



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund



Interreg
Central Baltic

SEABASED

SEABASED MEASURES IN
BALTIC SEA NUTRIENT MANAGEMENT

Sedimentin käsittely merkelillä Kolkan alueella, Naantali

Vesistötarkkailuraportti

Sisältö

1. Johdanto
2. Merkelin levitys
3. Sedimentti
 - 3.1. Menetelmät ja aineisto
 - 3.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu
4. Vesi
 - 4.1. Menetelmät ja aineisto
 - 4.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu
5. Yhteenveto



1. Johdanto

Hankkeessa levitettiin merkeä Kolkkan alueelle vesialueen kunnostustoimena. Tavoitteena on fosforin sitominen hapettomaan pohjasedimenttiin pysyvästi ja sisäisen kuormituksen eli sedimentistä vapautuvan fosforin määrän vähentäminen. Veden ravinnepitoisuuksien pieneneminen vähentää perustuotantoa ja rehevöitymisestä aiheutuvia haittoja ja parantaa vesialueen ekologista, taloudellista ja virkistyskäyttöarvoa. Menetelmää on kehitetty Tukholman yliopistossa laboratoriossa ja koeluontoisesti jo kymmenen vuoden ajan. Hanke toteutettiin yhteistyössä John Nurmisen säätiön, Tukholman yliopiston (Department of Ecology, Environment and Plant Sciences) ja Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kanssa. Hanke on osa SEABASED-hanketta, jonka tavoitteena on testata pienessä mittakaavassa merellä toteutettavia toimenpiteitä sisäisen kuormituksen vähentämiseksi. Lisäksi SEABASED-hankkeessa arvioidaan testattavien toimenpiteiden vaikuttavuutta, kustannustehokkuutta ja mahdollisia riskejä.

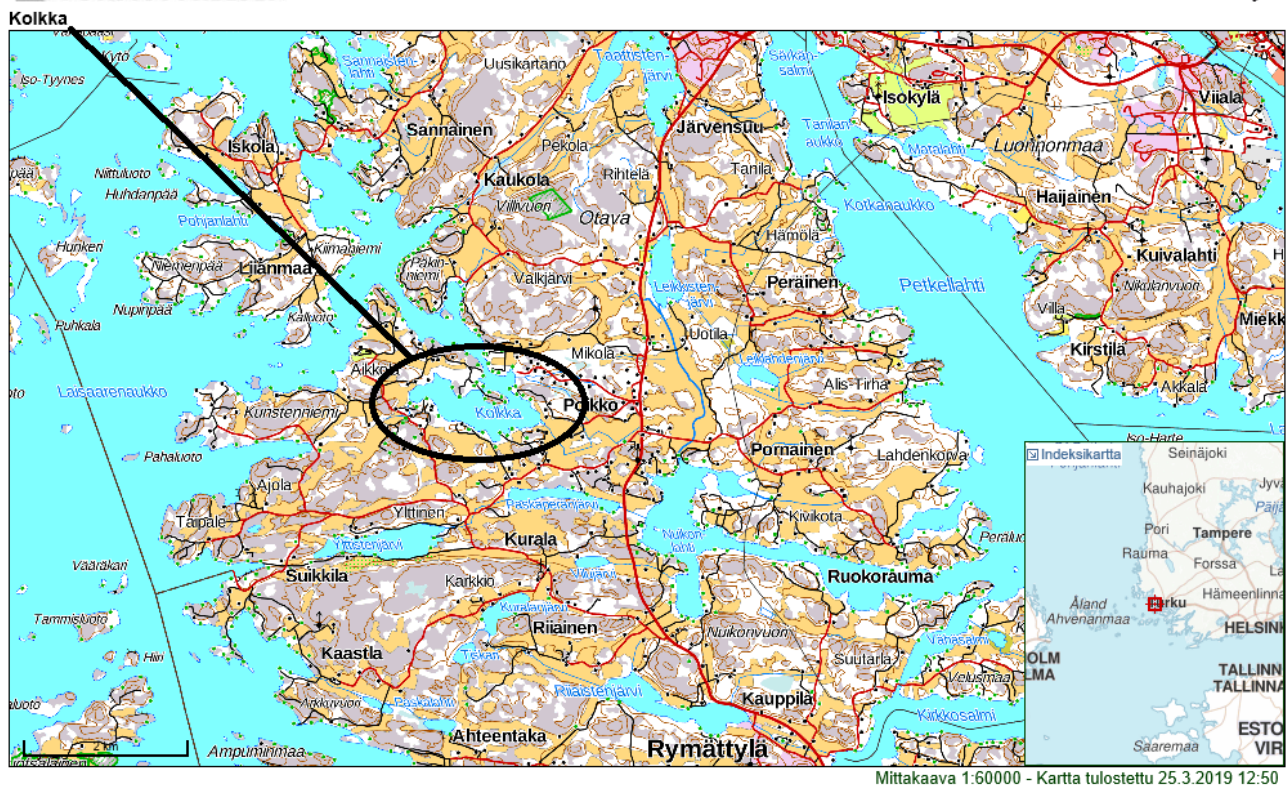
Pilottialue Kolkka, Naantali

Sijainti

Kolkka sijaitsee Saaristomerellä, Turun edustalla, Rymättylän saaren länsiosassa (Kuva 1).



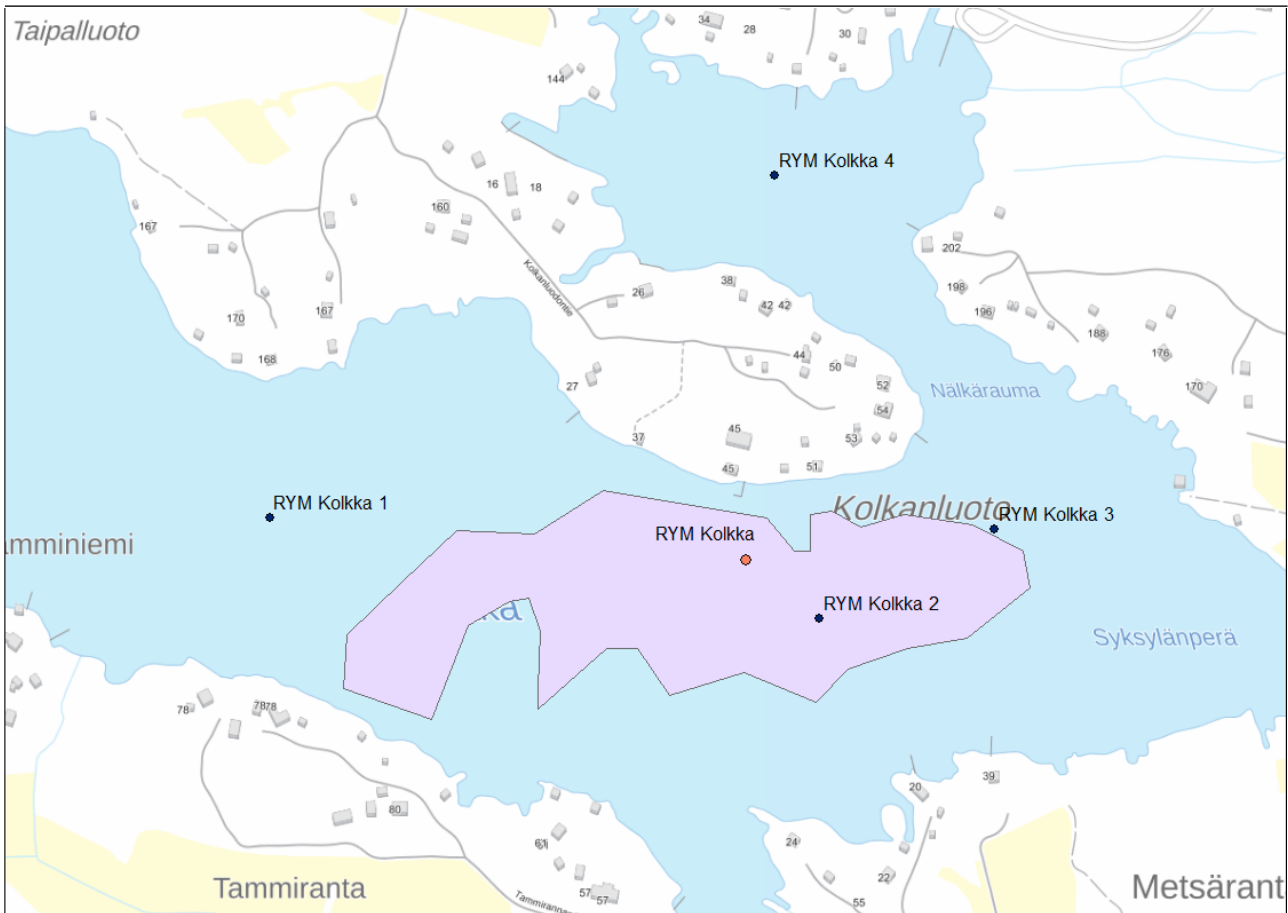
retkikartta.fi



Mittakaava 1:60000 - Kartta tulostettu 25.3.2019 12:50

Kuva 1. Kohdealue Kolkka on suljettu ja matala, n. 52 hehtaarin kokoinen merenlahti Turun saaristossa.

Vesialue, johon merkeä levitettiin, on syvyydeltään 6–7,5 metriä ja pinta-alaltaan n. 8000 m² (Kuva 2).



Kuva 2. Merkelin levitysalue Kolkassa on noin 8000 m²:n suuruinen. Veden syvyys levitysalueella on 6–7,5 metriä. Karttaan on merkitty myös vedenlaadun seuranta-asemat Kolkassa. Näiden lisäksi vedenlaatua tarkkailtiin samankaltaisella asemalla Kolkan ulkopuolella (ns. kontrolliasema).

Pohjan laatu

Lahden syvimmissä osassa, yli 6 m:n syvyydellä pohja on siltti/saviliejua, jossa on runsaasti orgaanista ainesta. Pohjanläheinen vesi on hapeton ainakin loppukesällä, jolloin myös sedimentin pinta on hapeton, sulfidien mustaksi värjäämä ja rikkivedyn hajuinen. Pohjasedimentti muuttuu matalammalle mentäessä vähitellen tiiviimmäksi ja pinnalta karkeammaksi, ja sedimentin pinta on hapettunut alle kuuden metrin syvyydessä.

Kohteen vesistöolosuhteet ja veden laatu

Kolkka on sulkeutunut, matala merenlahti, pinta-alaltaan n. 52 ha. Lahden keskisyvyys on 3 m ja syvimällä kohdalla veden syvyys on n. 7,5 metriä. Veden suolapitoisuus on noin 6 PSU (Practical Salinity Unit). Heinä-elokuussa 2018 pohjanläheinen vesi ja sedimentin pinta olivat täysin hapettomia kuuden metrin syvyydellä ja sitä syvempänä. Näkösyvyys oli 0,6 metriä, veden pH 7,2–9 ja a-klorofyllipitoisuus oli heinäkuun lopulla 15 µg/l, kuukautta myöhemmin 54–60 µg/l. Näistä voidaan päätellä, että lahdesta on rehevöitymisen seurauksena korkea perustuotanto, ja pohjaan vajoavan levän hajotus kuluttaa pohjalla hapen loppuun kesäisin, kun vesipatsaan lämpötilakerrostuneisuus estää hapellisen veden pääsyn pintakerroksesta pohjalle. Kokonaistyyppipitoisuus syvänteen pohjanläheisessä vedessä oli 2700–5900 µg/l ja fosfaattifosfori



610–990 µg/l, viitaten merkittävään ravinteiden vapautumiseen pohjasedimentistä yläpuoliseen veteen, mikä edelleen kiihdyttää rehevöitymistä. Kolkasta ei ole vedenlaadun seurantatietoa aiemmilta vuosilta.

Toiminnot alueella ja sen lähistössä, päästölähteet

Valuma-alue on suhteellisen pieni. Lahtea kuormittaa maanviljelys, lähinnä perunaviljelmiä, sekä vakituinen ja kesäasutus. Lahti sijaitsee pitkän ja kapean salmen päässä, joten vedenvaihtuvuus on erittäin heikko

Paikalliset luonnonolosuhteet

Kolkanlahden rantojen lähellä on vaihtelevasti metsiä, jyrkkiä kallioita, viljelysmaita ja umpeen kasvavia ruovikoita. Alue ei kuulu luonnonsuojelualueisiin, ja se on sekä Saaristomeren kansallispuiston että Saaristomeren biosfäärialueiden ulkopuolella. Linnusto on Saaristomerelle tyypillistä. Suomen lintuatlaksen mukaan alueella tai sen läheisyydessä pesii 63–125 lintulajia, joiden joukossa on myös joitakin uhanalaisia lajeja.

2. Merkelin levitys

2.1. Levityksen esivalmistelut

Vedenlaadun automaattiseurantalaitteiden lautta suojattiin pressulla ennen levityksen aloittamista, jotta mahdollisti putoava karkea aines ei vahingoittaisi laitteita.

Kuljetuksen ja levityksen hoitava SMA Mineral on tuonut merkelitynnnyrit rekalla Poikon uimapaikalle edellisenä päivänä, ja lasti on purettu maalle. Eeva Puustjärvi (JNF) kuittasi tämän sähköpostilla 10.6. klo 10:22.

SMA Mineral lastasi levitettävää kiviainesta Poikon uimapaikalla tynnyreistä helikopterin käyttämiin levityssäiliöihin kuorma-auton lavalle. Säiliöissä on kapeneva, suppilomainen alaosa, ja sen alla pyörivä osa, josta kiviaines leviää tasaisesti ja putoaa mereen. Säiliöitä on kaksi, ja levityksen puolivälissä helikopteri käy vaihtamassa tyhjentyneen säiliön täyteen, ja levitys voi jatkua.

2.2. Levityksen aloitus ja lopetus

Säätiedot klo 10, Turku Artukainen: tuuli 025°, 3 m/s, puuska 6 m/s. Taivas on pilvetön, lämpötila 21° C.

Meriveden korkeus klo 10, mitattuna Turun mareografista oli -15 cm

Puunlatvojen alapuolella, lähellä veden pintaa tuuli näytti kääntyvän vähän idemmäksi, enemmän lahden pituuden suuntaiseksi. Levityksestä tuleva pöly leviää kuitenkin etelään päin. Lahden etelärannalla ELY-keskuksen Ilkka Myllyoja ohjasi dronelennätystä, jolla tarkkailtiin levityksen kulkua ja veden samentumista. Silmämääräisten havaintojen mukaan tuulen alapuolella lahden rannalla sijainneen auton tuulilasissa saattoi havaita laskeutuneen pölyn, mutta sitä ei ollut haitaksi asti. Voidaan todeta, että pölyämisestä aiheutuva haitta oli vähäistä ja varsin nopeasti ohimenevää.

Helikopteri nousi ilmaan Poikon uimapaikalta ja levitys alkoi klo 10:10. Helikopteri lensi levityspaikan ylitse useita kertoja. Levitys kohdennettiin täsmällisesti oikeaan paikkaan gps-paikantimen avulla. Kaikki levitykseen varattu merkeli, yhteensä 8000 kg, levitettiin ympäristöluvassa määritellylle kahdeksan hehtaarin laajuiselle alueelle (Kuva 2).



3. Sedimentti

3.1. Menetelmät ja aineisto

Sedimenttinäytteet otettiin havaintoasemalta Kolkka (Kuva 2) kolmena ajankohtana: 23.5.2019, 9.10. 2019 ja 14.10.2020. Näytteet otettiin kolmelta syvyydeltä sedimentistä: sedimentin pintakerros 0–2 cm, sekä 2–5 cm:n ja 5–10 cm:n syvyydeltä sedimentistä putkinäytteenottimella. Kultakin näytepaikalta otettiin viisi osanäytettä, jotka yhdistettiin analyysiin.

Sedimentistä määritettiin seuraavat fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet jokaisena kolmena ajankohtana kolmelta syvyydeltä sedimentistä:

- Sedimentin vesipitoisuus, hehkutushäviö, irtotiheys (märkätiheys)
- Kokonaishiili, orgaaninen hiili, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori
- Rikki (S), rauta (Fe)

Seuraavat haitalliset aineet määritettiin 23.5.2019:

Metallit ja puolimetallit

- elohopea (Hg)
- kadmium (Cd)
- kromi (Cr)
- kupari (Cu)
- lyijy (Pb)
- nikkeli (Ni)
- sinkki (Zn)
- arseeni (As)

PAH-yhdisteet

- naftaleeni
- antraseeni
- fenantreeni
- fluoranteeni
- bentso(a)antraseeni
- kryseeni
- pyreeni
- bentso(k)fluoranteeni
- bentso(a)pyreeni
- bentso(ghi)peryleeni
- indeno(123-cd)pyreeni

Öljyhiilivedyt C10-C40

PCB:t (IUPAC-numerot)



- 28
- 52
- 101
- 118
- 138
- 153
- 180

Organotinayhdisteet

- Tributyyliitina
- Trifenyyliitina

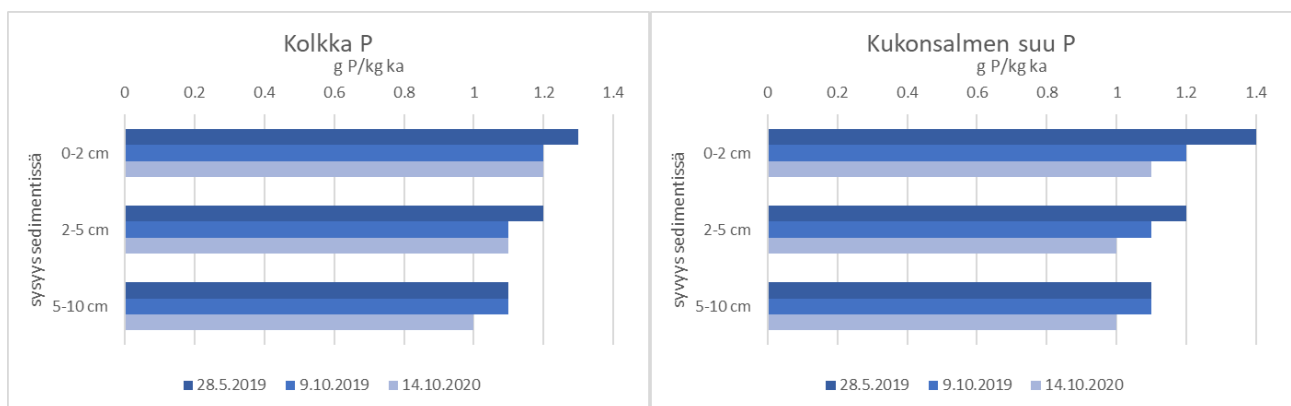
Dioksiinit ja furaanit (PCDD ja PCDF)

Pohjaeläinnäytteet otettiin havaintopaikalta Kolkka (Kuva 2) 23.5.2019 ja 14.10.2020. Ekman-kauhanäytteenottimella siten, että viisi nostoa yhdistettiin yhdeksi näytteeksi ja seulottiin kahdella seulalla, seulakoko 0,5 mm ja 1 mm. Pohjaeläinnäytteitä otettiin kaksi rinnakkaisnäytettä ja niistä määritettiin lajit, yksilömäärä ja biomassa.

3.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Sedimenttialyysien tulokset ovat kokonaisuudessaan liitteessä 1. Sedimentissä todetut haitta-ainepitoisuudet olivat erittäin pienet (Liite 1).

Sedimentin fosforipitoisuus pysyi samalla tasolla ennen ja jälkeen merkelinkäsittelyn (Kuva 3). Eroa kontrollipaikan ja käsitellyn alueen välillä ei voida havaita (Kuva 3). Niin ikään muissakaan määritetyissä fysikaalisissa ja kemiallisissa ominaisuuksissa ei havaittu eroa ennen ja jälkeen käsittelyn (Liite 1).



Kuva 3. Sedimentin kokonaisfosforipitoisuus P seuranta-asetilla Kolkka ja Kukonsalmen suu kolmena näytteenottoajankohtana (grammaa fosforia kilogrammassa sedimentin kuiva-ainetta, g P/kg ka).

Pohjaeläintutkimuksessa seuranta-asetalta Kolkka ei löytynyt yhtään pohjaeläimiä 23.5.2019 otetuissa näytteissä. Merkelin levityksen jälkeen 14.10.2020 otetuissa pohjaeläinnäytteissä oli muutamia surviaissääsken toukkia (*Chironomidae*). Pohjaeläinmäärittelyksen tulokset on tallennettu ympäristöhallinnon Pohje-rekisteriin.

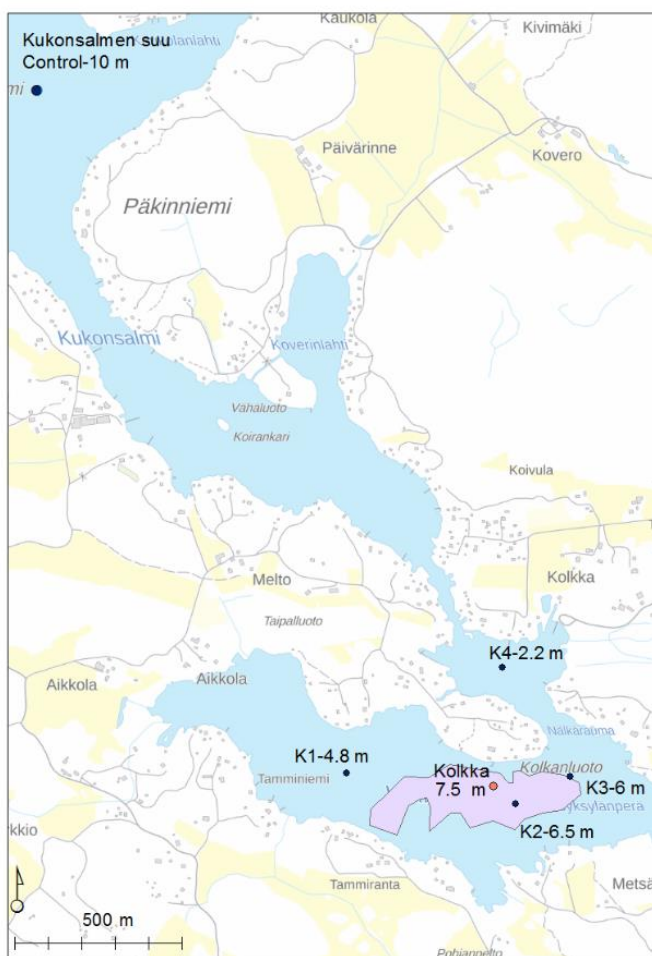


4. Vesi

4.1. Menetelmät ja aineisto

Vesinäytteitä otettiin vuonna 2020 viideltä seuranta-asemalta Kolkassa ja lisäksi yhdeltä kontrolliasemalta, jotta voidaan arvioida ja eliminoida luonnollista vedenlaadun vaihtelua. (Kuva 4, Taulukko 1).

Seuranta-asema Kolkka sijaitsee merkelin levitysalueella lahden syvimmällä kohdalla. Kolkka 2 sijaitsee levitysalueen sisällä, Kolkka 3 levitysalueen rajalla, Kolkka 1 levitysalueen ulkopuolella lahdessa ja Kolkka 4 lahden ulkopuolella.



Kuva 4. Vedenlaadun seuranta-asemat ja niiden syvyydet vuonna 2020. K1 = Kolkka 1, K2 = Kolkka 2, K3 = Kolkka 3, K4 = Kolkka 4.

Kontrolliasema sijaitsee Kolkkaan johtavan kapean salmen luoteispuolen päässä (Kuva 3). Siellä veden syvyys on noin 10 metriä, sedimentti on pehmeää, hienojakoista ja runsaasti orgaanista ainesta sisältävää savi/silttiliejua. Pohjanläheinen vesi on hapetonta kesällä ja sedimentin pinta on hapeton, kuten Kolkkan syvimmällä alueella.

Taulukko 1. Vedenlaadun seuranta-asemien koordinaatit ja näytteenottosyvyydet vuonna 2020.

Paikka	Syvyys m	Koordinaatit WGS84	näytteenottosyvyydet
--------	----------	--------------------	----------------------

		LON	LAT	
Kolkka	7,5	21,864741	60,415186	1 m, 5 m, pohja -0,5 m
Kolkka 1	4,5	21,856720	60,415165	1 m, pohja -0,5 m
Kolkka 2	6,5	21,866038	60,414689	1 m, pohja -0,5 m
Kolkka 3	6	21,868850	60,415544	1 m, pohja -0,5 m
Kolkka 4	2	21,864719	60,418318	1 m
Kukonsalmen suu	10	21,83670	60,43008	1 m, 5 m, pohja -0,5 m

Vesinäytteitä otettiin jokaiselta seuranta-asemalta kahden viikon välein toukokuusta syyskuun loppuun. Sen lisäksi Kolkkan viideltä seuranta-asemalta otettiin vesinäytteet seuraavasti:

- yhden kerran merkelin levitystä edeltävänä päivänä 10.6.
- kaksi kertaa käsittelypäivänä 11.6., tunti ennen ja jälkeen käsittelyn
- yhden kerran käsittelyä seuraavana päivänä 12.6.
- yhden viikon kuluttua merkelin levityksestä 17.6.

Jokaiselta seuranta-asemalta mitattiin näkösyvyys. A-klorofyllipitoisuus määritettiin veden tuottavasta pintakerroksesta kokoomänäytteestä siten, että alin näytesyvyys oli 2 kertaa näkösyvyys. Kaikista vesinäytteistä määritettiin lämpötila, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, kokonaistyppi, nitraatti- ja nitriittityypen summa, ammoniumtyppi, sameus, sähkönjohtavuus, pH, happipitoisuus, hapen kyllästysaste ja kokonaisrauta.

Merkelinlevitysalueen syvimmälle kohdalle seuranta-aseman Kolkka välittömään läheisyyteen, yhden metrin etäisyydelle meren pohjasta asennettiin automaattiset vedenlaadun mittarit, joista tarkkailtiin veden lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja happipitoisuutta ajalla 20.4.–1.12.2020, sekä pH:ta, hapetuspelkistys-potentiaalia, sameutta ja liuenneen orgaanisen aineksen fluoresenssia ajalla 4.–25.6.2020. Paikan kokonaisvyvyys on 7,5 metriä.

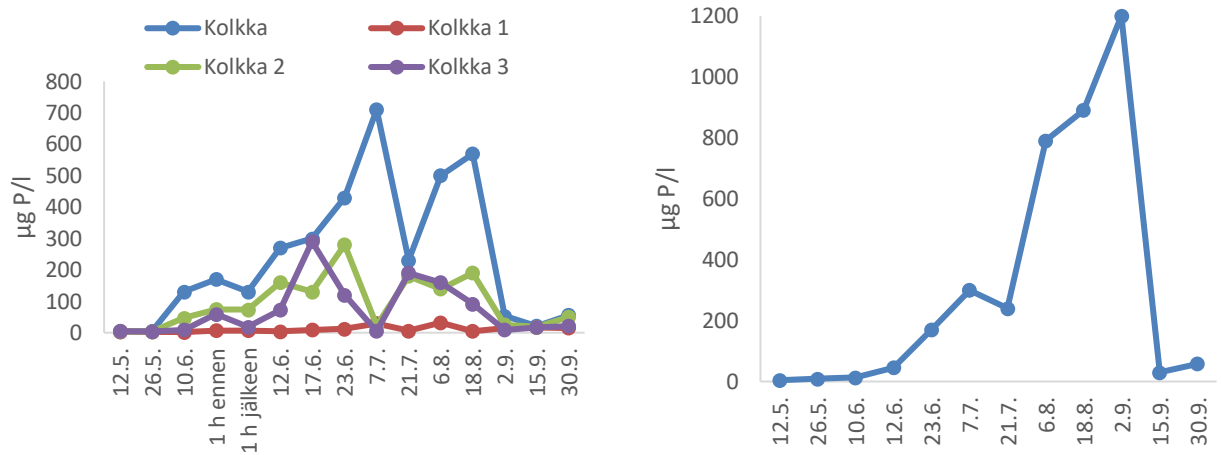
4.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Merkelikäsittelyn tarkoitus oli sitoa fosforia pohjaan ja sitä kautta pienentää veden fosforipitoisuutta. Myös kokonaisrautapitoisuus pohjanläheisessä vedessä saattaisi vähentyä, kun rauta hapettuessaan sitoutuu rautaoksideihin. Jos vaikutus on toivotunlainen, veden alhaisemman fosforipitoisuuden pitäisi näkyä vähemmän runsaana leväkukintana.

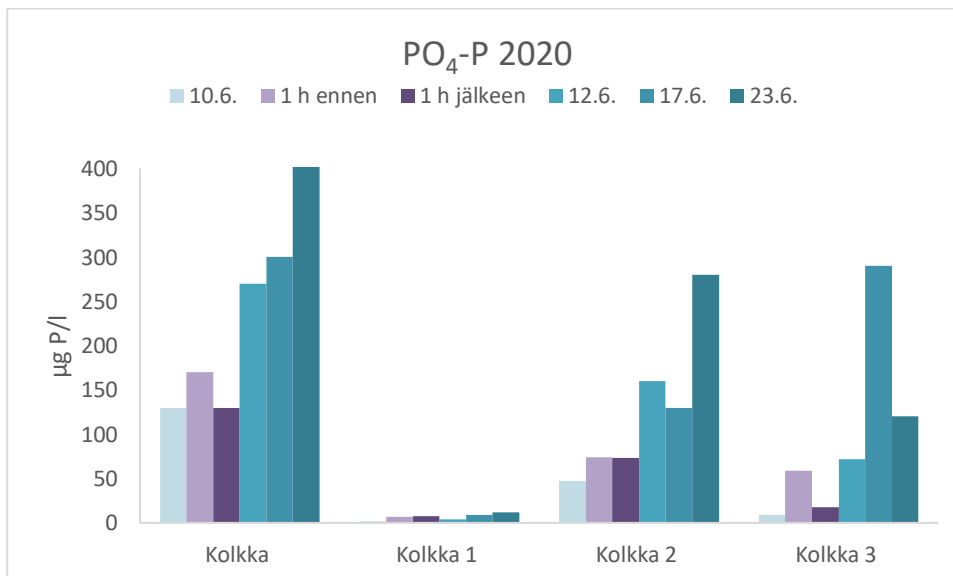
Pohjanläheisen veden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli seuranta-asemilla kesän mittaan (Kuva 6). Kun vaihtelua verrataan Kukonsalmensuun seuranta-aseman fosforipitoisuuden vaihteluun, ei voida selvästi osoittaa, että vaihtelu johtuisi merkelikäsittelystä. Pohjanläheisen veden fosfaattifosforipitoisuus ($\text{PO}_4\text{-P}$) laski merkelikäsittelyalueen seuranta-asemilla Kolkka, Kolkka 2 ja Kolkka 3 heti käsittelyn jälkeen (Kuva 7), mikä viittaa siihen, että merkelikäsittely sitoi fosforia vedestä. Fosfaattipitoisuus nousi kuitenkin pian uudelleen, viitaten käsittelyn vaikutuksen lyhyeen kesto.



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

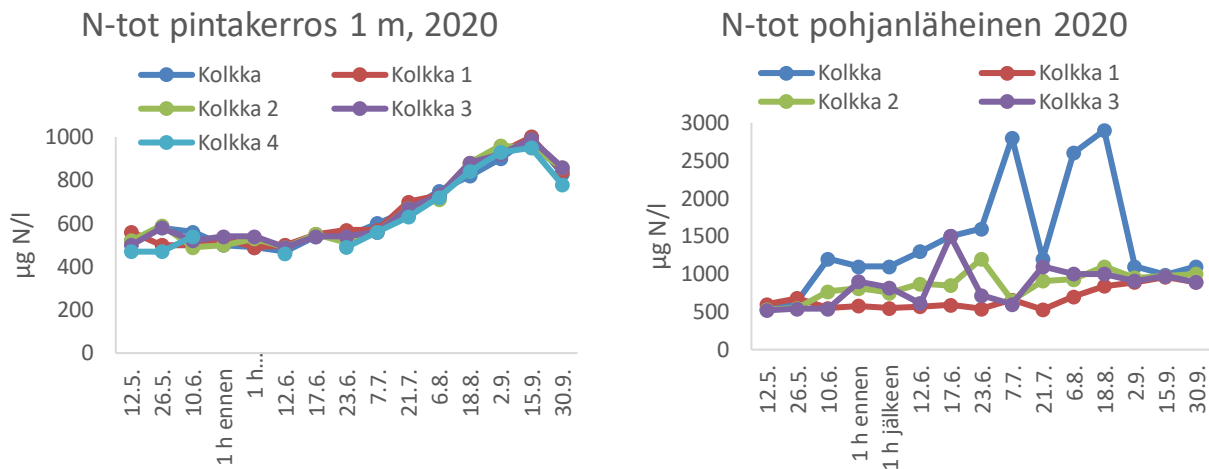


Kuva 6. Kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu vedessä 0,5 metriä pohjan yläpuolella vedenlaadun seuranta-
asemilla Kolkkanlahdessa (vasemmalla) ja kontrolliasemalla Kukonlahden suulla (oikealla).



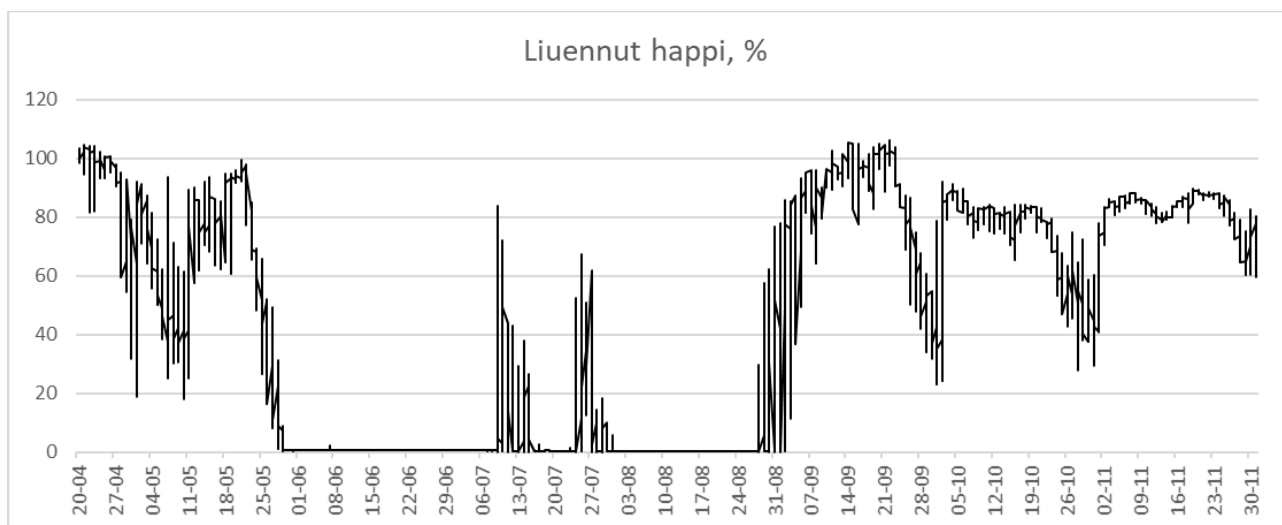
Kuva 7. Fosfaattifosforipitoisuuden vaihtelu Kolkkanlahden seuranta-asemilla pohjanläheisessä vedessä ennen
ja jälkeen merkelin levityksen.

Kokonaistyyppipitoisuus esiintyi vaihtelua eri seuranta-asemien välillä, mutta siinä ei voitu havaita viitteitä
merkelikäsittelyn aiheuttamasta muutoksesta (Kuva 8).



Kuva 8. Veden pintakerroksessa (vasemmalla) ja pohjanläheisessä vedessä (oikealla) mitatut kokonaistypipitoisuudet 12.5.–30.9.2020.

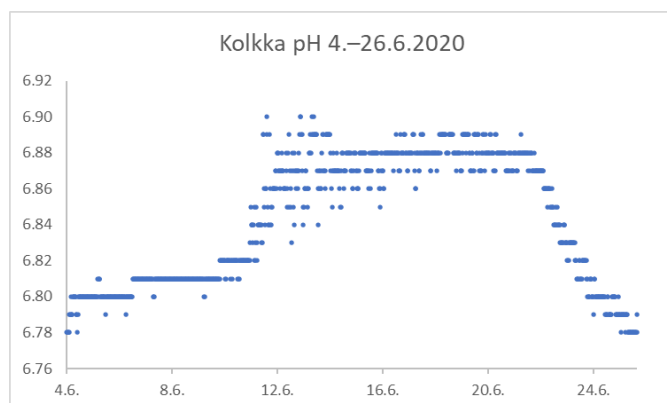
Happipitoisuus pohjanläheisessä vedessä Kolkkan automaattisella mittausasemalla vaihteli kesän mittaan (Kuva 8). Ajoittain pohjalle virtasi hapellista vettä mahdollisesti aallokon aiheuttaman sekoittumisen vaikutuksesta. Mittausaseman tiedoista käy ilmi, että happi kului vedestä nopeasti loppuun (Kuva 7).



Kuva 7. Liuenneen hapen kyllästysasteen vaihtelu pohjanläheisessä vedessä automaattisen vedenlaadun seuranta-asemalla 20.4.–1.12.2020.

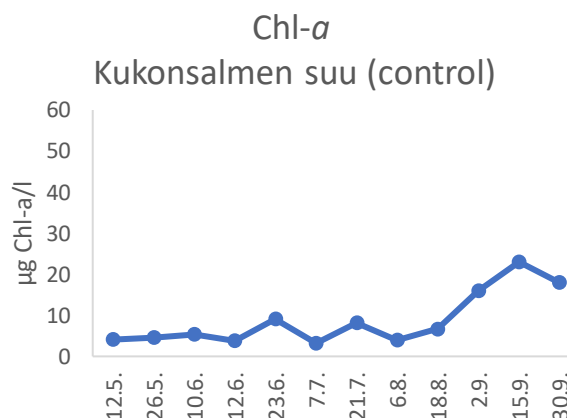
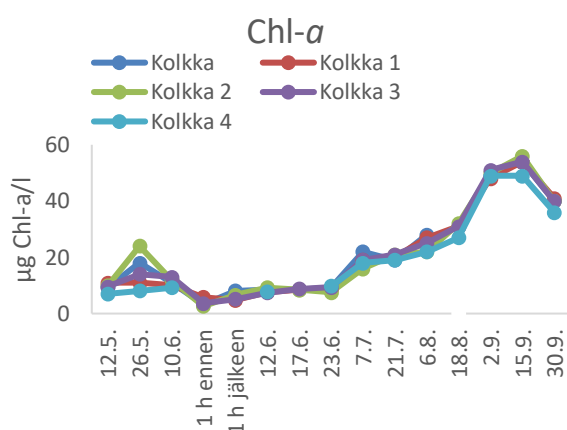
Pelkistyspotentiaali (ORP, kuva 9) pohjanläheisessä vedessä on suuri, minkä vuoksi happi kuluu vedestä nopeasti loppuun, vaikka hapellista vettä ajoittain pääseeikin alusveteen vesipatsaan sekoittumisen yhteydessä.

Muutos pohjanläheisen veden pH:ssa merkelikäsittelyn aikana näkyy erittäin pieni, enimmillään 0,1 yksikön suuruinen tilapäinen kohoaminen (Kuva 9).



Kuva 9. pH Kolkan automaattisella mittausasemalla mitattuna pohjanläheisessä vedessä, 0,9 metriä pohjan yläpuolella.

Planktonlevien määrää tuottavassa vesikerroksessa kuvaavassa a-klorofyllipitoisuudessa ei voida havaita merkelikäsittelystä johtuvaa muutosta (Kuva 10). Kolkassa, jossa veden vaihtuvuus on lahden sulkeutuneisuuden vuoksi hidasta, a-klorofyllipitoisuus oli kaikilla seuranta-asetilla korkeampi kuin kontrolliasemalla Kukonsalmensuussa.



Kuva 10. A-Klorofyllipitoisuudet Kolkan seuranta-asetilla (vasemmalla) ja Kukonsalmensuun kontrolliasemalla (oikealla).

Vesinäytteiden tulokset ovat taulukoissa liitteessä 2. Tulokset on tallennettu Hertta-tietokantaan.

5. Yhteenveto

Merkelikäsittelyllä ei havaittu olevan mitään haittavaikutuksia ympäristöön. Näin toteutettuna myös positiivinen vaikutus jäi hyvin vähäiseksi ja ohimeneväksi. Pieniä muutoksia kuitenkin havaittiin, ja menetelmän kehittämisellä, esimerkiksi levitettävän määrän lisäämisellä sekä raekoon ja esikättelyn muutoksilla olisi kenties mahdollista saada aikaan tehokkaampi fosforin sitoutuminen pohjasedimenttiin ja sitä kautta parannusta vedenlaadussa.