SUOMEN YMPÄRISTÖ 11 / 2008*. Haettu 29. 1 2018 osoitteesta  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38341/SY11\\_2008\\_Monitavoitearviointi.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38341/SY11_2008_Monitavoitearviointi.pdf?sequence=1)
- Möttönen, J. (2015). *Loppukesä on kalastoselvitysten aikaa*. Haettu 13. 4 2018 osoitteesta  
<https://www.proagria.fi/blogit/lansi-bloggaa/2015/09/04/loppukesä-on-kalastoselvitysten-aikaa>
- Ojanperä, S. (2012). *Lähidemokratian käsite on avainkysymys, yle uutiset*. Haettu 12. 3 2018 osoitteesta  
<https://yle.fi/uutiset/3-6268725>
- Oksman, H. (1969). *Keski-Kallaveden kalatalous ennen Savon Sellu Oy:n toiminnan alkamista*. Kuopio.
- Olin, S. (2013). *Vesien kunnostusstrategia. Ympäristöministeriön raportteja 9 / 2013*. Haettu 29. 1 2018 osoitteesta  
[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41398/YMra9\\_2013\\_Vesien\\_kunnostusstrategia\\_FINAL.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41398/YMra9_2013_Vesien_kunnostusstrategia_FINAL.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Pilke, A. (2012). *Ohje pintaveden tyypin määrittämiseksi*. Haettu 18. 1 2018 osoitteesta Suomen ympäristökeskus:  
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BBBC21AAD-A08F-464A-8F8C-DC25C834B550%7D/77725>
- Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2016). *Ehdotus Pohjois-Savon vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuosille 2016-2021*. Haettu 22. 2 2018 osoitteesta  
[https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework/framework\\_directive/implementation\\_documents\\_1/2012-2014%20WFD%20public%20information%20and%20consultation%20documents/FI/FIVHA1%20Vuoksi/PPOSELY\\_TPO2\\_kuulemisversio.pdf](https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/framework/framework_directive/implementation_documents_1/2012-2014%20WFD%20public%20information%20and%20consultation%20documents/FI/FIVHA1%20Vuoksi/POSELY_TPO2_kuulemisversio.pdf)
- Rissanen, P. (2006). *Kuopion kaupunkialueen aiheuttama hulevesikuormitus kallaveteen ja kuormituksen alentamistarve*.
- Rotko, P.; & Laitinen, L. (2004). *Viestintä ja vuorovaikutus vesistöjen käytössä ja hoidossa*. Haettu 25. 1 2018 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40685/SY\\_674.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40685/SY_674.pdf?sequence=1)
- Ruuhijärvi, J. (2008). *Vesipuidedirektiivi - yhteistyötä ja maatalouden ympäristötukea kalatutkimukseen*. Haettu 6. 2 2018 osoitteesta <http://docplayer.fi/42496222-Vesipuidedirektiivi-yhteistyota-ja-maatalouden-ymparistotukea-kalatutkimukseen-jukka-ruuhijarvi-rktl-n-tutkimusseminaari-helsinki.html>
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. (2015). *Kuopion kaupungin lampien sedimenttitutkimukset*.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. (2017). *Kallaveden yhteistarkkailun vuosiyhteenveto 2016*. Haettu 12. 4 2018
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. (ei pvm). *Sedimentti- ja sedimentaatiotutkimukset*. Haettu 27. 2 2018 osoitteesta <https://ymparistotutkimus.fi/sedimentti-ja-sedimentaatio/>
- Siintoharju, P. (2016). *Jätevedenpumppaamoiden ylivuotojen ja jätevedenpuhdistamoiden ohitusten ympäristöriskit ja hallinta Pirkanmaalla*. Haettu 6. 2 2018 osoitteesta  
[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120139/Raportteja\\_11\\_2016.pdf](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120139/Raportteja_11_2016.pdf)
- Suomen Vesiensuojeluyhdistyksen Liitto Ry. (ei pvm). *Laboratorio*. Haettu 27. 2 2018 osoitteesta  
<https://vesiensuojelu.fi/palvelut/yhdistysten-palvelut/laboratoriopalvelut/>
- Suomen ympäristökeskus. (2012). *Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2010*. Haettu 12. 4 2018 osoitteesta  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39681/SYKEra\\_21\\_2012.pdf?sequence](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39681/SYKEra_21_2012.pdf?sequence)

- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2008). *Kenttätutkimusopas, Ympäristöopas – Vesistötietoa näyttöteonantajille*. Haettu 27. 2 2018 osoitteesta <http://www.syke.fi/download/noname/%7B270D1970-F26F-4FED-A2A5-9B003E1005E4%7D/29617>
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2013). *Järvien vedenlaadun vertailu*. Haettu 9. 1 2018 osoitteesta <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B642BB7A7-42F9-4A67-85BA-D0FF1CC7DBCA%7D/57406>
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2016). *Järven hapetus*. Haettu 26. 1 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Hapetus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Hapetus)
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2016). *Järven ravintoketjukunnostus*. Haettu 26. 1 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ravintoketjukunnostus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ravintoketjukunnostus)
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2016). *Ravinteita saostavat kemialliset käsittelyt*. Haettu 26. 1 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ravinteita\\_saostavat\\_kemialliset\\_kasittelyt](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ravinteita_saostavat_kemialliset_kasittelyt)
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2016). *Vesien tila*. Haettu 30. 1 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Vesien\\_tila](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesien_tila)
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2016). *Vesikasvien niitto*. Haettu 26. 1 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Vesikasvien\\_niitto](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Vesikasvien_niitto)
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2016). *Vesistöjen kunnostusmenetelmät*. Haettu 26. 1 2018 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat)
- Tarkkala, J. (2002). *Helsingin yleiskaava 2002, vaikutusten arviointi, vaikutukset pintavesiin ja maaperään*. Haettu 10. 1 2018 osoitteesta <https://www.hel.fi/static/ksv/www/yk2002/Vaikutukset%20pintavesiin%20ja%20maapern%20Arvio8.pdf>
- Tikkanen, T. (2016). *Kuopion keskeisen kaupunkialueen huleveden hallinnan tarpeet (Case Savilahti)*. Haettu 23. 3 2018 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/115573/Tikkanen\\_Tuomas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/115573/Tikkanen_Tuomas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tuomainen, M.;Asikainen, P.;& Lempinen, A. (2016). *Koekalastusraportti Petosenlampi*. Kuopion kaupungin koekalastustyöryhmä, Kuopio.
- Turun ammattikorkeakoulu. (2017). *Koekalastus*. Haettu 23. 1 2018 osoitteesta Turku amk - Turku University of applied sciences: <https://www.turkuamk.fi/fi/tyoelamapalvelut/palvelut/koekalastus/>
- Vaittinen, M. (2016). *Ruohosaaren maankäytön vaikutukset Pien-Saimaaseen*. Haettu 23. 3 2018 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105409/Vaittinen\\_Miitta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105409/Vaittinen_Miitta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vakkilainen, P.;Kotola, J.;& Nurminen, J. (2005). *Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta*. Haettu 8. 3 2018 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40647/SY\\_776.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40647/SY_776.pdf?sequence=1)
- Vantaanjoen ja Helsinginseudun vesiensuojeluyhdistys ry. (2004). *Veden laatu - veden fysikaalis-kemiallinen tila*. Haettu 9. 1 2018 osoitteesta [www.vhvsy.fi: http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/2113/Veden\\_laatu.pdf](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/2113/Veden_laatu.pdf)
- Vapo. (2012). *Sedimentit järven historian arkistona*. Haettu 27. 2 2018 osoitteesta <https://www.vapo.com/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistonsuojelu/jarvien-sedimentit>
- Vesi-Eko Oy. (2008). *Kuopion Pölläkänlahden sedimenttikartoitus*.
- Vesitalous. (2013). *Vesitalous 1/2013, taloudellinen arvottaminen*. (T. Maasilta, Toim.) Haettu 5. 2 2018 osoitteesta [https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/04/Vesitalous\\_01\\_2013.pdf](https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/04/Vesitalous_01_2013.pdf)

- Vuori, K.-M.; Mitikka, S.; & Vuoristo, H. (2009). *Pintavesien ekologisen tilan luokittelu - YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA 3 / 2009*. Haettu 30. 1 2018 osoitteesta  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41785/OH\\_3\\_2009.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41785/OH_3_2009.pdf?sequence=1)
- Väisänen, T. (2005). *Rehevän järven kunnostusmenetelmän valinta*. Haettu 26. 1 2018 osoitteesta  
[http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134857/REHKU\\_kokonaan.pdf?sequence=2](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134857/REHKU_kokonaan.pdf?sequence=2)
- Väänänen, T. (2013). *Hapetuslaitteet Kuopion kaupungin pienvesien kunnostusprojekteissa*. Haettu 28. 2 2018 osoitteesta  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59085/Vaananen\\_Teemu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59085/Vaananen_Teemu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ympäristö.fi. (ei pvm). *Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet*. Haettu 9. 1 2018 osoitteesta  
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEBCF5FA%7D/91995>