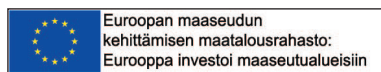




Uudenkaupungin makeavesialtaan ja Sirppujoen vedenlaadun riski- tekijät sekä toimenpidesuosituksset riskien minimoimiseksi

UUDENKAUPUNGIN MAKEAVESIALTAAN JA SIRPPUJOEN VEDENLAADUN RISKITEKIJÄT SEKÄ TOIMENPIDESUOSITUKSET RISKIEN MINIMOIMISEKSI

Milla Popova, Pekka Alho, Terhi Ajosenpää, Arto Huhta



Turun ammattikorkeakoulun raportteja 247

Turun ammattikorkeakoulu
Turku 2018

ISBN 978-952-216-683-8 (pdf)
ISSN 1459-7764 (elektroninen)

Jakelu: <http://loki.turkuamk.fi>



Sisältö

1	JOHDANTO	5
1.1	Selvityksen sisältö & UKI MVA-hanke.....	5
1.2	Makeavesiallas, Sirppujoki ja valuma-alue.....	5
1.2.1	Perustietoa makeavesialtaasta	5
1.2.2	Sirppujoen hydrologia ja altaan viipymä.....	7
1.2.3	Sirppujoen tulvaongelma.....	9
1.2.4	Maankäyttö valuma-alueella.....	11
2	VEDENLAADUN RISKITEKIJÄT	14
2.1	Valuma-alueen happamat sulfaattimaat.....	14
2.1.1	Yleistä happamista sulfaattimaista sekä alueella tehdyt tutkimukset	14
2.1.2	Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat riskit.....	22
2.1.3	Tutkimukset pH:n osalta.....	22
2.1.4	Tutkimukset metallien osalta.....	27
2.2	Sirppujoen valuma-alueen ravinnekuormituksen vaikutus.....	35
2.2.1	Valuma-alueen ravinnekuormitus.....	35
2.2.2	Sirppujoen ja makeavesialtaan typpi- ja fosforipitoisuudet	38
2.2.3	Sirppujoen ja makeavesialtaan tarkkailututkimukset 2017	41
2.2.4	Altaan menovirtaaman aiheuttama kuormitus merialueelle ..	41
2.3	Sirppujoen perkaukset ja niiden aiheuttamat riskit.....	43
2.4	Vesiliikenteen ongelmat makeavesialtaalla	44
2.4.1	Selvitystyö turvallisuuden parantamiseksi	46

3	RISKITEKIJÄT TULEVAISUUDESSA	47
	3.1 Yllättävästä onnettomuudesta johtuva vaarallisten aineiden päästö	47
	3.1.1 Vaarallisten aineiden päästöriskit alueella ja päästöjen vaikutukset	47
	3.1.2 Päästöriskit merialueella.....	48
	3.1.3 Päästöriskit makeavesialtaalla.....	49
	3.1.4 Päästöriskit makeavesialtaan valuma-alueella.....	50
	3.2 Riskit alueen luonnonympäristölle.....	57
	3.2.1 Happamoitumisen aiheuttamat riskit.....	57
	3.2.2 Luonnon aiheuttamat riskit makeavesialtaalle	58
	3.2.3 Merimetso	58
	3.3 Ilmastonmuutos.....	60
	3.3.1 Meriveden pääsy altaaseen	63
	3.4 Altaan vedentason säännöstely.....	63
4	TOIMENPIDESUOSITUKSET RISKIEN MINIMOIMISEKSI.....	65
	4.1 Happamuuden torjunta	65
	4.2 Ravinnekuormituksen vähentäminen.....	69
	4.3 Vesiliikenteen turvallisuuden parantaminen	70
	4.3.1 Retkikartta	70
	4.4 Vaarallisten aineiden päästöihin varautuminen	70
	4.5 Veden pinnan nousuun varautuminen.....	72
	4.6 Sään ääri-ilmiöt.....	72
	LÄHTEET	74
	LIITTEET.....	80

1 Johdanto

1.1 Selvityksen sisältö & UKI MVA-hanke

Tässä selvityksessä tarkastellaan Uudenkaupungin makeavesialtaan ja siihen laskevan Sirppujoen vedenlaadun tärkeimpiä riskitekijöitä ja esitetään toimenpidesuosituksia riskien minimoimiseksi. Riskiselvityksen tarkoituksena on myös tarjota taustatietoa Uudenkaupungin Vedelle, mm. uuden varautumissuunnitelman tekemiseen.

Riskiselvitys on tehty osana Turun ammattikorkeakoulun koordinoimaa, vuonna 2016 käynnistynyttä ”Uudenkaupungin makeavesialtaan käyttö- ja hoitosuunnitelma” -hanketta, jonka tavoitteena on makeavesialtaan vedenlaadun sekä luonto- ja virkistyskäyttöarvojen turvaaminen, riskikartoitukset, riskeihin varautuminen sekä mm. olemassa olevien seuranta-aineistojen koostaminen. Hankkeen lopputuotoksena laaditaan alueelle oma käyttö- ja hoitosuunnitelma. Hanketta toteutetaan yhteistyössä Uudenkaupungin kaupungin, Uudenkaupungin Veden, ProAgria Länsi-Suomi ry:n sekä Yara Suomi Oy:n Uudenkaupungin tehtaan kanssa. Hanketta ovat Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelman 2014–2020 lisäksi rahoittaneet Maaseudun kehittämiskeskus Ravakka ry, Uudenkaupungin Vesi, Yara Suomi Oy Uudenkaupungin tehtaat, ProAgria Länsi-Suomi ry ja Turun ammattikorkeakoulu Oy.

1.2 Makeavesiallas, Sirppujoki ja valuma-alue

1.2.1 Perustietoa makeavesialtaasta

”Uudenkaupungin makeavesialtaan käyttö- ja hoitosuunnitelma” -hankkeen pääasiallisena suunnittelualueena on vuonna 1965 merestä patoamalla eristetty, Velho- ja Ruotsinveden vesialueista muodostuva Uudenkaupungin makeavesiallas (n. 37 km²), joka toimii raakavesilähteenä noin 25 000 ihmiselle Uudessakaupungissa, Vehmaalla, Taivassalossa ja Kustavissa (kuva 1). Uudenkaupungin makeavesiallas on Suomen toiseksi suurin merenlahdesta padottu vesialue ja se on tärkeä raakavesikohde, sillä Uudenkaupungin Veden pintavesilaitos

pumppaa vuosittain n. 3,1 milj. m³ raakavettä niin talousveden valmistukseen (n. 30 %) kuin erilaisen teollisuuden tarpeisiin (n. 70 %) (Uudenkaupungin Vesi 2017). Raakaveden otto kohta on altaan eteläpäässä ja vedenotto syvyys on noin 7 m. Suuren talousvesikäytön lisäksi allas on tärkeä käyttöveden lähde useille paikallisille yrityksille, joista suurimmat ovat lannoitetehtas Yara Suomi Oy, Vihannes-Laitila Oy, Valmet Automobile Oy sekä Nordic Soya Oy.



Kuva 1.
Uudenkaupungin makeavesiallas. Karttapohja © MML 2016.

1.2.2 Sirppujoen hydrologia ja altaan viipymä

Uudenkaupungin makeavesialtaan valuma-alueeseen sisältyy altaaseen laskeva Sirppujoki (n. 26 km) ja sen sivuomat, kuten Maurumaansalmenoja, Malvoonjoki, Ketunjoki, Härinänjoki ja Lukkionjoki. Sirppujoen valuma-alueeseen (n. 430 km²) kuuluu noin 90 % makeavesialtaan valuma-alueesta (taulukko 2). Näin ollen Sirppujoen valumavesien laadulla on suuri merkitys myös makeavesialtaan vedenlaadulliseen tilaan. Vuoden 2013 ekologisen luokittelun mukaan Sirppujoki on ekologiselta tilaltaan tyydyttävä. Luokitus on tehty veden ravinnepitoisuuksien, happamuuden, päälyslievien ja koskipohjaeläinten perusteella. Kemialliselta tilaltaan Sirppujoki on luokiteltu hyväksi (taulukko 1). (Kipinä-Salokannel 2016.)

Taulukko 1.

Eurajoen-Lapinjoen-Sirppujoen toimenpideohjelma-alueen jokien tilan luokittelu v. 2013. Luokka: E=erinomainen, H=hyvä, T=tyydyttävä, V=välttävä, Hu=huono. (Kipinä-Salokannel 2016)

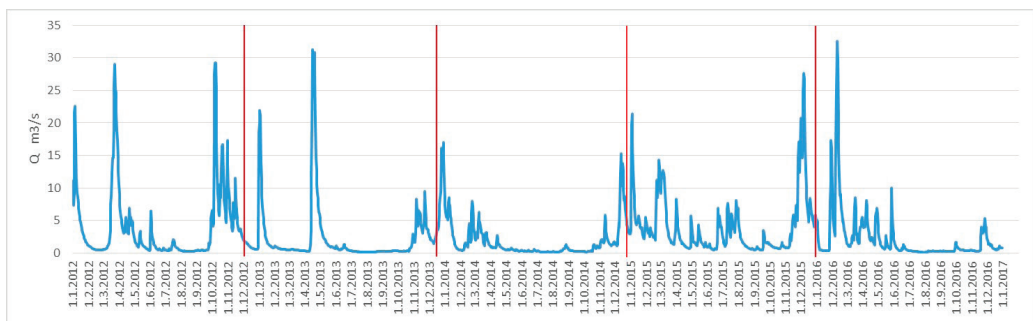
Vesimuodostuma	Ekologinen tila				Kemiallisen tilan luokka
	Biologinen luokittelu	Fysikaalis-kemiallinen luokittelu	Hydrologis-morfologinen luokittelu	Ekologisen tilan luokka	
Sirppujoki	T	V	V	T	H

Taulukko 2.

Tilastotietoa altaasta. (Uudenkaupungin Vesi 2017 & Vänskä 2012)

Tilastotietoa makeavesialtaasta	
Pinta-ala	n. 40 km ²
Vesitilavuus	n. 165 000 000 m ³
Keskisyvyys	n. 4,4 m
Suurin syvyys	n. 24 m
Valuma-alue	n. 500 km ²
Sirppujoen valuma-alue	n. 430 km ²
Vedenotto/pvä	n. 8000 m ³
Vedenottolupa/pvä	65 000 m ³

Sirppujoen virtaamaa on mitattu ELY-keskuksen toimesta ainakin vuodesta 1970 lähtien. Virtaama vaihtelee melko paljon eri vuosina ja erityisesti eri vuodenaikoina. Mittaushistorian aikana suurin virtaamahuippu 50 m³/s mitattiin huhtikuussa 1994 ja yli 40 m³/s virtaamia on mitattu ainakin 1990-luvun loppupuolella ja viimeksi joulukuussa 2016. (Hertta-ympäristötietopalvelu, SYKE.) Pääsääntöisesti viime vuosien virtaama on ollut pienimmillään kuivakaudella eli kesä-elokuussa ja suurimmillaan syysadevaluntojen aikana myöhäissyksyllä sekä sulamisvesien ja kevättulvien aikana keväällä (kuva 2). Sama vuodenaikavaihtelu on havaittavissa myös Sirppujoen Puttakosken mittauspisteen mittaustuloksista vuosilta 2006–2010 (kuva 3). Vaikka Sirppujoen virtaama vaihtelee runsaasti, sen keskivirtaamaksi on arvioitu noin 3 m³/s molemmin puolin (Turkki 2016a; Vänskä 2012).



Kuva 2.

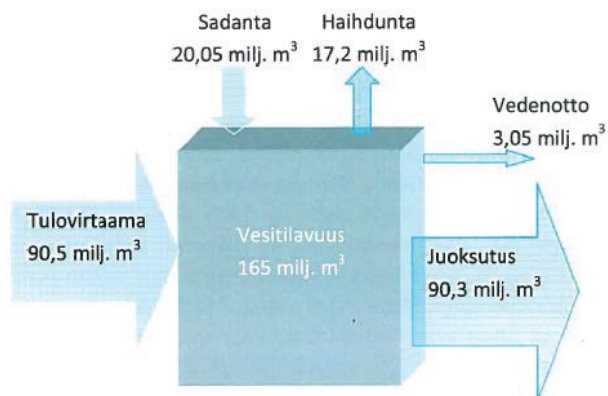
Sirppujoen keskialueen Puttakosken virtaama vuosina 2012–2016. (Hertta-ympäristötietojärjestelmä, SYKE)

VIRTAAMA – m ³ /s – DISCHARGE		Virtaaman kuukausikeskiarvot												Virtaaman keski- ja ääriarvot				
Ast. nro Nimi Gauge No. Name	Vuosi/Jakso Year/Period	Mean monthly discharge												Mean and extreme discharge				
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MQ	HQ	MHQ	MNQ	NQ
28. AURAJOKI																		
300 Hypöistenkoski	2006	1,45	0,16	0,12	12,5	2,40	0,76	0,15	0,16	0,28	5,02	9,53	9,05	3,47	48,0			0,10
	2007	6,29	0,24	5,51	1,98	0,69	0,73	0,26	0,47	0,37	0,75	4,33	9,38	2,61	40,0			0,10
	2008	7,99	5,71	4,06	4,51	0,45	0,58	0,43	2,02	2,24	6,89	9,24	6,76	4,23	40,0			0,10
	2009	0,60	0,25	0,28	6,02	0,85	0,65	0,15	0,10	0,11	0,66	2,76	0,91	1,10	30,0			0,10
	2010	0,15	0,15	0,28	14,8	1,56	0,70	0,11	0,10	0,81	0,53	2,98	0,19	1,85	38,0			0,10
	1961-90	2,12	2,00	2,45	11,9	4,39	0,88	1,21	1,31	1,90	4,08	5,97	3,12	3,44	135	55,8	0,12	0,00
	1991-10*	3,52	2,17	3,61	9,01	2,14	0,99	0,95	1,06	1,20	2,83	4,86	4,25	3,02	61,0	40,9	0,12	0,10
32. SIRPPUJOKI																		
400 Puttakoski	2006	1,52	0,41	0,21	14,1	2,63	0,86	0,16	0,06	0,17	5,50	12,8	13,1	4,29	40,0			0,05
	2007	7,46	0,65	6,09	2,43	0,84	0,39	0,25	0,85	1,34	2,27	9,61	9,14	3,47	29,0			0,08
	2008	12,5	8,91	5,75	3,75	0,68	0,39	0,18	0,97	2,02	7,79	10,1	9,68	5,22	33,0			0,08
	2009	1,83	0,41	0,27	5,44	1,26	0,82	0,59	0,52	0,34	1,79	2,61	1,65	1,46	13,0			0,15
	2010	0,25	0,13	0,41	18,8	2,81	1,31	0,43	0,15	1,74	1,77	6,11	0,68	2,87	45,0			0,07
	1991-10*	4,11	2,94	3,85	7,53	1,91	0,70	0,65	0,88	1,22	2,61	5,02	5,01	3,06	50,0	30,5	0,08	0,00

Kuva 3.

Sirppujoen keskialueen Puttakosken mittauspisteen virtaamakeskiarvot kuukausittain vuosilta 2006–2010. (Korhonen & Haavanlammi 2012)

Makeavesialtaan tulovirtaama sekä Sirppujoen keskivirtaama vaihtelevat vuosittain ja sen seurauksena myös teoreettinen viipymä vaihtelee vuosittain paljon. Esimerkiksi vuonna 1965 makeavesialtaan rakentamissuunnitelmassa altaaseen tulevan veden määräksi arvioitiin 120 milj.m³ vuodessa, jolloin teoreettiseksi viipymäksi saatiin 16–17 kuukautta. Vuonna 2010 Sirppujoen virtaamat olivat melko pieniä ja tulovirtaamaksi arvioitiin 90,5 milj.m³ (kuva 4) (Vänskä 2012).



Kuva 4.
Makeavesialtaan vesitase vuonna 2010. (Vänskä 2012)

Vuoden 2015 ”Uudenkaupungin merialueen kuormitus ja tila” -vuosiraportin mukaan makeavesialtaan tulovirtaama oli vuonna 2015 167,1 milj.m³. Vuoden 2015 tulovirtaama on yli kaksinkertainen vuoden 2014 tulovirtaamaan verrattuna (Turkki 2016a). Vastaavasti vuoden 2016 tulovirtaama oli vain 88,3 milj.m³. Näiden virtaamatietojen perusteella voidaan makeavesialtaan viipymäksi arvioida noin 360–682 päivää eli noin 12–22 kuukautta.

1.2.3 Sirppujoen tulvaongelma

Sirppujoki on erittäin tulvaherkkää aluetta. Erityisesti tulva-aikana Sirppujoen valuma-alueelta huuhtoutuu happamia sulfaattivesiä, ravinteita, metalliyhdisteitä ja kiintoainesta, heikentäen sekä makeavesialtaan että Sirppujoen vedenlaatua. Vedenlaatuongelmien lisäksi tulvat aiheuttavat ongelmia erityisesti Sirppujoen alajuoksun varrella sijaitseville rantapelloille, jotka ovat matalan maankorkeutensa takia erittäin tulvaherkkiä alueita. Tulvat lisäävät huuhtoumien lisäksi peltojen vettymistä ja sitä kautta tiivistymistä sekä voivat pienentää satoa, sillä tiivistynyt peltomaa ei kykene pidättämään ravinteita pellolla, jolloin riskit ravinteiden huuhtoutumiselle kasvavat. Toisaalta makeavesiallas toimii puskurina meriveden korkeuden vaihteluille.

Vaihtelevat ja äärimmäistyneet sää- ja vesistöolosuhteet sekä niistä johtuvat lisääntyvät tulovirtaamat ja vähäinen järvisyys vesistöalueella aiheuttavat tulva- ja vettymisvahinkoja niin makeavesialtaan alavilla rannoilla kuin Sirppujoen ja muiden altaaseen laskevien uomien rannoilla. Lisäksi Sirppujoen virtaukseen ja erityisesti tulvaherkkyyteen vaikuttavat mm. maan muokkaustoimenpiteet kuten järvien kuivatus, hyötyalueiden raivaus, tehokas ojitus sekä rantapeltojen painuminen. Myös valuma-alueen pieni suomaiden osuus vaikuttaa siihen, että valumavesi pidättyy valuma-alueella huonosti. (Vänskä 2012; Aluehallintovirasto 2017.) Lisäksi 1990-luvulla Sirppujoen valuma-alueelle rakennetut 17 pohjapatoa mahdollistavat vedenpinnan pitämisen korkealla vesiuomassa sekä vähentävät kiintoainetta ja ravinteiden kulkeutumista vesistöihin (V-S ELY-keskus 2013).

Kevättulvien aikana Sirppujoen veden seassa saattaa ajautua yläjuoksulta lumisia jäälauttoja, jotka saattavat aiheuttaa hyydepatoja ja tukkimisriskejä esimerkiksi Sirppujoen Kalannin Halikonsillan aukkoihin. Jäiden liikkeellelähtöön on hyvä varautua ajoissa esimerkiksi varmistamalla raskaan kaluston kuten pitkäpuomikoneiden saatavuus mahdollisten tukkeumien rikkomiseksi.

Makeavesialtaan vedenkorkeudella saattaa olla padottava vaikutus Sirppujoen virtaaman purkautumiseen pienten maankorkeuserojen takia erityisesti kevät- ja syystulvien aikana. Myös Sirppujoen suiston merkittävä mataloituminen joen tuoman kiintoaineksen seurauksena johtaa uoman mataloitumiseen. Sirppujoen tulvaongelmaa on yritetty helpottaa jokiuoman perkaamisilla. Sirppujoen perkaushistoriaa käsitellään tarkemmin edempänä maankäyttö-kappaleen yhteydessä. (Vänskä 2012.) Lisäksi ylivirtaamia on yritetty tasoittaa rakentamalla Männäistenkosken sulkuluukullinen pato (kuva 5).



Sirppujoen tulvasuojelun keinoja käsitellään tarkemmin edempänä toimenpide-ehdotukset osion yhteydessä. Vuoden 2018 alussa on käynnistynyt Turun ammattikorkeakoulu Oy:n ja ProAgria Länsi-Suomi ry:n vetämä ”Sirppujoen vedenlaadun ja tulvasuojelun parantaminen” -hanke, jossa tullaan selvittämään ja kehittämään mm. tulvasuojeluasioita tarkemmin.

Kuva 5.

Männäistenkosken sulkuluukullinen pato.

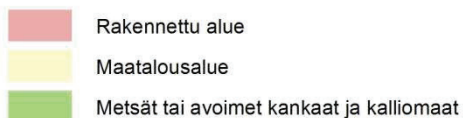
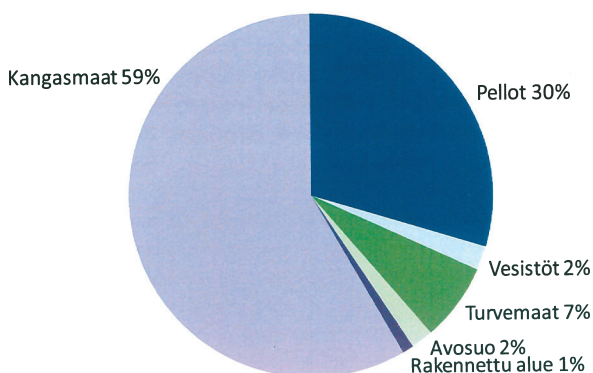
Kuva: Milla Popova 2017

1.2.4 Maankäyttö valuma-alueella

Sirppujoen n. 430 km² valuma-alueesta n. 59 % on kangasmaata (kaavio 1). Viljelysmaita on noin 30 % ja ne sijaitsevat pääasiassa Sirppujoen keskijuoksulla (kuva 6). Sirppujoen valuma-alueella turvemaata on n. 7 % ja vesistöjä tai avosoiita noin 2 %. Vain noin 1 % Sirppujoen valuma-alueesta on rakennettua aluetta. (Vänskä 2012.) Vaikka suurin osa valuma-alueesta on metsätalousmaata, Sirppujoen ranta-alueet ovat lähes kokonaan maatalousalueilla (kuva 6).

Kaavio 1.

Sirppujoen valuma-alueen maankäyttö. (Vänskä 2012)



Kuva 6.

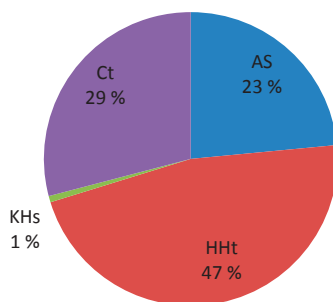
Sirppujoen alueen maankäyttö. (ELY-keskus 2014)

Sirppujoen varrella olevien peltojen maalajijakauman mukaan alueen pellot muodostuvat pitkälti hienosta hiedasta, eloperäisestä saraturpeesta sekä (aito)savesta (kaavio 2).

Kaavio 2.

Sirppujoen peltojen maalajijakauma. Maalajit on ryhmitelty neljään luokkaan: Savet (AS), karkeat maalajit (KHs ja HHT) ja eloperäiset (Ct). (Kauppinen, ym 2017. Liite 1)

Sirppujoki: Peltojen maalajijakauma maalajiluokittain



Maankäytöstä ja muusta ihmistoiminnasta aiheutuu yleensä aina jonkintasoista ravinne- ja kiintoainekuormitusta sekä erilaisten yhdisteiden pääsyä vesistöihin, ja tässä tapauksessa happamilta sulfaattimailta vapautuu myös happamuutta. Hajakuormitusta (jossa tarkkaa päästölähdettä ei voida paikallistaa) syntyy metsä- ja maataloudesta sekä haja-asutuksesta, pistekuormitusta paikallisen teollisuuden ja yhdyskuntien kautta. Lisäksi oman kuormituslähteen muodostavat mahdolliset kaupunkien hulevedet.

Erilaisten kuormituslähteiden aiheuttaman kuormituksen vesistövaikutuksen voimakkuus ja laajuus riippuvat monesta tekijästä, kuten maankäytön alueellisesta laajuudesta, toimenpiteiden voimaperäisyydestä ja valuma-alueen ominaisuuksista. Myös kuormituksen ominaisuuksissa on suuria vaikutuseroja vesistöön: orgaaninen aines ei kiihdytä esim. vesistöjen rehevöitymistä samalla tavoin kuin esimerkiksi liukoisessa muodossa olevat ravinteet. Toisaalta orgaaninen aines saattaa olla vesistössä hyvinkin ongelmallinen, koska hajotessaan se kuluttaa veden happea ja vesistön hapettomuus voi vapauttaa pohjaan sitoutuneita ravinteita.

Sirppujoen valuma-alueella on tehty erilaisia metsän- ja maanparannustöitä, kuten metsäalueiden ja viljelymaiden ojituksia ja kuivatuksia sekä metsähakkuita, joilla on vaikutuksia valuma-alueen hydrologiaan ja ravinteiden sekä muiden yhdisteiden vapautumiseen. Suuri osa nykyisestä viljelylakeudesta on peräisin Valkojärven kuivattamisesta, jota tehtiin monessa jaksossa jo 1800-luvulta lähtien aina viime vuosikymmeniin saakka.

Asutuksen jätevesistä

Yhdyskuntien jätevesien osalta, Sirppujokeen ei ole enää vuoden 2009 jälkeen laskettu jätevesiä, jolloin niiden ravinnekuormitus ja hygieniahaitat ovat lakanneet (Vänskä 2012). On kuitenkin muistettava, että yllättävän suuren kuormitusriskin aiheuttavat maan alla olevan viemäriverkoston rakenteelliset ja toiminnalliset häiriöt, erityisesti niiden tapahtuessa vesistön läheisyydessä.

Makeavesialtaan ranta-alueella sijaitsee satoja, lähinnä vapaa-ajan kiinteistöjä, joiden jätevesien käsittelyssä tulee noudattaa ajantasaisia määräyksiä. Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkoston ulkopuolisilla alueilla tuli voimaan 3.4.2017. Jätevesien käsittelystä määrätään myös ympäristönsuojelulaissa. Ranta- ja pohjavesialueilla vanhojen kiinteistöjen järjestelmien tulee vastata asutuksen vaatimuksia viimeistään 31.10.2019 mennessä. (Uudenkaupungin kaupunki 2018.)

Uusimman Eurajoen-Lapinjoen-Sirppujoen pintavesien toimenpideohjelman mukaan, ohjelman tarkastelualueella määrällisesti eniten viemäriverkon ulkopuolella sijaitsevia asuinrakennuksia on Uudessakaupungissa ja Raumalla, mutta niistä suurin osa on lomakäytössä (taulukko 3).

Taulukko 3.

Viemäroidyllä alueella olevat rakennukset ja viemäroimättömät rakennukset Ryynäsen & Hannuksetan 2013 mukaan. (Kipinä-Salokannel 2016)

Kunta	Kaikki rakennukset (kpl)	Viemäroity alue (kpl)	Viemäroimättömät rakennukset (kpl)
Eura	5 664	3 119	2 545
Eurajoki	3 225	1 179	2 046
Köyliö	1 564	441	1 123
Laitila	3 795	1 459	2 336
Pyhäranta	1 820	517	1 303
Rauma	12 222	8 517	3 705
Säkylä	2 339	1 462	877
Uusikaupunki	7 520	3 398	4 122
Yhteensä	38 149	20 092	18 057

Tässä selvityksessä tarkastellaan maankäytön osalta erityisesti sulfaattimailta tulevaa happamuutta sekä valuma-alueen ravinnekuormitusta. Myös paikallisen teollisuuden aiheuttamia kuormitusriskejä on sivuttu edempänä. Riskiselvityksen laajuuden takia ulkopuolelle jätettiin yhdyskuntien (ml. hulevesien) ja haja-asutuksesta aiheutuvan kuormituksen yksityiskohtaisempi tarkastelu.

2 Vedenlaadun riskitekijät

2.1 Valuma-alueen happamat sulfaattimaat

2.1.1 Yleistä happamista sulfaattimaista sekä alueella tehdyt tutkimukset

Happamilla sulfaattimailla (HS-maat) tarkoitetaan rikkipitoisia maakerrostumia, joissa esiintyy hapettuneen pintamaakerroksen (todellinen hapan sulfaattimaa THS) lisäksi hapettumaton sulfidirikkipitoinen maakerros (potentiaalinen hapan sulfaattimaa PHS) tai vain toinen näistä. Sulfidirikkipitoinen maakerros alkoi muodostua Itämeren pohjaan Litorina-vaiheen aikana n. 8000 vuotta sitten, kun bakteerit alkoivat hapettomissa olosuhteissa hajottaa merenpohjaan kerrostunutta orgaanista ainesta. Maankohoamisen seurauksena laajat happamat sulfaattimaa-alueet ovat nousseet merestä erityisesti alavilla mailla. Happamat sulfaattimaat ovat yleisesti liejuisia hienorakenteisia maalajeja kuten savea, hiesua ja hienohietaa. (Riihimäki ym. 2012.)

Todellisen happaman sulfaattimaan pH-rajaa arvo suoraan maastossa näytteestä mitattuna on alle 4,0. Potentiaalisen happaman sulfaattimaan pH-arvo on yleensä alle 6 ja maaveden inkuboitu pH on 4 tai alle ja pudotusta on vähintään 0,5 yksikköä maastossa mitattuun pH-arvoon verrattuna (kuva 7). (GTK 2012.)



Kuva 7.

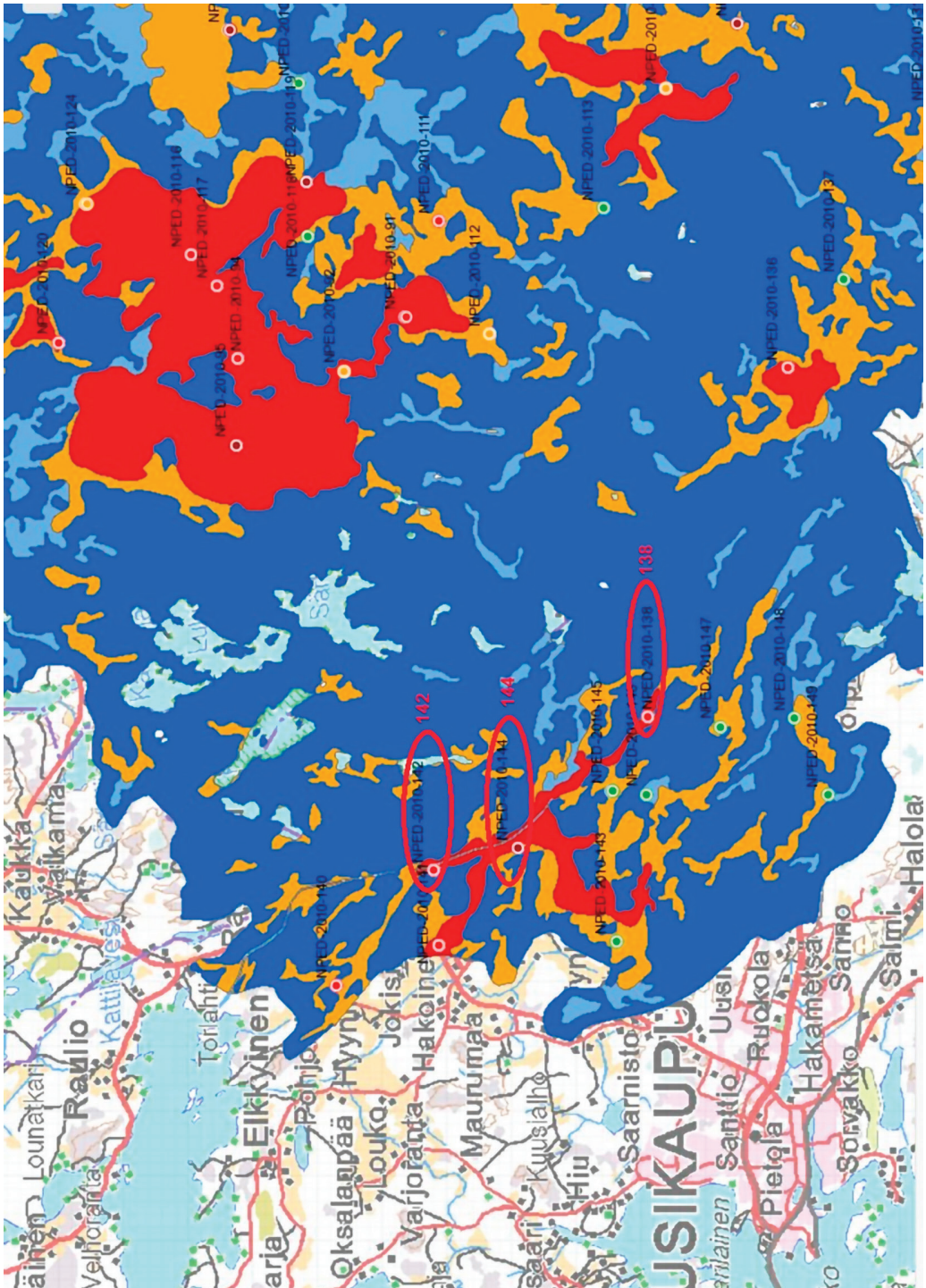
Maakerroksen happamien sulfaattimaiden tasot.

(Kuva: GTK – CATERMASS -hanke 2012)

Sirppujoen valuma-alueella ja erityisesti jokiuoman välittömässä läheisyydessä esiintyy laajoja alueita pitoisuuksiltaan erilaisia happamia sulfaattimaita (kuva 8), joista peräisin olevat happamat valumavedet aiheuttavat omat riskinsä makeavesialtaan vedenlaadulliselle ja ekologiselle tilalle. Sirppujoen happamuus on luontaista eli maaperästä johtuvaa, mutta happamoittavien yhdisteiden huuhtoutuminen on voimistunut ihmisen toiminnan vaikutuksesta, esimerkiksi maanmuokkauksen, mittavien ojankaivuiden tai perkausten seurauksena.

Sirppujoen tai sen lähiympäristön olosuhteiden muutokset, kuten sadannan vaihtelut, maanmuokkaukset ja luonnollinen maankohoaminen, saattavat aiheuttaa happamien valumavesien päätyminen Sirppujokeen ja sitä kautta makeavesialtaaseen. Happamat sulfaattimaita ovat ongelmallisia silloin, kun rikkipitoinen maaperä pääsee kosketuksiin hapen kanssa. Kun maaperän rikkiä sisältävä sulfidi altistuu hapelle veden läsnä ollessa, se hapettuu sulfaatiksi ja muodostaa rikkihappoa. Prosessissa vapautuu protoneja, jotka aiheuttavat maaperän happamoitumisen. (Vänskä 2012.) Sulfidikerrosten hapettuminen voidaan estää pitämällä pohjavedenpinta sulfidikerrosten yläpuolella.

Happamia sulfaattimaita esiintyy entisten merenpohjien alueella, joita pääosa Sirppujoen valuma-alueen pelloista on. Vuonna 1991 tehdyn tutkimuksen perusteella Sirppujoen valuma-alueilla happamien sulfaattimaiden osuudeksi on arvioitu reilut 10 % eli noin 50 km² (Sutela ym. 2012). Sirppujoen valuma-alueen happamia sulfaattimaita on kartoitettu aikaisemmin ainakin vuonna 1985 tehdyssä tutkimuksessa, jossa maakairauksia tehtiin yhteensä 340 kappaletta. Suurimman happamoitumisriskin aiheuttavat alueet sijoittuivat erityisesti Laitilan Ketunjoen (Valkojärven) (III), Härinäjoen (V) sekä Isoniitynojan ja Hankeranojan (IV) alueille (kuva 9). (Palko ym. 1985.) Lisäksi näiltä alueilta olivat peräisin myös suurimmat rikkikuormat Sirppujokeen (Vänskä 2012).

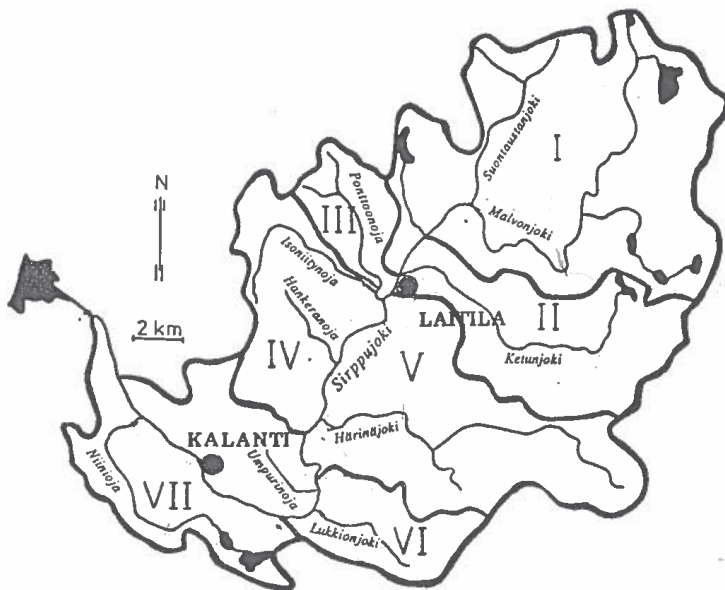


Kuva 8.

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys Sirppujoen valuma-alueella sekä kairauspisteiden sijainti. Happamat sulfaattimaat-karttapalvelu © Geologian tutkimuskeskus 2017.

Vuoden 1985 tutkimuksen osavaluma-alueet tutkittiin uudelleen vuonna 1994 (Triipponen 1997) ja kairaus- sekä vesinäytteiden perusteella todettiin, että eniten Sirppujoen vesistön happamoitumiseen vaikuttavat Ketunjoen (III) ja Härinäjoen (V) alueet (kuva 9) (Vänskä 2012), kuten vuoden 1985 tutkimuksenkin tulosten perusteella.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on kartoittanut ja tuottanut aineistoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ja ominaisuuksista Suomen rannikkoalueilla vuodesta 2009 lähtien. GTK on tutkinut mm. Sirppujoen valuma-aluetta ja heidän digitaalisessa aineistossaan Sirppujoen alueen hs-maiden esiintyvyyden todennäköisyys on kuvattu kuvan 8 mukaisesti. Aineisto on luokiteltu neljään esiintymisen todennäköisyyttä kuvaavaan luokkaan: suuri (punainen), kohtalainen (oranssi), pieni (tummansininen) ja hyvin pieni (vaaleansininen). GTK:n kartoituksen perusteella pahimmat Sirppujoen välittömässä läheisyydessä olevat hs-maiden esiintymät sijoittuvat todennäköisesti joen keski- ja loppuosalle. Lisäksi laajat hs-maa-alueet sijoittuvat todennäköisesti erityisesti Laitilan keskustan luoteispuolelle (kuva 8). (GTK 2017.)



Kuva 9.
Happamuustutkimuksen (1985) Sirppujoen osavaluma-aluejako. (Palko ym. 1985)

Lisäksi Åbo Akademi on tutkinut vuonna 2010 Sirppujoen lähialueelta yksittäisiä kairauspisteitä, joiden havainto- ja analyysitiedot on esitetty pistekorttien muodossa (kuvat 10-12). Kairauspisteiden sijoittuminen alueella näkyy kuvassa 8. Tutkimuspisteiden kairausvyvyys oli 3 m ja sulfidimaata esiintyi kaikissa kolmessa kairausnäytteessä noin 0,8–1,1 m syvyydestä lähtien. Kahdessa näytteessä sulfidimaakerros ylettyi maksimiin eli 3 m asti (kuvat 10 & 11). Kolmannessa pisteessä sulfidikerros oli ohuempi noin 50 cm (kuva 12). Jos näytteen inkuboitu pH(i)-arvo on alle 4, näytteessä esiintyy sulfideja ja maaperä voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaaksi. Ensimmäisen näytteen (138) sulfidimaakerroksen pH(i)-arvo vaihteli noin 2,8 molemmin puolin. Toisen näytteen (142) pH(i)-arvo oli enimmäkseen 2,8 tuntumassa, mutta nousi lähemmäksi neljää 2,5 m syvyydessä. Kolmannen näytteen (144) arvo vaihteli noin 2,8–4 välillä. Näin ollen voidaan päätellä, että kaikissa kolmessa näytteessä esiintyi eripaksuisesti hapanta sulfaattimaata.

Profiilipiste: NPED-2010-138

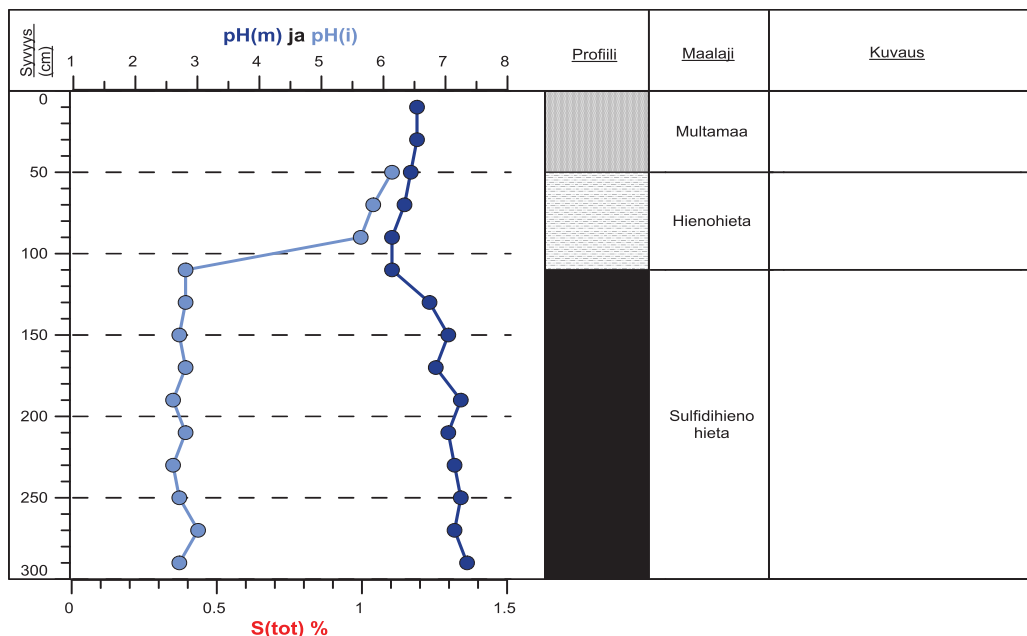
Havaintotiedot

Havainnontekijä: Åbo Akademi
Havaintopäivä: 18.8.2010

Havaintopaikan tiedot

Maakunta/kunta: Varsinais-Suomi/Uusikaupunki
Valuma-alue: Sirppujoen valuma-alue
Koordinaatit : x 6755960
(EUREF-FIN) y 203054
Korkeustaso (DEM_10): z 3,0 m

Ei kuvaa



pH(m) = maastossa mitattu pH

Happaman sulfaattimaan hapettuneen (happamoituneen) kerroksen pH-arvo on tyypillisesti alle neljän. Hapettumattoman (pohjavedenpinnan alaisen) sulfidirikkipitoisen kerroksen pH on tyypillisesti 6-8 välillä.

pH(i) = inkuboitu pH

pH-inkubaatiossa maaperänäytteiden annetaan hapettua 9 -19 viikkoa, jonka jälkeen maastossa mitattuja pH-arvoja verrataan hapetuksen jälkeisiin arvoihin. Mikäli pH-arvo on laskenut neljään tai alle ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä, voidaan näytteissä todeta esiintyvän sulfideja ja maaperä luokitella happamaksi sulfaattimaaksi.

S(tot) % = kokonaisrikkipitoisuus

Hienorakeisen (savi ja siltti) happaman sulfaattimaan kokonaisrikkipitoisuus on tyypillisesti ≥ 0.2 % kuivapainosta. Karkeissa maalajeissa jopa 0,01 % kokonaisrikkipitoisuus voi johtaa maaperän happamoitumiseen. Tutkimuspisteiden näytteiden kokonaisrikkipitoisuus on määritetty 20 cm kokoomanäytteistä ICP-OES -menetelmällä.



GTK

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

GEOLOGISKA FORSKNINGCENTRALEN

GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

Kuva 10.

Kairaus- ja analyysitulosten pistekortti. Sirppujoen varsi, nro 138. (GTK 2010)

Profilipiste: NPED-2010-142

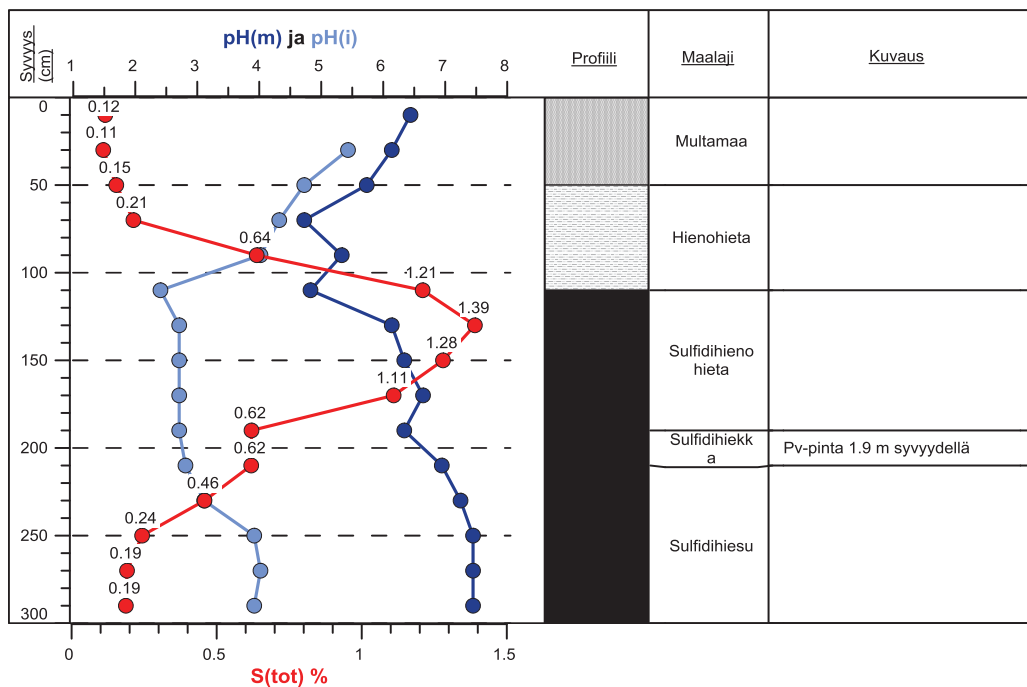
Havaintotiedot

Havainnontekijä: Åbo Akademi
 Havaintopäivä: 23.8.2010

Havaintopaikan tiedot

Maakunta/kunta: Varsinais-Suomi/Uusikaupunki
 Valuma-alue: Sirppujoen valuma-alue
 Koordinaatit: x 6759464
 (EUREF-FIN) y 200551
 Korkeustaso (DEM_10): z 1,9 m

Ei kuvaa



Kuva 11.

Kairaus- ja analyysitulosten pistekortti. Sirppujoen varsi, nro 142. (GTK 2010)

Profiilipiste: NPED-2010-144

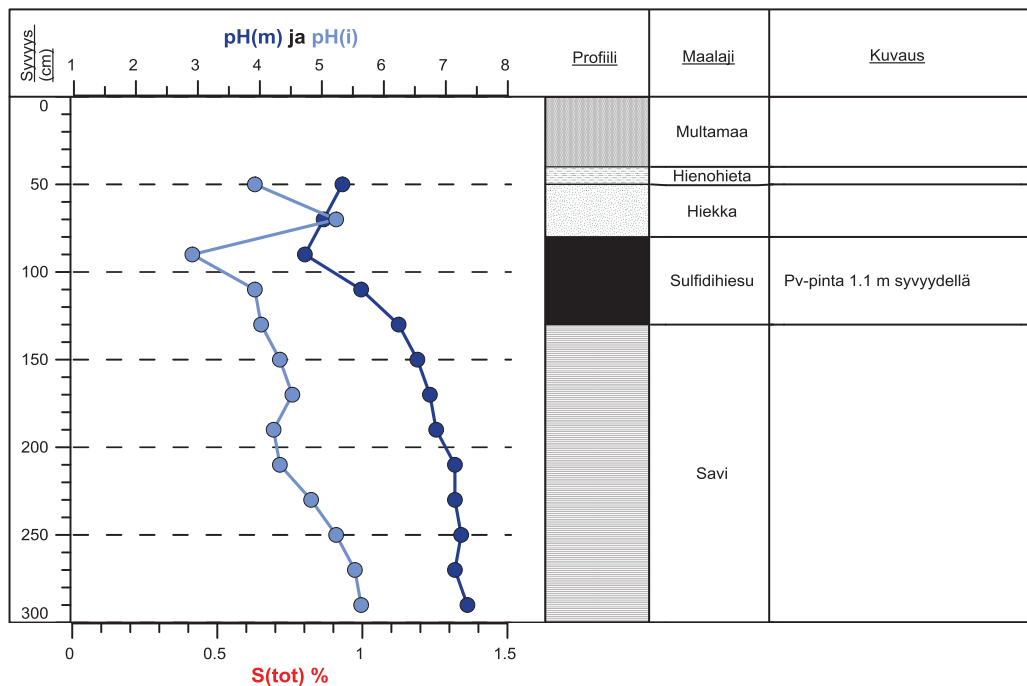
Havaintotiedot

Havainnontekijä: Åbo Akademi
Havaintopäivä: 23.8.2010

Havaintopaikan tiedot

Maakunta/kunta: Varsinais-Suomi/Uusikaupunki
Valuma-alue: Sirppujoen valuma-alue
Koordinaatit : x 6758088
(EUREF-FIN) y 200907
Korkeustaso (DEM_10): z 1,8 m

Ei kuvaa



Kuva 12.

Kairaus- ja analyysitulosten pistekortti. Sirppujoen varsi, nro 144. (GTK 2010)

2.1.2 Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat riskit

Maaperän happamuuden noustessa (pH 3–4) ja hapetusreaktion seurauksena maaperään sitoutuneet erilaiset metallit, kuten alumiini (Al), mangaani (Mn), kadmium (Cd), kupari (Cu), nikkeli (Ni) ja sinkki (Zn) liukenevat helpommin suodattuvaan veteen (Edén P. GTK 2014). Erityisesti runsaat sateet ja sulamisvedet lisäävät merkittävästi maaperän kosteutta, jolloin happamien ja liukoisia metalleja sisältävien valumavesien päätyemisriski altaaseen on suurimmillaan.

Happamilta sulfaattimailta peräisin olevat valumavedet saattavat aiheuttaa haittaa kaloille, mädille, erityisesti vastasyntyneille kalanpoikasille sekä pohjaeläimille (Edén P. GTK 2014). Makeavesialtaan ja Sirppujoen alueella happamat vedet ovat aiheuttaneet kalakuolemia ainakin 1960-luvulta lähtien ja todennäköisesti aikaisemminkin. Esimerkiksi vuonna 1968 Sirppujoen suulla pH oli alimmillaan 4,5 ja koko 1970-luku oli altaalla lähes kalaton. Nämä pH-laskut liittyvät todennäköisesti voimakkaisiin ojituksiin valuma-alueella. Vuonna 1968 jokiveden happamuus johtui ilmeisesti Valkojärven laskusta ja ojituksista. (Jalava 1998.) 1980-luvulla ja sen jälkeen altaan tila on vähitellen normalisoitunut. Viime vuosikymmenillä ajoittaisesta happamuudesta aiheutuneita kalakuolemia esiintyi ainakin vuosina 1992, 1993, 1996 ja 1997 (esimerkiksi vuonna 1997 pH oli 5,0–5,5). (Jalava 1998.) 2000-luvun alusta lähtien makeavesialtaan tila parani huomattavasti 1990-luvun alusta (Vänskä 2012). Satunnaisia happamuudesta johtuvia kalakuolemia on kuitenkin esiintynyt ainakin toukokuussa 2003 (Sutela ym. 2012).

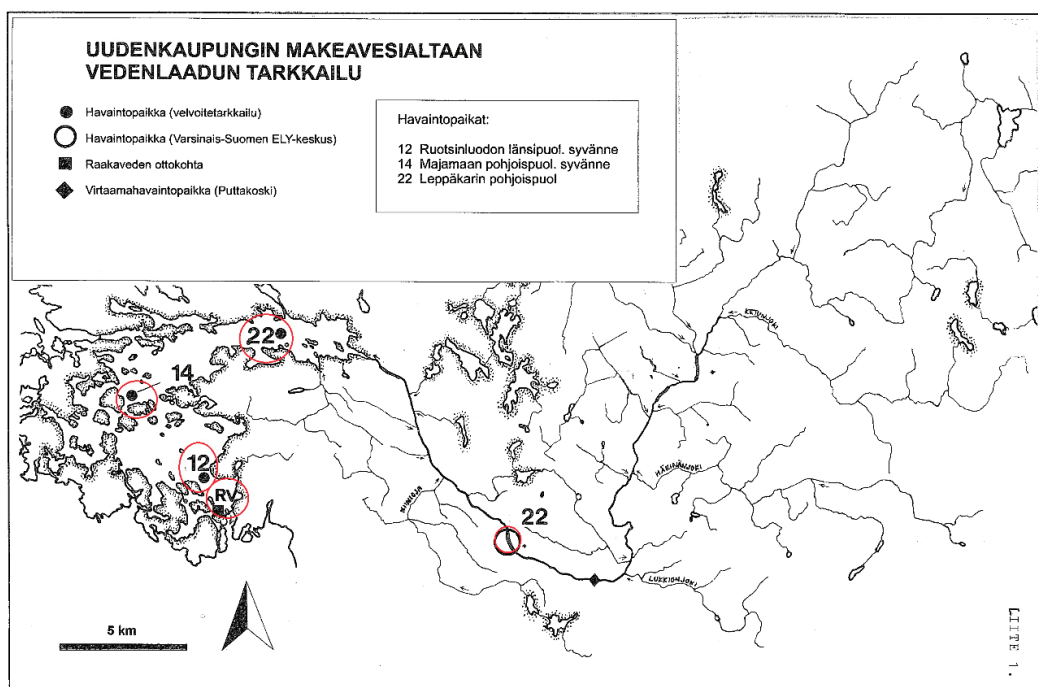
Lisäksi happamien valumavesien makeavesialtaaseen valumisen seurauksena saattaa altaan suisto- ja rannikkoalueilla muodostua uutta hapanta ongelmasedimenttiä (Edén P. GTK 2014). Happamat valumat saattavat aiheuttaa myös alumiini- ja rautayhdisteiden saostumista mahdollisissa salaojajärjestelmissä. Hapan ja liukoisia metalliyhdisteitä sisältävä vesi saattaa rasittaa Sirppujoen alajuoksua häiritsemällä muun muassa ekosysteemin tasapainoa. (Maaseutuverkosto 2009.)

2.1.3 Tutkimukset pH:n osalta

Yleisesti ottaen veden happamuustilaa voidaan pitää kriittisenä, jos keskimääräinen pH alittaa arvon 5,5. On kuitenkin huomioitava, että pH-arvon vaihtelu voi olla suurta esimerkiksi runsaiden sateiden vaikutuksesta, jolloin esimerkiksi tietyn seurantajakson keskimääräinen pH ei välttämättä anna todellista kuvaa vesistön happamuudesta. Näin ollen esimerkiksi vesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokittelussa käytetään pH-arvojen vuotuisia minimiarvoja, jotka kuvaavat paremmin vesieliöstön kannalta kriittisiä olosuhteita. Lisäksi pH-asteikko on logaritminen, jossa yhden yksikön lasku tarkoittaa vetyionien määrän kymmenkertaistumista. (Sutela ym. 2012.)

Makeavesialtaalla ja Sirppujoella on tehty epäsäännöllisiä vedenlaatututkimuksia jo 1960-luvun alusta lähtien ja säännöllisiä velvoitetarkkailututkimuksia 1980-luvun lopulta lähtien. Velvoitetarkkailun puitteissa vedenlaatua tutkitaan altaalla kolmessa eri paikassa (havaintopaikat 22, 14 ja 12) (kuva 13). Lisäksi vedenlaatua on tutkittu altaan raakaveden ottokohdasta (RV). Velvoitetarkkailussa on otettu vesinäytteitä vuodesta 1987 lähtien pääsääntöisesti neljä kertaa vuodessa ja eri syvyyksiltä näytteenottoapaikasta ja vuodenaikasta riippuen.

Myös Sirppujoen vedenlaatua on tutkittu vuodesta 1961 lähtien muun muassa Kalannin ja Puttakosken alueella. Edellä mainittujen havaintopaikkojen lisäksi sekä altaan että Sirppujoen vedenlaatua on tutkittu muillakin alueilla eri tahojen toimesta. Ympäristöhallinnon ympäristötietojärjestelmä Hertasta löytyy paljon mittaustuloksia alueelta. Tässä selvityksessä tarkastellaan makeavesialtaan havaintopaikkojen velvoitetarkkailun tuloksia ja Sirppujoen osalta Kalannin havaintopaikan mittaustuloksia. Makeavesialtaan ja Sirppujoen vedenlaatua käsitellään tarkemmin hankkeen erillisessä vedenlaaturaportissa.



Kuva 13.

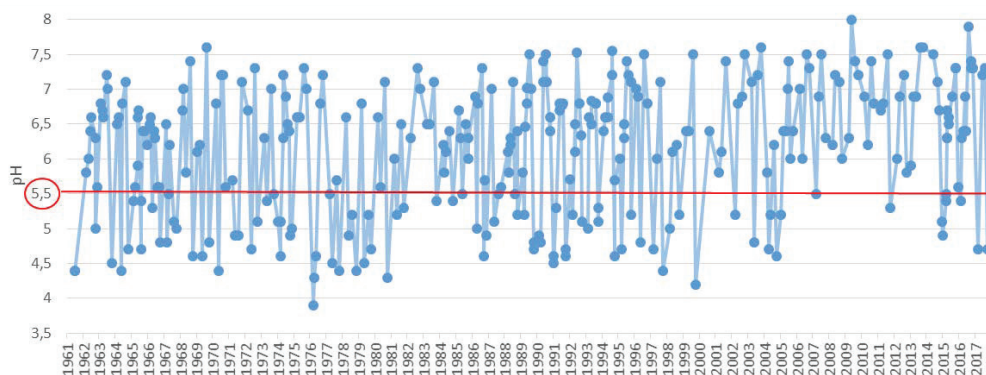
Makeavesialtaan ja Sirppujoen vedenlaadun tarkkailun näytteenottoapaikat. (Turkki 2015)

Sirppujoen ja makeavesialtaan pH-mittaustulokset

Makeavesialtaan pH:ta on mitattu mm. kaikista edellä mainituista mittauspisteistä vuodesta 1963 lähtien ja Sirppujoen osalta vuodesta 1961 lähtien. Mittauksia on pääsääntöisesti toteutettu kullakin mittauspisteellä neljästi vuodessa (kevällä, kesällä, alku- ja loppusyksyllä) ja mittauspisteestä riippuen näytteitä on otettu eri syvyyksiltä. Mittaustuloksia tarkasteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että muutama näytekertta vuodessa ei kuvasta vedenlaadun kokonaistilannetta, vaan pitoisuudet ja olosuhteet voivat vaihdella huomattavasti eri ajankohtina. Tästä johtuen mittaustulosten analysoinnit ovat varovaisia oletuksia mahdollisesta tilanteesta.

Sirppujoki

Sirppujoen pH on keväisin ja syksyisin tavallisesti alle 6 ja kesäisin ja talvisin hieman korkeampi (V-S ELY-keskus 2013). Tämä on havaittavissa Sirppujoen vedenlaatutuloksista, joiden mukaan alhaisimmat pH-arvot on mitattu pääsääntöisesti keväisin ja loppusyksyisin. Kuviosta 1 voi havaita, että arvojen vaihtelu on vuosien sisällä ollut suurta ja pH on ollut korkeimmillaan yleensä heinä-elokuussa. Pääsääntöisesti Sirppujoen pH on laskenut joka vuosi alle 5,5 lukuun ottamatta 2008–2014 välistä aikaa, jolloin tilanne oli parempi. Vuoden 2015 alusta lähtien keväisin ja loppusyksyisin pH on pääsääntöisesti laskenut jopa alle 5 (kuvio 1). Esimerkiksi viimeisimmässä näytteenotossa (10/2017) pH:ksi mitattiin 4,7.

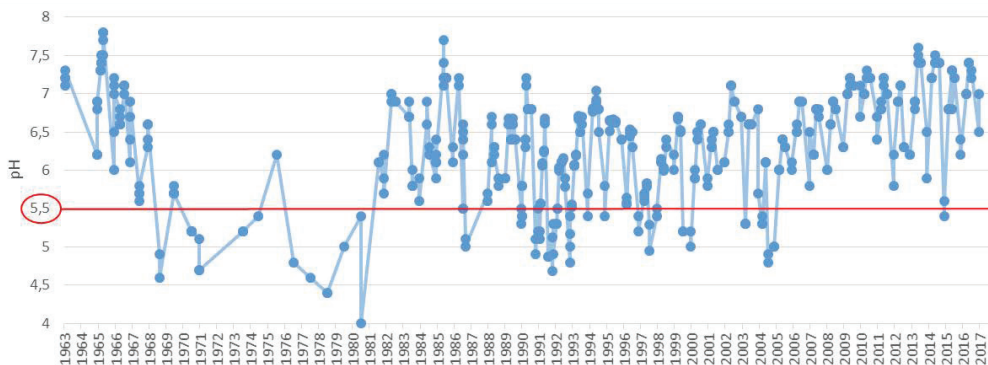


Kuvio 1.

Sirppujoen (havaintopaikan nro 22) mitatut pH-arvot (max. 1 m) vuosina 1961–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta)

Makeavesiallas

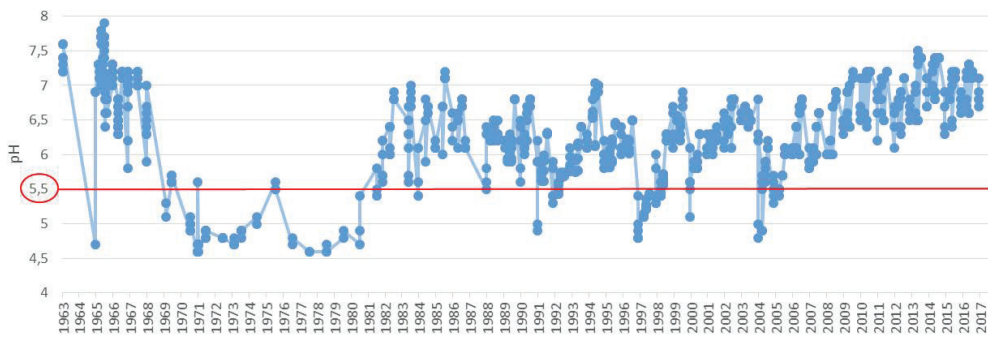
Makeavesialtaan pohjoispuolen (havaintopaikka 22) pH-arvoja on tutkittu vuodesta 1963 lähtien. Mittaustulosten perusteella havaintopaikan pH lähti laskuun altaan perustamisen jälkeen 1960-luvun loppupuolella ja koko 1970-luvulla pH-pitoisuudet olivat erittäin alhaisia (kuvio 2). 1980-luvun alkupuolen jälkeen pH nousi ja tilanne paheni seuraavan kerran 1990–1993 välisenä aikana, jolloin pH laski keväisin ja loppusyksyisin alle 5,5. Erityisesti 2005 jälkeen pH pysytteli yli 5,5 aina 2015 keväälle asti, jolloin se laski 5,4. Viimeisen kahden vuoden ajan pH on pysytellyt yli 6 (2017 maaliskuuhun asti).



Kuvio 2.

Makeavesialtaan pohjoisosan (havaintopaikan 22) mitatut pH-arvot eri syvyydeltä vuosina 1963–2017. (Ympäristötietojärjestelmä-Hertta)

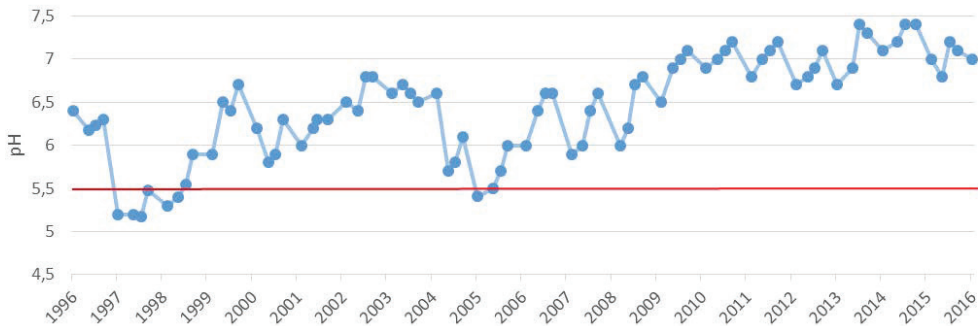
Altaan eteläosan (nro 12) tilanne on selvästi parempi, sillä pH on ollut viimeisen kymmenen vuoden ajan korkeampi kuin muualla altaalla tai Sirppujoella ja pH-arvo on pysytellyt pääsääntöisesti 6,5 ja 7,5 välillä (kuvio 3).



Kuvio 3.

Makeavesialtaan eteläosan (havaintopaikan 12) mitatut pH-arvot eri syvyydeltä vuosina 1963–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta)

Raakaveden ottopisteestä (RV) vedenlaatua on mitattu vuosittain 1996 lähtien, neljä kertaa vuodessa kolmen metrin syvyydestä. Mittaustulosten perusteella vedenottokohdan pH-arvot ovat pääsääntöisesti pysytelleet 5,5 raja-arvon yläpuolella (kuvio 4). Raja-arvo oli alittunut ainakin 1997–1999 välisenä aikana sekä 2005. Viimeisen kuuden vuoden aikana pH on kuitenkin pysynyt melko korkealla eli 6,5 ja 7,5 välillä.



Kuvio 4.

Makeavesialtaan raakaveden ottokohdan (RV) näytepisteestä mitatut pH-arvot 3 m syvyydestä vuosina 1996–2016.

Edellä olevista kuvioista voidaan huomata, että koko altaan pH-tasot laskivat ainakin vuosina 2004 ja 2005. pH-tason laskut saattavat johtua kahden aikaisemman kesän (2002 ja 2003) kuivuudesta ja vähäsateisuudesta. Vuosien 2004 ja 2005 kesät olivat vastaavasti runsassateiset, jolloin nämä hydrologiset vaihtelut ovat todennäköisesti aiheuttaneet valuma-alueen sulfaattimaiden sulfiittikerrosten hapettumisen kuivina kesinä ja happamuuden ja metallien huuhtoutumisen sateisina kesinä. (Vänskä 2012.)

pH-tulosten perusteella voidaan yleisellä tasolla arvioida, että makeavesialtaan ja Sirppujoen veden happamuus vaihtelee melko runsaasti ajankohdasta ja vuodesta riippuen. Pääsääntöisesti makeavesialtaan vesi on ollut happamista keväisin ja syksyisin, jolloin myös virtaamat ovat suurimmillaan sulamisvesien ja kevät-/syystulvien takia. Veden pH on vastaavasti noussut yleisimmin kesäisin ja talvisin. Tulosten perusteella voidaan varovasti arvioida, että makeavesialtaan pH-arvot ovat vuosien saatossa kohonneet paremmalle tasolle, mutta Sirppujoella pH on laskenut vuodesta 2015 lähtien uudelleen alle kriittisenä pidetyn 5,5. Sirppujoen happamien vesien vaikutukset vähenevät Velhonvedeltä Ruotsinveden suuntaan joesta tulevien vesien laimentuessa. Ruotsinveden alkaliteetti on myös hieman parempi kuin Velhoveden. Altaan eteläosissa myös muualta kuin Sirppujoen valuma-alueelta tulevat valumavedet vaikuttavat pH-tasoa nostaen.

2.1.4 Tutkimukset metallien osalta

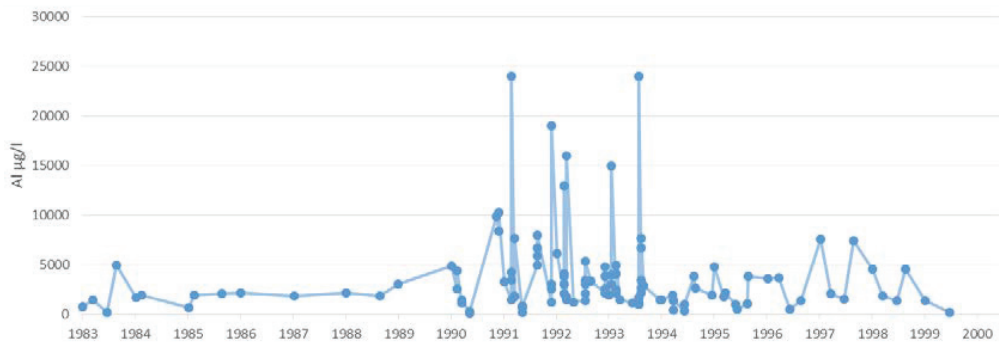
Usein happamien sulfaattimaiden valumavesien metallipitoisuudet ylittävät moninkertaisesti tausta-arvot, jotka edustavat Suomen jokien ja purojen normaaleja arvoja (Salmi & Kipinä-Salokannel 2010). Sirppujoen happamien sulfaattimaiden vaikutuksia veden laatuun on tutkittu ainakin Åbo Akademin Geologian laitoksen toimesta vuosina 2004–2005. Tutkimuksessa verrattiin muun muassa Sirppujoen eri kohdista mitattuja ravinne- ja sulfaattimaista liuenneiden metallien pitoisuuksia Suomen puroista mitattuihin arvoihin. Sirppujoen keski- ja alajuoksulta mitattiin kohonneita pitoisuuksia nikkelistä (Ni) ja koboltista (Co), joiden mediaanipitoisuudet olivat jopa 50–80 kertaa suuremmat verrattuna Suomen purojen mediaaneihin. Vastaavasti mangaanin (Mn), sinkin (Zn) ja rikin (S) pitoisuudet olivat 20–30 kertaiset ja alumiinipitoisuudet (Al) kymmenkertaiset verrattuna mediaaniarvoihin. Lisäksi Sirppujoen alajuoksulta mitattiin kohonneita pitoisuuksia yttriumia (Y). Toisaalta esimerkiksi rautapitoisuudet (Fe) eivät olleet suurempia kuin Suomen puroissa tavallisesti. (Österholm 2006.) Alumiini-, rauta-, mangaani- ja typpipitoisuudet huonontavat vedenlaatua ja käyttökelpoisuutta erityisesti Sirppujoen alajuoksulla (V-S ELY-keskus 2013). Metallit sitoutuvat herkästi kiintoainespartikkeleihin ja orgaaniseen ainekseen, joiden sedimentoitua muodostuu erityisesti HS-maiden jokien suistoihin pitkäaikaisia metallivarastoja. Näiden ympäristövaikutukset tunnetaan vielä huonosti (Suotela 2012). Sirppujoella ja makeavesialtaalla metallipitoisuuksia on mitattu satunnaisesti ainakin alumiinin, mangaanin ja raudan osalta.

Alumiini

Yleisesti ottaen alumiinin (Al) pitoisuudet ovat Suomen luonnonvesissä melko matalia, alle 100 µg/l (Valvira 2016). Mutta tilanne on eri happamilla sulfaattimailla, joissa happamuuden lisääntyessä alumiinin liukeneminen maaperästä kasvaa (Silver & Tikander 2014). Veden happamuudesta johtuen Sirppujoen valuma-alueelta on huuhtoutunut merkittäviä määriä alumiinia. Alumiinille ei ole asetettu raja-arvoja pintavesistöistä otettavan raakaveden laadun suhteen, koska se saadaan yleensä poistetuksi veden puhdistusprosessissa (Vänskä 2012). Alumiinin laatusuositus talousvedelle on enintään 200 µg/l (Valvira 2016) ja viimeisimmässä Nervanderin vesilaitoksen vedenlaatumittauksessa Al-pitoisuus oli 14 µg/l (LSVSY Oy 2017). Korkea alumiinipitoisuus alentaa kalojen elinvoimaa pH:n laskiessa alle 5,5, jolloin alumiini saostuu kalojen kiduksiin, jolloin kalat tukehtuvat (Seppälä 2012).

Sirppujoen Al

Sirppujoen alumiinipitoisuutta on mitattu joen eri kohdista satunnaisesti ainakin 1980-luvulta lähtien. Esimerkiksi Kalannin kohdalla Al-pitoisuuksien vaihtelu vuosina 1983–1999 on ollut huomattavan suurta, jopa 180–24 000 µg/l (kuvio 5). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin erityisesti 1991–1993 välisenä aikana.

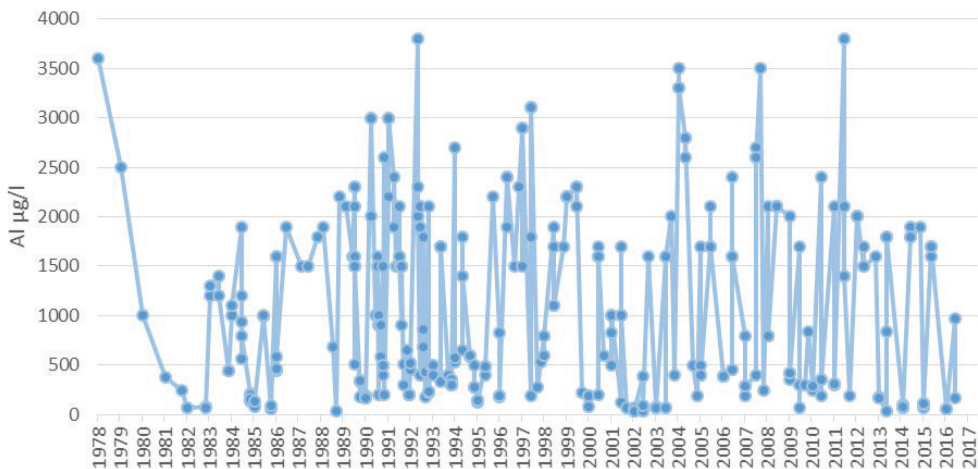


Kuvio 5.

Sirppujoen näytepisteen 22 (Kalanti) alumiinipitoisuus µg/l vuosina 1983–1999. (Uudenkaupungin Vesi & Ympäristötietojärjestelmä Hertta)

Makeavesialtaan Al

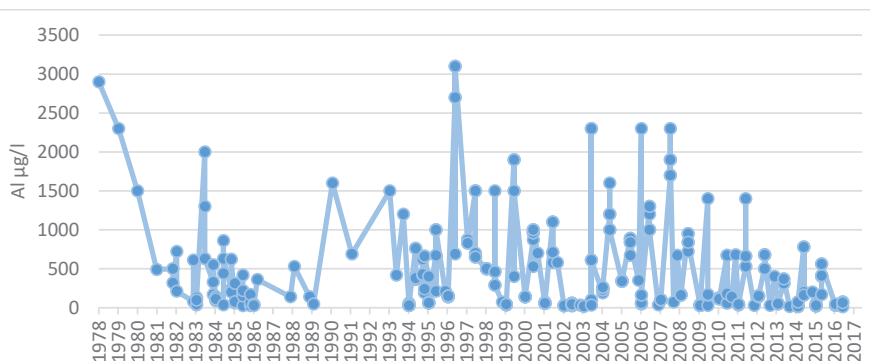
Makeavesialtaan pohjoispuolen näytepisteessä 22 alumiinipitoisuus on vaihdellut vuosina 1978–2017 39–3800 µg/l välillä. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin ainakin vuosina 1978, 1993, 2004, 2008 ja 2012 (kuvio 6).



Kuvio 6.

Makeavesialtaan havaintopaikan 22 alumiinipitoisuus µg/l vuosina 1978–2017. (Uudenkaupungin Vesi & Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

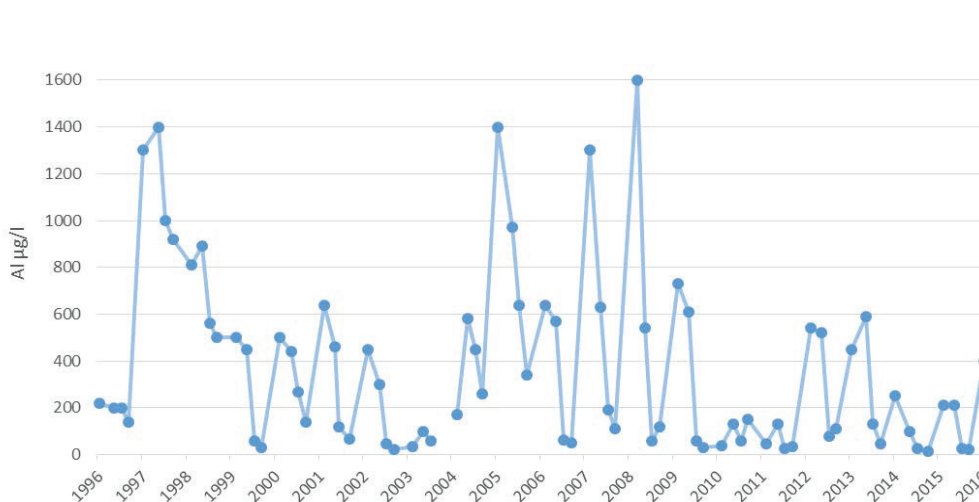
Makeavesialtaan eteläosassa näytestä 12 alumiinipitoisuus vaihteli 13–3100 µg/l välillä vuosina 1978–2017 (kuvio 7). Korkeimmat Al-pitoisuudet mitattiin ainakin vuosina 1978, 1997, 2004 ja 2006.



Kuvio 7.

Makeavesialtaan näytestä 12 alumiinipitoisuus (µg/l) eri syvyyksiltä vuosina 1978–2017. (Uudenkaupungin Vesi & Ympäristötietojärjestelmä Hertta)

Vuosina 1996–2016 makeavesialtaan raakaveden ottokohdassa Al-pitoisuus vaihteli (3 m syvyydessä) 16–1600 µg/l välillä (kuvio 8). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin vuosina 1997, 2005, 2007–2008, jolloin myös näytestä pH-arvo oli alle 6.



Kuvio 8.

Makeavesialtaan raakaveden ottokohdan (näytestä RV) alumiinipitoisuus (µg/l) 3 metrin syvyydeltä vuosina 1996–2016. (Uudenkaupungin Vesi)

Korkeille alumiinipitoisuuksille on tyypillistä, että ne painottuvat kevään ja syksyn tulva-aikoihin, jolloin korkeimmat pitoisuudet ilmenevät yleensä runsaiden sateiden yhteydessä, kevättulvien ja syvän roudan sulamisen yhteydessä (Silver & Tikander 2012). Tämä ilmiö on havaittavissa myös edellä kuvatuista mittaustuloksista.

Lisäksi korkean alumiinipitoisuuden ja alhaisen pH-tason välillä on havaittavissa jonkintasoista korrelaatiota, sillä pääsääntöisesti alumiinipitoisuuden ollessa hyvin korkea, pH-arvo on ollut alle 6.

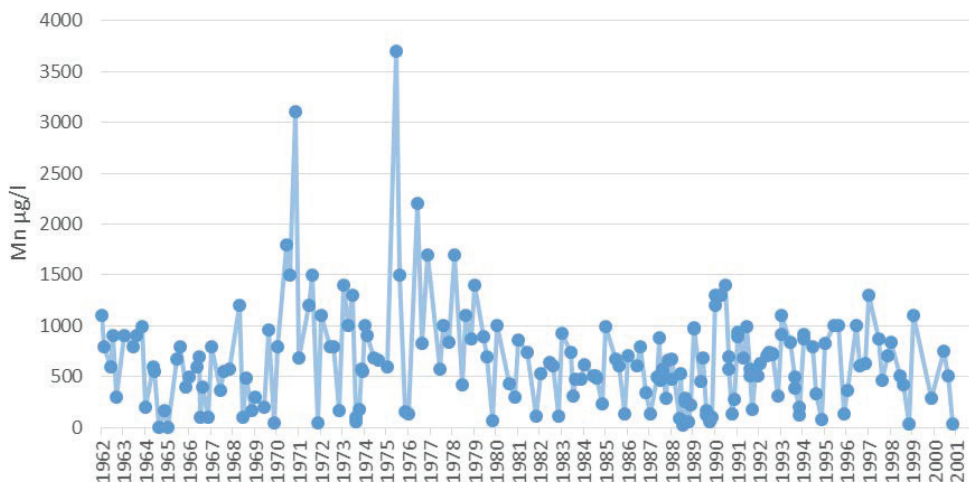
Mangaani

Mangaania (Mn) on sitoutunut Sirppujoen valuma-alueen savimaahan ja se liukenee maiden hapettumisen yhteydessä. Tavallisesti mangaanipitoisuus nousee kun pH-taso laskee ja se esiintyy liukoisessa muodossa, kun veden pH laskee alle 6. Mangaania on vaikea poistaa veden käsittelyprosessissa ja se onkin raakaveden laadun kannalta ongelmallinen siirtymämetalleihin kuuluva alkuaine. Mangaanin sakkauttamiseksi puhdistusprosessissa pH on nostettava 9:ään ja siihen tarvitaan vahva hapetin, kuten klooria tai otsonia. (Vänskä 2012.) Uudenkaupungin Veden käsittelyprosessin jälkeisen juomaveden mangaanipitoisuudet ovat olleet reilusti alle laatusuosituksen ylärajaa eli 50 µg/l, esimerkiksi viimeisimmässä mittauksessa (10/2017) Mn-pitoisuus oli 6 µg/l (LSVSY Oy 2017).

Vaikka mangaani on elimistölle välttämätön hivenaine, se on neurotoksinen metalli, joka vaikuttaa aivojen dopamiinienergiseseen järjestelmään. Juomaveden mangaani on yhteydessä erityisesti lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin, motoriseen toimintaan sekä alentuneeseen älykkyydosamäärään. (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2013.) Vesiliöt voivat altistua mangaanille ja vähäinen kertyminen eliöihin on mahdollista, mutta metallit eivät yleensä kerry eliöihin yhtä tehokkaasti kuin esimerkiksi rasvaliukoiset yhdisteet. Mangaanin kulkeutuminen vesiselkärangattomiin ja kaloihin kasvaa lämpötilan noustessa, mutta vähenee pH:n nousun myötä. (Ramboll 2013.)

Sirppujoen Mn

Sirppujoen mangaanipitoisuutta on mitattu ainakin vuosina 1962–2001. Tuona aikana mangaanipitoisuus vaihteli 24–3700 µg/l välillä (kuvio 9). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin 1970-luvulla sekä 1991 ja 1997, jolloin myös pH oli ollut hyvin alhainen.

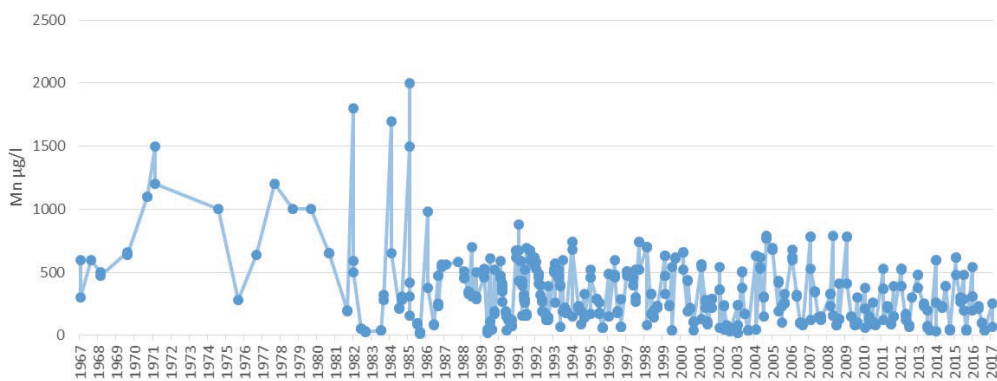


Kuvio 9.

Sirpujoen näytepisteessä 22 (Kalanti) mangaanipitoisuus µg/l vuosina 1962–2001. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

Makeavesialtaan Mn

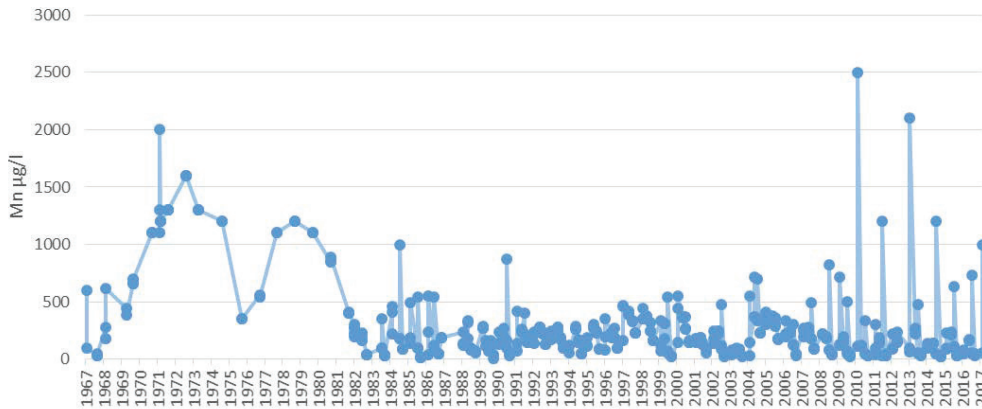
Makeavesialtaan pohjoisosassa mangaania on mitattu vuodesta 1967 lähtien ja Mn-pitoisuus on vaihdellut 15–2000 µg/l välillä. Mangaanipitoisuus oli koholla erityisesti 1970- ja 80-luvulla, minkä jälkeen se on pysytellyt alle 1000 µg/l (kuvio 10).



Kuvio 10.

Makeavesialtaan pohjoisosan (havaintopaikka 22) mangaanipitoisuus µg/l vuosina 1967–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

Altaan eteläpäässä mangaania on mitattu vuodesta 1967 lähtien, ja pitoisuus on vaihdellut 5–2500 µg/l välillä (kuvio 11). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin oletetun 1970-luvun lisäksi yllättäen myös vuosina 2010 ja 2013 (2000–2500 µg/l), kun ne olivat altaan pohjoispäässä alle 500 ja altaan pH oli ollut melko hyvä eli yli 6,4. Yksi mahdollinen selitys voisi olla se, että mangaania on liuennut sedimentistä takaisin veteen, esimerkiksi heikon happitilanteen vuoksi.



Kuvio 11.

Makeavesialtaan eteläosan (havaintopaikka 12) mangaanipitoisuus µg/l vuosina 1967–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

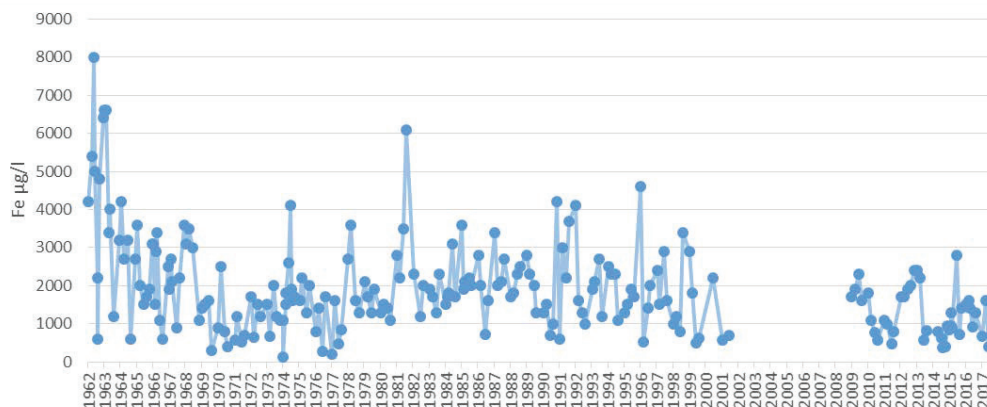
Rauta

Happaman sulfaattimaan hapettuessa myös rauta (Fe) hapettuu ja kulkeutuu erityisesti valumavesien mukana Sirppujoen kautta makeavesialtaaseen. Rauta esiintyy tavallisesti pintavesissä humusyhdisteisiin sitoutuneena ja veden happamoituessa saostuu veden pohjalle, jonka seurauksena vesi kirkastuu. (Vänskä 2012.) Rauta myös edistää fosforin sitoutumista. Rauta on ihmiselle mangaanin tavoin tärkeä hivenaine, mutta korkeina pitoisuuksina se voi olla haitallinen terveydelle. (Sutela 2012.) Rautaa saattaa kertyä kalojen ja rapujen kiduksiin sekä pohjaeliöstöön.

Kirkkaissa karuissa vesissä rautapitoisuus on yleensä noin 50–200 µg/l. Koska rauta on sitoutunut humusyhdisteisiin, humusvesissä sen taso on paljon korkeampi. Suovesissä pitoisuus saattaa nousta 1000 µg/l ja esimerkiksi voimakas eroosio lisää rautapitoisuutta ja erittäin sameissa jokivesissä Fe-pitoisuus nousee yli 3000–6000 µg/l. (Oravainen 1999.) Hyvälaatuisessa talousvedessä rautaa on alle 100 µg/l ja sen suositeltu enimmäispitoisuus kunnallisessa talousvedessä on 200 µg/l. Nervanderin vesilaitoksen lokakuun 2017 vedenlaatumittauksessa Fe-pitoisuus oli 12 µg/l. (LSVSY Oy 2017.)

Sirppujoen Fe

Sirppujoen rautapitoisuutta on tutkittu vuodesta 1962 lähtien, lukuun ottamatta vuosien 2002–2008 ajanjaksoa, jolta ei löytynyt mittaustuloksia Ympäristötietopalvelu Hertasta. Sirppujoen Fe-pitoisuus on mittausten perusteella pysytellyt viime vuosien aikana alle 3000 µg/l (kuvio 12).

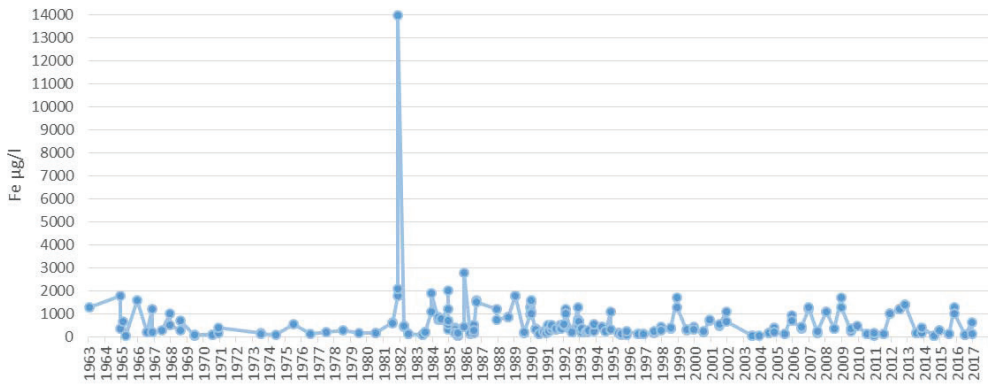


Kuvio 12.

Sirppujoen näytepisteen 22 (Kalanti) rautapitoisuus µg/l vuosina 1962–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

Makeavesialtaan Fe

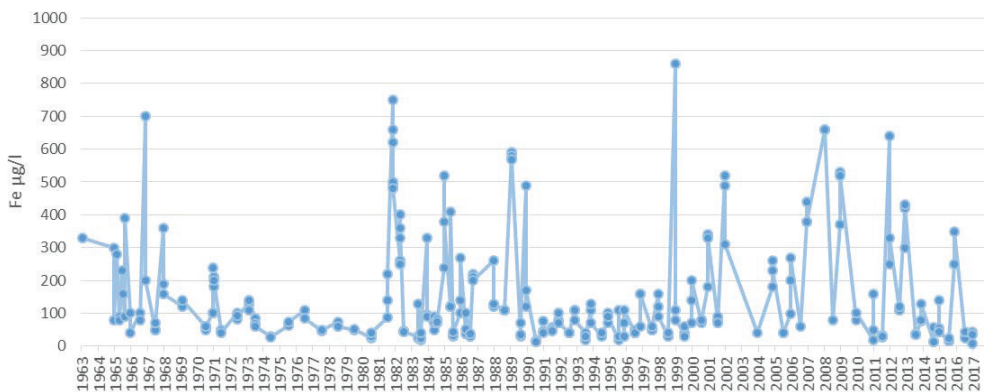
Makeavesialtaan pohjoispäässä rautaa on tutkittu vuodesta 1963 lähtien ja pääsääntöisesti pitoisuus on pysytellyt reilusti alle 2000 µg/l lukuun ottamatta vuoden 1982 helmikuun mittausta, jonka mukaan Fe-pitoisuus oli jopa 14 000 µg/l (kuvio 13). Samana päivänä havaintopaikan alusvesi oli täysin hapeton. Ellei kyseessä ole mittaus-/merkintävirhe, hyvin korkea Fe-pitoisuus voisi johtua siitä, että hapettomassa alusvedessä niukkaliukoinen rauta (Fe³⁺) oli pelkistynyt liukoiseen 2-ionimuotoon (Fe²⁺), jolloin pitoisuus kohosi huomattavasti. Muutaman viimeisen vuoden aikana havaintopaikan Fe-pitoisuus on noussut korkeammalle keväisin (1000 µg/l molemmin puolin) ja on ollut matalimmillaan (alle 200 µg/l) erityisesti loppusyksystä loka-marraskuussa.



Kuvio 13.

Makevesialtaan pohjoisosan (havaintopaikka 22) rautapitoisuus µg/l vuosina 1963–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

Altaan eteläosassa rautapitoisuutta on tutkittu myös vuodesta 1963 lähtien ja pitoisuus on ollut koko mittaushistorian ajan alle 900 µg/l (kuvio 14). Viimeisten vuosien aikana Fe-pitoisuus on noussut yli 300 µg/l vain helmikuussa 2016. Muutoin se on pysytellyt enimmäkseen alle 100 µg/l.



Kuvio 14.

Makevesialtaan pohjoisosan (havaintopaikka 22) rautapitoisuus µg/l vuosina 1963–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta).

2.2 Sirppujoen valuma-alueen ravinnekuormituksen vaikutus

2.2.1 Valuma-alueen ravinnekuormitus

Sirppujoen vesistöalueella vesistöihin kohdistuva ravinnekuormitus on uusimman Eurajoen-Lapinjoen-Sirppujoen vesienhoidon toimenpideohjelman (2016–2021) mukaan peräisin pääosin maataloudesta (30 % valuma-alueen pinta-alasta), jonka osuus Sirppujoen eri kuormituslähteiden aiheuttamasta kokonaiskuormituksesta on kokonaisfosforin osalta n. 69 % ja kokonaistypen osalta n. 63 % . Noin kolmasosa Sirppujoen ravinnekuormituksesta tulee luonnonhuuhtoumana ja vaikka valuma-alueesta n. 60 % on kangasmaita, sieltä tulevan ravinnekuormituksen Sirppujokeen on arvioitu olevan vain n. 2 % niin fosforin kuin typen osalta (taulukko 4). Tämä johtuu pitkälti siitä, että kangasmaiden ja Sirppujoen välissä sijaitsee runsaasti peltoalueita. Sirppujoen valuma-alueella turvetuotantoa on hyvin vähän (Vänskä 2012). Vaikka viljelykasvien lannoitustasot ovat tarkentuneet, ongelmana ovat edelleen korkean fosforiluvun pellot, etenkin erikoiskasvien viljelyalueilla ja kotieläintalouden keskittymäalueilla. Toimenpideohjelmalla erikoiskasviviljelyä on erityisesti Sirppujoen ja Eurajoen vesistöalueilla, mikä näkyy myös peltojen fosforitilassa. Uudessakaupungissa kolmasosa peltojen maanäytteistä on fosforin viljavuusluokissa korkea – arveluttavan korkea ja Laitilassa vastaavasti runsas neljäsosa. (Kipinä-Salokannel 2016.)

Muun muassa valuma-alueen järvisyys vaikuttaa vesistöihin päätyvään kuormitukseen, ja koska Sirppujoen valuma-alue on vähäjärvinen, suurin osa valuma-alueelta tulevasta ravinnekuormituksesta pääsee kulkeutumaan nopeasti jokeen ja sitä kautta altaaseen. Valuma-alueen järvet, suot ja kosteikot hidastaisivat ja tasaisivat virtaamia, jolloin osa veden mukana kulkeutuvista ravinteista sitoutuisi kasvillisuuteen ja muuhun eliöstöön tai laskeutuisi järvien pohjalietteeseen. (Kipinä-Salokannel 2016.)

Taulukko 4.

Eri kuormituslähteiden osuus (%) Sirppujoen kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppikuormituksesta. (Kipinä-Salokannel 2016)

Kuormittaja	Sirppujoki	
	TP	TN
Hajakuormitus:		
Maatalous (%)	69	63
Metsätalous (%)	2	2
Haja-asutus (%)	11	2
Hulevesi (%)	< 1	< 1
Luonnonhuuhtouma (%)	17	31
Laskeuma (%)	1	1
Pistekuormitus:		
Yhdyskunnat + teollisuus (%)	1	1
Turvetuotanto (%)	-	-
Kalankasvatus (%)	-	-
Yhteensä (t/vuosi):	14	430

Makeavesiallas luokiteltaisiin nykyään luonnontilaisena vesistönä lähinnä kirkasvetiseksi niukkaravinteiseksi järveksi, joskin selvää eroa on karumman Ruotsiveden ja ravinteikkaamman Velhoveden pääaltaiden välillä. Etenkin Velhoveden itäpäähän laskevan Sirppujoen suiston tuntumassa rehevyyttä ja rehevöitymistä on havaittavissa runsaammin kuin Ruotsinveden pääaltaalla. Suljetun niukkaravinteisen järven suurimpia uhkia ovat happamoitumisen lisäksi rehevöityminen. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen vuoden 2013 arvion mukaan Sirppujoen fosforikuormituksen arvioidaan olevan yhteensä noin 5 tonnia vuodessa ja tyyppikuormituksen jopa 491 tonnia vuodessa (V-S ELY-keskus 2013). Makeavesialtaan kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppilukemat poikkeavat paljon muista Eura-, Lapin- ja Sirppujoen toimenpideohjelma-alueen rannikkovesien ravinnepitoisuuksista. Muun muassa kokonaistypen osuus on paikoitellen jopa kuusinkertainen muihin rannikkovesialueisiin verrattuna (taulukko 5). (Kipinä-Salokannel 2016.)

Taulukko 5.

Eura-, Lapin- ja Sirppujoen toimenpideohjelma-alueen rannikkovesien tyypittely ja vedenlaadun tunnuslukuja vuosilta 2006–2012. (Kipinä-Salokannel 2016)

Vesimuodostuma	Tyyppi	Kokonaisfosfori (µg/l)	Kokonaistyyppi (µg/l)	a-klorofylli (µg/l)	Näkösyvyys (m)
Rauman ja Eurajoen saaristo	Ses	17	290	2,3	3,7
Eurajoensalmi	Ses	23	391	4,3	1,6
Olkiluodonvesi-Haapasaarenvesi	Ses	17	294	2,8	3,1
Merirauma-Nurmes	Ses	17	285	2,3	2,96
Rauman edusta	Ses	30	384	4,8	2,2
Pyhamaan saaristo	Ses	20	307	2,3	3,9
Mannervesi	Ses	18	342	3,1	2,6
Ruotsinvesi-Velhonvesi	Ses	8	1 900	2,4	3,3
Liesluodon-Korsaaren edusta	Ses	21	307	3,7	2,8
Hylkimyksenaukko	Ses	25	361	5,4	1,8
Uudenkaupungin edusta	Ses	31	422	13,1	1,3
Lautvesi	Ses	28		6,1	1,3
Luvian-Rauman avomeri	Seu	14	275	2,1	4,4
Uudenkaupungin avomeri	Seu	18	289	2,5	4,3

Sirppujoen fosfori- ja typpikuormituksen välillä on huomattavan suuri ero, typpikuormituksen ollessa jopa satakertainen fosforikuormitukseen verrattuna. Pääasiallinen selittävä tekijä on Sirppujoen valuma-alueen happamat sulfaattimaat. Maaperän happamuus ja happamat valumavedet sitovat tehokkaasti fosforia maaperään ja pohjasedimenttiin, mutta vastaavasti tyyppiä (erityisesti ammonium-muodossa) liukenee veteen huomattavasti helpommin (Vänskä 2012).

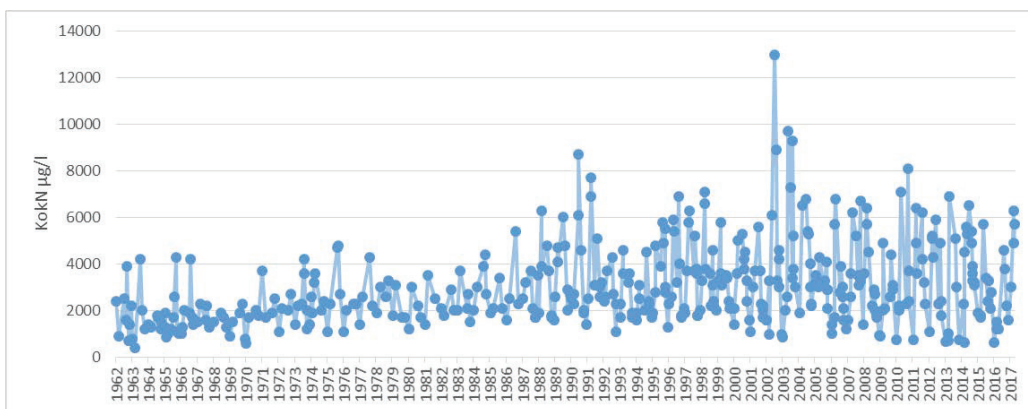
Sirppujoen kokonaisfosforipitoisuus on Varsinais-Suomen alueen alhaisimpia (V-S ELY-keskus 2013) ja joen kuljettamasta fosforista suurin osa saostuu veden happamuuden johdosta heti Sirppujoen suun lähialueelle (Aluehallintovirasto 2011) sekä makeavesialtaan pohjalle, joten fosforin hajakuormituksella on tällä hetkellä melko vähäinen merkitys makeavesialtaan ja merialueen kuormittajana. Toisin kuin fosforin kohdalla, makeavesialtaasta mereen virtaava vesi sisältää poikkeuksellisen paljon epäorgaanisia typpiyhdisteitä, jotka lisäävät ajoittain huomattavastikin Uudenkaupungin lähivesien typpipitoisuuksia (Turkki 2016a).

Vaikka Sirppujoen veden happamuus suojaa allasta suurimmalta fosforikuormitukselta sitomalla fosforia valumavesistä, fosforin sitoutumiseen jo joen varrella ja altaalla ei voida automaattisesti luottaa. Happamat huuhtoumat tapahtuvat usein ennalta arvaamattomasti ja happamuustilanteen muuttuminen parempaan suuntaan saattaa vaikuttaa fosforin sitoutumiseen heikentävästi ja johtaa altaan rehevöitymiseen melko lyhyessäkin ajassa. Lisäksi tilanteessa, jossa pohjan happitilanne heikkenee, pohjasedimenttiin sitoutuneet ravinteet vapautuvat takaisin veteen aiheuttaen huomattavan riskin sisäisestä kuormituksesta sekä rehevöitymisestä.

2.2.2 Sirppujoen ja makeavesialtaan typpi- ja fosforipitoisuudet

Sirppujoki

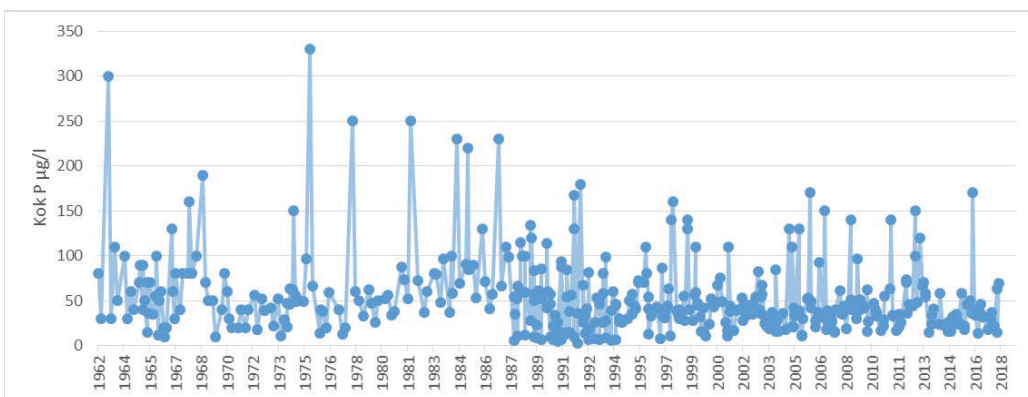
Vedenlaatumittausten perusteella Sirppujoen Kalannin näytepisteen kokonaistyyppipitoisuus vaihteli vuosina 1962–2017 välillä 400–13 000 µg/l (kuvio 15). Sirppujoen kokonaistyyppi on pääasiallisesti ollut korkeimmillaan keväisin ja loppusyksyisin, jolloin myös virtaamat ovat suurimmillaan sulamisvesien ja kevät-/syystulvien takia.



Kuvio 15.

Sirppujoen kokonaistyyppi vuosina 1962–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta 2017).

Vastaavasti Sirppujoen kokonaisfosfori vaihteli vuosina 1962–2017 välillä 3–330 µg/l (kuvio 16). Suurimmat pitoisuudet mitattiin pääsääntöisesti typen tavoin keväisin.

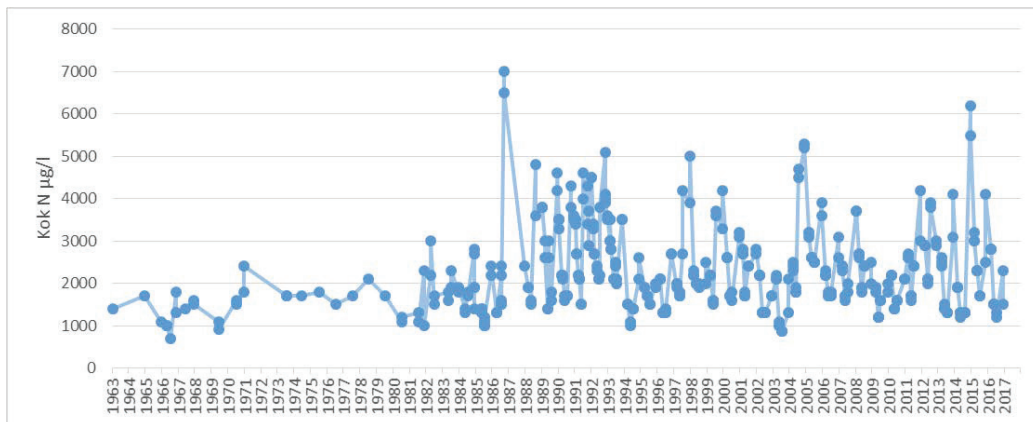


Kuvio 16.

Sirppujoen kokonaisfosfori vuosina 1962–2017. (Ympäristötietojärjestelmä Hertta 2017).

Makeavesiallas

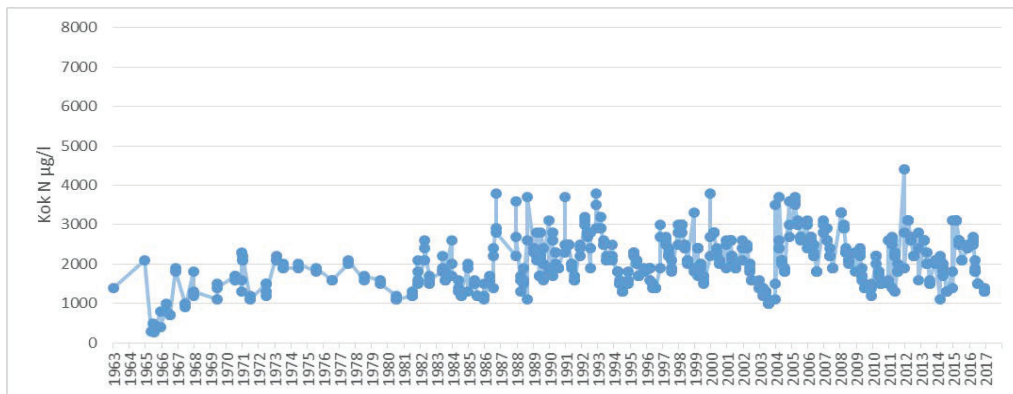
Makeavesialtaan pohjoisosassa kokonaistyyppipitoisuudet ovat vaihdelleet vuosina 1963–2017 välillä 700–7 000 µg/l (kuvio 17) ja altaan eteläosassa pitoisuudet olivat matalammat, niiden vaihdellessa 260–4 400 µg/l välillä (kuvio 18).



Kuvio 17.

Makeavesialtaan pohjoisosan kokonaistyyppi vuosina 1963–2017.

(Ympäristötietojärjestelmä Hertta 2017).

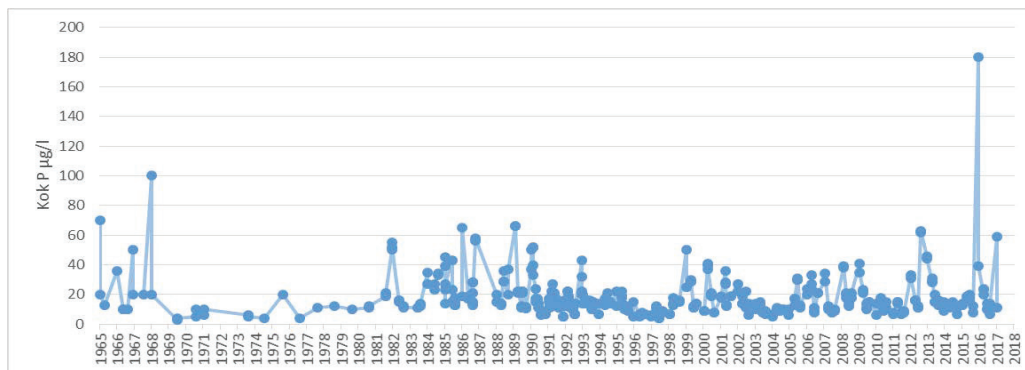


Kuvio 18.

Makeavesialtaan eteläosan kokonaistyyppi vuosina 1963–2017.

(Ympäristötietojärjestelmä Hertta 2017).

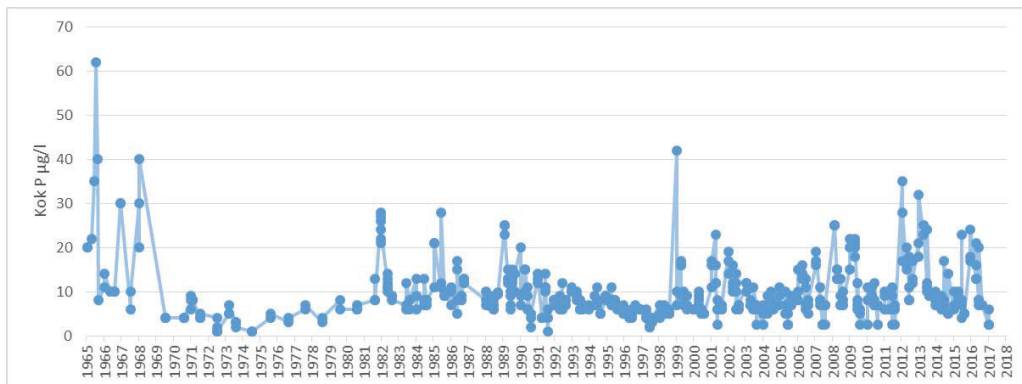
Makevesialtaan kokonaisfosforin osalta pitoisuudet vaihtelivat altaan pohjoisosassa vuosina 1965–2017 välillä 3–180 µg/l (kuvio 19) ja altaan eteläosassa välillä 1–62 µg/l (kuvio 20).



Kuvio 19.

Makevesialtaan pohjoisosan kokonaisfosfori vuosina 1965–2017.

(Ympäristötietojärjestelmä Hertta 2017).



Kuvio 20.

Makevesialtaan eteläosan kokonaisfosfori vuosina 1965–2017.

(Ympäristötietojärjestelmä Hertta 2017).

2.2.3 Sirppujoen ja makeavesialtaan tarkkailututkimukset 2017

LSVSY Oy:n vuoden 2017 tarkkailututkimusten perusteella Sirppujoesta virtasi makeavesialtaaseen keskimäärin n. 12 kg fosforia vuorokautta kohti laskettuna (4,3 t P/a). Vastaavasti typpivirtaama oli n. 1500 kg vuorokaudessa (556 t N/a). Vuoden 2017 fosforivirtaama oli n. 17 % pienempi, mutta typpivirtaama yli kaksinkertainen kuin vuonna 2016. (Turkki 2018.) Vuonna 2016 Sirppujoesta virtasi altaaseen n. 14,3 kg fosforia vuorokaudessa (5,2 t P/a) ja typpeä n. 625 kg vuorokaudessa (228 t N/a) (Turkki 2017b). Ravinteista noin 70–80 % ja kiintoaineesta 90 % virtasi makeavesialtaaseen loppuvuodesta loka-joulukuussa, jolloin Sirppujoen virtaama oli suurimmillaan. Koko vuoden keskiarvona Sirppujoen ammoniumtyppipitoisuus oli luokituksessa lievästi likaantuneella tasolla. (Turkki 2018.)

Loppupalvena 2017, pohjan läheinen happitilanne oli selvästi heikentynyt Majamaalla ja Ruotsinvedellä, jonka seurauksena mangaanipitoisuus oli erittäin suuri Ruotsinvedellä pohjan tuntumassa. Sirppujoen vaikutus näkyi selvänä altaan pohjoisosassa kohonneena ammoniumtypen pitoisuutena. Kuluneen talven ja edeltäneen syksyn 2016 poikkeuksellisen pienen sademäärän ja mahdollisesti Sirppujoen ruoppausten seurauksena Sirppujoen valuma-alueen alunamailta oli saattanut huuhtoutua happamia yhdisteitä. Happamuuden seurauksena fosfori saostui todennäköisesti altaan pohjalle, sillä fosforipitoisuudet olivat poikkeuksellisen pieniä. (Turkki 2018.)

Kesäkuussa happitilanne oli hyvä koko altaassa ja tuotantokerroksen fosforipitoisuudet olivat karulla ja klorofyllipitoisuudet lievästi rehevällä tasolla. Elokuussa happitilanne oli hyvä kaikilla mittauspaikoilla, myös pohjan tuntumassa. Tuotantokerroksen fosforipitoisuudet olivat altaan pohjoisosassa ja Majamaalla karulla ja Ruotsinvedellä lievästi rehevällä tasolla. Sirppujoen kautta tullut typpikuormitus oli pitkään ollut tavallista pienempi, mikä näkyi myös tuotantokerroksen pitoisuuksissa, jotka olivat altaan keskiarvona yli 50 % ajankohdan pitkäaikaiskeskiarvoja pienempiä. (Turkki 2018.)

2.2.4 Altaan menovirtaaman aiheuttama kuormitus merialueelle

Uudenkaupungin merialueen kuormitus ja tila 2015 -vuosiraportissa makeavesialtaasta mereen virtaava ravinnemäärä arvioitiin vuoden 2015 vesitaseen (tulovirtaama + sademäärä = haihdunta + vedenotto + ulosvirtaus) sekä Ruotsinveden veden laadun perusteella. Arvion mukaan altaalta mereen virtaava ravinnemäärä oli noin 430,6 tonnia kokonaistyppeä, 351,6 tonnia epäorgaanista typpeä ja 1,51 tonnia kokonaisfosforia vuodessa (taulukko 6). Tämä ravinnekuormitus oli sekä fosforin että typen osalta yli kolminkertainen esimerkiksi vuoteen 2014 verrattuna. Ravinnekuormitus oli typen osalta yli 40 % ja fosforin osalta noin 25 %

suurempi vuosien 2000–2011 keskimääräiseen kuormitukseen (P 1,2 tonnia ja N 302,8 tonnia) verrattuna. Esimerkiksi Ruotsinveden typpipitoisuus vuoden keskiarvona oli 9 % suurempi ja fosforipitoisuus 12 % pienempi vuosien 2005–2014 keskimääräisiin arvoihin verrattuna. (Turkki 2016a.)

Taulukko 6.

Uudenkaupungin merialueen ravinnekuormitus vuonna 2015 (tonnia/a). (Turkki 2016a)

	Fosforia	Typpeä	Typpi-fosforisuhde
Yara Suomi Oy:n jätevedet	0,2	50	250
Uudenkaupungin jätevedet	1,5	99	66
Makeavesialtaasta	1,5	431	287
Kalankasvatus ²⁾	0,5	5	10
	3,7	585	158
Laskeuma ilmasta merialueelle ¹⁾	0,57	30	53
	4,27	615	144

1) 534 kg N ja 10 kg P/km²a. Merialueen vesipinta-alana käytetty arviota 57 km² (Jumppanen 2002).

2) Kalankasvatuksen kuormitustietoihin eivät sisälly Pyhämaan merialueen laitokset

Samat laskelmat tehtiin myös vuoden 2016 vesitaseen ja Ruotsinveden veden laadun perusteella. Vuonna 2016 makeavesialtaasta virtasi mereen keskimäärin 78,7 milj. m³ vettä, joka on yli puolet pienempi vuoden 2015 ulosvirtaamaan verrattuna. Arvion mukaan vuonna 2016 altaalta mereen kohdistuva ravinnekuormitus oli 162,1 tonnia kokonaistyppeä, 124,3 tonnia epäorgaanista typpeä ja 0,9 tonnia kokonaisfosforia vuodessa (taulukko 7). Eri vuosien arvioiden perusteella makeavesialtaasta mereen kohdistuva ravinnekuormitus vaihtelee vuosittain hyvin paljon.

Taulukko 7.

Uudenkaupungin merialueen ravinnekuormitus vuonna 2016 (tonnia/a). (Turkki 2017a)

	Fosforia	Typpeä	Typpi-fosforisuhde
Yara Suomi Oy:n jätevedet	0,12	30	250
Jätekipsialue	0,25		
Uudenkaupungin jätevedet	0,58	95	164
Makeavesialtaasta	0,9	162	180
Kalankasvatus ²⁾	0,4	5	13
	2,25	292	130
Laskeuma ilmasta merialueelle ¹⁾	0,57	30	53
	2,82	322	114

1) 534 kg N ja 10 kg P/km²a. Merialueen vesipinta-alana käytetty arviota 57 km² (Jumppanen 2002).

2) Kalankasvatuksen kuormitustietoihin eivät sisälly Pyhämaan merialueen laitokset

2.3 Sirppujoen perkaukset ja niiden aiheuttamat riskit

Sirppujoen valuma-alueella on tehty vuosien saatossa useita tulvasuojeluun liittyviä perkauksia, jotka ovat yksipuolistaneet jokiuomaa (Salmi & Kipinä-Salokannel 2010). Sirppujokea on perattu ainakin 1900-luvun alussa, 1930- ja 1950-luvuilla. Sirppujoen laajat järjestelytoimenpiteet toteutettiin vuosina 1989–1995, jolloin tulvasuojelutarkoituksessa jokiosuudesta perattiin n. 30 km enimmäkseen Laitilan keskustan alueelta ja maamassaa poistettiin noin 494 000 m³krt (kiintokuutiometriä). (Vänskä 2012.) Lisäksi jokiuomaa oikaistiin ja pengerrettiin osittain (Salmi & Kipinä-Salokannel 2010). Järjestelytöiden yhteydessä Sirppujoen pääuomaan rakennettiin seitsemän pohjapatoa, joiden tarkoituksena on taata riittävä vedenkorkeus alivirtaamakausien aikana (VARELY 2011). Sirppujoen viimeisimmät kunnostusperkaukset toteutettiin vuosina 2013–2017: mm. 20 km osuus Männäistenkoskelta ylävirtaan Ketun-Malvonjokihaaraan saakka ja maamassaa poistettiin arviolta 5 m³/m. Vuonna 2015 perattiin altaalta n. 2 km ja keväällä 2017 ruopattiin osuus Laitilan Virvoitustehtaan viereisestä jokialueesta. Lisäksi perkausten yhteydessä poistettiin ranta-alueiden puustoa. Maamassat kalkittiin muualla kuin altaan läheisyydessä ja metsäisillä ranta-alueilla. (Mustonen A. sähköpostikeskustelu 26.5.2015; Mustonen A. henkilökohtainen tiedonanto 6.3.2018).



Kuva 14.

Nansion sillalta Uudenkaupungin-Laitilan maantien suuntaan etelään 1990-luvun ruoppaustöiden aikana otettu kuva osoittaa, kuinka paljon Sirppujokea ruoppauksessa levennettiin (Kuva: Eino K. Koskinen).

Erityisesti 1990-luvun perkaukset vaikuttivat joen hydrologiaan ja morfologiaan. Perkaukset olivat laajempia kuin puolet jokiuoman pituudesta ja ”Varsinais-Suomen pintavesien toimenpideohjelma vuoteen 2015”:n mukaan Sirppujoki täyttää voimakkaasti muutetun vesistön kriteerit. Sirppujoen perkausten kunnostaminen vastaamaan riittävässä määrin luonnontilaa ei ole todennäköisesti mahdollista aiheuttamatta merkittävää haittaa erityisesti maataloudelle. (Salmi & Kipinä-Salokannel 2010.)

Lisäksi makeavesialtaalla on voimassaoleva vesihuollon velvoite pitää määrättyt veneväylät avoinna ja puhtaina liiallisesta kasvillisuudesta. Kasvillisuuden poiston yhteydessä tehdään ruoppauksia myös altaan puolella.

Perkaukset sekä muut kunnostus- ja muutostoimenpiteet kuten ojitukset, aiheuttavat muutoksia eroosioherkkyydessä, valumassa ja joen virtaamisissa, erityisesti lisäämällä kevät- ja syystulvien haitallisia vaikutuksia niin vedenlaadulle kuin Sirppujoen varrella sijaitseville viljelymaille. (Vänskä 2012.) Tavallisesti jokiuoman luontaisten tulva-alueiden puuttuminen ja mutkien suoristaminen saattavat voimistaa veden virtausnopeutta ja aiheuttaa eroosiota sekä uoman pohjan syöpymistä. Uoman yläjuoksun eroosio saattaa aiheuttaa alajuoksulle kiintoaineen kerrostumista, uoman liettymistä ja vedenlaadun heikkenemistä (Salmi & Kipinä-Salokannel 2010.) Lisäksi voimakkaiden perkausten seurauksena vesistöalueen eliöstö ja monimuotoisuus saattaa köyhtyä (SYKE 2014). Riskinä Sirppujoen kohdalla on myös alueelle tyypillisten happamien sulfaattimaiden hapettuminen ja sitä kautta veden happaneminen. Esimerkiksi 1990-luvun perkaustoimien aikana havaittiin useampana vuonna kalakuolemia. Myös maamassoissa ja pohjasedimenteissä olevat erilaiset yhdisteet, ravinteet ja metallit saattavat perkausten yhteydessä vapautua helpommin jokeen, päätyen lopulta makeavesialtaaseen.

2.4 Vesiliikenteen ongelmat makeavesialtaalla

Vesiliikenteen turvallisuus altaalla on nykyisellään kyseenalaista. Viitoitusta vesiliikenteelle entisellä merialueella ei ole, eikä altaasta ole kovin käyttökelpoista, saatikka kaikkien ulottuvilla olevaa merikorttia. Alueen vaaranpaikoista, sekä kulkuväylistä kiinteistöille on kiertänyt itsetehtyjä karttoja/muistiinpanoja ja pelastuslaitoksellakin on ollut omansa. Perimätiedon varaan rakentuva vesiliikenne ei kuitenkaan ole nykypäivää. Asia nousi vahvasti esiin alueen kiinteistöille ja käyttäjille tehdyssä hankkeen kyselytutkimuksessa, jonka mukaan varsinkin pääväylien merkitsemistä toivottiin (Popova & Alho 2016).

Makeavesialtaan vesiliikenne koostuu paljolti huvi-/mökkiveneilystä, pääosan veneilystä tapahtuessa kesäkaudella. Osviittaa vesiliikenteen määrästä antaa kyselytutkimuksen tulokset sulkuporttien käyttöaktiivisuudesta. Koska makeavesialtaan tapauksessa suurin osa kiinteistöistä on saavutettavissa myös teitse, iso osa maanomistajista ei käytä sulkuporttia kovinkaan usein. Kyselytutkimuksen mukaan vajaa 50 % ei käytä sulkuportteja juuri lainkaan. Toisaalta n. 10 % kaikista 543 vastanneesta käyttää sulkuportteja yli 30 kertaa vuodessa, näistä monet jopa yli 50 kertaa. Koko vesiliikenteen volyyymiä ei kyselytutkimuksen pohjalta voitu arvioida, mutta vastaukset kertovat aktiivisesta liikkumisesta, vaikka alueen sisällä tapahtuva veneily, kuten kotitarvekalastus, ei ole luvuissa mukana.

On yleisesti tiedossa, että suurin altaan onnettomuusriskiä kasvattava tekijä on altaan heikko kulkuturvallisuus. Navigointia helpottavan kartta-aineiston tai esimerkiksi väylämerkkintöjen puute lisäävät onnettomuuksiin helposti johtavien inhimillisten virheiden määrää. Näitä virheitä ovat mm. navigointivirheet, puutteet paikanmäärityksessä sekä puutteelliset tai huonosti viestitetyt tilannetiedot. Karilleajon lisäksi erilaisia mahdollisia onnettomuustyyppisiä ovat esimerkiksi yhteentörmäys, palovahingot sekä veneen uppoaminen. Kulkuturvallisuuden lisäksi onnettomuusriskiin vaikuttaa mm. sääolosuhteet sekä päihteiden vaikutuksen alaisena liikkuminen. Lisäksi makeavesialtaan sulkuportit tai niiden lähellä tapahtuva toiminta muodostaa onnettomuusriskejä, esimerkiksi jos sulkuporteilla syntyy toimintahäiriöitä tai sulkuportista yritetään kulkea liian isolla veneellä.

Makeavesialtaan ulkopuolelta sulkuporttien kautta tulevaa veneilyä tapahtuu ilmeisen vähän, johtuen varmasti juuri navigointikarttojen puutteesta. Aikanaan altaalla on ollut myös matkailu- ja lomakylätoimintaa, mikä lienee osaltaan ylläpitänyt jonkinmoista tietoa käyttökelpoisista veneväylistä. Nykypäivänä matkailutoiminnan edellytyksenä olisi varmasti liikkumisen turvaaminen. Altaan vuokramökeille, kuten Pirkholmaan, kuljetaan käytännössä teitse.

Vaikka muun veneilyn ja aikoinaan varmasti ulkopuolisen kalastuksenkin pitäminen mahdollisimman vähäisenä on ehkä ollut ranta- ja saarikiinteistöjen toiveenkin mukainen, osataan asia nähdä nykyään myös objektiivisemmasta näkökulmasta. Tämän osoittivat kyselytutkimuksen vastaukset.

Altaan alue ei enää aikoihin ole ollut varsinainen kulkureitti mihinkään, koska mm. liikenne Sirppujoelle näyttäisi olevan mennyttä aikaa. Moderni turvallisuusajattelu vesillä liikkumisessa ei varmastikaan oleellisesti lisäisi liikennettä alueella, eikä siten vaarantaisi maanomistajien ja mökkiläisten rauhaa ja yksityisyyttä. Käytännössä merikartta kuitenkin mahdollistaisi esim. pienille veneille tuulilta suojaisamman kulkureitin Pyhämaan-Rauman suuntaan ja varmasti vähäisen huviveneilyn, melonnan ja/tai vapaa-ajankalastuksen kasvun makeavesialtaalle. Olisihan pelkästään sulkuporttien käyttö monelle uusi kokemus.

2.4.1 Selvitystyö turvallisuuden parantamiseksi

Kyselytutkimuksen tulosten perusteella makeavesiallas-hankelähti selvittämään mahdollisuuksia vesiliikenteen turvallisuuden parantamiseen. Asian selvittäminen aloitettiin ottamalla yhteyttä merenkulkulaitokseen. Kuten niin monessa muussakin asiassa, väyläverkoston laajentamisessa vastaan tulivat monesta yhteydestä tutut henkilöresurssien ja taloudellisten edellytysten riittämättömyys.

Meriväyläyksikön mukaan liikennevirasto ei julkaise alueelta merikarttaa, eikä näin ollen tee alueella merenmittauksiakaan (yksikön päällikkö Simo Kerkelä Liikenneviraston Meriväyläyksikkö, sähköposti 14.11.2016). Merenkulkulaitos kehotti ottamaan yhteyttä alueelliseen ELY-keskukseen, joka siirsi asian alueelliseen Liikenneviraston Meriväyläyksikköön. Vastuuta siirrettiin varovasti myös kuntien ja yhdistysten suuntaan. Kuntien resurssit ovat kuitenkin varsin rajalliset ja vaikka kunta mieluusti osallistuisi parannustyön suunnitteluun, ehkä jopa perusinvestointien rahoitukseen, olisi kunnan ymmärrettävästi hankala ottaa ylläpidon jatkossa aiheuttamia jatkuvia kuluja ja vastuita kontolleen, varsinkaan kun asia ei kuulu sen ydintoimintaan. Yhdistyksen vastuulle taas voi helposti nähdä yksittäisen kohteen viitoittamisen, mutta ei niinkään laajojen vesialuekokonaisuuksien. Esim. yksityisten pienvenesatamien osalta voidaan viitoittaa oma ulosmenoväylä yksityisväylämerkein, joka tosin edellyttää myös monien asioiden huomioimista.

Liikenneviraston ylläpitämille virallisille väylille haetaan aina vesilain mukainen lupa ja ne merkitään merikartalle. Näin myös jos kunta tai yhdistys hakee lupaa väylälle, josta tulee silloin virallinen ja viralliset laatustandardit täyttävä. Ylläpito jää hakijalle (aluepäällikkö Marko Reilimo, Liikenneviraston Meriväyläyksikkö, sähköposti 27.3.2017).

Edellä esitetyistä vaihtoehdoista ei tuntunut olevan ratkaisuksi, mutta reunaehdot ainakin kävivät selviksi. Makeavesialtaan aluekokonaisuus on siksi mittava, ettei sen viitoitus ole käytännössä toteutettavissa muuten kuin asiasta vastaavan viranomaisen työnä.

3 Riskitekijät tulevaisuudessa

3.1 Yllättävästä onnettomuudesta johtuva vaarallisten aineiden päästö

3.1.1 Vaarallisten aineiden päästöriskit alueella ja päästöjen vaikutukset

Edellä mainittujen riskien lisäksi, esimerkiksi ympäristöä pilaava toiminta tai vaarallisten aineiden, kuten erilaiset öljy- tai kemikaalipäästöt muodostavat omat riskinsä niin raakaveden laadulle kuin luonnonympäristölle. Odottamattomat onnettomuudet ja päästöt voivat tapahtua itse makeavesialtaalla tai altaan ulkopuolella joko merialueella tai valuma-alueella, jossa esimerkiksi öljyä saattaa joutua maaperään tai Sirppujokeen mm. vuotavista öljysäiliöistä tai liikenneonnettomuuksien yhteydessä. Haitallisia päästöjä voi syntyä myös tahallisen toiminnan seurauksena.

Vaikka mahdolliset öljy- ja kemikaalipäästöt eivät muodosta yhtä suuria raakaveden laatuun kohdistuvia riskejä kuin esimerkiksi jätevesivuodot ja putkirikot, mahdollisten päästöjen vaikutukset voivat olla hyvinkin laajoja, haitallisia ja pitkäkestoisia. Päästöjen laadusta ja määrästä riippuen päästöt vaikuttavat haitallisesti mm. talousveden hankintaan käytettävän raakaveden laatuun ja käyttöön, raakavettä prosesseinaan käyttävän teollisuuden, kuten tässä tapauksessa mm. Yara Suomi Oy:n, Valmet Automotive Oy:n ja Vihannes-Laitilan, toimintaan sekä alueen virkistyskäyttöön. Pahimmassa tapauksessa veden käyttö makeavesialtaalla estyisi joksikin aikaa kokonaan ja raaka- sekä käyttöveden varassa toimivan teollisuuden toiminta sekä 25 000 asukkaan juomaveden saanti vaikeutuisi huomattavasti. Öljy- tai kemikaalipäästöt aiheuttavat myös laaja-alaisia välittömiä, välillisiä ja pitkäaikaisia haittavaikutuksia luonnonympäristölle ja virkistyskäytölle. Lisäksi haitallisten päästöjen (jälki)torjunta- ja puhdistustyöt ovat yleensä vaikeita ja pitkäkestoisia ja päästöjen aiheuttamat taloudelliset vahingot ovat huomattavia.

Esimerkkinä öljy

Yksi yleisimpiä vaarallisia aineita on öljy, joka on orgaaninen ympäristömyrky. Öljyn sisältämät PAH-yhdisteet, eli pysyvät, kerääntyvät ja ravintoketjussa rikastuvat yhdisteet, ovat karsino- ja mutageenisia aineita. Öljy vaikuttaa heikentävästi mm. eläinten veden- ja lämmöneristyskykyyn, tuhoaa kalojen kutupaikkoja ja saattaa aiheuttaa hyvinkin suuria muutoksia ravintoketjuissa tuhoten jopa joitain populaatioita kokonaan. Pienikin määrä öljyä voi pilata suuren määrän vettä. Terveydellisen haitan lisäksi pieni määrä öljyä vedessä aiheuttaa maku- ja hajuvirheitä. Öljyn hajoamiseen vedessä vaikuttavat öljyn kemiallinen koostumus, hapen läsnäolo, ravinteiden saatavuus, lämpötila ja pH. Esimerkiksi niukkaravinteisissa ja hapettomissa oloissa sekä viileissä olosuhteissa öljyn hajoaminen tapahtuu hyvin hitaasti (Kymenlaakson ammattikorkeakoulu 2011).

Esimerkiksi venemoottoreiden polttoaineena käytetään kevyitä öljylaatuja, kuten dieseliä ja bensiiniä. Veteen joutuessaan kevyet öljytuotteet yleensä haihtuvat ainakin osittain, erityisesti lämpimissä olosuhteissa. Haihtumisaika riippuu pitkälti öljyalaadusta, lämpötilasta, aallokosta ja tuulesta. Kevyet öljyalaadut muodostavat veden pinnalle ohuen kalvon, ja niitä ei aina kyetä vedestä keräämään. Leviämistä voidaan kuitenkin rajoittaa öljypuomein. Kevyet öljytuotteet liukenevat jonkin verran veteen ja ne hajoavat vedessä aerobisissa olosuhteissa, mutta ne eivät kuitenkaan ole nopeasti biologisesti hajoavia öljyjakeita. Lisäksi öljytuotteiden komponenttien sitoutuminen veden orgaaniseen ainekseen ja sedimenttiin voi hidastaa hajoamista. Kevyet öljyalaadut ovat vesiympäristölle öljyhiilivedyistä myrkyllisempiä, sillä ne mm. kertyvät hyvin helposti vesieliöihin, mutta toisaalta tutkimuksissa on todettu esimerkiksi kevyen polttoöljyn hiilivetyjen myös poistuvan elimistöstä varsin hyvin. (Työterveyslaitos 2018.)

3.1.2 Päästöriskit merialueella

Haitallisten ja mittakaavaltaan isompien päästöjen riski on suurin erityisesti merialueella, makeavesialtaan ulkopuolella, jossa esimerkiksi pienveneliikenne, suhteellisen vilkkaan Uusikaupunki-Nauvo-väylän liikenne sekä teollisuuden, kuten Yara Suomi Oy:n Uudenkaupungin lannoitetehtaiden, toiminta muodostavat omat riskinsä erilaisille päästöille. Makeavesialtaan vedenpinnan korkeampi taso, allasta kiertävät penkereet sekä sulkuportit suojaavat allasta mahdollisilta saastuneilta merivesiltä, joten tässä riskiselvityksessä ei tarkastella merialueella tapahtuvaa toimintaa ja sen päästöriskkejä tarkemmin. On kuitenkin huomioitava, että meriveden pääsy altaaseen on esimerkiksi myrskyjen, vedenpinnan korkeuserojen tai ilmastonmuutoksen seurauksena mahdollista, ja meriveden pääsyä altaaseen onkin tarkasteltu edempänä, ilmastonmuutos-kappaleen yhteydessä. Lisäksi esimerkiksi Uusikaupunki-Nauvo-väylän osalta on tehty oma riskikartoitus Turun AMK:n ”Öljyntorjunnan varautumisen kehittäminen Saaristomeren alueella” -hankkeessa.

3.1.3 Päästöriskit makeavesialtaalla

Tällä hetkellä makeavesialtaan päästöjen osalta vaarana on pääasiassa vapaa-ajan toimintaan liittyvät mahdolliset päästöt, kuten polttoainevuodot veneistä. Makeavesialtaan vesiliikenne koostuu paljolti huvi-/mökkiveneilystä, pääosan veneilystä tapahtuessa kesäkaudella. Erikokoisia veneitä altaalla on arviolta satoja, joiden polttoainetankkien tilavuus on veneen koosta riippuen arviolta n. 20–100 litraa. Lisäksi veneissä on usein varapolttoainekanistereita. Vaikka tarkkaa vesiliikenteen volyymiä ei ole tiedossa, esimerkiksi hankkeessa teetetyt kyselytutkimuksen vastaukset kertovat aktiivisesta liikkumisesta allasalueella.

Öljypäästöjä on sattunut alueella harvoin. Esimerkiksi palopääällikkö Marjusen arvion mukaan viimeisten 20 vuoden aikana alueella on sattunut n. 3-4 erikokoista öljyvahinkoa: mm. pari sulkuportin hydrauliiikan öljypäästöjä ja pieniä päästöjä rantakiinteistöillä. Tavallisesti sulkuporttien hydrauliiikkaöljy ei ole altaalle ongelma muuta kuin silloin, kun merivesi nousee korkealle ja mereltä on mahdollisesti vähäistä virtausta altaalle päin. Makeavesialtaalla tapahtuvan pienveneilyn lisäksi päästöriskejä voi aiheutua myös esimerkiksi ruoppauksissa käytettävien työkoneiden mahdollisista haitattomista päästöistä. Marjusen mukaan esimerkiksi 2000-luvun alussa altaalla upposi ruoppaaja aiheuttaen öljyvahingon (todennäköisesti joitakin satoja litroja hydrauliiikka- ja kevyttä polttoöljyä), jolloin imeytyspuomeja pidettiin altaalla 2-3 päivää. Tapaus meni oikeuteen. (Palopääällikkö Jukka Marjunen, V-S pelastuslaitos, sähköposti 28.2.2018.)

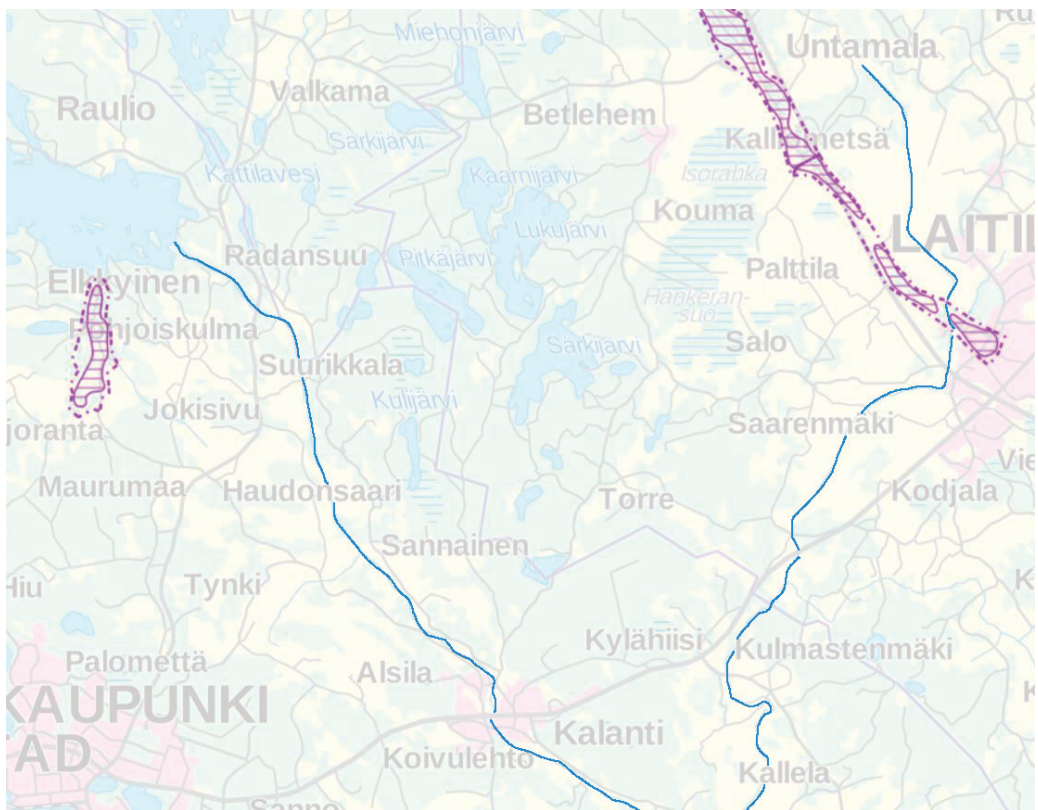
Mahdolliset polttoainevuodot pienveneistä ovat vuotomäärältään sen verran pieniä (arviolta max. 100 l), ettei suurella, alle 40 km² vesialueella päästö ole välttämättä kovin vakava ja ongelmallinen. Lieventävänä seikkana vaikuttaa erityisesti se, että mahdolliset päästöt altaalla muodostuvat pääosin kevyistä öljytuotteista, jotka erityisesti lämpimissä olosuhteissa osittain haihtuvat pintavedestä ilmaan. Todennäköisesti ne eivät helposti vajoa ainakaan suurina määrinä juuri altaan raakavedenottoalueelle, joka on altaan eteläpäässä n. 7 metrin syvyydessä. Mutta koska kyseessä on kuitenkin ainutlaatuinen, herkkä ja tärkeä vesialue ja päästöt ovat erityisesti öljyjen osalta myrkyllisiä niin ihmiselle kuin luonnonympäristölle, saastumisvaara on aina olemassa ja mahdolliset päästöriskit, niihin vaikuttavat tekijät sekä päästöihin varautuminen on otettava huomioon.

Altaan heikkoon ja puutteelliseen kulkuturvallisuuteen liittyy myös huoli siitä, kuinka esimerkiksi onnettomuuden sattuessa pelastustoimet tai mahdollisten päästöjen torjunta sujuisi kartoittamattomalla ja merkitsemättömällä vesialueella. Miten esimerkiksi öljyvahingossa turvataisiin raakavesilähde mahdollisimman nopeasti ilman lisäonnettomuusriskejä? Isomman ja varustukseltaan monipuolisemman öljyntorjuntakaluston pääseminen altaalle ei ole kiinteiden sulkuporttirakenteiden vuoksi mahdollista. Esimerkiksi altaan eteläpään

Vohdensaaren venesulun alituskorkeus (vedenpinnankorkeuden ollessa -31cm) on 227 cm ja sulun leveys on 400 cm. Sulkujen välinen sisäpituus on 11 m. (Uudenkaupungin Vesi 2018.) Sulkuportti mahdollistaa vain A- ja B-luokan 4,8–6,5 metristen öljyntorjuntaveneiden pääsyn altaalle. Öljyntorjuntaveneiden lastikapasiteettiin perustuvaan luokituksen alimpaan luokkaan kuuluvat A- ja B-luokan yleisveneet on tarkoitettu tarvikkeiden ja henkilöiden kuljetukseen suojaetuilla vesillä tai rannikoilla. A- ja B-luokassa veneen suurin leveys on 2,6 m, jotta sitä voidaan helposti kuljettaa maanteitse. Suurin sallittu kansilasti on näissä veneissä varsin pieni, 300 kg. (Hietala 2016.)

3.1.4 Päästöriskit makeavesialtaan valuma-alueella

Makeavesialtaan pienveneliikennettä merkittävämpi ympäristövahinkoriski aiheutuu valuma-alueella sijaitsevista maatalouden öljy- ja kemikaalisäiliöistä, asuinrakennusten lämmitysöljysäiliöistä sekä öljy- ja kemikaalituotteiden maakuljetuksista. Makeavesialtaan valuma-alueella sijaitsee jonkin verran pohjavesialueita, joista Sirppujokea lähimmät näkyvät kuvassa 16.



Kuva 15.

Sirppujoen lähellä olevat pohjavesialueet. © Karttapalvelu Lounaispaikka 2018.

Näillä alueilla mahdollinen vaarallisten aineiden vuoto maaperään aiheuttaa erityisriskin pohjaveden pilaantumiselle. Erilaiset öljytuotteet käyttäytyvät maaperässä eri tavoin. Erityisesti pohjavedelle haitallisimpia mineraaliöljytuotteita ovat kevyet öljytuotteet kuten kevyt polttoöljy, petroli ja bensiini. Raskaat öljytuotteet, kuten raskas polttoöljy, jotka ovat ongelmallisimpia aineita vesistövahingoissa, eivät ympäristön lämpötiloissa juurikaan imeydy maaperään. (SYKE 2013a.)

Makeavesialtaan ja Sirppujoen välittömässä läheisyydessä ei tiettävästi harjoiteta sen tyyppistä teollisuutta tai kaupallista toimintaa, josta voisi aiheutua vakava laajamittainen öljy- tai kemikaalionnettomuus (Vänskä 2012). Lähin teollisuustoimija on Laitilan Wirvoitusjuomatehdas, joka sijaitsee E8-tien ja Sirppujoen läheisyydessä. Tehdas siirtyi käyttämään nestekaasua kevytpolttoöljyn sijaan lokakuussa 2014 (Hinku-foorumi.fi 2014).

Valuma-alueella tapahtuvien öljy- ja kemikaalipäästöjen vaikutukset ja mahdollisen vahingon taso Sirppujokeen tai makeavesialtaaseen riippuvat monesta tekijästä: mm. päästön laatu, (leviämis)ominaisuudet, määrä ja keräysmahdollisuudet, päästön sijainti ja etäisyys vesistöistä, vuodenaika sekä Sirppujoen sen hetkinen virtaama. Talvikaudella, erityisesti jääpeitteisenä aikana esimerkiksi öljypäästön hallitseminen ja kerääminen on huomattavasti helpompaa ja nopeampaa kuin vastaavasti kevät-/syyskaudella, jolloin Sirppujoen veden virtaus ja tulvat ovat suurimmillaan ja öljyä saattaa kulkeutua Sirppujokea pitkin makeavesialtaaseen hyvinkin lyhyessä ajassa.

Öljysäiliöt

Makeavesialtaan ja Sirppujoen valuma-alueella sijaitsevista maatalouden öljy- ja kemikaalisäiliöistä ja asuinrakennusten lämmitysöljysäiliöistä ei ole olemassa kovin tarkkaa ja kattavaa tietoa. Varsinais-Suomen pelastuslaitos pitää öljysäiliörekisteriä, mutta vain kuntakohtaisesti tärkeillä pohjavesialueilla sijaitsevista alle 100 m³ säiliöistä. Vuonna 2014 laaditun öljyvahinkojen torjuntasuunnitelman mukaan pohjavesialueilla sijaitsee Uudessakaupungissa 0 kpl ja Laitilassa 60 kpl öljysäiliöitä (Varsinais-Suomen pelastuslaitos 2014).

Uudenkaupungin rekisterin mukaan Sirppujoen läheisyydessä (alle 300 m) sijaitsee tällä hetkellä ainakin kaksi eläinsuojaa, joilla on polttoainesäiliöt omaa toimintaa varten. Toisella tilalla on säiliöitä 2 kpl: 4 800 l + 3 000 l (sijaitsevat palkkien päällä) ja toisella tilalla 5 kpl: 10 000 l + 2 200 l + 3 000 l, 1 500 l ja 1 000 l (säiliöt ovat maanpäällisiä ja sijaitsevat lukittavissa rakennuksissa betonisissa valuma-altaissa, lukuun ottamatta 1000 l säiliötä, jonka valumallas on metallinen). Muiden eläintilojen tai maanviljelijöiden tietoja ei kaupungin rekisterissä ole. (Ugin ympäristösihteeri Stark, M., sähköpostikeskustelu 22.3.2018.) Google Mapsin ilmakuvatarkastelun perusteella Sirppujoen ranta-alueella sijaitsee muutamia kymmeniä isompia asuin- tai maatalousrakennuksia, mutta niiden tarkemmasta käyttötarkoituksesta ei ole tietoa.

Esimerkiksi maaseutushteereiltä löytyisi tiedot toiminnanharjoittajista, muttei välttämättä niiden öljy-/kemikaalisäiliöistä. Sirppujoen vesistöalueen valuma-alueella harjoitetaan paljon maataloutta ja Luonnonvarakeskuksen tilaston mukaan eritasoisten maatalous- ja puutarhayritysten määrä vuonna 2017 oli Uudessakaupungissa 226 kpl ja Laitilassa 276 kpl (LUKE 2017). Voidaan olettaa, että suurella osalla maatalous- ja puutarhayrityksistä on maanpäällisiä öljysäiliöitä, useimmiten enemmän kuin yksi kappale. Tilavuudeltaan säiliöt voivat toiminnan laajuudesta riippuen olla yleisemmin 1 000 l - 10 000 l. Maatiloilla koneiden ja laitteiden polttonesteet varastoidaan yleisesti kiinteissä farmarisäiliöissä, eli säiliöissä jotka on tarkoitettu vain polttonesteiden varastointiin. Lähtökohtaisesti maatalouden öljysäiliöt luokitellaan varastosäiliöiksi, eikä niitä saa kuljettaa ja siirtää muuten kuin tyhjennettynä ja puhdistettuna. Maatiloilla tankkaukseen käytettävien säiliöiden yhteenlasketun tilavuuden ollessa 10 000 l tai enemmän on otettava yhteyttä pelastus- ja ympäristöviranomaiseen lupatarpeen selvittämiseksi. (ELY-keskus 2010.)

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (TUKES) VARO-rekisterin mukaan maatilojen farmarisäiliöt aiheuttivat vuosina 2001 – 2009 yhteensä 152 onnettomuutta koko Suomessa. Onnettomuuksia aiheuttivat mm. säiliön vuotaminen (59), letkun vaurioituminen (28), säiliöön törmääminen (11), lappoilmio (10) ja varkaudet (10). (ELY-keskus 2010.)

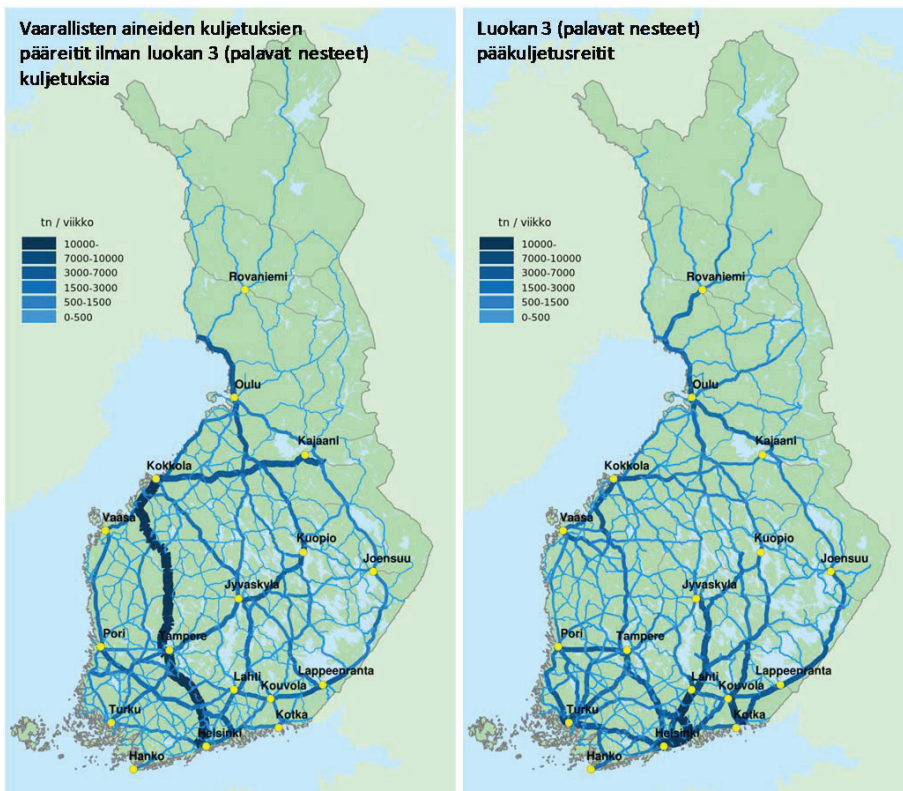
Asuinrakennusten mahdollisista lämmitysöljysäiliöistä voisi saada tietoa kuntien rakennusvalvonnasta, mutta tiedot saattavat olla kiinteistökohtaisissa rakennuslupatiedoissa, jotka pitäisi etsiä arkistosta erikseen (Ugin ympäristösihteeri Stark, M., sähköpostikeskustelu 22.3.2018). Esimerkiksi Uudenkaupungin rakennusrekisterissä on rakennuksittain niiden varusteet mm. lämmitystapa, mutta nekin tiedot ovat kovin puutteelliset, muiden kuin ihan uusien rakennusten osalta (Ugin rakennusvalvonnan toimistos sihteeri Hakkarainen, A., sähköpostikeskustelu 26.3.2018).

Polttoöljyn jakeluasemat

Kunnilla ja pelastuslaitoksilla on tiedossa ympäristöluvanvaraiset yli 10 m³ polttoöljyn jakeluasemat. Maakuntakaavaan merkityllä ns. Sirppujoen suoja-alueella (etäisyys vaihtelee) ei sijaitse Laitilassa yhtään polttoaineiden jakeluasemaa (Laitilan ympäristöpäällikkö Simula, P., sähköpostikeskustelu 21.3.2018). Myöskään makeavesialtaan välittömässä läheisyydessä ei ole jakeluasemia (Varsinais-Suomen pelastuslaitos 2014). Uudessakaupungissa Sirppujoesta n. 500 m päässä sijaitsee kaksi ympäristöluvittua jakeluasemaa: Kalannin autohuolto ja Nestemarkkinointi Oy (Ugin ympäristösihteeri Stark, M., sähköpostikeskustelu 22.3.2018).

Viimeisin selvitys vaarallisten aineiden kuljetuksista (VAK) ja niiden reiteistä on Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín toteuttama tilast selvitys vuodelta 2012. Tiedot vaarallisten aineiden tiekuljetuksista kerättiin yrityksille lähetetyllä Internet-kyselyllä. Kyselyn vastausten perusteella vuoden 2012 vaarallisten aineiden tiekuljetusten määrä koko Suomessa oli yhteensä 12,0 miljoonaa tonnia. Suurin osa (64 %, 7,6 miljoonaa tonnia) kuljetuksista oli kuljetusluokkaan 3 kuuluvia palavia nesteitä. Seuraavaksi eniten kuljetettiin syövyttäviä aineita (luokka 8), joihin lukeutuvat mm. erilaiset hapot (18 %, 2,2 miljoonaa tonnia).

Trafín selvityksen mukaan esimerkiksi E8-tiellä kuljetettiin vaarallisia aineita pois lukien kuljetusluokan 3 (palavat nesteet) n. 500-1 500 tonnia viikossa ja kuljetusluokan 3 palavia nesteitä n. 3 000-7 000 tonnia viikossa (kuva 18). Erilaisia vaarallisia aineita kuljetetaan myös 43-Ukitietä ja 196-Raumantietä pitkin arviolta alle 500 tonnia viikossa. Esimerkiksi Uudenkaupungin alueen teollisuustoimijoiden, kuten Yara Suomen tarvittavat kemikaalit kulkevat rautatiekuljetusten lisäksi E8- ja 43-Uki-teitä pitkin.



Kuva 17.

Vaarallisten aineiden tiekuljetusten pääkuljetusreitit vuonna 2012. Luokan 3 (palavat nesteet) kuljetukset on esitetty erikseen oikeanpuoleisessa karttakuvas sa, koska muutoin muiden aineiden kuljetusreitit eivät olisi erottuneet kartalta. (Kumpulainen ym. 2013)

Trafilla on tieto VAK-kuljetuksista selvityksessä olevalla tarkkuudella. Kuljetusreittejä selvitettiin kyselytutkimuksella, ja niistä saatuja vastauksia voidaan vaarallisten aineiden kuljetuksesta annetun lain 23 b §:n mukaan salassapitosäännösten estämättä luovuttaa vain pelastus- ja väylänpitoviranomaisille pelastustoimintaa ja väylänpitoa varten. Erillistä tavaramäärien seurantarekisteriä ei Trafilla ole. (Trafin johtava asiantuntija Häkkinen A., sähköpostikeskustelu 22.3.2018.)

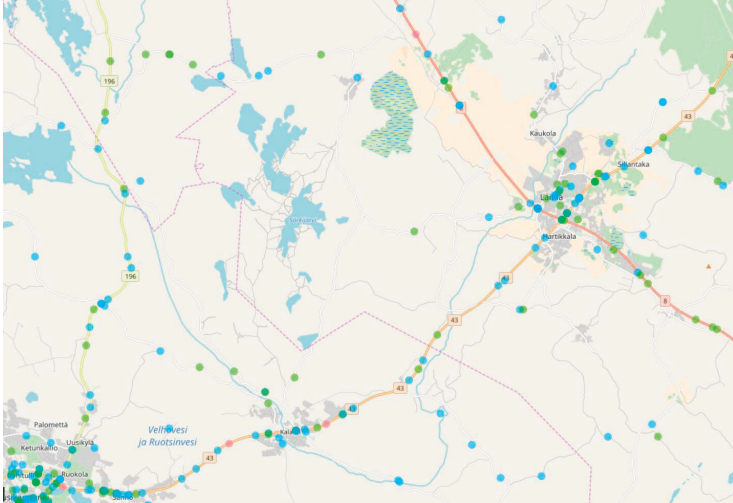
Tieliikenneonnettomuudet

Makeavesialtaan ja Sirppujoen valuma-alueella sattuu vuosittain useita eritasoisia tieliikenneonnettomuuksia. Kuvissa 19 ja 20 on kooste vuosien 2013–2017 paikannettavissa olevista tieliikenneonnettomuuksista Sirppujoen ja makeavesialtaan lähellä, joihin pelastuslaitos on hälytetty. Onnettomuuksia sattuu vuosittain kaikilla alueen isoimmilla teillä (196, 43 ja E8), suhteellisen lähellä Sirppujokea. Erityisesti E8- ja Kaukolantien (2501) risteyksessä sattuu onnettomuuksia vuosittain. Ottaen huomioon, kuinka paljon teillä kuljetetaan säännöllisesti vaarallisia aineista, päästöriski onnettomuuksien yhteydessä on vuosittain olemassa.

VAK-onnettomuudet sattuvat yleisemmin valtateillä, joilla sattuu myös yleensä eniten vuotoja aiheuttaneita onnettomuuksia. VAK-onnettomuudet eivät useimmiten johdu kuljetettavana olevasta aineesta. Sen sijaan onnettomuuden syynä on usein joko olosuhteisiin nähden väärä tilannenopeus tai muun liikenteen aiheuttama yllättävä kohtaamistilanne. (Räty & Länsivuori 2015.)

Liikennevakuutuskeskus tutki liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tutkimia vaarallisten aineiden tiekuljetusonnettomuuksia (97 kpl) vuosilta 2003–2014. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa yleiskuva ja tietoa vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuuksien tilastoinnista, onnettomuusriskeistä, seurauksista ja pelastustoimista. Selvityksen mukaan mm. vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuuksien tilastointia tulee kehittää. VAK-kuljetusten onnettomuuksista ei ole nykyisellään helppo saada kovin kattavaa tietoa, jossa olisi otettu huomioon esimerkiksi onnettomuuksiin johtaneita tekijöitä ja niiden seurauksia pelastustöineen. Tiedot kuormasta, pelastustöistä, ympäristövahingoista, kuljettajan koulutuksesta ja ajoneuvon haltijatiedoista tulisi kirjata ylös entistä tarkemmin. (Räty & Länsivuori 2015.)

Valuma-alueella sattuneista liikenneonnettomuuksista on vuosittain syntynyt myös erilaajuisia öljyvahinkoja. Varsinais-Suomen pelastuslaitos koosti kuvien 19 ja 20 tietojen pohjalta kartat, joista ilmenee vuosittain tieliikenneonnettomuuksista aiheutuneet öljyvahingot. Karttakuvat ovat liitteenä 2.



Kuva 18.

Paikannettavissa olevat tieliikenneonnettomuudet Sirpujoen lähellä, joihin pelastuslaitos on hälytetty vuosina 2013–2017. Ei henkilövahinkoja (vihr.) & loukkaantumiseen johtanut (sin.) Lähde: pelastustoimen toimenpiderekisteri PRONTO. <http://apps.strafica.fi/onn/pront>



Kuva 19.

Paikannettavissa olevat tieliikenneonnettomuudet altaan lähellä, joihin pelastuslaitos on hälytetty vuosina 2013-2017. Ei henkilövahinkoja (vihr.) & loukkaantumiseen johtanut (sin.) Lähde: pelastustoimen toimenpiderekisteri PRONTO. <http://apps.strafica>

3.2 Riskit alueen luonnonympäristölle

Uudenkaupungin makeavesiallas ja siihen laskeva Sirppujoki luokitellaan ei-luonnontilaisiksi, voimakkaasti muutetuiksi vesistöiksi. Altaan luonto ei ole kategorioinnista tietoinen, vaan noudattaa pitkälti samoja lainalaisuuksia kuin vastaavien luonnontilaisten vesialueiden lajisto. Nykyisin altaan tila on melko hyvin vakiintunut ja tilanne normalisoitunut erityisesti 1970-luvulla tapahtuneen happamoitumisen jäljiltä.

3.2.1 Happamoitumisen aiheuttamat riskit

Happamoitumisesta luonnonympäristölle ja eliöstölle aiheutuvat riskit ovat paljolti samoja kuin riskit raakaveden laadulle. Riskit voivat näkyä joissain eliölajeissa vasta pidempiaikaisen altistuksen myötä. Paitsi happamoituminen, myös muut kemikaalit, kuten raskasmetallit jne. voivat aiheuttaa eliöstölle ja luonnonympäristölle ongelmia.

Happamoitumisen aiheuttamat ongelmat luonnonympäristölle tulivat valitettavasti aikanaan tutuiksi Uudenkaupungin makeavesialtaalla. Selvimmin ongelmat näkyivät kalastossa kalakuolemina ja kasvillisuudessa rentovihviläkasvustojen ylivallassa. Happamoitumista ilmeisesti parhaiten sietänyt rentovihvilä sai ylivallan, muun kasvillisuuden vastaavasti kärsiessä liiasta happamuudesta.

Monien muiden eliöryhmien osalta mahdollisten haittavaikutusten todentamiseksi olisi tarvittu taustatietoa ja seuranta. Esim. pieneliöstössä muutokset ovat varmasti olleet tuolloin suuria, mutta vaikutukset vaikeammin toteen näytettävissä. Kasvilajit ovat usein symbioosissa jonkun hyönteislajin kanssa, tunnetuimpana mekanismina mm. pölytyt. Häiriö kummassa tahansa päässä voi aiheuttaa ennalta arvaamattomia vaikutuksia.

Linnuston suhteen on selvää, että kalaa ravinnoksi käyttäville linnuille on pahimman happamoitumisen aikaan täytynyt tulla tilapäinen lähtö altaalta. Lokkilinnuilla tilapäinen juhlahetki on varmasti myös hetkeä myöhemmin muuttunut lähdeksi. Kaikki vesilintulajit eivät kuitenkaan käytä kalaravintoa ja periaatteessa on saattanut käydä niin, että jokin muuta vesieliöstöä syövä laji, kuten vaikkapa uhanalainen mustakurkku-uikku, on tilapäisesti hyötynyt tilanteesta. Lajia esiintyi aiemmin makeavesialtaallakin, mutta vuoden 2016 kartoituksessa ei löytynyt yhtään pesivää paria. Särkikalan valtaamissa järvissä (johon hoitokalastus on yrittänyt puuttua) on tavallista, että vääristynyt kalakanta syö kaiken muun biomassan ja muuta kuin kalaa käyttäville lajeille ei jää syötävää. Käyttökelpoista aineistoa makeavesialtaan linnustosta ei vielä ole.

3.2.2 Luonnon aiheuttamat riskit makeavesialtaalle

Suurimmat riskit makeavesialtaan luonnon tasapainolle tulevat luultavimmin valu-ma-alueelta. Ilmastonmuutoksen myötä ennustettu talvisateisuuden lisääntyminen kasvattaa osaltaan riskejä. Ilmastonmuutos-skenaarion mukaan voimakas meriveden nousu vaikuttaisi niin ikään tasapainoon, mutta lievä suolapitoisuuden nousu olisi periaatteessa vain paluuta luontaiseen tilaan. Suurin kärsijä olisi silloin ihminen raakavedenoton vaikeutuessa.

Mutta tilanne voi periaatteessa ja käytännössäkin olla myös päinvastainen. Vieraslajit voivat vallata alueita hallitsemattomasti tai kotoperäinen ei-toivottu laji saa syystä tai toisesta kilpailuedun, kuten kävi rentovihviläkasvustojen kanssa. Tuolloin suurin haitta koitui luultavasti virkistyskäytölle.

3.2.3 Merimetso

Merimetson pesiytyminen makeavesialtaalle nähdään monen mielestä ei-toivottuna ja / tai uhkana. Pitää paikkansa, että laji voi jossain tapauksessa aiheuttaa haittaa asettuessaan väärään paikkaan, mutta yleisesti ottaen näin ei tutkimusten mukaan ole (SYKE 2017). Haittavaikutuksia voidaan etukäteen ajatella tai pelätä syntyvän ainakin neljällä eri tavalla:

1. kalasto ja/tai kalastus kärsii
2. pesimäpaikan puusto kärsii
3. virkistyskäyttöarvot kärsivät
4. raakaveden laatu kärsii.

Seuraavassa arvioidaan edellä lueteltujen haittojen mahdollisuutta ja todennäköisyyttä makeavesialtaan näkökulmasta:

1. Tutkimusten mukaan merimetso kalastaa ja syö sitä lajia, mitä missäkin ja kulloinkin on runsaasti tarjolla. Tulos on siten varsin luonnollinen ja yllätyksetön. Suomessa kyseessä ovat useimmiten ahven, särkikalat ja ulompana merialueella mm. kivinilkat. Myös ns. arvokalaa, kuten kuhaa, joutuu merimetson saaliiksi niillä alueilla, missä sitä on runsaammin tarjolla ja satunnaisemmin tietysti kaikkea kalaa.

Uudenkaupungin makeavesialtaan kalataloudelliset edellytykset -hankkeessa vuonna 2016 selvitettiin makeavesialtaan kalastoa laajoin koekalastuksin. Koekalastuksissa ahven ja särkikalat olivat vahvasti edustettuina. Muikkua ei koekalastuksessa juurikaan saatu, mutta aliedustus johtui varmasti osittain virallisen koe-kalastuksen verkkojen silmäkokojen sopimattomuudesta muikulle. Kalastusalueiden edustajilta ja kotitarvekalastajilta saatu lisätieto muikusta oli osin ristiriitaista ja onkin ilmeistä, että määrät vaihtelevat altaalla paitsi vuosittain, myös alueittain. (Suhonen 2016.)

Kun tulosten pohjalta arvioidaan merimetson mahdollista saalista makeavesialtaalla, tulisi saalis luultavasti koostumaan melko tasapuolisesti ahvenesta, särkikalasta ja mahdollisesti muikusta. Ahventa ja muikkua voidaan pitää kalataloudellisesti merkittävänä, mutta toisaalta ammattikalastus on ainakin toistaiseksi loppunut altaalta. Monin paikoin mm. hiipunut (kotitarve)kalastus yhdessä rehevöitymisen kanssa on johtanut särkikalavaltaisiin vääristymiin järvialueilla. Ongelmaa on yritetty hoitaa mm. ns. roska-/poistokalastuksella. Merimetson voisi parhaassa tapauksessa katsoa hoitavan tätä ongelmaa, jota tosin ei tulosten mukaan ole makeavesialtaalla. Myös huoli kalan loppumisesta merimetson myötä on turha, sillä merimetso ei pesi, ellei kalaa ole runsaasti. Johtopäätöksenä voidaan arvioida, että kalaston ja kalastuksen näkökulmasta mahdolliset vaikutukset eivät luultavasti olisi merkittäviä.

2. Toinen argumentti koski pesäpaikan puuston kärsimistä. Tämä argumentti on makeavesialtaalla relevantti, sillä puuttomia, merimetsolle soveltuvia luotoja ei altaan alueella montaa ole. Todennäköisesti merimetsot valitsisivatkin puustoisien pikkusaaren, jonka puusto luultavasti menehtyisi, värjäytyisi valkeaksi ja lopulta kuolisi. Myös lähisaaren puut saattaisivat tilapäisesti kärsiä pesänrakennuksen aikaisesta rakennusmateriaalin keruusta. Johtopäätös riippuu siitä sijainnista, minkä saaren linnut valitsisivat pesäpaikakseen. Mikäli pesimäluoto valikoituisi mökkinaapurustoon tai vaikkapa uimarannan läheisyyteen, olisivat vaikutukset negatiiviset. Poikkeusluvan saaminen häirintään olisi kuitenkin todennäköistä. Onko yksi vaaleaksi kuivunut luoto sitten kuinka merkittävä maisemallisesti, on jo enemmän makuasia.

3. Edellä kuvattu pätee pitkälti myös vaikutuksiin virkistyskäyttöarvojen suhteen.

4. Viimeinen argumentti vaikutuksista raakaveden on teoreettisesti mielenkiintoinen. Todennäköisesti käytännössä vaikutuksia voisi syntyä edes teoreettisesti vain, mikäli suuri kolonia asettaisi lähelle vedenottamoita. Siinä tapauksessa poikkeuslupa häirintään varmasti saataisiin ja otettaisiin käyttöön. Vastaavia määriä vesi- ja lokkilintuja esiintyy jo ennestään makeavesialtaalla, eikä niiden olemassaoloa kai ole kukaan koskaan kyseenalaistanut.

Uudenkaupungin makeavesialtaalle haettiin vuodelle 2017 merimetson häirintälupia, vaikka laji ei edes alueella pesi (Makeavesialtaan linnustoselvitys 2016). Ennenaikaista toimintaa ilman tietoa, yrittäkö laji edes koskaan alueelle pesimään, ei luonnollisesti voida harjoittaa, eikä ELY-keskus ole myöntänyt ennakoivia poikkeuslupia suojellulle lajille. Niin ikään argumenttina merimetsoa vastaan käytetty vieraslajitulkinta on nyttemmin yksiselitteisesti todistettu virheelliseksi, sillä laji on esiintynyt alueella jo ammoisina aikoina. Siitä kertovat historiantkirjat ja saalislajien luulöydöt.

3.3 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos vaikuttaa monin tavoin yhteiskuntaan, vesivarantoihin ja ympäristöön yleensäkin. Vaikutukset ovat jo jossain määrin havaittavissa, mutta niiden on yleisesti arvioitu lisääntyvän merkittävästi lähitulevaisuudessa. Tiedot ilmastonmuutoksen vaikutuksista ovat vielä puutteellisia ja perustuvat ilmastonmuutosta kuvaaviin monimutkaisiin skenaarioihin. (Jylhä ym. 2009.) Lyhyellä aikavälillä monet muut vesienhoitoon liittyvät asiat ovat kuitenkin huomattavasti merkittävämpiä vesistöjen ja pohjavesien tilan kannalta.

Lähivuosina noin vuoteen 2021 mennessä ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat vielä kohtuullisen vähäisiä ja hukkuvat ilmastossa havaittavien luonnollisten vaihteluiden sekaan (Jylhä ym. 2009). Mutta seuraavan sadan vuoden aikana ilmastonmuutos tulee kuitenkin näkymään varsinkin lämpötilojen nousuna ja sademäärien kasvuna. Tuoreimpien ilmaston liittyvien ennusteiden mukaan Suomen keskilämpötila on kuluvaan vuosisadan lopulla 2,5–6,0 °C astetta korkeampi ja sadanta 9–24 % suurempi kuin vuosina 1971–2000. Lämpötilat nousevat kaikkina vuodenaikoina, mutta selvästi enemmän talvella kuin kesällä. Myös kesän lämpimät päivät yleistyvät ja hellejaksot pitenevät (Ruosteenoja 2011). Runsaat sateet tulevat lisääntymään kaikkina vuodenaikoina, mutta erityisesti talvella. Myös rankkasateet yleistyvät ja voimistuvat tulevaisuudessa. Sadannan rankkuus kasvaakin enemmän, mutta itse keskisadanta ei juuri lisäännä (Jylhä ym. 2009).

Ilmastonmuutoksen seurauksena talviajan valunta kasvaa merkittävästi lumen sulamisen ja suurempien talviaikaisten vesisateiden vuoksi eteläisen Suomen kaikilla vesialueilla (Veijalainen ym. 2012a). Kevättulvat taas pienenevät, kun lumipeitettä ei enää kerry lämminneiden talvien aikana. Runsaslumisia talvia esiintyy todennäköisesti lähivuosikymmeninä, mutta noin 2050 jälkeen ne harvinaistuvat selvästi. Rankkasateiden lisääntymisen seurauksena pienten jokien rajut kesätulvat lisääntyvät. Tulevaisuudessa suurimmat tulvat voivatkin olla nykyisten keväisten lumen sulamiseen liittyviin tulviin verrattuna vaikeammin ennustettavia rankkasadetulvia, joita voi esiintyä mihin aikaan vuodesta hyvänsä. Niihin varautuminen on vaikeampaa kuin nykyisen kaltaisiin tulviin.

Nykyistä pidemmät kesät todennäköisesti pahentavat loppukesien kuivuutta. Vedenhankinnan kannalta tärkeät alivirtaamat pienenevät ja alivirtaamakaudet kesällä pitenevät etenkin eteläisessä Suomessa, mistä seuraa järvien vedenpinnan aleneminen kesän lopulla (Veijalainen ym. 2012a). Kaikkein kuivimpina kesinä kastelu ja vedenhankinta voivat näissä vesistöissä siten vaikeutua selvästi. Vastaavasti kesän rankkojen sateiden lisääntyminen sekä nykyistä lämpimämmät ja sateisemmat syksyt ja talvet voivat lisätä ongelmia vedenotolle (Jylhä ym. 2009).

Veden lämpötilan noustessa sinilevien kasvu lisääntyy ja happitilanne heikkenee järvissä, myös makeavesialtaassa, varsinkin vähäisten virtaamien aikana. Myös vesien bakteerimäärät saattavat lisääntyä, mutta tämä tuskin on ongelma makeavesialtaan raakavedenotolle.

Ilmastonmuutoksesta johtuva valunnan kasvu lisää ravinnekuormitusta vesistöihin ja sitä kautta rehevöitymistä. Merkittävimmin tämä vaikuttaa eteläisen ja lounaisen Suomen rannikkoseuduilla (Veijalainen ym. 2012b). Vesistökuormituksen synty siirtyy nykyisestä kevätaikaisesta enemmänkin talviaikaiseksi kuormitukseksi. Nykyistä lämpimämmät ja sateisemmat syksyt ja talvet sekä peltojen lumettomuus lisäävät ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin talvisin.

Ilmastonmuutos saattaa myös merkittävästi lisätä metallien ja happamuuden huuhtoutumista maaperästä. Erityisenä huolenaiheena ovat niin sanotut geokemialliset anomaliat, kuten poikkeuksellisen paljon raskasmetalleja sisältävät maaperätyypit (Riihimäki ym. 2012). Happamat alunamaat on esimerkki tällaisesta maaperätyypistä. CATERMASS-hankkeen ennusteen (Riihimäki ym. 2012) mukaan myrkyllisten yhdisteiden, kuten metalliyhdisteiden määrät tulevat lisääntymään erityisesti pitkien kuivien kausien ja niitä seuraavien rankkasateiden jälkeen. Myrkyllisten ja haitallisten metalliyhdisteiden kasvanut pääsy on todellinen riski myös makeavesialtaalla. Hydrologisten ääri-ilmiöiden odotetaan lisääntyvän erityisesti valuma-alueilla, joissa on vähän järviä ja virtaaman vaihtelut ovat nopeita. Makeavesialtaan suurin, Sirppujoen valuma-alue on juuri tällainen vähäjärvinen valuma-alue.

On todennäköistä, että Lounais-Suomen happamalla sulfaattimailla ilmastonmuutos voimistaa maaperän happamuudesta aiheutuvia haittoja ja lisää niiden laajuutta. Makeavesialtaan valuma-alueen sulfaattimaiden maankäytölle ilmastonmuutos aiheuttaa siten nykyistä suurempia haasteita ja kohdennettuja uusia haittoja lieventäviä toimenpiteitä on siksi tarve kehittää ja toteuttaa altaan valuma-alueella.

BILKE-hankkeen tuloksia

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen BILKE – Biotalouskeino kohti ilmastokestävyttä -hankkeessa selvitettiin vesistöjen haavoittuvuutta ilmastonmuutoksen myötä (Kauppinen, ym. 2017). Sirppujoen vesistö oli yksi hankkeen kolmesta kohdealueesta, muut olivat Paimionjoki ja Mynäjoki. Hankkeessa arvioitiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia A1B ilmastoskenaariolla, joka on 19 säämallin skenaarioiden keskiarvo A1B päästöskenaariolla.

BILKE-hankkeen loppuraportin (Kauppinen ym. 2017) mukaan tärkeimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöihin Varsinais-Suomessa keskimääräisellä ilmastonmuutosskenaariolla arvioituna ovat:

- Lämpötilat nousevat erityisesti talvisin, aiheuttaen lumipeitteisyyden ja roudan huomattavaa vähentymistä (ajallisesti ja määrällisesti).
- Sateen määrä voi mahdollisesti lievästi nousta (10–15 % Varsinais-Suomessa), mutta suurempi muutos on sateiden ajoittumisessa: sateet kohdistuvat aiempaa enemmän syksyyn ja talveen.
- Kevään aikaiset tulvat lumien sulamisesta aiheutuen harvinaistuvat.
- Kevästä tulee aiempaa kuivempia, kun lumet sulavat aiemmin ja maaperä kuivuu kevään vähäsateisena aikana.
- Rankkasateet mahdollisesti yleistyvät, mikä johtaa eroosio- ja tulvaherkkyyden lisääntymiseen

Ilmastonmuutos on kasvattamassa sadantaa ja lämpötilaa, mistä seuraa lumipeitteisen ajan lyheneminen, haihdunnan kasvua ja valunnan ja mereen päätyvän virtaaman kasvua. Alkukesällä pellot alkavat kuivumaan aikaisemmin ja kasveille saatavilla olevan veden määrä vähenee.

3.3.1 Meriveden pääsy altaaseen

Yksi Uudenkaupungin makeavesialtaan raakaveden käyttökelpoisuutta uhkaava vedenlaadullinen tekijä on altaan veden kloridipitoisuuden nousu. Tällä hetkellä juoksutusaukko, padot ja venesulut pitävät suolaisen meriveden altaan ulkopuolella. Käytännössä on kuitenkin mahdollista, että suolaista merivettä päätyisi altaaseen esimerkiksi venesulun tai juoksutusportin rikkoutuessa tai muuten vioittuessa ja virtausolojen muuttuessa. Myös allasta kiertävät ja suojaavat penkereet saattavat esimerkiksi sortua, mahdollistaen meriveden pääsyn altaaseen. (Vänskä 2012.)

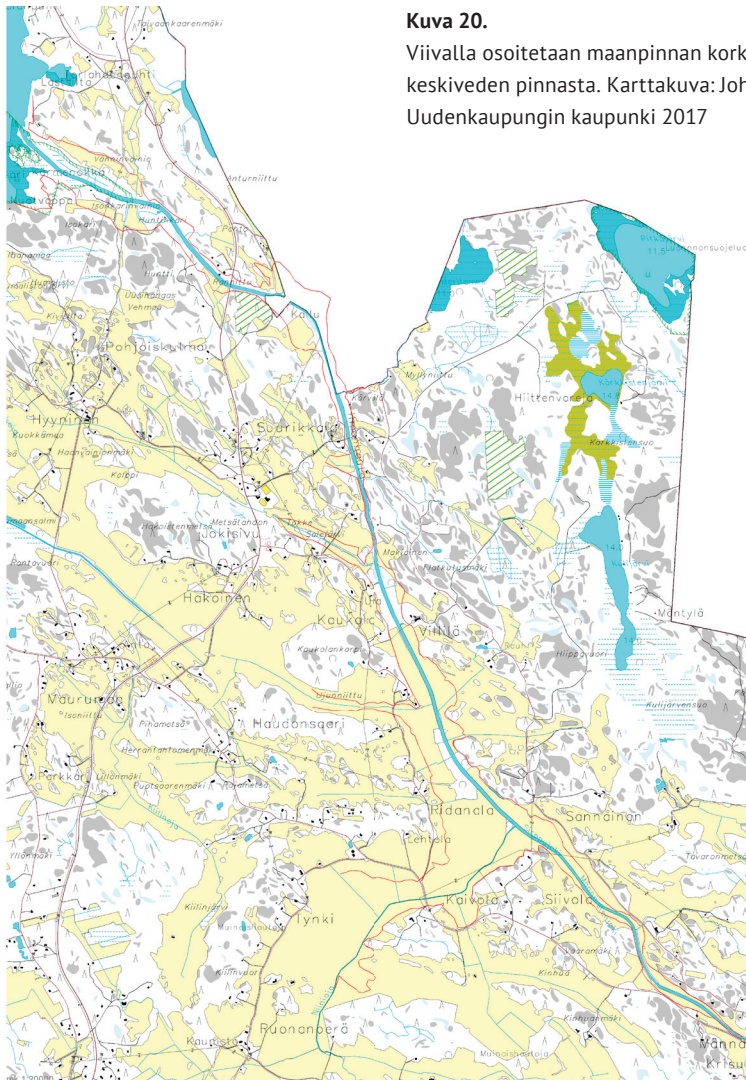
Hiljattain julkaistun tutkimuksen mukaan maailmanlaajuinen ennustettu merenpinnan nousu tulee olemaan vuosisadan loppuun mennessä välillä 0,40 – 1,0 metriä. Maankohoaminen kompensoi Itämerellä noin 80 % merenpinnan noususta. Maankohoamisen vaikutus on suurin Pohjanlahdella, mutta maankohoaminen ei kompensoi meren pinnan nousua Saaristomerellä. (Sonnenberg 2015.) Itämeren vedenpinnan nousu tulee olemaan 0,4 – 0,8 cm vuodessa vuoteen 2021 mennessä. Tämän suuruisen nousun vaikutus tulee kuitenkin hukkumaan lähivuosisikymmeninä ilmaston luontaisen vaihtelun sekaan eikä pinnan nousulla tule olemaan merkittäviä näkyviä vaikutuksia merialueella (Jylhä ym. 2009).

Sen sijaan vuosisadan loppupuolelle ilmaston muutoksiin liittyvät ilmastonmuutosskenaariot ennustavat jo niin merkittäviä muutoksia, että niillä on suuria vaikutuksia meren pinnan korkeuteen myös Itämerellä. Niihin liittyviin meriveden pinnankorkeuksien ennusteisiin sisältyy kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia ja oletuksia (Jylhä ym. 2009). Eteläisen Suomen rannikkoalueilla maankohoaminen on hidasta, eikä se pysty kompensoimaan veden pinnan nousua ja meriveden pinta tulee nousemaan vuosisadan lopussa merkittävästi myös makeavesialtaan läheisillä merialueilla (Sonnenberg 2015).

3.4 Altaan vedentason säännöstely

Makeavesialtaan säännöstelyn uusin ympäristölupa on myönnetty Uudenkaupungin Veden liikelaitokselle toukokuussa 2017 (Etelä-Suomen aluehallintovirasto. Päätös nro 123/2017/2. Dnro ESAVI/1402/2015). Siinä laillistettiin nykyinen käytäntö, joka on ollut lainvastainen ja myös edellisen ympäristöluvan vastainen. Muutamat maanomistajat ovat valittaneet päätöksestä. Nykyisellään altaan veden pinnantaso on noin 24 cm korkeammalla kuin ympäröivien merialueiden. Nykyinen taso on perusteltu, jotta veden laatu saadaan pysymään riittävän hyvänä veden otolle. Mahdollinen pinnan lasku saattaisi muuttaa ranta-alueiden olosuhteita ja muuttaa kasvien olosuhteita. Muun muassa rentovihvilä ja järviruoko saattaisivat lisääntyä altaan ranta-alueilla, koska molemmat lajit hyötyvät altaan pienemmästä vesimassasta, seuraavasta mahdollisesta pH:n laskusta, veden pinnan tason laskusta ja vesien rehevöitymisestä (Schneider ym. 2013, Varsinais-Suomen ELY-keskus 2015). Siten altaan virkistyskäyttömahdollisuudet saattaisivat heikentyä.

Pienentynyt vesimäärä altaassa saattaisi myös vaarantaa veden laadun esimerkiksi tilanteissa, joissa hapanta valumaa valuma-alueelta tapahtuisi tulevaisuudessa. Rehevöitymisestä voisi myös tulla ongelma, jos altaan pintaa laskettaisiin. On todennäköistä, että ilmaston muuttuessa altaaseen tulevien ravinnevirtaamien määrä tulee kasvamaan ja altaan rehevöitymisen todennäköisyys kasvaa. Tämänkin vuoksi uuden ympäristöluvan mukainen veden pinnankorkeus on perusteltu. Nykyistä ympäristölupaa alhaisemmalla vedenpinnan tasolla myös meriveden pääsy saattaa olla haitaksi vedenotolle kohonneen kloridipitoisuuden vuoksi.



Kuva 20.

Viivalla osoitetaan maanpinnan korkeus 2m makeanvedenaltaan keskiveden pinnasta. Karttakuvaa: Johan Mikola, Uudenkaupungin kaupunki 2017

4 Toimenpidesuosituksset riskien minimoimiseksi

4.1 Happamuuden torjunta

Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentämisestä ja torjunnasta on julkaistu useita erilaisia julkaisuja, joita ovat esimerkiksi:

- MMM: Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020 (http://mmm.fi/documents/1410837/1721026/mmmjulkaisu2011_2.pdf/596d9bbe-2889-4c8b-9806-d5a316cdd96b).
- MTT: Ympäristöriskien vähentäminen happamilla sulfaattimailla: opas pohjaveden pinnan säätämiseksi (<http://jukuri.luke.fi/handle/10024/480903>).
- LUKE: Metsänhoito happamilla sulfaattimailla (<http://jukuri.luke.fi/handle/10024/532317>).
- Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentäminen - CATERMASS-loppuraportti (http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE09_ENV_FIN_000609_LAYMAN_FIN.pdf).

Esimerkiksi happamien sulfaattimaiden strategian tavoitteiden mukaan:

- **Tietoisuutta happamista sulfaattimaista tulee lisätä** ja happamat sulfaattimaat tulee ottaa huomioon erilaisissa valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa sekä oppaissa, suosituksissa ja neuvonnassa.
- Haittojen vähentämisen painopisteen tulee olla **kustannustehokkaissa ennalta ehkäisevissä toimissa**.
- Haittojen **torjuntamenetelmiä** on tarpeen edelleen kehittää.

Edellä mainittujen raporttien pohjalta on listattu keskeisimmät toimenpide-ehdotuksen happamuushaittojen minimoimiseksi:

- Happamien sulfaattimaiden lisäksi **kartoitus** potentiaalisen riskin tunnistamiseksi
 - erityisesti metsätalousalueilla ja Sirppujoen varrelta
 - kartoitus ennen suuria maanmuokkaustoimenpiteitä, onko kohde riskialueella
 - mm. uusia kairausnäytteitä täydentämään GTK-kartoitusaineistoa.
- **Jatkuvatoiminen vedenlaatumittaus** Sirppujoelle ja mahdollisesti tärkeimmälle sivu-uomalle.
 - Saadaan luotettavaa vedenlaatumietoa pidemmältä ajalta niin pH:sta kuin muistakin vedenlaatua heikentävistä tekijöistä.
- Happamoittavien yhdisteiden huuhtoutuminen on voimistunut ihmistoiminnan vaikutuksesta. Ongelmaa voidaan kuitenkin myös ihmistoimin lievittää esimerkiksi kiinnittämällä huomiota valuma-alueen **vedenpinnan säätelyyn**.
 - Pohjaveden pintaa alentavia toimenpiteitä, kuten ojituksia pitäisi pyrkiä minimoimaan ja mahdollisuuden mukaan välttämään kokonaan, erityisesti luokan 1 ja 2 sulfaattimailla (taulukko 8).

Taulukko 8.

Happaman sulfaattimaan riskiluokitus Suomelan ym. 2014 mukaan.

Luokka	Sulfidin alkamissyvyys (m)	Maastossa mitattu min. pH 0–3 m syvyydellä (lisämääre)	Kokonaisrikkipitoisuus (%) (lisämääre)
1	0–1,0	A < 3,5	I > 1
2	1,0–1,5	B 3,5–3,9	II 0,6–1
3	1,5–2,0	C 4,0–4,4	III 0,2–0,6
4	2,0–3,0	D >4,5	IV < 0,2
5	sulfidi kokonaan hapettunut		
6	ei sulfidia 0–3 m syvyydellä		

- **Säätösalaajituksen toteuttaminen** pohjavesipintojen laskun rajoittamiseksi.
 - säätösalaajitus voi ehkäistä sulfidien hapettumista silloin, kun sulfidit ovat melko syvällä (esim. yli 2 m) maaprofilissa, mutta lähellä maanpintaa (esim. 1 m) olevien sulfidikerrosten hapettumista säätösalaajituksella ei voida estää, koska salaajitetulla pellolla pohjaveden pinta laskee väistämättä tätä syvemmälle.
- **Pohjapatojen tekeminen** Sirppujokeen ja sen sivu-uomiin.
 - Lisäksi olemassa olevien pohjapatojen (17 kpl) toimivuuden selvittäminen.
- **Kalkkisuodinoituksen toteuttaminen.**
 - Kalkkisuodinoituksessa ojituskaivanto täytetään maan ja poltetun kalkin seoksella. Sen avulla pyritään sitomaan valumavesien fosforia ja neutraloimaan niiden happamuutta.
- **Metsäalueiden happamilla sulfaattimailla** kunnostusojituksissa huolehditaan, että oja ei kaiveta nykyistä syvemmiksi eikä uusia lisäkuivatusoja kaiveta sulfidikerroksiin asti. Kuivatusteho voidaan tarvittaessa lisätä tihentämällä ojaväliä. Pohjaveden korkeutta ylläpidetään kuten myös ravinne- ja kiintoainekuormaa pienennetään **pohjapadoilla, kaivuukatkoilla ja pintavalutus kentillä.** Kuivatuksen tarpeellisuutta arvioidaan huolellisesti. Mätästettävillä uudisaloilla huolehditaan, että mättäitä ei kaiveta liian syvältä. Tuhkalannoituksella voidaan neutraloida uudisalojen mahdollisia happamia päästöjä.
- **Valkojärvestä** pumpattavan veden pH-vaikutus **tulisi selvittää** ja tarvittaessa sen aiheuttama happamoituminen tulisi estää.
- Maanmuokkauksen, kuten **ruoppausten, (kunnostus)ojitusten ja kaivuutöiden tarkempi suunnittelu ja minimoiminen** sekä kaivettujen **maamassojen riittävä kalkitseminen.**
 - **Luonnonmukaisien vesirakentamismenetelmien suosiminen**
 - ruoppaukset ja muut hoitotoimenpiteet toteutetaan perinteistä perkaamista kevyemmin ja ympäristöystävällisemmin.

- **Peltoalueiden, Sirppujoen ja tarvittaessa sivu-uomien kalkitseminen** pH:n laskiessa liian alas.
- **Pienempää kuivatussyvyyttä vaativien kasvien viljelyn** lisääminen riskialueilla
 - Esim. energiakasvien kuten järviruo' sekä nurmen viljely.
- **Koulutuksen ja tiedotuksen lisääminen** edellä mainituista aihealueista.

Taulukko 9.

Arvio sulfaattimaista aiheutuvan happamuuden hallintaan liittyvien toimenpiteiden vaikutuksista (MMM 2009).

Toimenpide	Tehokkuus happamuuden torjunnassa	Toteuttamis-kustannukset	Sosiaaliset vaikutukset	Suosittelavuus happamuuden torjunnassa
Viljelykasvin muutos tai pellon poistaminen viljelystä	Hyvin tehokas, osin epävarma	Edullinen	Suuri	Suosittelava
Kuivatustavan muutos	Hyvin tehokas	Edullinen	Suuri	Suosittelava
Ojituksen vesiensuojelurakenteet	Tehokas	Melko kallis	Eritt. pieni	Suosittelava
Säätösalaajitus	Melko tehokas,x), osin epävarma	Melko kallis	Pieni	Suosittelava
Säätökastelu ja kuivatusvesien kierrätys	Melko tehokas	Melko kallis	Pieni	Suosittelava
Vesistöjen pohjapadot	Tehokas	Melko edull.	Pieni	Suosittelava
Maaperän kalkitus	Tehoton	Edullinen	Pieni	Ei suositeltava
Vesistöjen kalkitus	Melko tehokas	Hyvin kallis	Pieni	Suosittelava täsmäkohteisiin
Anaerobiset pohjapadot	Melko tehokas	Hyvin kallis	Pieni	Edellyttää lisätietoa
Kalkkirouhepadot ja -pohjat	Epävarma vaikutus	Melko kallis	Pieni	Edellyttää lisätietoa
Kalkkisuodinojat	Melko tehokas, osin epävarma	Kallis	Pieni	Edellyttää lisätietoa
Juoksutusjärjestelyt ja pumppaamojen käyttö	Melko tehokas	Melko edull.	Eritt. pieni	Suosittelava täsmäkohteisiin xx)

x) mailla, joissa sulfidikerrokset ovat melko syvällä

xx) soveltuu vain harvoihin kohteisiin

4.2 Ravinnekuormituksen vähentäminen

Jotta alueen vesistöjen hyvä tila voitaisiin saavuttaa, uusimman Eurajoen-Lapinjoen-Sirppujoen pintavesien toimenpideohjelman mukaan ravinnekuormituksen vähentämistarve on kokonaisfosforin osalta 10–30 % eli noin 3 t/a ja kokonaistypen osalta vähintään 50 % eli noin 300 t/a kokonaiskuormituksesta (Kipinä-Salokannel 2016).

- Valuma-alueen pelloilta ja metsäalueilta Sirppujokeen päätyvän **ravinnekuormituksen vähentämisen keinot**
 - **suojakaistat ja –vyöhykkeet**
 - **talviaikaisen eroosion torjunta, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys**
 - **ravinteiden käytön hallinta/tarkennettu lannoitus, kerääjäkasvit**
 - **peltojen kasvukunnosta ja peruskuivatuksesta huolehtiminen**
 - **lannan jatkokäsittelyn tehostaminen**
 - **ojien luonnonmukaistaminen, pohjapadot, kaivuukatkot, laskeutusaltaat ja kosteikot.**
- Ilmastokestävien valuma-alueiden työkalut, Biotalouden keinoin kohti ilmastokestävyyttä II (BILKE II) -hankkeen loppuraportissa (<http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Bilke/Julkaisut>) on tarkasteltu tarkemmin eri toimenpiteiden vaikutusskenaarioita ravinnevähentämiseen.
- Valuma-alueen **valuman pienentäminen/hidastaminen**
 - **kosteikkojen lisääminen, vedenpidätys uomastoon, altaat.**
- **Ravinteiden kierrätyksen parantaminen.**
- Sirppujoen valuma-alueen ravinnekuormituksen vähentämisen toimenpiteisiin keskitytään tarkemmin vuonna 2018 alkaneessa ”Sirppujoen vedenlaadun ja tulvasuojelun parantaminen” -hankkeessa.
 - Hankkeessa pilotoidaan biohiili-hake-biosuodattamon soveltuvuutta ravinteiden sitojana.
- **Tilakohtaisen vesiensuojeluneuvonnan lisääminen.**
- Makeavesialtaan ja Sirppujoen rantojen **asumajätevesien vesistöön pääsyn estäminen.**

4.3 Vesiliikenteen turvallisuuden parantaminen

Taloudellisten edellytysten ohella paikallisen ELY-keskuksen näkemä vahva tarve **turvallisuuden parantamistoimenpiteille** olisi luultavasti ainoa konkreettisiin toimenpiteisiin johtava polku. Edellä mainitun viranomaisilta saadun palautteen ja ehdotusten pohjalta harkittiin myös **luotauksen toteutusta** erillisenä projektina. **Maastokartoituksen** toteutus Turun AMK:n toimesta voisi olla mahdollinen, ehkä rahoituksenkin järjestäminen. Ylläpito- ja vastuukysymykset vaatisivat kuitenkin ratkaisua, jota ei olisi helppo löytää. Parannuksia turvallisuuteen on lähivuosina luultavasti tulossa ainakin **sulkuporttien uusimisen** muodossa (Kim Westerholm, Uudenkaupungin Vesi Oy).

4.3.1 Retkikartta

Liikenneviraston meriväyläyksikkö ehdotti mahdollisena ratkaisuna virkistysreitistöihin liittyvän **retkikartan tuottamista**. Vanha syvyyskartta kaupungilla on olemassa ja näitä yhdistämällä ongelmia voitaisiin ainakin lieventää. Retkikartta ei ole virallinen navigointiin tarkoitettu kartta ja asia pitää tuoda selvästi esiin kartan yhteydessä. Parhaimmillaan retkikartalla pystytään kuitenkin epävirallisesti antamaan tyhjää parempi kuva vesialueesta ilman, että vastuut alueen vesiliikenteestä siirtyy retkikartan tuottajalle.

Uudenkaupungin makeavesialtaan käyttö- ja hoitosuunnitelma –hanke tuotti vanhan syvyyskartan pohjalta retkikartan, joka tulee jatkossa olemaan kaikkien saatavilla Uudenkaupungin kaupungin sivuilta.

4.4 Vaarallisten aineiden päästöihin varautuminen

Koska vaarallisten aineiden päästöt saattaa pahimmillaan johtaa vesistön pilaantumiseen, on tärkeää kiinnittää huomiota erilaisten päästöriskien **ennakointiin ja torjunnan varautumisen kehittämiseen**. On kiinnitettävä huomiota sellaiseen valuma-alueella tapahtuvaan toimintaan, josta on mahdollista aiheutua erilaisia haitallisia päästöjä. Altaan ja Sirppujoen valuma-alueella päästöriskin mahdollisuus on olemassa eikä alueella ole aikaisemmin **tehty tarkempaa onnettomuuksiin varautumista**. Myöskään laajempia **öljyntorjuntaharjoituksia** ei ole järjestetty, lukuun ottamatta paikallisten teollisuustoimijoiden omiin prosesseihin liittyviä varautumissuunnitelmia ja mahdollisia harjoituksia.

Saaristomeren alueella alusöljyvahinkojen torjuntaan on määritelty neljä vakinaisen henkilöstön miehittämää toimipistettä, joista yksi sijaitsee Hangontielle Uudessakaupungissa. **Uudenkaupungin meritoiminta- asemalla** sijaitsee F-, E- ja B-luokan öljyntorjuntaveneiden kotisatama. Makeavesialtaan porteista mahtuu kulkemaan kuitenkin vain A- ja B-luokan yleisveneet. Lisäksi alueella sijaitsee ÄÖ2- eli keskisuuren alusöljyvahingon varautumistason varasto sekä MÖ1- eli pienen maaöljyvahingon varautumistason kontti.

Erilaiset toimenpidesuositukseltaalle sekä valuma-alueelle

- Yksityiskohtaisempi **riskikartoitus** meri-, makeavesiallas- sekä valuma-alueelle. Kartoituskohteina voisivat olla mm. vaarallisten aineiden kuljetusreitit ja kuljetusmäärät sekä erilaiset öljyn käyttökohteet, kuten asuintalot ja farmarisäiliöt.
 - Uudenkaupungin ja Laitilan öljyn käyttökohteiden **rekisterin täydentäminen**.
 - **Tiedottaminen** esim. öljysäiliöistä. Vaikka maanpäällisiä farmarisäiliöitä ei koske pakollinen tarkastusvelvollisuus, tulisi kaikkiin farmarisäiliöihin tehdä säännöllisesti tarkastus- ja huoltotoimenpiteet vahinkojen estämiseksi. Vastuu säiliöstä on aina säiliön omistajalla/haltijalla, joka myös ensisijaisesti vastaa mahdollisen öljyvahingon puhdistuskustannuksista. Siksi onkin tärkeää, että säiliön omistajalla/haltijalla on oikeata **tietoa** farmarisäiliönsä sijoittamiseen, tarkastamiseen, säännölliseen huoltoon ja käytöstä poistamiseen liittyvistä asioista.
- **Tabletop- eli karttahaarjoitustoiminta sekä käytännön torjuntahaarjoitus** yhteistyössä alueellisten pelastuslaitosten (Varsinais-Suomi ja Satakunta), teollisuustoimijoiden, kaupungin ja sataman kanssa.
 - Taustalla voisi olla erilaiset **skenaariot**, esimerkiksi onnettomuus meren puolella (Yaran Uudenkaupungin tehtaat), makeavesialtaalla (onnettomuus sulkuporteilla tai karille ajo lähellä vedenottoaluetta) tai valuma-alueella (VAK-onnettomuuden seurauksena vaarallista ainetta päätyy Sirppujokeen ja sieltä altaaseen).
 - Käytännön torjuntahaarjoituksessa olisi tärkeää harjoitella ainakin **missä ajassa** öljytorjuntakalusto saadaan alueelle (erityisesti makeavesialtaalle) sekä vedenottoalueen **puomittamista**.
- Sirppujoelle oma **valmispuluttaussuunnitelma** ja mahdollisen **puomivaraston** sijoittaminen lähialueelle.
- Makeavesialtaan **kulkturvallisuuden kehittäminen**.

- Hankkeessa tuotettu epävirallinen **retkikartta** makeanvedenaltaalle ja Uudenkaupungin kaupungin **tiedotus ja opastus** asiasta.
- Sirppujokea ylittävien **maantiesiltojen turvallisuuden huomioiminen** jatkossakin.

Lisäksi yleisesti ottaen vaarallisten aineiden päästöihin varautumisessa on tarvetta soveltavalle **tutkimukselle** erityisesti yleistyvien **biopolttoaineiden** ympäristövaikutuksista, torjunnasta ja ekologisista riskeistä. Tutkimustiedon avulla vahinkotilanteessa osattaisiin tehdä oikeanlaiset torjuntatoimenpiteet vaikutusten ja vahingon kustannusten minimoimiseksi. Biopolttoaineiden torjunta on vasta kehitysasteella - sopivinta tapaa torjua biopolttoaineita ei vielä tiedetä.

4.5 Veden pinnan nousuun varautuminen

Pitkällä aikavälillä meriveden pinnan nousuun on syytä varautua, jotta turvataan makeavesialtaan hyvä kemiallinen ja ekologinen tila tulevaisuudessakin. Veden pinnan nousuun tulee siksi jatkossa varautua makeavesialtaalla mm. **varautumalla pengerteiden korottamiseen ja sulkuporttien vahvistamiseen.**

Nykyisellä veden pinnan tasolla tulvariskit tulevat olemaan suurempia kuin alhaisemmalla veden korkeudella. Tähän olisikin syytä varautua mm. **suoja-vyöhykkeiden ja tulvasuojausten avulla.** Tulvatilanteisiin on myös pyrittävä varautumaan niin, että niistä on mahdollisimman vähän haittaa maanviljelykselle ja virkistyskäytölle.

4.6 Sään ääri-ilmiöt

Ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöiden, kuten rankkasateiden ja kuivuusjaksojen ennustetaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Sirppujoen puskurointinkyky ääri-ilmiöille on haasteellinen, sillä valuma-alueen luontainen vedenpidätys- ja –varastointikapasiteetti on melko alhainen pelto-ojien ja uomien perkausten sekä metsäalueiden ja luontaisten kosteikkojen ojitusten vuoksi. Haastetta lisää makeavesialtaan säännöstely, jonka kyky vastaanottaa tulvavesiä riippuu veden juoksutuksista. Voimakkaan sadannan aikana erityisesti alajuoksulle muodostuu tulvia ja pitkinä kuivakausina kasteluvvedestä voi tulla pulaa.

Sään ääri-ilmiöiden varautumiseen tarvitaan ennakoivia toimenpiteitä koko valuma-alueella vedenpidätyskyvyn lisäämiseksi ja ääri-ilmiöiden tasaamiseksi. Ensisijaisesti tulisi kehittää kustannustehokkaita ja pitkäaikaisia luontaisia ratkaisuja, mutta näiden lisäksi tarvitaan myös tulvasuojelua parantavia rakenteita.

- **Vedenpidätyskyvyn ja viipymän lisääminen** koko valuma-alueella:
 - **altaat** (ravinteiden ja kiintoaineksen pidätys)
 - **kosteikot ja suoalueet**
 - **käytöstä poistetut pellot** tai huonosti kuivatettavissa olevat pellot (kosteikkoviljely)
 - **luonnonmukainen kuivatus** ja vedenpidätyksen lisääminen uomastoon huomioiden rakenteiden toimivuus tulvakaussina ja kasvukauden ulkopuolella
 - uomien mutkittelevuus, tulvasanteet, pohjapadot, laskeutusaltaat
- **Tulvasuojelun rakenteet** tarpeen mukaan oikein kohdennettuna, mitoituksessa huomioidaan rankkasateiden aiheuttamat tulvat:
 - perkaukset, tulvapenkereet
 - pumppaamot, pumppausvesien puhdistuksesta huolehtiminen
- **Kuivuudentorjunta:**
 - **peltojen kuivatus** vain sen mukaan, mikä on tarpeen
 - **altakastelu/säätökastelu**
 - **kasteluvesien varastointi ja kierrätys**
 - **maan rakenteen parantaminen:** orgaanisen aineen lisääntyminen kasvattaa maan veden ja myös ravinteiden pidätyskykyä
 - **uudet** kuivuutta paremmin kestävät **lajikkeet, syysviljojen suosiminen**

Lähteet

Alanen, J., Karulinna, M., Kiviluoto, K., Kääriä, R., Leskinen, P. & Lipsanen, A. 2014. Öljyvahingosta onnistuneeseen öljyntorjuntaan - Tietopaketti kunnan viranhaltijoille. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 187. Turku. Turun ammattikorkeakoulu.

Aluehallintovirasto. 2011. Etelä-Suomi. Päätös vuoden 1996 jälkeen Uudenkaupungin makeavesialtaalla ilmenneistä vesikasvillisuusvahingoista ja Länsi-Suomen ympäristölupaviraston päätöksen nro 66/2001/4 lupamääräysten 2), 4) ja 10) muuttamista. Nro 274/2011/4 Dnro ESAVI/281/04.09/2010.

Aluehallintovirasto 2017. Etelä-Suomi. Päätös Uudenkaupungin makeavesialtaan säännöstelyn muuttamisesta. Nro 123/2017/2, Dnro ESAVI/1402/2015.

Edén, P. Geologian tutkimuskeskus / Länsi-Suomi. Happamat sulfaattimaat-esitys SuHE loppuseminaari 21.5.2014 Oulu. Viitattu 17.8.2017 <http://www.syke.fi/hankkeet/suhe>

ELY-keskus 2010. Polttoneisteiden varastointi maataloilla kiinteissä farmarisäiliöissä. Viitattu 26.3.2018. https://www.mtk.fi/liitot/hame/arkisto/tiedote_uutis_arkisto/2010/fi_FI/oljyvahinkoriskit_2010/_files/83952854637749468/default/Polttoneisteiden_varastointi_maataloilla_opas_2010.pdf.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) 2017. Happamat sulfaattimaat-karttapalvelu. Viitattu 17.8.2017 http://www.gtk.fi/tietopalvelut/palvelukuvaukset/happamat_sulfaattimaat.html.

Geologian tutkimuskeskus. 2012. Auri, J., Edén P., Martinkauppi, A. & Rankonen E. 2012. Työohje happamien sulfaattimaiden kartoitukseen (1:250 000). (CATERMASS-hanke) Viitattu 25.10.2017 http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Happamien_sulfaattimaiden_ymparistoriskien_vahentaminen_sopeutumiskeinoja_ilmastomuutokseen_CATERMASS/Osahanke_1_Kartoitus_ja_riskiluokittelu.

Hietala, M. 2016. Öljyvahinkojen torjunnan kalusto-ohje. Luonnos 25.9.2016. Suomen ympäristökeskus.

Hinku-foorumi.fi 2014. Laitilan Wirvoitusjuomatehdas kuukauden päästövähentäjä. Viitattu 21.3.2018. [http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Kunta/Laitilan_Wirvoitusjuomatehdas_kuukauden_\(32197\)](http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Kunta/Laitilan_Wirvoitusjuomatehdas_kuukauden_(32197)).

Jalava, M. 1998. Uudenkaupungin makean veden allas. Uusikaupunki, Uudenkaupungin kaupunki, tekninen ja ympäristökeskus. Uusikaupunki. Uudenkaupungin Sanomat Oy.

Jylhä K, Ruosteenoja K, Venäläinen Tuomenvirta H, Ruokolainen L, Saku S & Seitola T. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Raportti 2009:4 102 s. Helsinki: Ilmatieteen laitos.

LSVSY Oy. 2017. Nervanderin vesilaitoksen vedenlaadun testausseoste 9.10.2017. Viitattu 8.12.2017 https://uusikaupunki.fi/sites/default/files/asuminen_ja_ymparisto/uudenkaupungin_vesi/nervanderin_vesilaitos_20171019.pdf.

LUKE 2017. Tilastotietokanta. Viitattu 26.3.2018 http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__02%20Rakenne__02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/02_Maatalous_ja_puutarhayrit_lkm_kunta.px/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db.

Kauppinen, E., Puustinen, M., Triipponen, J-P, Sallmén, A. & Leppiniemi, O. 2017 Ilmastoestävien valuma-alueiden työkalut. Biotalouskeinojen kohti ilmastoestävyyttä II (BILKE II) -hankkeen loppuraportti. Viitattu 22.5.2018 <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Bilke/Julkaisut>.

Kipinä-Salokannel, S. (toim). 2016. Eurajoen-Lapinjoen-Sirppujoen pintavesien toimenpideohjelma vuosille 2016–2021, Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Viitattu 17.8.2017 [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoito_ELYkeskuksissa/VarsinaisSuomi_ja_Satakunta/Toimenpideohjelmat/Toimenpideohjelmat__VarsinaisSuomi_ja_Sa\(27151\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoito_ELYkeskuksissa/VarsinaisSuomi_ja_Satakunta/Toimenpideohjelmat/Toimenpideohjelmat__VarsinaisSuomi_ja_Sa(27151)).

Korhonen, J. & Haavanlammi, E. (toim). 2012. Hydrologinen vuosikirja 2006–2010. Suomen ympäristö 8/2012. Viitattu 1.11.2017 file:///C:/Users/mpopova/Downloads/SY_8_2012.pdf.

Kumpulainen, A., Rynnänen, E., Oja, L., Sorasahi, H., Raivio, T. & Gilbert, Y. 2013. Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012. Trafín julkaisu 20/2013. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafí. Viitattu 26.3.2018 https://www.trafi.fi/filebank/a/1383814261/12b2f562759cc3b45af892fb5f1135cb/13556-Trafín_julkaisu_20-2013_-_VAK-kuljetukset_2012.pdf.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu 2011. SÖKÖ II – manuaali. Ohjeistusta alusöljyvahingon rantatorjuntaan. Osa 8: Vahinkojäte ja jätehuolto. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisu. Sarja A. Oppimateriaali. Nro 31. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Maaseutuverkosto 2009. Happamat sulfaattimaat. Maaseutuverkoston julkaisu. Viitattu 29.8.2018 https://www.maaseutu.fi/globalassets/esitteet-ja-opaat/happamat_sulfaattimaat_b5_low.pdf

Malk, V. & Halonen, J. 2017. Öljyjen ja biopolttoaineiden käyttäytyminen ympäristössä ja torjunta vahinkotilanteissa. ALYKÖ-hankkeen loppuseminaari 25.1.2017. Mikkeli: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Nieminen, T., Hökkä, H., Ihalainen, A. & Finér, L. 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimailla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2016. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 22.5.2018 <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/532317>.

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta - Opasvihkonen. Viitattu 11.12.2017 <http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>.

Palko, J., Räsänen, M. & Alasaarela, E. 1985 Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella. Oulun yliopisto, Vesirakennustekniikan laitos, Turun yliopisto & VTT. Viitattu 23.8.2017 <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153925/Vesihallitus%20Tiedotus%20260.pdf?sequence=1>.

Popova, M. & Alho, P. 2016. Uudenkaupungin makeavesiallas - Loppuraportti kyselytutkimuksesta käyttö- ja hoitosuunnitelman tueksi. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 22.5.2018 <http://julkaisumyynti.turkuamk.fi/PublishedService?pageID=9&itemcode=9789522166227>.

Ramboll 2013. Mangaanin esiintyminen Talvivaaran kaivosalueen lähiympäristössä. Viitattu 22.5.2018 <https://www.avi.fi/documents/10191/453765/Mangaanin+esiintyminen+ja+haitallisuus/f6db3010-51de-4efd-95f3-689f23bcc248>.

Riihimäki, J., Edén, P., Uusi-Kämppe, J., Leppänen, M., Karjalainen, A., Tattari, S., Kosunen, M. & Saarikoski, H. 2012. CATERMASS - Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentäminen - sopeutumiskeinoja ilmastonmuutokseen. Layman's report. Viitattu 29.8.2018 http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fl=LIFE09_ENV_FIN_000609_LAYMAN_FIN.pdf

Ruosteenoja, K. 2011. Miten ja miksi ilmasto muuttuu? Teoksessa: Virtanen, A. & Rohweder, L. (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä – hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus.

Räty, E. & Länsivuori, R. 2015. Liikennevakuutuskeskus. Viitattu 29.8.2018 <http://www.lvk.fi/fi/liikennevakuutuskeskus/uutisarkisto/19.11.2015-vaarallisten-aineiden-kuljetusonnettomuuksien-maaran-ja-riskien-vahentamiseksi-tehtavissa-paljon/>.

Salmi, P. & Kipinä-Salokannel, S. 2010. Varsinais-Suomen pintavesien toimenpideohjelma vuoteen 2015. Turku, Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 5/2010. Viitattu 22.8.2017 http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/82603/Varsinais-Suomen_ELY-keskuksen_julkaisuja_5_2010.pdf?sequence=1.

Schneider, S., Moe, T., Hessen, T. & Kaste, Øyvind 2013. *Juncus bulbosus* nuisance growth in oligotrophic freshwater ecosystems: Different triggers for the same phenomenon in rivers and lakes? *Aquatic Botany* 104. Viitattu 29.8.2018 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304377012001581>

Seppälä, H. 2012. Fosforin kemiallinen saostaminen luonnonvesistä. Kirkkolammen kunnostus. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Viitattu 24.11.2017 http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52386/Seppala_Henri.pdf;jsessionid=AF436C414A9A14F595F669A3F935A685?sequence=2.

Silver, T. & Tikander S. 2014. Lehmijärven valuma-alueen happamuus sekä alumiini- ja rikkipitoisuus. ELY-keskuksen raportteja 33/2014. Viitattu 29.8.2018 <http://www.doria.fi/handle/10024/96842>

Sonnenborg T.O. (2015) Projected Change—Hydrology. In: The BACC II Author Team (eds) Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional Climate Studies. Germany: Springer, Cham.

Suhonen, O. 2016. Uudenkaupungin makeavesialtaan koekalastuksen ja kalastuskyselyn tulokset. Raportti. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Suomela, R., Edén, P., Huhmarniemi, A., Saarinen, T., Tertsunen, J., Auri, J., Marttila, H., Yli-Halla, M., Boman, A., Joki-Tokola, E., Luoma, S. & Rankonen E. 2014. Happamat sulfaattimaat ja niistä aiheutuvan vesistökuormituksen hillitseminen Siika- ja Pyhäjoen valuma-alueella. MTT- raportti 132. Viitattu 23.4.2018 <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti132.pdf>.

Sutela, T., Vuori, K., Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P. & Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen Ympäristö 14/2012. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 22.8.2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38771>.

SYKE 2013a. Öljyn käyttäytyminen maaperässä. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 21.3.2018 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Olly_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Ollyvahinkojen_torjunta_maaalueilla/Ollyn_kayttaytyminen_maaperassa

SYKE 2013b. Öljyلاadut. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 21.3.2018 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Olly_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Onnettomuusseuranta/Ollyلاadut

SYKE 2014. Perkaukset. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 3.1.2018 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Perkaukset.

SYKE 2017. Merimetsöseuranta. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 12.6.2018 http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Lajit/Lajien_seuranta/Merimetsöseuranta.

Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos. 2013. Mangaani on terveysriski juomavedessä. Viitattu 8.12.2017 <https://www.thl.fi/fi/-/mangaani-on-terveysriski-juomavedessa>.

Triipponen, J-P. 1997. Sirppujoen valuma-alueen happamuustutkimus. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku: Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Turkki, H. 2015. Uudenkaupungin makeavesialtaan tarkkailututkimus elokuussa 2015. Väliraportti no 40-15-5636. Turku: Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Turkki, H. 2016a. Uudenkaupungin merialueen kuormitus ja tila. Vuosiraportti 2015. Turku: Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Turkki, H. 2017a. Uudenkaupungin merialueen kuormitus ja tila. Vuosiraportti 2016. Turku, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Turkki, H. 2017b. Uudenkaupungin makeavesialtaan ja Sirppujoen tarkkailututkimukset. Vuosiraportti 2016. Turku, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Turkki, H. 2018. Uudenkaupungin makeavesialtaan ja Sirppujoen tarkkailututkimukset. Vuosiraportti 2017. Turku, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Työterveyslaitos. 2018. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aiheet - turvallisuusohjeet: Kevyt polttoöljy. Viitattu 1.3.2018 <http://www.ttl.fi/ova/index.html>.

Uudenkaupungin kaupunki. 2018. Jätevesien johtaminen haja-asutusalueella. Viitattu 3.5.2018 <https://uusikaupunki.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/ymparistonsuojelu/jatevesien-johtaminen-haja>.

Uudenkaupungin Vesi. 2017. Veden hankinta. Viitattu 17.8.2017 <https://uusikaupunki.fi/asuminen-ja-ymparisto/uudenkaupungin-vesi/toiminta/veden-hankinta>.

Uudenkaupungin Vesi. 2018. Veneportit. Viitattu 1.3.2018. <https://uusikaupunki.fi/asuminen-ja-ymparisto/uudenkaupungin-vesi/toiminta/veneportit>.

Valvira. 2016. Talousvesiasetuksen soveltamisohje. Osa III Enimmäisarvojen perusteet. Viitattu 1.11.2017 https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_III.pdf/81b18002-f37d-4be1-9ac7-f1d10fb43fc6.

Varsinais-Suomen ELY-keskus 2015. Järviruoko. Viitattu 8.1.2018 <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ruoko/Jarviruoko>.

Varsinais-Suomen ELY-keskus. 2013. Sirppujoki, Velluanjoki ja Ihodenjoki. Varsinais-Suomen vesistöt tutuiksi. Näkymiä I 2013-raporttisarja. Turku, Varsinais-Suomen ELY-keskus.

Vänskä, L. 2012. Uudenkaupungin makean veden altaan tilan ja lupaehtojen arviointi. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto.

VARELY 2011. Tulvariskien alustava arviointi Vakka - Suomen alueella. Diaarinro: VARELY/54/07.02/2011. Viitattu 29.8.2018 <https://docplayer.fi/28681536-Tulvariskien-alustava-arviointi-vakka-suomen-alueella.html>

Varsinais-Suomen pelastuslaitos. 2014. Öljyvahinkojen torjuntasuunnitelma 2015-2019. Turku, Varsinais-Suomen pelastuslaitos.

Veijalainen, N., Korhonen, J., Vehviläinen, B. & Koivusalo, H. 2012a. Modelling and statistical analysis of catchment water balance and discharge in Finland 1951 – 2099 using transient climate scenarios. Journal of Water and Climate Change 3(1). Viitattu 29.8.2018 https://www.researchgate.net/publication/270438217_Modelling_and_statistical_analysis_of_catchment_water_balance_and_discharge_in_Finland_in_1951-2099_using_transient_climate_scenarios

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M., & Aaltonen, J. 2012b. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen. WaterAdapt-hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristö 16/2012. Viitattu 29.8.2018 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38789>

Yle 2011. Sirppujoki virtaa lähes vapaana. 21.4.2011. Viitattu 13.12.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-5341895>.

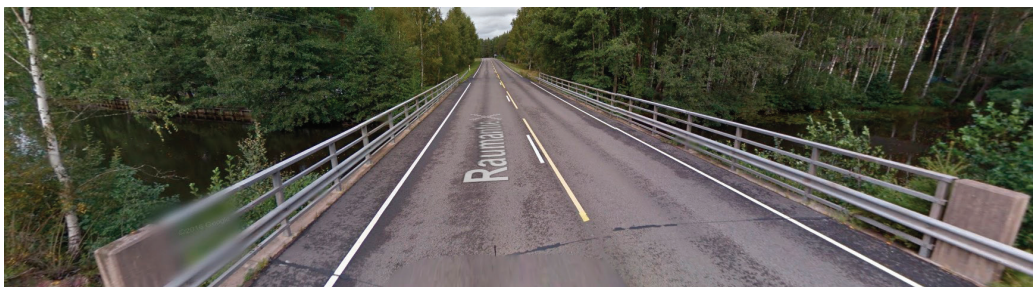
Ympäristötietopalvelu Hertta. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 22.5.2018 http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat.

Österholm, P., Sundström, R., Nyberg, M. ja Nystrand, M. 2006. Happamien sulfaattimaiden vaikutukset Sirppu-, Laa-, Mynä- ja Paimionjoessa 2004–2005. Åbo Akademi, Geologian laitos, tutkimusseloste. Viitattu 29.8.2018 https://mmm.fi/documents/1410837/1790801/trm2009_8.pdf/aafbec0-b099-4ba5-8b90-39648f807763/trm2009_8.pdf.pdf

Liitteet

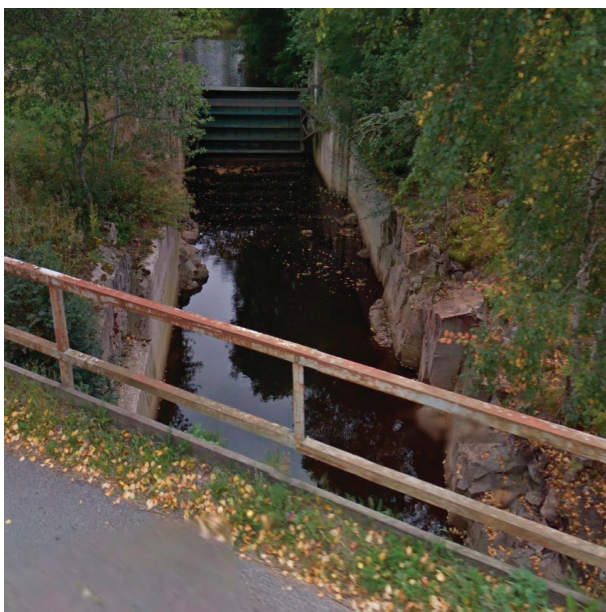
LIITE 1

Osa Sirppujokea ylittävistä tieosuuksista.



Kuva 21.

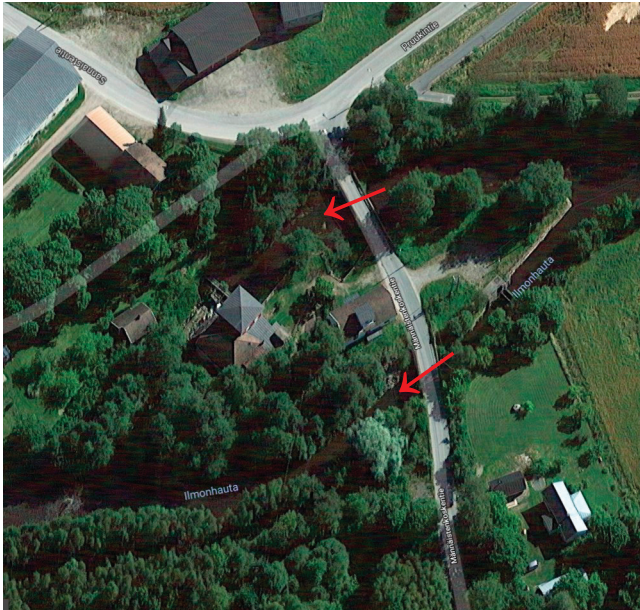
196-Raumantie © Google Maps 2018



Kuva 22.

Männäistenkosken sulkuluukullinen pato
Männäistenkoskentieltä katsottuna.

© Google Maps 2018.



Kuva 23.
Männäistenkoskentie ylityskohdat
ovat melko kapeita tiesiltoja.
© Google Maps 2018.



Kuva 24.
43-Kalannintie. © Google Maps 2018.



Kuva 25.
Halikontie. © Google Maps 2018.



Kuva 26.
Helkonpolku. © Google Maps 2018.



Kuva 27.
1953-Vehmaantien mutka saattaa olla kostea ja liukas, ja alueella onkin sattunut ainakin yksi liikenneonnettomuus. © Google Maps 2018.



Kuva 28.
Karitanhua. © Google Maps 2018.



Kuva 29.
Kallelantie. © Google Maps 2018.



Kuva 30.
43-Ukitie. © Google Maps 2018.



Kuva 31.
Nansion silta, Sorolantie. © Google Maps 2018.



Kuva 32.
E8-tie. © Google Maps 2018.

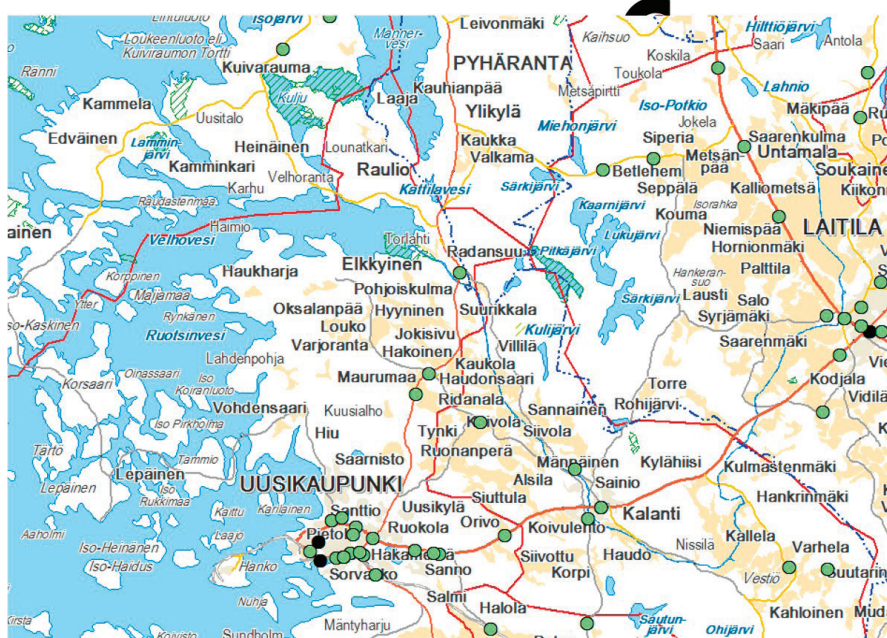


Kuva 33.
2051-Kaukolantie. © Google Maps 2018.

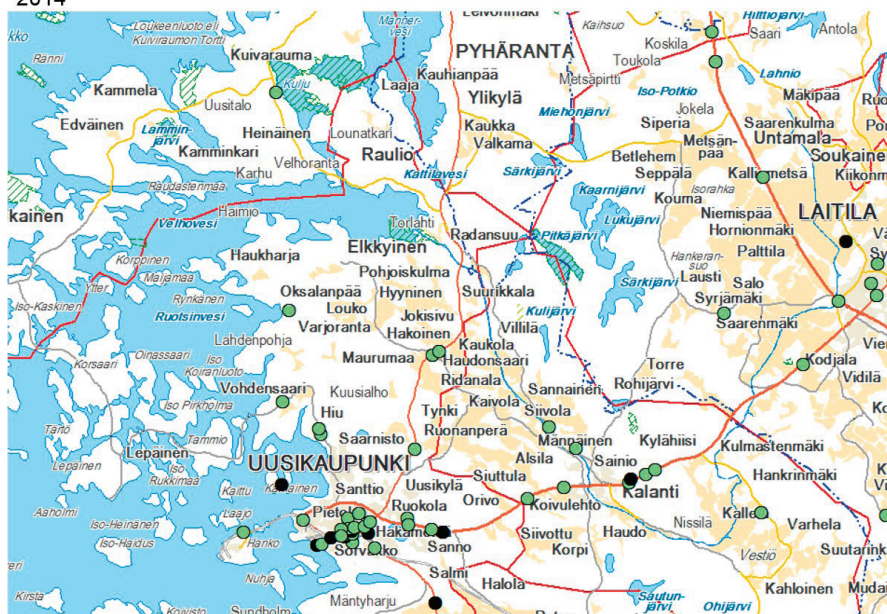
LIITE 2

Liikenneonnettomuudet (vihreällä), joista syntynyt myös öljyvahinkoja (mustalla) vuosilta 2013–2017. (Lähde: PRONTO-rekisteri & Varsinais-Suomen pelastuslaitos 2018)

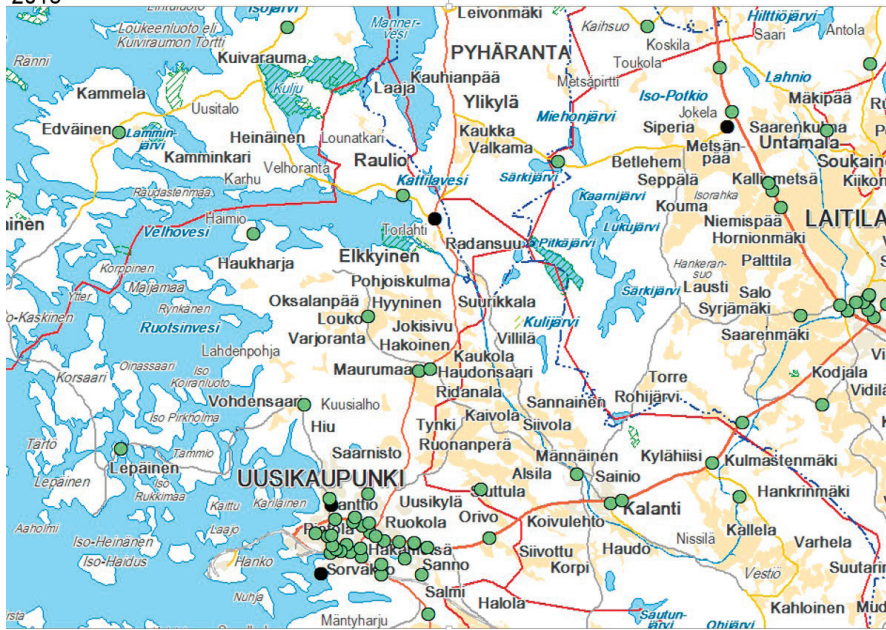
2013



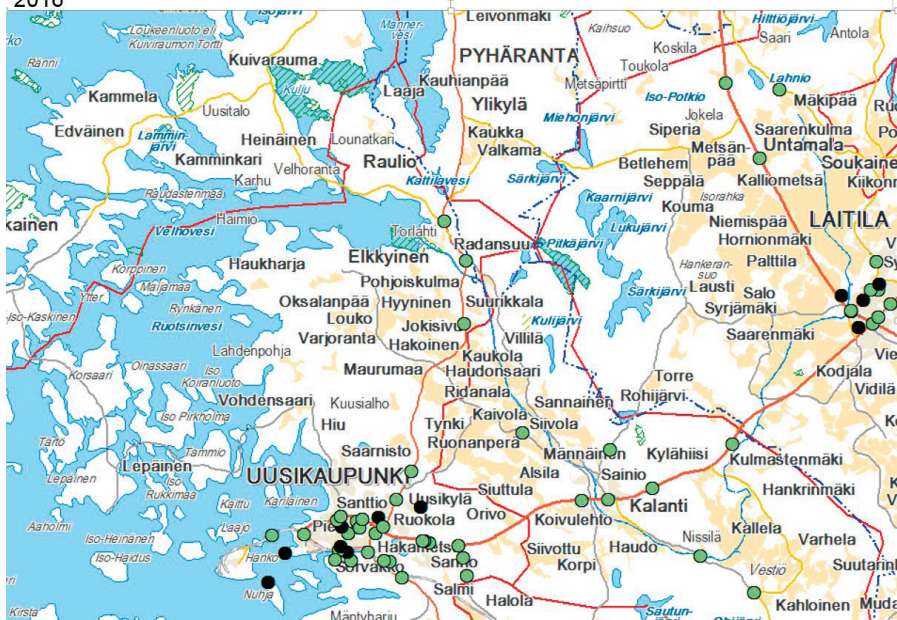
2014



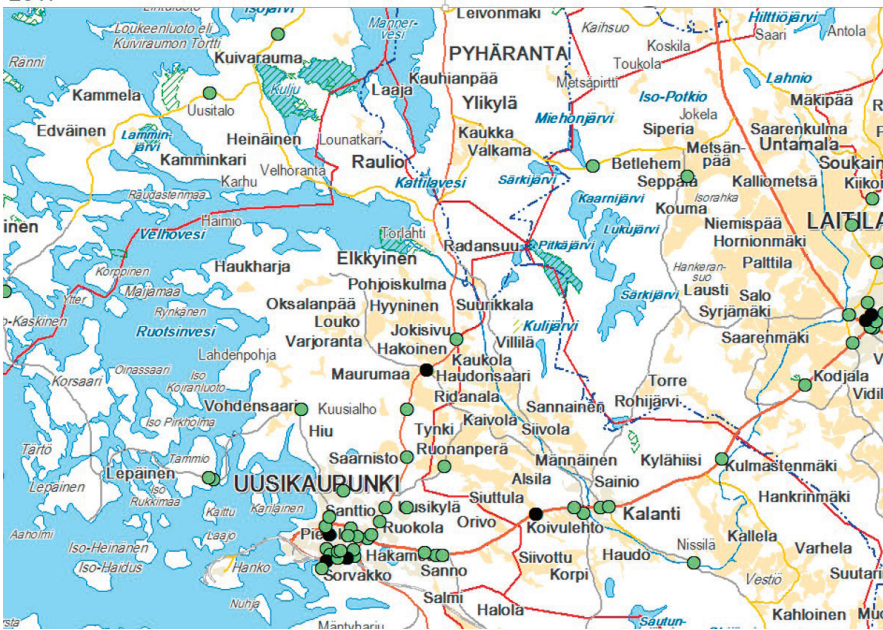
2015



2016



2017



2017

