

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 194

TUTKIMUKSIA

Juha Niemi, Piia Leskinen, Olli-Pekka Mäki, Jussi Laaksonlaita,
Julia Talvitie, Outi Setälä, Irma Puttonen, Tuula Kohonen &
Johanna Mattila

R/V MUIKUN TUTKIMUKSET TURUN EDUSTAN MERIALUEELLA

Yhteenvetoraportti vuosilta 2012–2013



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 194

TUTKIMUKSIA

Juha Niemi, Piia Leskinen, Olli-Pekka Mäki, Jussi Laaksonlaita,
Julia Talvitie, Outi Setälä, Irma Puttonen, Tuula Kohonen &
Johanna Mattila

R/V MUIKUN TUTKIMUKSET TURUN EDUSTAN MERIALUEELLA

Yhteenvetoraportti vuosilta 2012–2013

TURKU 

 ITÄMERIHAASTE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN
RAPORTTEJA 194**

Turun ammattikorkeakoulu
Turku 2014

Kannen kuva: Kristiina Tarkiainen
Kartat: Maanmittauslaitoksen avointa tietoaainestoa,
maastokarttarasteri 1:50 000, 2007

ISBN 978-952-216-487-2 (painettu)
ISSN 1457-7925 (painettu)
Painopaikka: Suomen Yliopistopaino – Juvenes Print Oy, Tampere 2014

ISBN 978-952-216-488-9 (PDF)
ISSN 1459-7764 (elektroninen)
Jakelu: <http://loki.turkuamk.fi>



SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	TUTKIMUSALUE	5
3	PINTASEDIMENTIN FOSFORIPITOISUUS JA ALUSVEDEN HAPPIPITOISUUS	6
	3.1 Johdanto	6
	3.2 Menetelmät	7
	3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu vuodelta 2012	9
	3.4 Tulokset ja tulosten tarkastelu vuodelta 2013	12
	3.5 Tulosten vertailu muihin tutkimuksiin	15
4	POHJAEÄINSELVITYSVUONNA 2012	18
	4.1 Johdanto	18
	4.2 Menetelmät	18
	4.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	19
5	PINTASEDIMENTIN HAITTA-AINEPITOISUUDET VUONNA 2012	23
	5.1 Menetelmät	23
	5.2 Tulokset ja tulosten tarkastelu	24
6	MIKROROSKAT	28
	6.1 Johdanto	28
	6.2 Menetelmät	29
	6.3 Tulokset	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	39

I JOHDANTO

Itämerihaaste on Turun ja Helsingin käynnistämä Itämeren tilan parantamiseen tähtäävä haastekampanja, jonka yhteydessä Turun kaupunki on sitoutunut toteuttamaan toimia päästöjen vähentämiseksi. Vuosina 2012–2013 Itämerihaasteen nimissä toteutettiin kaksi tutkimusmatkaa Suomen ympäristökeskuksen tutkimusalue Muikulla. Tutkimusmatkojen tavoitteena oli toisaalta kerätä tietoa Turun lähialueen meren tilasta ja toisaalta lisätä kansalaisten tietoisuutta meren tilasta ja vesiensuojelusta.

Vuonna 2012 sedimentti- ja vesinäytteitä kerättiin 27 näytepisteeltä. Tutkimuksissa selvitettiin veden ja sedimentin happitilannetta ja fosforipitoisuutta, sedimenttien haitta-ainepitoisuuksia ja myrkyllisyyttä, pohjaeläinlajistoa ja yksilötiheyttä sekä eläinplanktonin stressitilaa. Tutkimusmatkan johtajana toimi Turun kaupungin ympäristönsuojelusuunnittelija Olli-Pekka Mäki ja tutkimuksiin osallistui tutkijoita Turun ja Helsingin yliopistoista, Åbo Akademiasta ja Turun ammattikorkeakoulusta. Tutkimusmatkalle osallistui yhtenä päivänä myös joukko Itämeri-kurssilaisia Turun Suomalaisen Yhteiskoulun ja Kaarinan lukioista. Tutkimusmatkasta järjestettiin tiedotustilaisuus 29.8.2012.

Vuonna 2013 näytteitä otettiin 47 näytepisteestä. Tutkimuksissa selvitettiin pohjan läheisen veden ja sedimentin happi- ja fosforipitoisuuksia sekä pyrittiin lisäksi arvioimaan happikadon alueellista laajuutta. Risteilyllä tutkittiin mikroroskan esiintymistä pintavedessä. Tutkimusmatkan johtajana toimi Olli-Pekka Mäki ja tutkimuksiin osallistui tutkijoita Suomen ympäristökeskuksesta, Helsingin yliopistosta ja Turun ammattikorkeakoulusta. Yhden tutkimuspäivän aikana järjestettiin tiedotustilaisuus risteilyllä tehtävistä tutkimuksista ja siihen mennessä saaduista tuloksista.

Osa tutkimusten tuloksista on julkaistu tai julkaistaan kansainvälisissä tiedelehdissä. Tämän raportin tavoitteena on esittää lyhyt yleistajuinen yhteenveto kahden tutkimusristeilyn tuloksista. Tutkimustulosten kirjoittamiseen ovat osallistuneet Olli-Pekka Mäki Turun kaupungin ympäristötoimialalta, Piia Leskinen, Jussi Laaksonlaita ja Jussi Niemi Turun ammattikorkeakoulusta, Irma Puttonen, Tuula Kohonen ja Johanna Mattila Åbo Akademiasta, sekä Julia Talvitie Aalto yliopistosta / Suomen ympäristökeskuksesta.

2 TUTKIMUSALUE

Tutkimus toteutettiin Turun, Naantalın ja Paraisten kaupunkien vesialueilla 27 näytteenottopisteessä vuonna 2012. Vuonna 2013 mukaan otettiin 20 uutta näyttepistettä niiden varsinaisten pisteiden lähialueelta, joiden happipitoisuus oli alle 3mg/l. Näin saatiin lisätietoa happikatoalueiden laajuudesta. Tutkimuspisteiden sijainti esitetty kartalla *kuvassa 1*, koordinaatit ja syvyystiedot ovat *liitteessä 1*.



KUVA 1. Näytteenottopisteiden sijainti.

3 PINTASEDIMENTIN FOSFORIPITOISUUS JA ALUSVEDEN HAPPIPITOISUUS

3.1 JOHDANTO

Ihmisen toiminnan seurauksena valuma-alueelta tulevan fosfori- ja typpikuormituksen kasvu on johtanut Itämeren rehevöitymiseen (HELCOM 2012). Fosfori ja typpi ovat eliöille välttämättömiä ravinteita, joiden ylimäärä näkyy meressä mm. levätuotannon runsastumisena keväisin. Monet erityispiirteet tekevät Saaristomerestä erityisen herkän rehevöitymiselle ja ravinnekuormituksen vaikutuksille. Veden suolaisuus on alhainen ja monet lajit elävät sietokykynsä rajoilla. Matalalla ja sokkeloisella Saaristomerellä veden vaihtuvuus on hidasta, eivätkä ravinteet pääse huuhtoutumaan avomerelle, jossa niiden pitoisuus laimenesi. Lämpötilakerrostuneisuus kesäisin estää vesimassan sekoittumista. Jää peittää merta 3–4,5 kuukautta vuodessa (Seinä 1994).

Pohjanläheisen veden happikato on yksi rehevöitymisen seurauksista. Veden korkea fosforipitoisuus suosii erityisesti niitä sinilevälajeja, jotka kykenevät sitomaan typpeä suoraan ilmakehästä. Pohjan happikato aiheuttaa etenkin rautaan sitoutuneen fosforin vapautumista sedimentistä vesimassaan (Mortimer 1941). Tämä ns. sisäinen fosforikuormitus lisää orgaanisen aineksen tuotantoa päällysvedessä pahentaen rehevöitymistä. Orgaanisen aineksen hajoaminen kuluttaa happea, ja lämpötilakerrostuneisuuden estäessä vesimassan sekoittumista ja happekaan päällysveden pääsyä pohjalle, syntyy itseään ruokkiva kierre. Happikadon vaikutuksesta pohjasta vapautuneet ravinteet pääsevät pintakerrokseen vesimassan sekoittuessa syksyllä. Pohjasta vapautunut fosfori on näin planktontuotannon käytettävissä heti kevätkukinnan alkaessa.

3.2 MENETELMÄT

3.2.1 Sedimenttinäytteenotto ja analyysit

Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa Turun edustan merialueen nykytilaa, joten sedimenttinäytteet pyrittiin ottamaan pohjilta, joilla tapahtuu sedimentin kerrostumista. Näytepaikkojen valinnassa käytettiin tutkimusalue Muikun kulkuluotauslaitteistoa, jolla pohjasedimentin sisäiset rakenteet saadaan näkyviin.

Vuonna 2012 sedimenttinäytteitä otettiin 27 näytepaikalta Gemax-kaksoisputkinoutimella, jolla sedimentin pintakerros (0–2 cm) saatiin talteen häiriintymättömänä (kuva 2). Sedimenttiprofilin silmämääräistä tarkastelua varten otettiin Niemistö-putkinoutimella (kuva 3) sedimentinäyte, joka halkaistiin alustalle (kuvat 6 ja 7). Halkaistut sedimenttiprofiilit valokuvattiin ja silmin havaittavat ominaisuudet sedimentin laadusta, väristä, rakenteesta, pohjaeläinten jäljistä tms. kirjattiin ylös. Sedimentin pintakerroksesta määritettiin laboratorioissa vesipitoisuus (% märkäpainosta) pakastekuivaamalla ja orgaanisen aineksen määrä hehkutushäviönä (% kuiva-aineesta) hehkuttamalla näytteitä 2 tuntia 550 °C:ssa. Sedimentistä vapautuvan fosforin määrän arvioimiseksi määritettiin sedimentin kokonaisfosforin (Tot-P) lisäksi kuusi eri fosforijaketta fraktioanalyysin avulla (Psenner et al. 1988).

Saadut fosforijakeet kuvaavat sedimenttiin sitoutuneiden fosforiyhdisteiden jakaumaa sekä niiden reaktiivisuutta ja liukoisuutta seuraavasti: $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ edustaa huokosvedessä olevaa ja partikkeleiden pinnalle adsorboitunutta fosforia (Labiili P), BD-P redox-herkkää lähinnä raudan hydroksideihin sitoutunutta fosforia (Fe-P) ja NaOH-nrP orgaanista fosforia (Org-P). Nämä kolme fraktiota voidaan laskea mahdollisesti vapautuviin fosforifraktioihin (Rydin 2000), ja niiden yhteismäärästä käytetään tässä nimitystä Mobiili P. Jäljelle jäävät NaOH-P, HCl-P ja res-P on jäljempänä esitetty yhdessä nimikkeellä Immobiili P, jolla tässä yhteydessä tarkoitetaan sedimenttiin pysyvästi sitoutunutta fosforia. Sedimenttianaalyysit teki Uppsalan yliopiston Erken-laboratorio Ruotsissa. Lisäksi sedimentistä määritettiin raekokojakauma hydrometrimenetelmällä Åbo Akademin geologian laitoksen laboratorioissa.

Vuonna 2013 sedimentin tilaa tarkasteltiin ottamalla Gemini-putkinoutimella (kuva 2) näyte, joka kuvattiin ja lisäksi arvioitiin hapellisen ja hapettoman kerroksen paksuus senttimetreinä. Sedimentistä tehtiin myös aistinvarainen arvio(haju, väri). Vuonna 2013 selvitettiin sedimenttikaikuluotaimella (MD-DSS) syvänteiden kokoa ja niissä mahdollisesti esiintyvän happikadon laajuutta.



KUVA 2. Gemax-sedimenttinäytteenotin valmiina laskettavaksi pohjaan (vas.), minkä jälkeen saatu sedimenttinäyte valokuvattiin (oik.) ja ylin 2 cm:ä otettiin talteen fosforianalyysiä varten. (Kuvat: I. Puttonen 2012)



KUVA 3. Gemini-sedimenttinäytteenotin (vas.), sedimenttinäyte oik. (Kuvat: OP. Mäki 2013)

3.2.2 Vesinäytteenotto ja analyysit

Vesinäytteet otettiin Limnos-noutimella 1 m pohjan yläpuolelta. Lisäksi vuonna 2012 otettiin vesinäyte läheltä sedimentin pintaa sedimenttinäytteenotimen putkesta. Happipitoisuus määritettiin vesipatsaasta jokaisella näytepaikalla CTD-luotaimella (conductivity, temperature ja depth) molempina vuosina. Vuonna 2013 vesinäytteenoton yhteydessä mitattiin näkösyvyys (dm) jokaisessa näytepisteessä. Vuonna 2012 vesinäytteitä otettiin 25 kpl ja vuonna 2013 vastaavasti 41kpl (liite 2). Näytteistä analysoitiin kokonaisfosfori sekä liukoinen fosfaattifosfori. Vuonna 2012 fosforianalyysit tehtiin tutkimusalue Muikun laboratoriossa ja vuonna 2013 Lounais-Suomen Vesi- ja Ympäristötutkimuksen (LSVY) akkreditoitussa laboratoriossa.

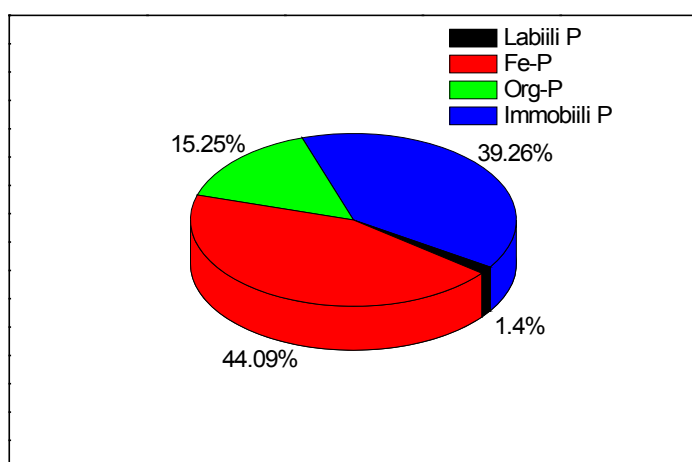
3.3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU VUODELTA 2012

Pintasedimentti kaikilla näytepaikoilla oli hienorakeista koostuen lähes yksinomaan savi- ja silttifraktoista ($\varnothing < 0,63$ mm). Sedimenttinäytteiden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli yli 1500 mg/kg kuiva-ainetta (ka) ja suurimmillaan jopa 2400 mg/kg (taulukko 1). Havaitut pitoisuudet vastaavat Saaristomeren sedimenteistä aiemmin mitattuja fosforipitoisuuksia (Virtasalo et al. 2005, Lukkari et al. 2008).

TAULUKKO 1. Sedimentin vesipitoisuus, orgaanispitoisuus, kokonaisfosfori ja mahdollisesti vapautuva fosfori. Mobiili P on fosforijakeiden Labiili P, Fe-P ja Org-P summa.

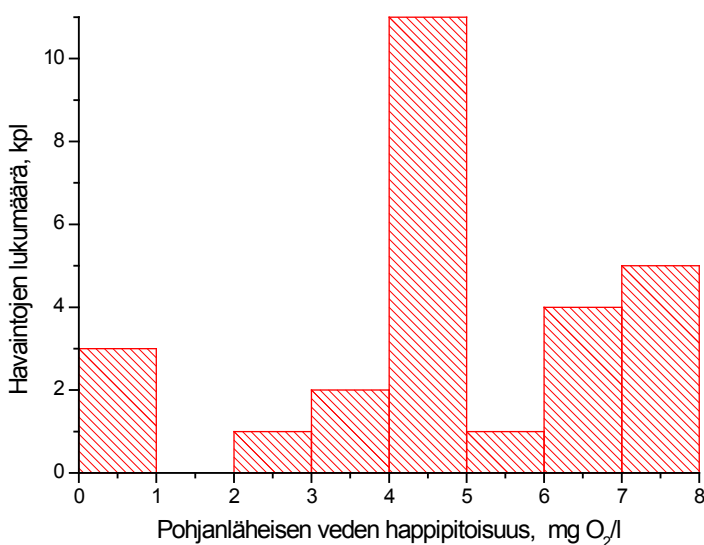
27 näytettä	Vesipitoisuus % märkäpainosta	Hehikutushäviö % kuiva-aineesta	Tot-P mg P/kg ka	Mobiili P mg P/kg ka
Min	63	5,5	800	202
Keskiarvo	80	9,1	1507	910
Max	88	11,4	2400	1741
SD	5	1,7	498	450

Pintasedimentin fosforista keskimäärin 61 % oli muodossa, josta se voi, olosuhteista riippuen, myöhemmin vapautua veteen. Pintasedimentin fosforista valtaosa, keskimäärin 44 % kokonaisfosforista, oli rautaan sitoutuneena (kuvio 1).



KUVIO 1. Pintasedimentistä (0–2 cm) määritettyjen fosforijakeiden keskimääräinen jakauma mahdollisesti vapautuviin (Labiili P, Fe-P ja Org-P) ja pysyvästi sitoutuneisiin (Immobiili P) jakeisiin.

Pohjanläheisen veden hapen puutoksen raja-arvona käytetään usein happipitoisuutta 2 mg/l, jolloin pohjaeläinten toiminta on jo vakavasti häiriintynyt ja kalat kuolevat (Diaz & Rosenberg 1995). Elämä meren pohjalla vaikeutuu kuitenkin hapen puutteen takia jo huomattavasti korkeammissa happipitoisuuksissa, ja useat lajit kuolevat happipitoisuuden alittaessa 5 mg/l (Vaquer-Sunyer & Duarte 2008). Tutkituista 27 näytepaikasta seitsemässätoista happipitoisuus alitti 5 mg/l. Niistä kolmessa happipitoisuus oli alle 2 mg/l (kuva 5). Myös happivajeen kestolla ja laajuudella on oleellinen merkitys sille, miten vakavia haittoja pohjan eliöstölle aiheutuu. Jo hyvin vähäinenkin hapenpuute voi aiheuttaa pysyviä muutoksia ja lajikuolemia etenkin herkille eliölajeille kestäessään pitkään, toistuessaan usein tai ulottuessaan laajoille alueille. Pohjanläheisen veden happipitoisuutta kuvaava kartta on kuvassa 8.

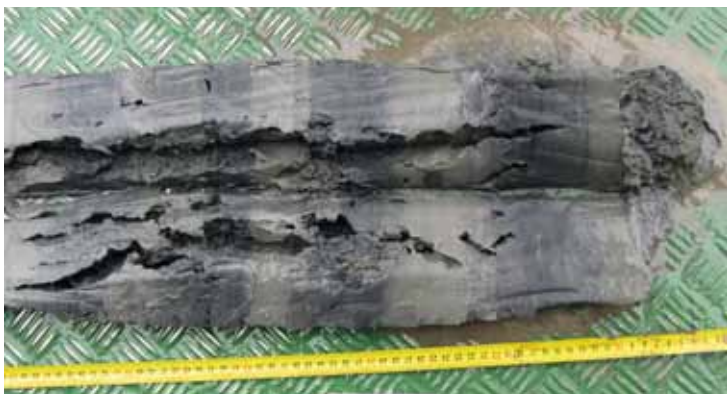


KUVIO 2. Pohjanläheisessä vedessä (noin 1 m pohjan yläpuolella) mitattujen happipitoisuuksien jakauma.

Pitkien sedimenttiprofilien tarkastelu osoitti, että joillakin alueilla happikato on jatkunut jo vuosia. Eri vuodenaikoina kertyneet sedimenttikerrokset ovat hapestomien pohjien näytteissä selvästi havaittavissa (kuva 4), koska sedimenttiä sekoittavat pohjaeläimet ovat hävinneet alueelta huonon happitilanteen takia. Joillakin kohteilla pohjan läheinen vesi ja näytteeksi otettu sedimentin pintakerros olivat hapekkaita, mutta muu sedimenttiprofili oli pinnan alapuolella joko sulfidin kokonaan mustaksi värjäämää tai kerroksellista sedimenttiä (kuva 5). Näillä kohteilla hyvä happitilanne on vain tilapäistä ja pohja on osan vuotta hapeston. Pohjasedimentin happitilan kartoittamiseen tarvitaan vesi- ja pintasedimenttinäytteiden lisäksi pitkiä sedimenttiprofilinäytteitä, joiden avulla voidaan arvioida sedimentin tilaa myös näytteenottoajankohdan ulkopuolella.



KUVA 4. Turun sisäsaariston hapettomalta pohjalta otettu sedimenttinäyte. (Kuva: T. Kohonen 2012)



KUVA 5. Sedimenttinäytteen löysä ruskea pintakerros on hapettunut, mutta kerroksellinen rakenne alempana profilissa ilmentää hapettomia oloja. (Kuva: T. Kohonen 2012)

Sedimentin läheisen veden keskimääräinen fosforipitoisuus oli yli kolminkertainen verrattuna metrin korkeudella pohjasta olevan veden fosforipitoisuuteen (taulukko 2). Tästä voidaan päätellä, että sedimentistä vapautuu veteen eliöille käyttökelpoisessa muodossa olevaa fosfaattifosforia, mikä maalta tulevan fosforikuormituksen lisäksi ylläpitää rehevöitymistä Turun vesialueella.

TAULUKKO 2. Veden fosfaattifosforipitoisuus alle 10 cm:ä pohjan yläpuolella (A) ja 1 m pohjan yläpuolella (B).

25 näytettä	A PO ₄ -P µg/l	B PO ₄ -P µg/l
Min	62	18
Keskiarvo	251	68
Max	443	402
SD	124	73

3.4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU VUODELTA 2013

Tutkituista 47 näytteenottopaikasta yhdessätoista happipitoisuus alitti 5 mg/l. Niistä kuudessa happipitoisuus oli alle 2 mg/l. Pohjan lähellä selvästi heikoin happitilanne oli vuoden 2012 kaltaisesti sisäsaariston pienehköillä syvänteillä Bläsnäs, Parainen (27,27B), Kirkkoherransaaren itäpuoli, Turku (21,21D), Kuhlonsaaren itäpuoli, Turku (21D) sekä Luonnonmaan Kultarannan edustalla oleva pitkähkö syvänte (1,1B). Näillä alueilla hapenpuute on aiheuttanut fosforin muuntumisen liukoiseen muotoon ja on näin vesieliöille helpommin käytökelpoisemmassa muodossa. Se saattaa mahdollistaa leväkukinnat alueella. Alle 3 mg/l olevat pitoisuudet estävät jo kalojen pitempiaikaisemman esiintymisen näillä alueilla.

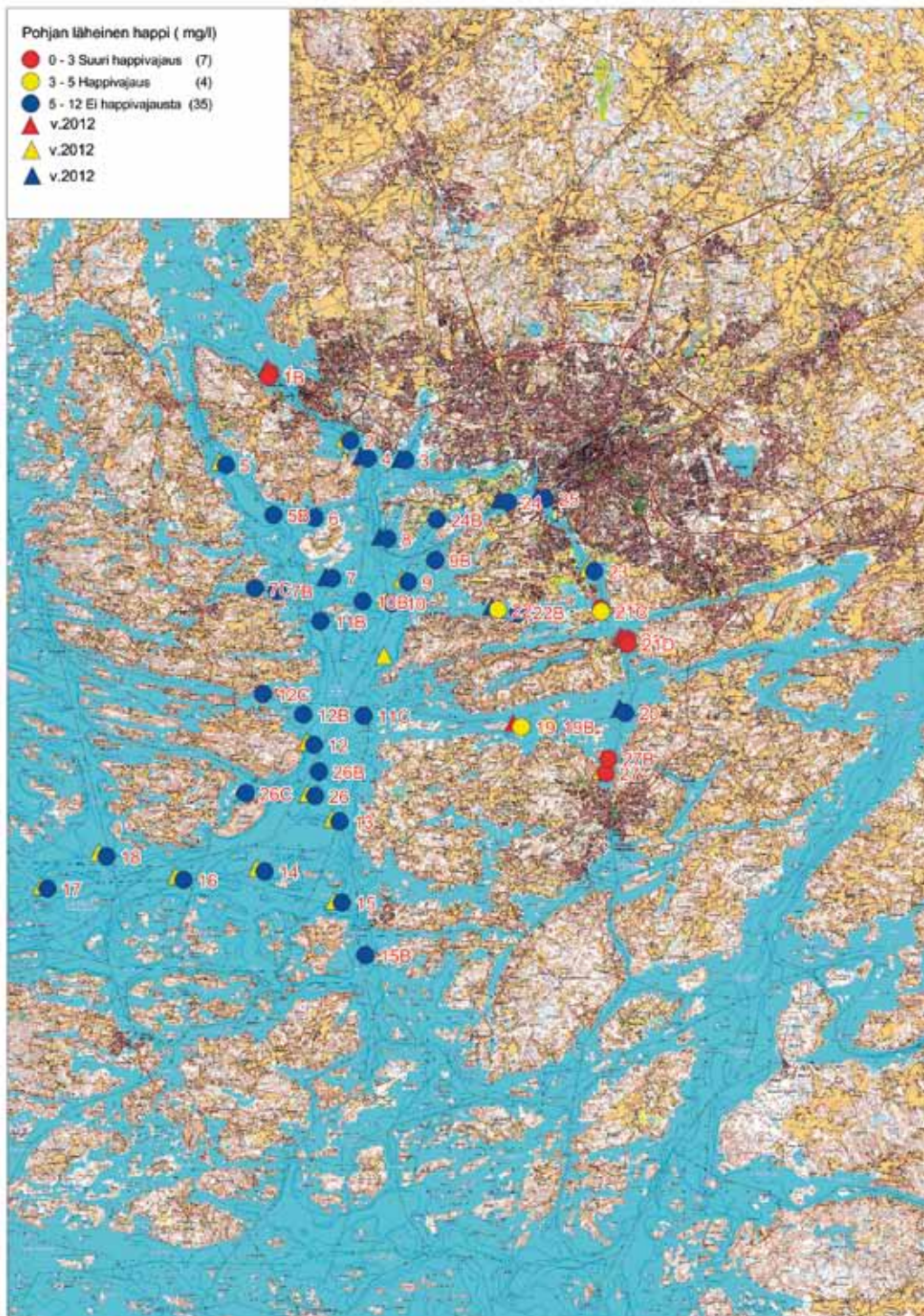
Pohjanläheisen veden happipitoisuutta esittävä kartta on kuvassa 6. Vuoden 2012 tilanteeseen verrattuna Airiston keskiosan näytepisteillä happipitoisuus oli muuttunut merkittävästi parempaan.

Hapettomien ja vähähappisten alueiden pinta-alaa pyrittiin arvioimaan kaikuluotauksella. Syvänteet luodattiin pituus- ja poikkisuunnassa ja samassa yhteydessä syvänteen pohjan happitilaa selvitettiin CTD-sondin avulla. Kaikuluotainlinjastot ja arvioidut hapettomien pohja-alueiden pinta-alat on esitetty kuvassa 7. Menetelmä on kuitenkin vasta kehitteillä ja toistaiseksi sillä pystytään samaan vain suuntaa antavia tuloksia. Tulevaisuudessa menetelmällä saadaan toivottavasti tarkempi kuva hapettomien alueiden laajuudesta ja pystymään arvioimaan vaikutukset aikaisempaa paremmin.

Vuonna 2013 mitatut fosforipitoisuudet olivat keskimäärin alhaisempia kuin vuonna 2012. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet ekologisen luokittelun mukaan on esitetty kuvissa 8 ja 9, sekä taulukossa 3. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli keskimäärin noin puolet, mutta rannikon tuntumassa liukoisen fosforin osuus oli yleensä alle 25 %, kun taas Airistolla liukoista fosforia oli 60–80 % kokonaisfosforista. Suurimmat fosforipitoisuudet löytyivät Bläsnäsin syvänteestä, jossa oli myös pienin happipitoisuus (piste 27).

TAULUKKO 3. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet vuonna 2013.

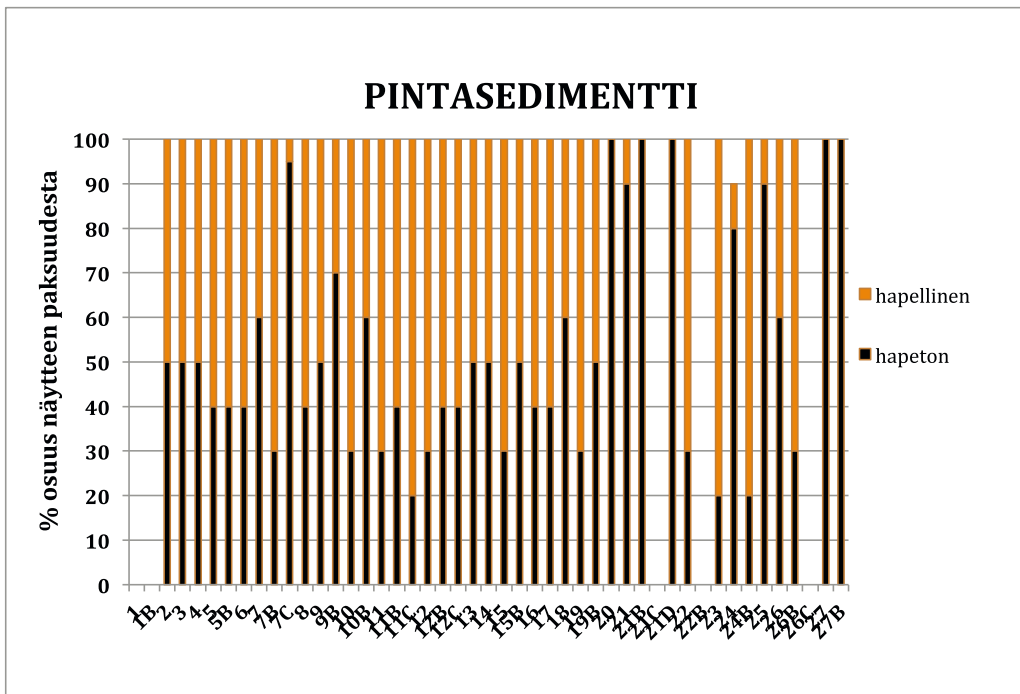
41 näytettä	Kokonaisfosfori (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)
MIN	21	7
MAX	810	460
Keskiarvo	67,6	31,6
SD	122	70



KUVA 6. Pohjanläheisen(pohja-1m) veden happipitoisuus (mg/l) vuosina 2012–13.



KUVA 7. Hapettomat alueet Turun edustalla elo-syyskuun vaihteessa vuonna 2013.



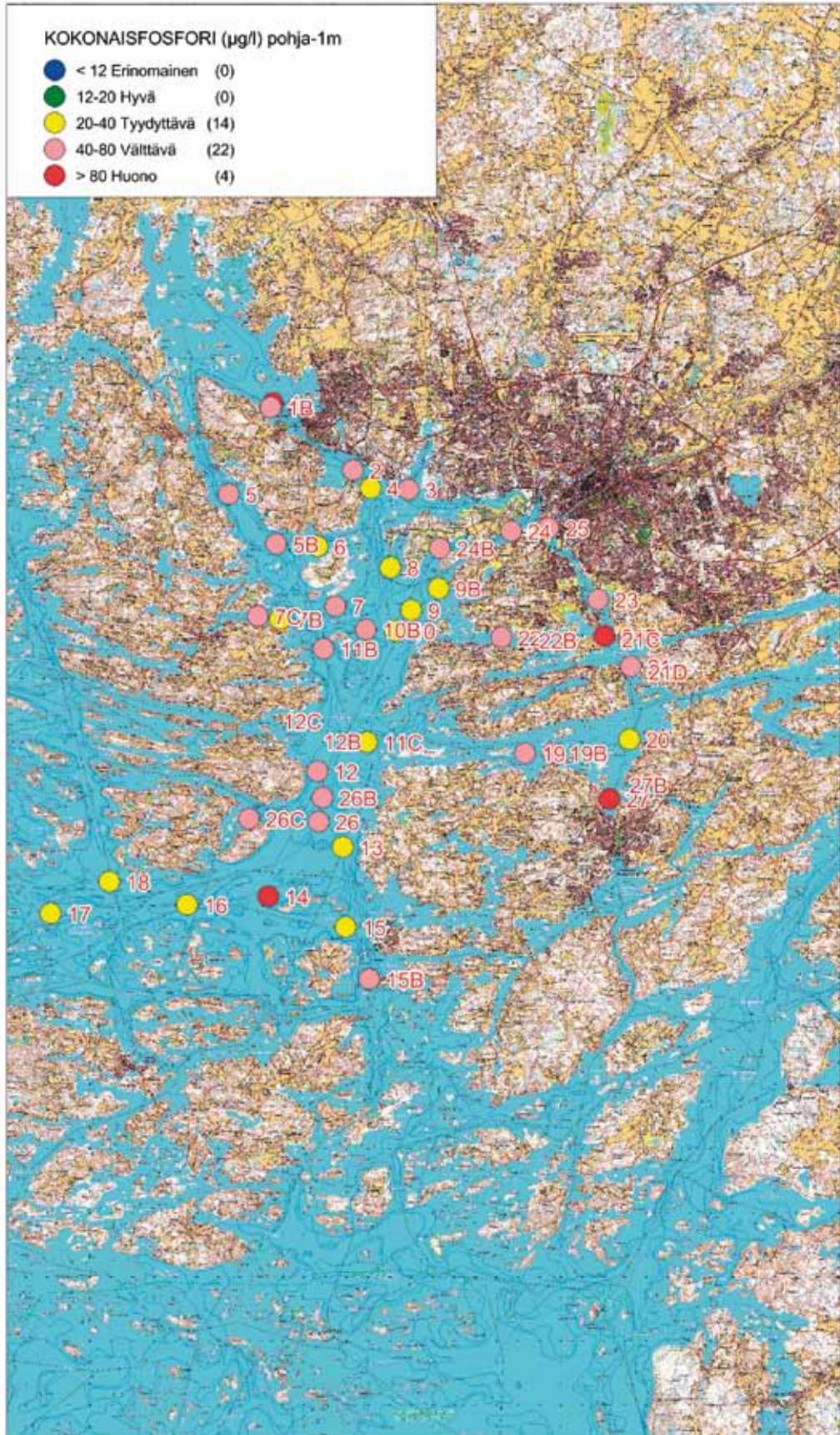
KUVIO 3. Näytteenoton yhteydessä otetuista valokuvista arvioidut hapettoman sedimentin kerrospaksuudet vuonna 2013.

3.5 TULOSTEN VERTAILU MUIHIN TUTKIMUKSIIN

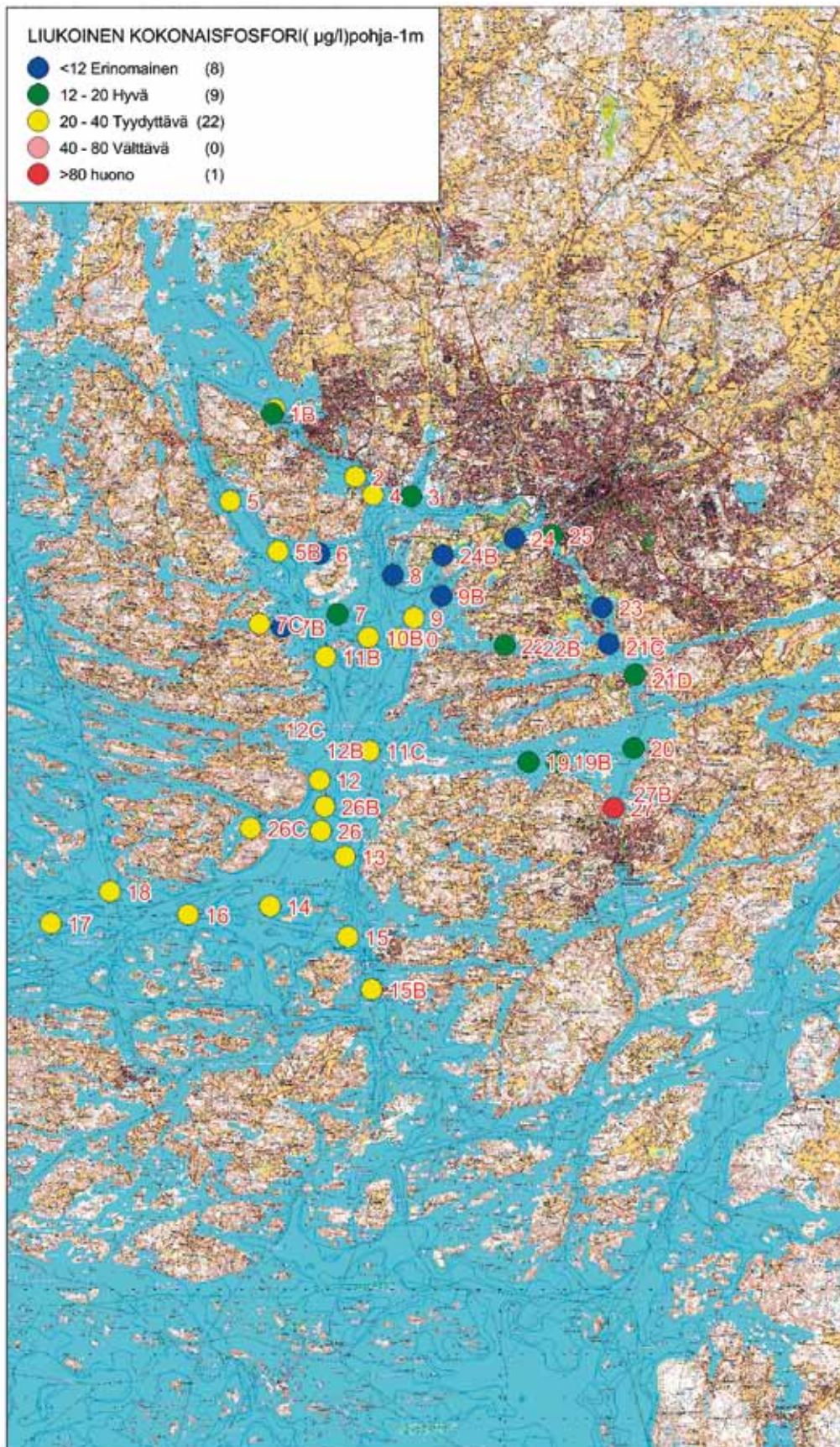
Lounais- Suomen Vesi- ja Ympäristötutkimus (LSVY) raportoi vuosittain veloitettarkkailututkimuksen yhteydessä mm. kokonaisfosforin määriä Turun seudun merialueelta. LSVY:n näytteet on otettu tuotantokerroksesta, mutta pitoisuuksien erot ovat olleet kohtalaisen pienet eri vesikerrosten välillä.

Määrät olivat kesäkuun alussa vuonna 2013 LSVY:n tekemän väliraportin mukaan kokoomanäytteissä 18–54 µg/l. Airistolla ja Vapparilla fosforia oli vastaavasti 20 µg/l. Suurimmat pitoisuudet olivat Bläsnäsin ja Kirkkoherransaaren syvänteissä molemmissa yli 100 µg/l. Fosfaattifosforin pitoisuudet ilmoitettiin vain Raisionlahden pohjukasta (53 µg/l). Muualla pitoisuuksien on todettu olleen pieniä. Intensiivipisteiden perusteella fosforipitoisuudet olivat vuosien 2003–2013 pitkäaikaiskeskiarvon mukaan lähellä keskimääräistä.

Aurajoen kokonaisfosforimäärä kesäkuun alussa on ollut 130 µg/l ja fosfaattifosforin määrä vastaavasti 30 µg/l. Tämän tutkimuksen kokonaisfosforipitoisuudet edustivat hyvin Lounais-Suomen Vesi- ja ympäristötutkimuksen tutkimusten mukaisia arvoja.



KUVA 8. Pohjanläheisen veden (pohja-1m) kokonaisfosforipitoisuus.



KUVA 9. Pohjanläheisen veden (pohja-1m) Liukoinen kokonaisfosforipitoisuus.

4 POHJÄELÄINSELVITYS VUONNA 2012

4.1 JOHDANTO

Pohjaeläinten esiintyminen riippuu olennaisesti pohjan happitasosta. Hapettomien jaksojen aikana pohjaeläinyhteisöt tuhoutuvat paikallisesti ja alkavat toipua jälleen kun olosuhteet paranevat. Alhaisen happitason seurausten vakavuus riippuu lajista. Tietyt lajit kuolevat vähähappisessa ympäristössä jo muutamassa tunnissa, toiset taas voivat selvitä viikkoja. Lajirikkaus pienenee kuitenkin aina hapenpuutteen vaivaamilla alueilla. Happipitoisuuden laskiessa nollan alapuolelle, myrkyllistä rikkivetyä alkaa vapautua pohjasta ja kaikki lähialueen eläimet kuolevat.

Eri lajien kyky toipua happikadosta vaihtelee. Tehokkaimmin happikadosta palautuvat lajit ovat usein hallitsevia ajoittaisesta happikadosta kärsivillä alueilla. Lajien määrä on näillä alueilla pienempi ja yhteisön monimuotoisuus vähäisempi, mikä voi vaikuttaa koko ekosysteemin toimintaan. Pohjaeläinyhteisöjen elinvoimaisuus onkin erittäin tärkeä vesiekosysteemin tilan indikaattori.

4.2 MENETELMÄT

Pohjaeläin selvitys tehtiin vuonna 2012. Pohjaeläinnäytteitä otettiin 27 näyteasemalta. Valtaosa näyteasemista sijaitsi Airiston selän alueella, mutta osa edusti sisäsaariston matalia salmi- ja lahtialueita. Näyteasemien keskisyyvyys oli 30,7 metriä.

Pohjaeläinnäytteet otettiin Van Veen -pohjanoutimella, jonka pinta-ala on 1000 cm². Jokaiselta näyteasemalta otettiin yksi näyte, joka seulottiin 0,5mm:n silmäkoon seulalla juoksevaa vettä apuna käyttäen. Seulaan jäänyt aines säilöttiin noin 70 % denaturoituun etanoliin (ETAX A 16) välittömästi seulonnan jälkeen myöhempää käsittelyä varten. Näytteenotto ja näytteiden käsittely suoritettiin pohjaeläinnäytteenoton standardien ja ympäristöhallinnon ohjeistuksien mukaisesti. Näytteenoton tiedot, mm. näytteenoton ajankohta ja -paikka, pohjasedimentin laatu sekä pintakerroksen väri kirjattiin maastolomakkeelle näytteenoton yhteydessä.

Laboratoriossa pohjaeläimet poimittiin seuloksesta preparointimikroskoopin ja suurennuslasin avulla. Pohjaeläimet määritettiin lajitasolle, *Oligochaeta*-harvasukasmatoja sekä osaa *Chironomidae*-heimon surviaissääskiä lukuun ottamatta, joiden määrittäminen on aikaa vievää ja haastavaa. Määrityksen yhteydessä pohjaeläimet laskettiin ja niiden märkäpainot punnittiin valutettuina. Osa liejusimpukoiden (*Macoma baltica*) kuorista oli tyhjiä, jonka vuoksi näytteestä laskettiin ja punnittiin ainoastaan elävät yksilöt. Tulokset on ilmoitettu näyteasemakohtaisina yksilötiheyksinä ja biomassoina neliometriä kohden.

4.3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

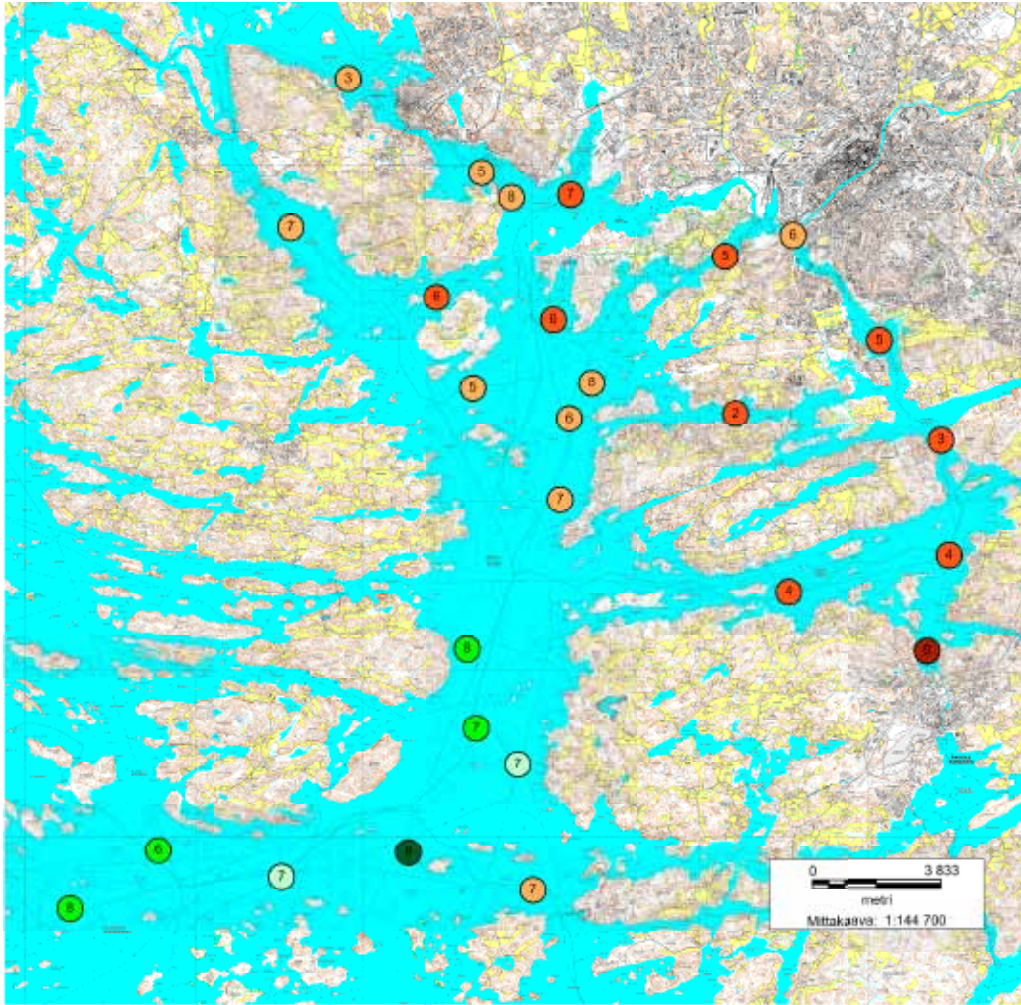
4.3.1 Lajisto

Määritettyjen lajien tai lajiryhmien lukumäärät vaihtelivat 2–8:aan eri näyteasemien välillä. Viideltä näyteasemalta tavattiin kahdeksaa eri lajia tai lajiryhmää. Hieman yllättäen lajimäärät olivat korkeimpia syvillä (> 40m) näyteasemilla. Lajimäärät olivat alhaisimmillaan sisäsaariston sulkeutuneissa ja pienialaisissa syvänteissä, joissa pohjan läheisessä vesikerroksessa oli havaittavissa hapen puutetta. Otetuista näytteistä tavattiin yhteensä 16 eri lajia tai lajiryhmää. *Marenzelleria*-liejuputkimadot olivat yleisin lajiryhmä, ne puuttuivat ainoastaan neljästä tutkimuspisteestä.

Näyteasemien sijainnin ja syvyyden vaikutus oli nähtävissä lajistossa. Liejukatkaa (*Corophium volutator*) tavattiin ainoastaan kahdelta aivan sisäsaaristossa sijaitsevalta matalalta näyteasemalta (< 10m) (liite 3). Korkeita valkokatkojen (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) yksilötiheyksiä havaittiin puolestaan vain syvillä näytteenottopisteillä, jotka sijaitsivat Airiston etelä- ja keskiosissa (kuva 10).

4.3.2 Pohjaeläinten yksilötiheydet

Pohjaeläinten kokonaisyksilötiheyksissä oli suurta vaihtelua eri näyteasemien välillä. Korkein yksilötiheys (10 180 yks./m²) havaittiin näyteasemalla 14, joka sijaitsee Krampin saaren itäpuolella Airiston eteläosassa. Bläsnäsin syvänteen näyteasemalta (näyteasema 27) ei saatu lainkaan pohjaeläimiä. Alhaisin yksilötiheys (170 yks./m²) havaittiin näyteasemalta 21, joka sijaitsee Kaksikerran ja Kuusiston saarien välisessä pienialaisessa syvänteessä. Tällä näytepisteellä pohjan läheisen vesikerroksen happipitoisuus oli hyvin alhainen (< 0,5mg/l) pohjan läheisestä vesikerroksesta, mikä selittää pohjaeläinten alhaista lukumäärää. Lisäksi näytteen pohja-aines oli hyvin hienojakoista liejua ja siitä oli haistettavissa lievä rikkivedyn haju, joka viittaa pidempiaikaiseen hapettomuuteen.



Pohjaeläinten yksilömäärä (yks / m²)

taksoniluku merkinnän sisällä

- > 10 000
- 7 000 - 10 000
- 5 000 - 6999
- 500 - 4999
- 1 - 499
- 0

KUVA 10. Pohjaeläinten esiintyminen tutkimusalueella vuonna 2012.

Marenzelleria-liejuputkimadot olivat vallitseva lajiryhmä suurimmassa osassa näyteasemia (18 kpl/65 %). Etenkin näyteasemilla 2, 4, 5, 9, 10 ja 17 *Marenzelleria*-lajit olivat selvästi runsain lajiryhmä, esimerkiksi näyteasemalla 17 niitä oli 87 % kaikista tavatuista pohjaeläimistä. Kahdella näyteasemalla (11, 13) runsain laji oli valkokatka (*Monoporeia affinis*). Valkokatkoja tavattiin erittäin runsaasti myös näytepisteillä 11, 12, 14, 16, 18 ja 26.

Oligochaeta-harvasukasmadot muodostivat runsaimman lajiryhmän kolmella näytepisteellä (1, 19, 25). Kahdella näyteasemalla ne olivat selkeästi vallitsevia (1, 25), näyteasemalla 1 harvasukasmatoja oli peräti 98 % kaikista havaituista pohjaeläimistä. Kahdella sisäsaariston näyteasemalla (22, 23) *Chironomus plumosus* -surviaissääskien toukat esiintyivät runsaimpina pohjaeläiminä. Liejusimpukka (*Macoma baltica*) taas oli vallitseva laji ainoastaan yhdellä näyteasemalla (6), jossa niitä oli 47 % kaikista pohjaeläimistä.

4.3.3 Pohjaeläinten biomassat

Pohjaeläinten kokonaisbiomassat vaihtelivat välillä 0,8–479,8 g/m². Suurin biomassa mitattiin näyteaseman 15 näytteestä, jossa tavattiin runsaasti liejusimpukoita (*Macoma baltica*). Alhaisimmat kokonaisbiomassat (<1g/m²) olivat näyteasemilla 1 ja 21, joilla molemmilta havaittiin vain kolmea lajiryhmää. Liejusimpukoiden esiintyminen sekä kokojakauma vaikuttavat merkittävästi saatuihin kokonaisbiomassoisiin. Jos liejusimpukoita ei havaittu tai niitä oli vähän, jäivät kokonaisbiomassat pääosin selvästi alle 100g/m². Liejusimpukka oli biomassassa mitattuna valitseva lajiryhmä 19 näyteasemalla (73 %). *Marenzelleria*-monisukasmadot olivat biomassoissa vallitseva lajiryhmä kolmella näyteasemalla (16, 21, 23).

Merisukasjalkaiset (*Hediste diversicolor*) muodostivat aina esiintyessään merkittävän osan kokonaisbiomassoista. Näyteasemalla 25 merisukasjalkainen oli vallitseva laji ja näyteasemalla 6 ne muodostivat 39 % kokonaisbiomassasta. Tätä selittää merisukasjalkaisten suuri yksilökoko.

4.3.4 Indikaattorilajien esiintyminen

Liejusimpukka on rannikkovesien ekologisen tilan luokittelun mukaan hyvin sietokykyinen laji (herkkyysarvo 5). Liejusimpukan on todettu hyötyvän rehevöitymisestä, mutta se sietää kuitenkin huonosti vesien likaantumista. Tutkimusmatkan aikana otetuista näytteistä liejusimpukoita tavattiin 21 näyteasemalta niistä 26:sta, joilta pohjaeläimiä havaittiin. Ne puuttuivat ainoastaan sisäsaariston syvänteissä ja Aurajokisuun läheisyydessä sijaitsevilta näyteasemilta (1, 19, 21, 22, 23)(kuva 10). Liejusimpukoiden yksilötiheydet vaihtelivat 20–99 yks./m² ja biomassat 4,4–401,1g/m². Korkeimmat yksilötiheydet ja biomassat mitattiin Airiston keski- ja eteläosissa sijaitsevilta näyteasemilta. Kaikista näyteasemista

laskettuna liejusimpukoiden osuus oli yksilömääristä 8 % ja biomassoista 77 %. Keskimäärin liejusimpukoita esiintyi näyteasemilla 346 yks./m² ja biomassojen keskiarvo oli 163,6 g/m².

Valkokatkat (*Monoporeia affinis* ja *Pontoporeia femorata*) ovat erittäin herkkiä lajeja vedenlaadun heikkenemiselle ja alhaisille happipitoisuuksille (herkkyysarvo 15). Ne sietävät heikosti vesien rehevöitymistä sekä pilaantumista. Tässä tutkimuksessa valkokatkoista puhuttaessa tarkoitetaan valkokatkaa (*Monoporeia affinis*) ja merivalkokatkaa (*Pontoporeia femorata*). Vuonna 2012 otetuista näytteistä valkokatkaa (*Monoporeia affinis*), tavattiin 14 näyteasemalta. Yksilötiheydet vaihtelivat 10 yksilöstä (näyteasemat 8 ja 9) 3 410 yksilöön neliometrillä (näyteasema 26). Runsaimmillaan valkokatkojen yksilötiheydet olivat Airiston keski- ja eteläosien syvillä liejupohjaisilla näyteasemilla, jotka eivät kärsineet merkittävästi pohjanläheisen vesikerroksen happivajeesta. Näillä näytepisteillä (11–17 ja 26) valkokatkat esiintyivät varsin runsaina (1520–3410 yks./m²), poikkeuksena näyteasema 17, jolta tavattiin vain 110 valkokatkayksilöä neliometriltä. Eteläiseltä Airistolta otetuista näytteistä tavattiin myös merivalkokatkaa (*Pontoporeia femorata*), jota oli näytteissä runsaimmillaan 220 yks./m² (näyteasema 13). Valkokatkojen yksilötiheydet kasvavat voimakkaasti saaristossa ulospäin tultaessa, aivan sisäsaaristosta laji näyttää puuttuvan kokonaan ja Airiston pohjoisosissa niitä tavattiin vain joitakin yksilöitä.

Itämerellä esiintyvät *Marenzelleria*-liejuputkimadot (aikaisemmin amerikanmonisukasjalkainen) voidaan molekyylibiologisten tutkimusten perusteella jakaa kolmeen eri lajiin. *Marenzelleria*-liejuputkimadot alkuperäisin lähtöisin Pohjois-Amerikan suistoalueilta ja ovat tämän vuoksi sopeutuneet elämään murtovedessä. Niitä havaittiin ensi kerran Itämereltä vuonna 1985, jonka jälkeen ne ovat lisääntyneet räjähdysmäisesti. *Marenzelleria*-lajien on todettu tulevan hyvin toimeen vähähappisissa olosuhteissa ja muokkaavan tehokkaasti pehmeitä pohjasedimenttejä. Kaivautuessaan syvälle pohjasedimenttiin ne hapettavat sitä ja parantavat näin fosforin pidättymistä. Ne tulevat hyvin toimeen erilaisilla pohjatyypeillä ja erilaisissa ympäristöoloissa. Kuitenkin ne vaikuttavat viihtyvän parhaiten syvillä alueilla sekä pehmeillä pohjilla, joissa ne esiintyessään ovat usein vallitseva lajiryhmä. *Marenzelleria*-liejuputkimadot sietävät hyvin vesien rehevöitymistä ja ilmeisesti myös jossain määrin vesien likaantumista (herkkyysarvo 5). Koska *Marenzelleria*-lajit sietävät vähähappisia oloja, ne pystyvät elämään sellaisissa oloissa ja leviämään sellaisille uusille alueille, joilta muut pohjaeläimet puuttuvat lähes täysin.

Marenzelleria-liejuputkimadot olivat selvästi vallitseva lajiryhmä kuudella näyteasemalla. Yksilömäärät vaihtelivat kuitenkin paljon eri näyteasemien välillä (10–8390 yks./m²). Keskimäärin *Marenzelleria*-liejuputkimatoja havaittiin näyteasemilla 2398 yks./m² ja biomassana mitattuna 21,3g/m². Kaikista näyteasemilla havaituista pohjaeläimistä niitä oli 62 %. Kokonaisbiomassasta niiden osuus oli kuitenkin vain 11 %.

5 PINTASEDIMENTIN HAITTA-AINEPITOISUUDET VUONNA 2012

Haitta-ainepitoisuuksien osalta selvitettiin orgaanisten tinayhdisteiden sekä PAH-yhdisteiden eli polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen määrää Turun edustan merialueen sedimentin pintakerroksissa vuonna 2012.

Orgaanisia tinayhdisteitä käytetään biosidien tehoaineina. Tributyyliä (TBT) ja trifenyylitinaa (TPhT) ryhdyttiin käyttämään laivojen ja veneiden eliöiden kiinnittymistä estävissä pohjamaaleissa eli ns. antifouling-maaleissa tehoaineina 1960-luvulla. Niiden käyttö yleistyi 1970–1980-luvuilla. Vuoden 1991 jälkeen orgaanisia tinayhdisteitä sai käyttää vuoteen 2003 saakka ainoastaan yli 25 m:n pituisissa aluksissa. Vuodesta 2003 alkaen on orgaanisten tinayhdisteiden käyttö Suomessa ollut kokonaan kielletty. Orgaanisten tinayhdisteiden osalta näytteistä selvitettiin monobutyyliä (MBT), dibutyyliä (DBT), tributyyliä (TBT), tetrabutyyliä (TTBT), mono-oktyyliä (MOT), dioktyyliä (DOT), trisykloheksyyliä (TCTH), monofenyylitina (MPhT), difenyylitina (DPHT) sekä trifenyylitina (TPhT).

PAH-yhdisteitä, syntyy orgaanisen aineen epätäydellisessä palamisessa, liikenteessä, energiantuotannossa ja teollisuudessa. Ne ovat kiinteitä aineita, eivätkä ne liukene veteen. Koska PAH-yhdisteet ovat myös hyvin pysyviä, ne kerääntyvät maaperään ja vajoavat vesistöissä sedimentteihin. Näytteistä selvitettiin 16 eri PAH-yhdistettä, jotka olivat naftaleeni, asenaftyleeni, asenafteni, fluoreeni, fenantreeni, antraseeni, fluoranteeni, pyreeni, bentso(a)antraseeni, kryseeni/trifenyleeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(a)pyreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, dibentso(ah)antraseeni, bentso(ghi)peryleeni sekä em. yhdisteiden summapitoisuus.

5.1 MENETELMÄT

Sedimenttinäytteet otettiin 27 näytepaikalta Gemax-kaksoisputkinoutimella, jolla sedimentin pintakerros (0–2 cm) saatiin talteen häiriintymättömänä.

Turun kaupungin ympäristönsuojelu tilasi näytteistä PAH- ja organotinayhdisteiden määritykset Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:ltä. Määritykset teki Eurofins Scientific Finland Oy:n laboratorio. Näytteistä määritettiin

hehkutushäviö, jotta haitta-ainetulokset voitiin normalisoida eli muuntaa vastaamaan määriä standardisedimentissä. Orgaanisten tinayhdisteiden (TBT ja TPhT) sekä 10 PAH-yhdisteen osalta normalisoituja tuloksia verrattiin ympäristöministeriön 2004 antamiin ruoppausmassojen läjityskriteereihin.

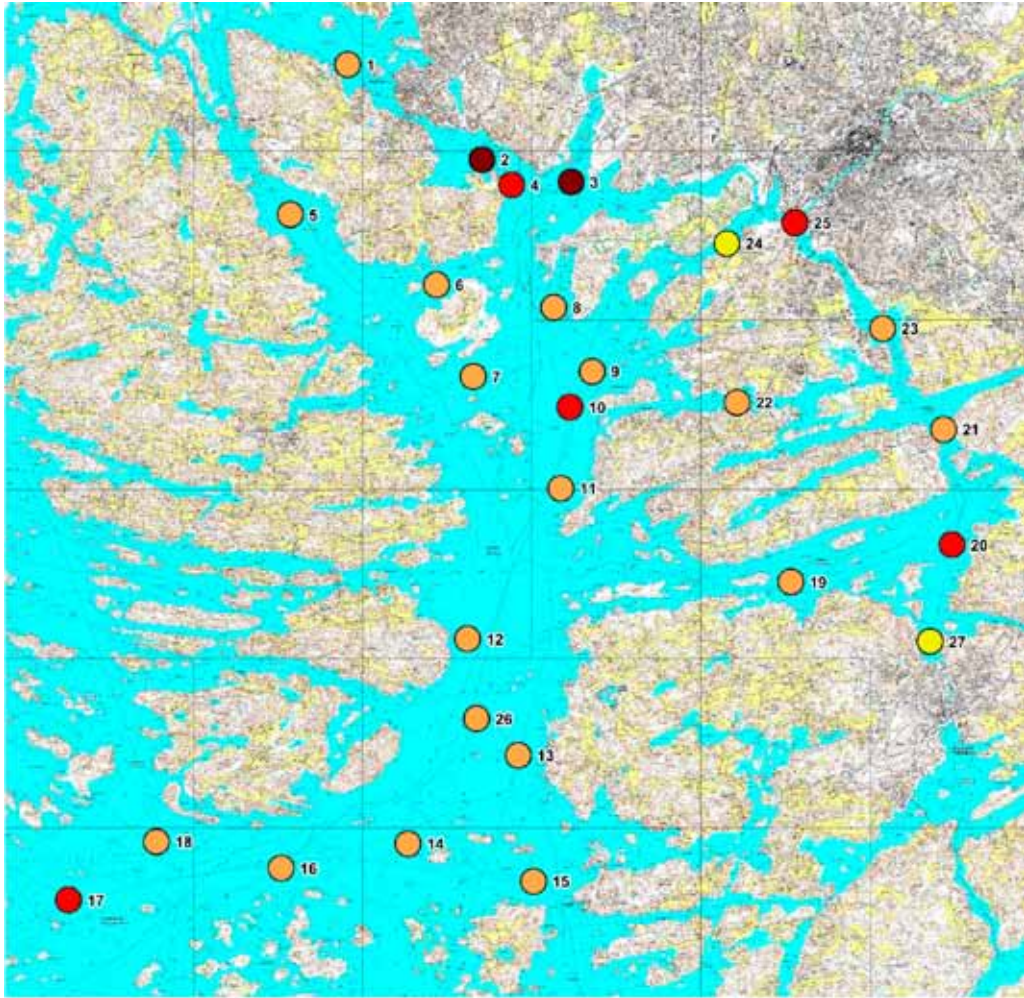
5.2 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

5.2.1 Orgaaniset tinayhdisteet

Tributyylitinan (TBT) normalisoituja pitoisuuksia verrattiin ympäristöministeriön vuonna 2004 antamiin kriteereihin, jotka koskevat ruoppausmassojen läjityskelpoisuutta. Ministeriön ohjeen mukaan taso 1 = 3 µg/kg vastaa luotettavaa määritysrajaa. Jos normalisoidut TBT-pitoisuudet jäävät tason 1 alle, ruoppausmassat voi läjittää mereen. Tason 2 yli oleva haitta-ainepitoisuus sedimentissä on pääsääntöisesti läjityskelvotonta mereen eli pilaantunutta sedimenttiä. Taso 2:n pitoisuus on orgaanisten tinayhdisteiden osalta 200 µg/kg. Turun sataman ruoppaus- ja läjitystoimintaa koskevien lupaprossien yhteydessä korkein hallinto-oikeus on päätöksellään kuitenkin määrittänyt yli 150 µg/kg olevat haitta-ainepitoisuudet kelvottomiksi meriläjitykseen, jota käytetään Turun edustalla meriläjityksen ohje-arvona. Tasojen 1 ja 2 välissä olevat haitta-ainepitoisuudet katsotaan mahdollisesti pilaantuneeksi ruoppausmassaksi, jonka läjityskelpoisuus mereen on arvioitava tapauskohtaisesti.

Tributyylitinaa esiintyi kaikissa tutkituissa kohteissa. Normalisoidut TBT-pitoisuudet vaihtelivat 2,9–87 µg/kg. Näytteiden keskiarvo oli 18,4 µg/kg ja mediaani 14 µg/kg. Tributyylitinan pitoisuudet olivat yleensä tasojen 1 ja 2 välissä. Pitoisuudet vaihtelivat 2,9–87 µg/kg. Näytteiden keskiarvo oli 18,4 µg/kg ja mediaani 14 µg/kg. Pitoisuudet olivat < 3 µg/kg vain kahdessa kohteessa, tutkimuspisteessä 24 Pukinsalmessa ja pisteessä 27 Paraisten kaupungin edustalla. TBT-pitoisuudet eivät ylittäneet tasoa 2 eli 150 µg/kg missään tutkimuspisteessä. Suurimmat pitoisuudet esiintyivät Viheriäistenaukolla tutkimuspisteissä 2 ja 3.

Trifenyylitinaa (TPhT) esiintyi kolmessa tutkimuspisteessä. Sen pitoisuudet vaihtelivat 2,7–3,8 µg/kg normalisoituina tuloksina. Muissa tutkimuspisteissä trifenyylitinan pitoisuudet jäivät alle määritysrajan.



Orgaanisten tinayhdisteiden (TBT) ($\mu\text{g} / \text{kg}$) esiintyminen pohjasedimentin pintakerroksessa (0-2 cm)

- < 3 $\mu\text{g} / \text{kg}$
- 3 - 20 $\mu\text{g} / \text{kg}$
- 20,1 - 50 $\mu\text{g} / \text{kg}$
- 50,1 - 87 $\mu\text{g} / \text{kg}$

KUVA 11. *Orgaanisten tinayhdisteiden (TBT) havaitut pitoisuudet vuonna 2012.*

5.2.2 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteiden pitoisuuksia verrattiin ympäristöministeriön vuonna 2004 antamiin ruoppausmassojen läjityskelpoisuutta koskeviin kriteereihin. Ohjeen mukaan tason 1 alle olevat pitoisuudet ovat kemiallisen laadun perusteella meriympäristölle merkityksettömiä pitoisuuksia, jolloin sedimentit luokitellaan haitattomiksi. Tason 1 ylittävät, mutta alle tason 2 olevat pitoisuudet luokitellaan mahdollisesti pilaantuneiksi sedimenteiksi. Tason 2 yli olevat pitoisuudet luokitellaan pilaantuneiksi sedimenteiksi. *PAH-yhdisteiden* osalta on ruoppausmassoja koskevassa läjitysohjeessa annettu raja-arvot 10 PAH-yhdisteelle 16 tämän tutkimuksen yhteydessä tutkitusta yhdisteestä.

Normalisoidut tulokset alittivat pääosin tason 1, jolloin sedimentit luokitellaan haitattomiksi. Haitattomaksi luokiteltavia sedimenttejä oli 25 tutkimuspisteessä (kuva 12). Tutkimuksen perusteella PAH-yhdisteiden normalisoidut pitoisuudet ylittivät tason 1 fenantreenin, fluoranteenin ja bentso(a)antraseenin osalta Pukinsalmen näytepisteessä 24 sekä bentso(a)antraseenin osalta Aurajokisuun näytepisteessä 25. Näissä kahdessa pisteessä sedimentti luokitellaan mahdollisesti pilaantuneeksi. Naftaleenin ja antraseenin osalta määrittelylaboratorio joutui nostamaan raportointirajaa näytteen matalan kuiva-ainepitoisuuden vuoksi, minkä takia näiden yhdisteiden osalta tason 1 alittuminen jäi epävarmaksi. Tutkittujen sedimenttien PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat koko alueella melko alhaiset.



KUVA 12. Pohjasedimentin tila vuonna 2012 Turun edustan merialueella PAH-yhdisteiden pitoisuuksien perusteella arvioituna. (Ympäristöministeriön määrittelemien ruoppausmassojen läjityskriteerien mukaan)

6 MIKROROSKAT

6.1 JOHDANTO

Mikroroskaksi kutsutaan alle 5 mm kokoista roskaa. Merissä esiintyvän mikroroskan tutkimus on vasta alussa, mutta näiden pienten kappaleiden, varsinkin muovisten, epäillään olevan haitallisia vesiekosysteemissä (Wright et al. 2013). Mitä pienempiä kappaleet ovat sitä helpommin ne todennäköisesti voivat joutua ravintoketjuun.

Saksan, Belgian ja Ranskan rannikolla tehdyissä tutkimuksissa mikroroskia löytyi mm. sinisimpukoiden ja nivelmatojen elimistöistä (Van Cauwenberghe et al., 2012). Englannin kanaalissa tehdyssä tutkimuksessa 504stä tutkitusta kalasta 184n ruoansulatuselimistöistä löytyi mikroroskiksi luokiteltavia partikkeleita (Lusker et al., 2013).

Mikroroskat ovat herättäneet kasvavaa mielenkiintoa sen jälkeen kun vuonna 2011 julkaistiin tutkimus, jossa todettiin jätevedenpuhdistamolta (NSW Australia) päätyvän jätevesien mukana mereen huomattavia määriä mikrokokoisia muovikuituja. Tutkimuksessa selvitettiin myös jätevedenpuhdistamon kuitujen alkuperää. Koepesuissa pestiin polyesteristä valmistettuja vaatekappaleita ja havaittiin, että yksi fleece-vaate päästi jopa yli 1900 mikrokokoista muovikuitua pesun aikana. Ihmisten keinokuituvaatteet ovat siis todennäköisesti yksi lähde merestä löytyvälle mikroskooppiselle muoville (Browne ym. 2011).

Merien roskaantumien huolestuttaa myös EU:n tasolla. Meristrategiadirektiivin MSFD, 2008/56/EY mukaan jäsenvaltioiden on ryhdyttävä toimenpiteisiin saavuttaakseen ja ylläpitääkseen hyvän meriympäristön tilan vuoteen 2020 mennessä. Roskaantuminen on yksi yhdestätoista meren hyvän tilan kuvaajista ja mikrokokoiset roskat ovat osa roskaantumisongelmaa. Mikroskooppiset roskat eivät saa aiheuttaa vahinkoa meriympäristölle tai ihmisille. Vuoteen 2014 mennessä jäsenvaltiot ovat velvollisia seuramaan mikroroskien määriä ja tarvittaessa on ryhdyttävä toimenpiteisiin niiden vähentämiseksi.

2-3. Syyskuuta 2013 kartoitettiin viideltä näytealueelta (kuva 13) mikroroskien määrää. Tutkimuksesta vastasi Suomen ympäristökeskus (SYKE). Samaan aikaan Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tutkija otti näytteitä Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon puhdistetusta mereen päätyvästä jätevedestä mikroroskien määrän selvittämiseksi. Lisäksi tarkasteltiin jätevedenpuhdistamon mahdollista kuormittavaa vaikutusta merialueella ottamalla näytteitä sekä jätevesiä vastaanottavalta alueelta satama-altaasta (N60°26,2949, E22°13,0384) että verrokkialueelta Airistolta (N60°22,396, E22°05,658).

Mikroroska vetoalueet
2013



KUVA 13. Mikroroskien näytealueet Saaristomerellä vuonna 2013.

6.2 MENETELMÄT

Mikroroskia kerättiin merialueelta sekä Manta-troolilla, että suodattamalla. Näytteet troolattiin ”Manta”- nimisellä keräimellä veden pinnasta noin 10 cm:n syvyydestä. Troolissa on suuaukko, jonka sivut on varustettu kahdella alumiiniseellä siivellä, näiden avulla trooli pysyy pinnan tuntumassa paremmin. Vesi virtaa troolin läpi ja sen peräosassa on tiheästä (333 μm) muoviverkosta tehty suppilo, joka kerää näytteen talteen. Mantatrooli vedossa kuvassa 14. Vetoaika troolilla oli kymmenen minuuttia vetonopeuden ollessa 2,5 solmua. Näyte otettiin talteen ja säilöttiin kuivaamalla 55 °C asteessa myöhempää käsittelyä varten. Muikulla tehdyssä tutkimuksessa osa näytteistä katsottiin paikan päällä laboratorioissa mikroskoopin avulla. Näytteet analysoitiin Ruotsissa vuonna 2014 (Svenska miljöinstitutet, IVL).

Jäteveden suodatusta varten on kehitetty suodatinlaitteisto, joka koostuu kolmesta läpinäkyvästä muoviputkesta (halkaisija 60 mm) ja putket toisiinsa yhdistävistä kierrettävistä muoviliittimistä. Planktonhaavikankaasta leikatut pyöreät, halkaisijaltaan 80 mm, suodatinkankaat kiinnitetään suodatinlaitteeseen liittimien väliin tiiviisti kumisten o-renkaiden avulla. Ylimmäksi laitteeseen sijoitettiin 200 μm :n kangas, keskelle 100 μm :n ja alimmaksi 20 μm :n kangas, ja tässä järjestyksessä näyte suodattui laitteen läpi (kuva 15). Suodattimen tukkeutuessa kesken näytteenoton liittimet voidaan ruuvata auki ja suodatinkangas vaihtaa.



KUVA 14. *Mantatrootti vedossa, laivan sivussa. (Kuva: Pii Leskinen)*

Ennen suodatinkankaiden kiinnittämistä leikatut kankaat huuhdeltiin huolellisesti kontaminaation välttämiseksi. Lisäksi kaikki astiat ja välineet (suodatinlaitteisto mukaan lukien) huuhdeltiin huolellisesti ennen näytteenottoa.

Tutkittaessa mikroskooppisia roskia on näytteiden kontaminoitumisen riski kohtalaisen suuri. Kontaminoitumisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että näytteestä löytyy roskia, esimerkiksi kuituja, jotka eivät ole peräisin tutkittavasta näytevedestä, vaan ovat tulleet näytteeseen muualta käsittelyn aikana. Mahdollisia kontaminaation lähteitä ovat esimerkiksi näytteenottovarusteet (letkut, pumput ym), lähiympäristön pöly ja roskat sekä näytteenottajien omat vaatteet.



KUVA 15. Jäteveden suodatusta varten on kehitetty laitteisto. (Kuva: Julia Talvitie)

Turun Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolta otettiin kaksi näytettä puhdistetusta, mereen päätyvästä jätevedestä. Jätevesinäytteet pumpattiin sähkökäyttöisellä pumpulla (Heidolph pumpdrive 5206) hiljaisella virtausnopeudella (1 ml/min), sillä jätevesi sisältää kiintoainesta, joka tukkeuttaa suodattimet nopeasti. Jätevedenpuhdistamolla vettä pumpattiin ja suodatettiin 200 μm :n ja 100 μm :n suodattimien läpi 50 litraa ja 20 μm :n läpi 2 litraa. 20 μm :n suodatus toistettiin 5 kertaa.

Satama-altaan ja Airiston näytteet otettiin tutkimusalus Muikulla ja suodatettiin samalla menetelmällä kuin jätevesinäytteet. Muikulla veden pumppamiseen käytettiin aluksen omaa ohivirtauslaitteistoa, josta erilliseen letkuun säädettiin näytteenottoa varten sopiva virtausnopeus. Jotta laitteisto ei toimisi kontaminaation lähteenä, vettä juoksutettiin ennen jokaista näytteenottoa joitakin minuutteja. Näytteenottosyvyys tutkimusalus Muikulla oli 2,0 metriä. Merialueella vettä pumpattiin ja suodatettiin silmäkooltaan 200 μm :n ja 100 μm :n suodatinkankaiden läpi 1 m^3 . Silmäkooltaan 20 μm :n suodatin tukkeutui 18,5–28 litran jälkeen, jolloin suodatin vaihdettiin. 20 μm :n suodatus toistettiin 5 kertaa.

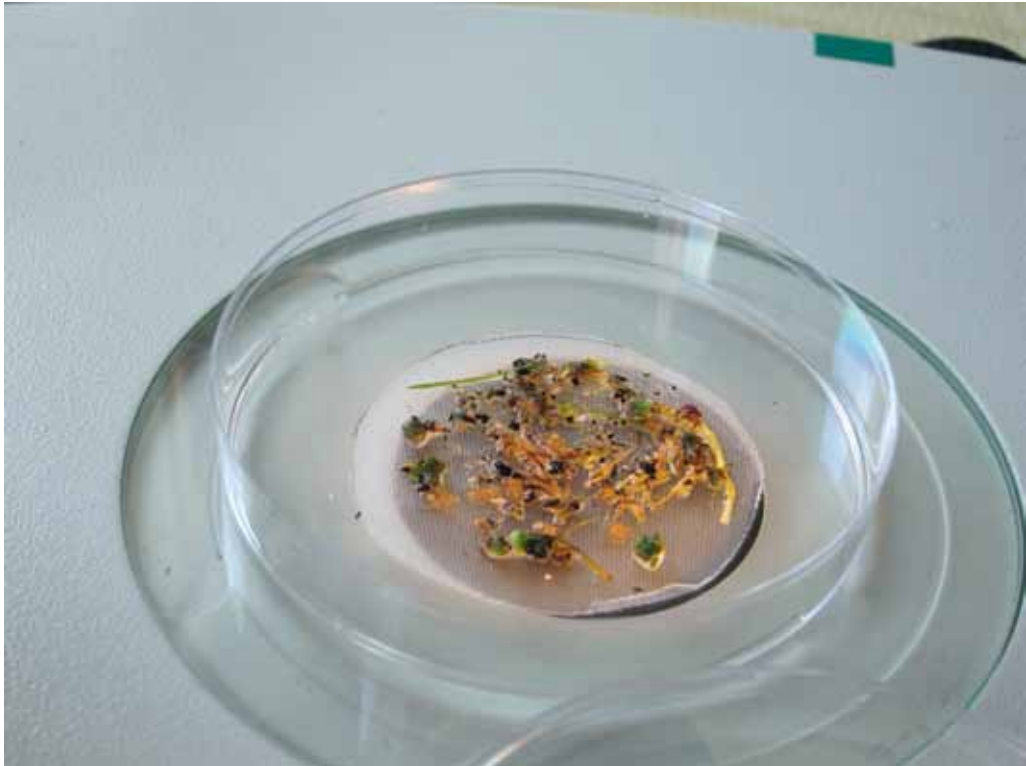
Suodatuksen jälkeen suodatinkankaat kerättiin pinseteillä petrimaljoille, joista mikroskooppiset roskat tunnistettiin ja laskettiin valomikroskoopilla (Wild heerburg 50x suurennos). Mikroroskat laskettiin petrimaljoilta läpinäkyvien kansiin läpi 200 µm:n ja 100 µm:n suodatinkankailta, mutta 20 µm kankaaseen kerääntyneet partikkelit olivat niin pieniä (varsinkin mustat partikkelit), että kansi poistettiin valaistustehon parantamiseksi mikroskopoinnin ajaksi. Mikroroskat jaoteltiin muodoltaan partikkelimaisiin ja kuitumaisiin kappaleisiin sekä väreiltään mustaan, siniseen ja punaiseen. Vaaleita, läpinäkyviä, ruskeita ja kellertäviä epäorgaanisia kappaleita oli hyvin vaikea erottaa lukuisista orgaanisista kappaleista valomikroskoopin avulla, joten ne jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Mustiin partikkeleihin otettiin mukaan sellaiset partikkelit, joissa erottui erityistä kiiltoa ja jotka selvästi olivat mustia (lähes sinimustia). Varsinkin öljypohjaiset partikkelit kiiltelevät ja kiillon avulla ne voidaan erottaa orgaanisista partikkeleista.

6.3 TULOKSET

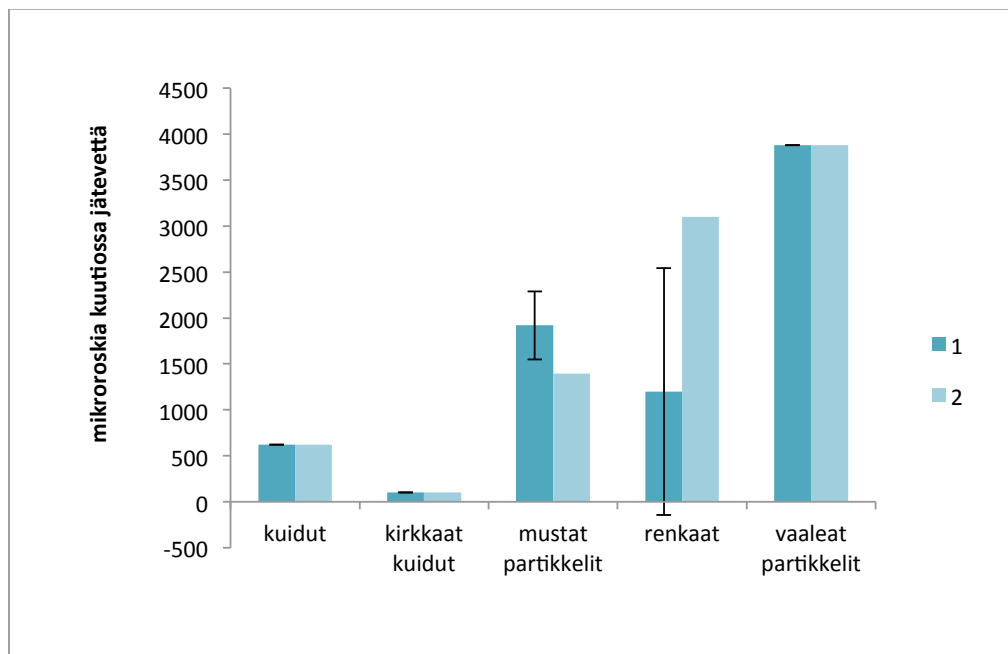
Tutkimusalue Muikun matkalla selvitettiin lähinnä menetelmän sopivuutta näytteen keräämiseen. Näytteitä tutkittiin vain alustavasti Muikulla mikroskoopin avulla (Kuva 16). Yleisimpiä löydöksiä olivat maalinkappaleet ja palamishiukkaset, joita esiintyi varsinkin rannikon läheisissä vetopisteissä. Tarkemmat tulokset löytyvät raportista; *Micro litter and other microscopic anthropogenic particles in the sea area off Rauma and Turku, Finland* (Magnusson 2014.)

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon puhdistetusta jätevedestä löytyi 620 värillistä (sininen, punainen tai musta) ja 100 kirkasta kuitua /m³ jätevettä. Mustia partikkeleita löytyi ensimmäisessä suodatuksessa 1 920 ja toisessa suodatuksessa 1 395 kuutiosta jätevettä. Renkaanmuotoisia partikkeleita löytyi ensimmäisessä suodatuksessa 1 200 ja toisessa suodatuksessa 3 100 kuutiosta jätevettä. Vaaleita/kirkkaita partikkeleita löytyi 3 883 kuutiosta jätevettä (kuvio 4).

Kaikkein pienimpiä tummia/mustia partikkeleita ei jätevedestä laskettu mukaan, sillä valomikroskoopilla ei pysty erottamaan luotettavasti näiden partikkelien väriä tai kiiltävyyttä ja on mahdotonta sanoa, ovatko ne orgaanista vai epäorgaanista materiaalia. Jätevesi kuitenkin sisälsi enemmän pientä tummaa/mustaa partikkelimaista roskaa kuin mitä näissä tuloksissa esitetään.



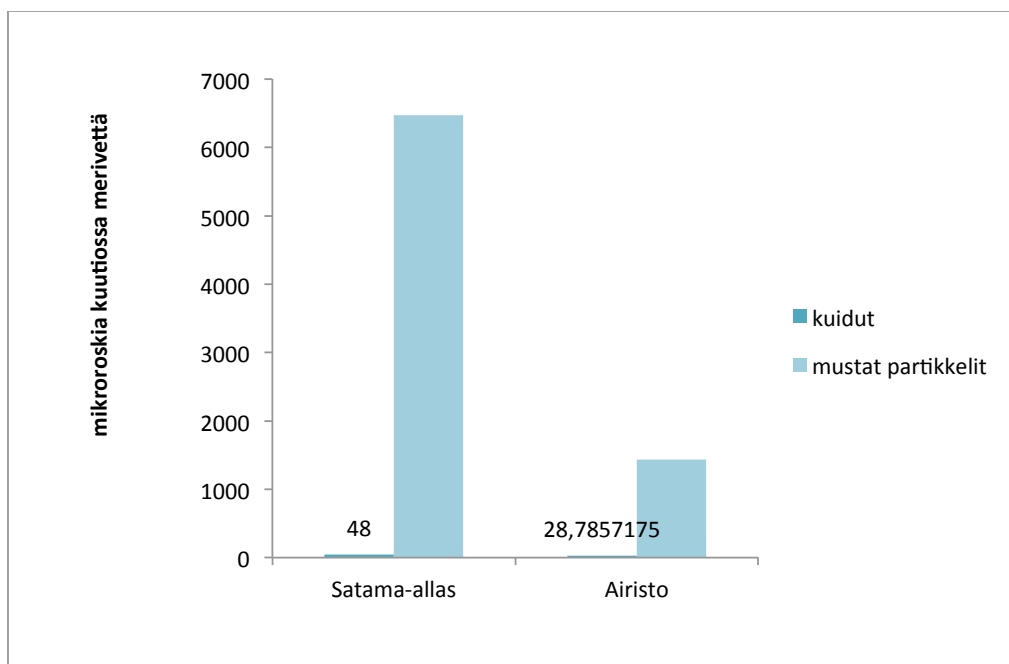
KUVA 16. *Manta-troolilla otettu näyte Saaristomereltä. (Kuva: Piia Leskinen)*



KUVIO 4. *Kuitujen määrät ja keskihajonnat kuutiossa puhdistettua jättevettä.*

Tutkimuksessa selvitettiin myös Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon mahdollista kuormittavaa vaikutusta merialueella. Etenkin kuitujen määrien odotettiin olevan korkeimmat jäteveden purkuaukon kohdalla satama-altaassa. Havaitut tiheydet Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon purkuaukon läheisyydessä olivatkin hieman suuremmat kuin verrokkialueella (Airisto). Satama-alueelta löytyi suodatuksessa 48 kuitua ja Airistolta 29 kuitua /m³ merivettä (kuvio 5). Yhden näytteenottokerran perusteella ei voida kuitenkaan luotettavasti osoittaa kuormitusta.

Myös mustien partikkeleiden määrän havaittiin olevan suurin purkuaukkojen kohdilla. Partikkelit eivät kuitenkaan muistuttaneet ulkonäöllisesti jätevedessä olleita partikkeleita, joten mustien partikkeleiden kuormitus ei todennäköisesti tullut vedenpuhdistamolta. Satama-altaan veden mustat partikkelit olivat useimmiten sinimustia ja kiiltäviä kappaleita, kun taas jätevedenpuhdistamon partikkelit ovat tummia ja mattapintaisia.



KUVIO 5. Mikroroskien määrät kuutiossa merivettä Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon purkuaukon kohdalla (Satama-allas) ja Turun saaristossa (Airisto).

Tämän tutkimuksen mikroskooppiset roskat, jotka on laskettu tuloksiin, oletettiin ihmisperäisiksi epäorgaanisiksi kuiduiksi ja partikkeleiksi. Epäorgaanisten keinokutujen ja partikkeliin lisäksi jätevedenpuhdistamoille päätyy kuitenkin myös orgaanista roskaa. Esimerkiksi osa näytteistä lasketuista kuiduista saattoi olla puuvillavaatteiden värjättyjä kuituja.

Kuitujen ja erilaisten partikkelien materiaali on mahdollista selvittää esimerkiksi energiadiispersiivisellä röntgenanalyysillä (EDX) ja spektroskopiolla (FTIR). Tieto kappaleiden koostumuksesta auttaisi arvioimaan jätevedenpuhdistamon merialueelle kohdistuvan mikroskooppisen muovikuormituksen määrää luotettavammin. Kuitujen ja partikkeleiden materiaaliselvitys ei sisällynyt tähän tutkimukseen, mutta tutkitut näytteet on säilytetty mahdollisia jatkotutkimuksia varten.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Itämerihaasteen tutkimushankkeessa tutkittiin Turun läheisen merialueen nykytilaa vuoden 2012 elokuussa ja 2013 elo-syyskuun taitteessa. Tulokset osoittavat, että merenpohja on monilla alueilla huonossa kunnossa. Sedimenttiprofiilien ja pohjaeläinlajiston perusteella arvioituna Airiston eteläosien sedimenttien happitilanne on suhteellisen hyvä todennäköisesti suurimman osan vuotta, kun taas Airiston pohjoisosan ja rannikon lahtien sedimenttien happitilanne on erittäin huono. Erityisesti sisäsaariston sulkeutuneet ja pienialaiset syvänteet kärsivät suuresta happivajauksesta. Näistä ääriesimerkkinä on Bläsnäsin syvänte, jossa liuenneen hapen määrä oli lähellä nollaa, fosforipitoisuudet olivat erittäin korkeat ja pohjan elämä kokonaan kuollut.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan 44 % sedimenttien fosforista on rautaan sitoutunutta muotoa, joka vapautuu veteen hapettomassa ympäristössä. Näin ajoittainkin happikato edistää sisäistä kuormitusta ja pahentaa rehevöitymiskierrettä. Sedimenttiin sitoutunutta fosforia lähtee liikkeelle myös sedimentin resuspensioissa (so. uudelleenpölyämisessä). Turun edustan merialue on vilkkaasti liikennöity. Laivaliikenteen ja myrskytuulten aiheuttama eroosio, ruoppaukset ja ruoppausmassojen läjitykset saavat aikaan pohjasedimentin suspendoitumista veteen, jolloin sedimenttiin ja sedimenttirakeiden väliseen huokosveteen heikosti sitoutuneet fosforijakeet vapautuvat vesieliöiden käytettäväksi. Verrattaessa sedimenttianalyysien tuloksia yksitoista vuotta aiemmin Virtsalon työryhmän (2001) tekemään laajaan fosforitutkimukseen muutosta parempaan ei ollut havaittavissa. Virtsalon (2006) mukaan Itämeren rannikkoalueen happitilanne huononee ilmaston lämpiämisen myötä.

Tributyylitinaa esiintyi kaikissa sedimentinäytteissä, vaikka TBT-maalien täydellinen käyttökielto tuli voimaan EU-alueella vuonna 2008 ja Suomessa TBT-maalien käyttöä on rajoitettu asteittain vuodesta 1991 lähtien. Tributyylitinapitoisuuden perusteella kaikki sedimentit sijoittuivat luokkaan ”mahdollisesti pilaantuneet”.

Tutkittujen sedimenttien PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat koko alueella melko alhaiset. PAH-yhdisteiden perusteella ”mahdollisesti pilaantuneisiin” sedimenttiin luokiteltiin vain Pukinsalmesta ja Aurajokisuulta otetut näytteet.

Mikroroskat ovat jo osa vesiekosysteemin ongelmakenttää. Näitä on kuitenkin tutkittu vasta hyvin vähän aikaa, ainakin Itämerellä. Turun edustan merialueella tehdyissä koetroolauksissa saatiin samansuuntaisia tuloksia kuin Helsingin edustallakin. Poltosta peräisin olevia kappaleita oli kuitenkin huomattavasti enem-

män havaittavissa Turun edustalla olevista pisteistä. Muovista peräisin olevia kappaleita löytyi tunnistettavaksi asti, tosin siinä vaiheessa ei vielä tiedetty niiden alkuperää.

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon puhdistetusta jätevedestä löytyi huomattavia määriä ihmisperäistä mikrokokoluokan roskaa. Puhdistetun jäteveden kuitupitoisuus oli selvästi suurempi kuin merialueilta otetuissa vesinäytteissä. Vaikka kuitujen materiaalianalyysi ei sisällynyt tähän tutkimukseen, voidaan olettaa, että osa kuiduista on muovikuituja, sillä huomattava osa ihmisten käyttämistä vaatteista koostuu keinokuiduista. Puhdistetun jäteveden vastaanottavaa vesistöä korkeammat kuitupitoisuudet viittaavat siihen, että jätevedenpuhdistamo voi toimia mikroskooppisen muoviroskan pistekuormittajana vesiympäristölle.

LÄHTEET

Browne, M.A.; Crump, P.; Niven, S.J.; Teuten, E.; Tonkin, A.; Galloway, T. S.; Thompson, R.C. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ Sci Technol.* Nov 1;45(21):9175-9

Diaz, Robert J. and Rosenberg R. 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and marine biology. An annual review* 33: 245–03.

HELCOM, 2012. The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5) – An Executive Summary. *Balt. Sea Environ. Proc. No. 128A.*

Kohonen T., Vahtera P., Helminen U., Sihvonen M., Vuorinen I. 2004. Kalojen Lisääntymisalueet Saaristomerellä. SEILI Archipelago Research Institute Publications 2.

Leppänen, J.M., Rantajarvi, E., Bruun, J-E, Salojärvi, J. 2012, Meriympäristön nykytilan arvio. D. IHMISTOIMINNAN AIHEUTTAMAT PAINEET – OSA 1. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Lukkari, K., Leivuori, M., Hartikainen, H. 2008. Vertical distribution and chemical character of sediment phosphorus in two shallow estuaries in the Baltic Sea. *Biogeochemistry* 90, 171–191.

Magnusson K. 2014. Microlitter and other microscopic anthropogenic particles in the sea area off Rauma and Turku, Finland. Saatavilla: <http://www.rauma.fi/ymparisto/ymparisto/U4645%20Microlitter%20RaumaTurku.pdf>

Mortimer, C.H. 1941. The Exchange of Dissolved Substances Between Mud and Water in Lakes, *Journal of Ecology*, 29; 2, 280–329.

Psenner, R., Boström, B., Dinka, M., Pettersson, K., Puckso, R., 1988. Fractionation of suspended matter and sediment. *Archiv für Hydrobiologie, Beiheft. Ergebnisse der Limnologie*, 30, 98–103.

Rydin, E. 2000. Potentially mobile phosphorus in Lake Erken sediment, *Water research*, 34, 7, 2037–2042.

Räisänen, R. 2011. Turun Ympäristön Merialueen Velvoitetarkkailututkimus, vuosiraportti 2011.

Räisänen, R. 2013. Turun Ympäristön Merialueen Velvoitetarkkailututkimus, väliraportti 2013.

Seinä, A. 1994. Jääpeitteen laajuus 1961–1990 ja meriliikenneajoitukset 1981–1990 Suomen merialueilla. *Finnish Marine Research*, 262, 3–34.

Vaquer-Sunyer, R. and Duarte, C. M. 2008. Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *PNAS* 105; 40, 15452–15457. DOI 10.1073/pnas.0803833105.

Virtasalo, J.J., Kohonen, T., Vuorinen, I. & Huttula, T. 2005, Sea bottom anoxia in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea –Implications for phosphorus remineralization at the sediment surface, *Marine Geology*, 224; 1-4, 103–122.

Ympäristöministeriö 2004. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöopas 117. 121 s.

LIITTEET

LIITE I – TUTKIMUSPISTEIDEN KOORDINAATTI- JA SYVYYSTIEDOT

TUTKIMUSPISTE	Lat_ WGS84(dd,mmmm)	Long_ WGS84(dd,mmmm)	veden syvyys (m)
1	60,2851	21,5932	24,0
1B	60,2841	21,5922	15,6
2	60,2697	22,0359	21,0
3	60,2659	22,0645	9,0
4	60,2656	22,0454	18,0
5	60,2614	21,5740	30,0
5B	60,2498	21,5999	43,5
6	60,2499	22,0207	75,0
7	60,2352	22,0320	20,2
7B	60,2310	22,0045	14,5
7C	60,2313	21,5932	8,7
8	60,2460	22,0583	14,5
9	60,2357	22,0703	24,9
9B	60,2416	22,0833	10,8
10	60,2301	22,0629	39,0
10B	60,2300	22,0482	21,0
11	60,2172	22,0595	49,0
11B	60,2243	22,0275	52,4
11C	60,2016	22,0527	30,3
12	60,1935	22,0288	7,1
12B	60,2008	22,0225	30,3
12C	60,2052	22,0013	11,5
13	60,1749	22,0445	47,0
14	60,1611	22,0087	55,0
15	60,1548	22,0487	57,9
15B	60,1422	22,0626	57,7
16	60,1575	21,5680	61,5
17	60,1529	21,4998	45,0
18	60,1620	21,5282	51,8
19	60,2017	22,1328	23,0
19B	60,2023	22,1467	16,2
20	60,2071	22,1848	14,0
21	60,2255	22,1829	29,7
21B	60,2326	22,1686	14,0
21C	60,2318	22,1689	9,7
21D	60,2242	22,1836	13,3
22	60,2304	22,1167	11,0
22B	60,2301	22,1272	8,9
23	60,2417	22,1638	3,9
24	60,2573	22,1176	5,7
24B	60,2517	22,0824	3,7
25	60,2588	22,1363	5,3
26	60,1808	22,0313	43,8
26B	60,1869	22,0323	75,1
26C	60,1802	21,5961	21,4
27	60,1918	22,1771	27,3
27B	60,1954	22,1781	14,8

LIITE 2 – VESINÄYTEKOHTEET 2013

Muikku vesinäytekohteet 2013								
pvm.	pullo- nro:	näytep	lt	kok. syvyys (m)	näkö- syvyys (m)	havainnot	Haju	HUOM!
26.8.2013	1062	1	7,8	24,3	1,1	sames		Kaikki näytteet kok.syvyys- 1m!!!
	1237	2	6,7	21,5	1,2	kirkas		
	763	3	18,2	7,6	1	kirkas		
	1136	4	8,3	17,6	1,2	kirkas		
	565	5	6,2	29,2	1,5	kirkas		
	578	6	18,0	7,3	1,5	kirkas		
	1282	7	7,2	20,2	1,9	kirkas		
	1553	8	12,2	13,5	1,4	kirkas		
	954	1B	8,5	18,2	1,2	sames		
	1526	5B	6,4	46,7	1,9	kirkas		
27.8.2013	1537	23	18,4	3,9	0,6	kirkas		
	860	21B	8,1	16,7	0,9	kirkas	haju metallinen (rauta)	
	376	21	3,5	33,8	1,1	kirkas		
	1241	20	12,5	14,4	1,6	kirkas		
	1238	27	3,0	30,1	2	kirkas	haju metallinen	
	1087	19B	10,5	19,1	1,8	sames		
	14	19	10,0	22,9	1,8	sames		
	369	11	6,4	48,0	1,9	kirkas		
28.8.2013	98	18	7,9	52,3	3,5	kirkas		
	41	17	8,7	44,8	4	kirkas		
	1122	16	8,7	61,7	3,8	kirkas		
	993	14	6,3	56,7	3,2	pieni sameus		
	723	15	6,3	60,0	3	kirkas		
	483	15B	5,7	62,5	3	kirkas		
	409	13	5,9	47,6	3,5	kirkas		
	1240	26	5,9	48,2	2,7	kirkas		
	503	26B	5,9	81,2	3	kirkas		Näyte 79m
	70	12	6,1	71,5	2,5	pieni sameus		Näyte 69m
29.8.2013	667	22	17,9	11,0	1,1	pieni sameus		
	45	10	6,0	40,2	2,2	kirkas		
	1372	10B	6,1	24,5	2,2	kirkas		
	528	11B	6,3	57,0	2,2	pieni sameus		
	283	7B	12,4	16,8	2,2	kirkas		
	1178	7C	17,4	10,2	1,6	pieni sameus		
	97	9	6,6	25,2	1,6	kirkas		
	164	9B	15,1	12,9	1,5	pieni sameus		
	39	24	18,	9,0	0,9	pieni sameus		
	1066	25	18,4	6,7	0,7	pieni sameus		
2.9.2013	885	26C	7,2	25,2	2,5	kirkas		
	655	11C	6,4	33,0	2,6	kirkas		
	128	24B	17,3	5,0	0,6	pieni sameus		

LIITE 3/I – LAJILISTA

Asema	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		
	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²
Taksoni	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²	gWW/m ²	näyte	yks./m ²
OLIGOCHAETA	163	1630	0,8	2	20	0,1	1	10	0,1	8	80	0,2				4	40
POLYCHAETA																	
<i>Buglides sarsi</i>										3	30	0,1					
<i>Hediste diversicolor</i>				7	70	9,7											
<i>Marenzelleria</i> sp.			165	22	220	1,9	206	2060	13,5	377	3770	31,3	9	90	0,90	1310	14,1
<i>Pygospio elegans</i>																	
SPINCULOIDEA																	
<i>Halicryptus spirulosus</i>							4	40	10,6	8	80	1,4	4	40	6,2		
BIVALVIA																	
<i>Macoma baltica</i>			14	15	150	58,7	23	230	145,1	21	210	157	16	160,00	40,20	300	216,1
<i>Mya arenaria</i>																	
<i>Mytilus edulis</i>																	
<i>Cerastoderma glaucum</i>																	
CIRRIPIEDIA																	
<i>Belanus improvisus</i>																	
AMPHIPODA																	
<i>Monoporeia affinis</i>							1	10	0,1	1	10	0,1					
<i>Pontoporeia femorata</i>																	
<i>Corophium volutator</i>				10	100	0,4											
ISOPODA																	
<i>Saduria entomon</i>							1	10	3,3				1	10	6,5		
MYSIDACEA																	
<i>Mysis mixta</i>	2	20	0,1	4	40	0,1	3	30	0,4								
<i>Mysis relicta</i>																	
DIPTERA																	
<i>Chironomus</i> sp.				9	90	1,8	13	130	0,2				3	30	0,50		
Tanytopodinae	2	20	0,1	3	30	0,1	1	10	0,1	1	10	0,1	1	10	0,10		
NEMERTEA																	
<i>Cyanophthalmia obscura</i>													1	10	0,10	1	10
Yhteensä yks./m ²	1670		1950	700			2470		4190		340		1670		500		
Yhteensä gWW/m ²	1		132,3	71,1			173,30		190,20		68,60		243,00		112,00		
Taaksoniluku	3		5	7			8		7		6		5		6		6

LIITE 3/2 – LAJILISTA

Aeina	M9		M10		M11		M12		M13		M14		M15		M16		M17		M18					
	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²				
Taksoni																								
OLIGOCHAETA																								
POLYCHAETA																								
<i>Bryopsis sarsi</i>	2	20	0,1	7	70	1,7	10	100	1,3	15	150	3,8	13	130	2	6	60	0,7						
<i>Pedicle diversicolor</i>	1	10	0,7																					
<i>Marenzelleria</i> sp.	349	3400	33,9	356	3560	26,5	125	1250	7,2	368	3680	24,7	224	2240	20,4	654	6540	33,3	839	8390	56,4	6080		
<i>Pyrosoma elegans</i>																								
SPINULOIDEA																								
<i>Helicryphus spinulosus</i>	6	60	0,4	8	80	11,1	9	90	28,6	5	50	11	2	20	7,1	8	80	20,7	8	80	26,9	12	120	
BIVALVIA																								
<i>Macoma balthica</i>	17	170	97,5	62	620	283,5	62	620	329,6	40	400	189,4	59	590	293,1	62	620	267,1	68	680	401,1	16	160	
<i>Mya arenaria</i>																								
<i>Mytilus edulis</i>																								
<i>Cerastoderma glaucum</i>																								
CIRRIPIEDIA																								
<i>Balanus improvisus</i>																								
AMPHIPODA																								
<i>Monoporeia affinis</i>	1	10	0,1	44	440	3,1	193	1930	23,1	297	2970	27,9	301	3010	19,6	266	2660	29,7	97	970	7,1	110	1100	
<i>Pontoporeia femorata</i>																								
<i>Corophium volutator</i>																								
ISOPODA																								
<i>Squilla entomon</i>																								
MISIDACEA																								
<i>Mysis mixta</i>																								
<i>Mysis relicta</i>	1	10	0,04	1	10	0,2	1	10	0,2	5	50	1,8	12	120	4,4	4	40	1,3	1	10	0,1	1	10	0,1
DIPTERA																								
<i>Chironomus</i> sp.	3	30	0,5																					
<i>Tanytarsus</i> sp.	1	10	0,1																					
NEMERTEA																								
<i>Cyanocephala obscura</i>																								
Yhteensä yks./m ²		380		4780		4080		4080		7370		10380		4760		6770		9590		8370				
Yhteensä gWW/m ²		133,30		325,94		391,70		257,60		350,70		358,20		479,80		225,60		277,40		339,50				
Taksoniluku	8		6		7		8		7		8		7		7		8		8		6			

LIITE 3/3 – LAJILISTA

Asema	M19		M20		M21		M22		M23		M24		M25		M26		M27		
	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	näyte	yks./m ² gWW/m ²	
Taksoni	26	260	0,2				32	320	0,3	4	40	0,2		119	1190	2,4			
OLIGOCHEATA																			
POLYCHAETA																			
<i>Blagides sarsi</i>																19	190	3,1	
<i>Hediste diversicolor</i>			2	20	1,1					2	20	1,2	4	40	3,3	3	30	11,2	
<i>Marenzelleria</i> sp.	1	10	0,1	13	130	0,5			12	120	2,6	25	250	1	38	380	1,4	397	3970
<i>Pygospio elegans</i>												2	20	0,1					
SIPUNCULOIDEA																			
<i>Halicyrtus spinulosus</i>																6	60	15	
BIVALVIA																			
<i>Macoma baltica</i>	4	40	19,3																
<i>Mya arenaria</i>																			
<i>Mytilus edulis</i>																			
<i>Cerastoderma glaucum</i>																			
CIRRIPEDIA																			
<i>Balanus improvisus</i>																			
AMPHIPODA																			
<i>Monoporeia affinis</i>																			
<i>Pontoporeia femorata</i>																			
<i>Corophium volutator</i>										2	20	0,1							
ISOPODA																			
<i>Saduria entomon</i>																			
MYSIDACEA																			
<i>Mysis mixta</i>	1	10	0,1		3	30	0,2					1	10	0,1	5	50	0,5		
<i>Mysis relicta</i>																		1	10
DIPTERA																			
<i>Chironomus</i> sp.	7	70	2,7	12	120	2,3	1	10	0,1	65	650	13,7	18	180	0,6				
<i>Tanytarsinae</i>																		2	20
NEMERTEA																			
<i>Cyanopterothoeca obscura</i>																			
Yhteensä yks./m ²	350	310		310	170		970	380		380		540	1690		8190				0
Yhteensä gWW/m ²	3,10	26,30		14,00	0,80		4,70	4,70		4,70		14,40	20,10		264,20				
Taksoniluku	4	4		4	3		2	5		5		5	6		7				0

Turun ammattikorkeakoulun julkaisusarjoissa ilmestyneitä teoksia

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN TUTKIMUKSIA

35. Penttilä, Taru: Environmental Issues in Business Education Curricula at Finnish Universities of Applied Sciences – Towards a Postmodern Curriculum? Turku, 2012. 167 s. ISBN 978-952-216-252-6 (painettu), ISBN 978-952-216-253-3 (pdf).
36. Kettunen, Juha; Hyrkkänen, Ursula & Lehto, Anttoni: Applied Research and Professional Education – Proceedings from the first CARPE networking conference in Utrecht on 2–4 November 2011. Turku, 2012. 366 s. ISBN 978-952-216-250-2 (painettu), ISBN 978-952-216-251-9 (pdf).
37. Björkqvist, Jerker; Laakso, Mikko-Jussi; Roslöf, Janne; Tuohi, Raija & Virtanen, Seppo (toim.): International Conference on Engineering Education 2012 – Abstract Book. Turku, 2012. 189 s. ISBN 978-952-216-293-9 (painettu), ISBN 978-952-216-294-6 (pdf).
38. Björkqvist, Jerker; Laakso, Mikko-Jussi; Roslöf, Janne; Tuohi, Raija & Virtanen, Seppo (toim.): International Conference on Engineering Education 2012 – Proceedings. Turku, 2012. 1108 s. ISBN 978-952-216-315-8 (pdf).
39. Kykkänen, Marjatta: Opettajan työaikasuunnittelun yhteys työhyvinvointiin Turun ammattikorkeakoulussa. Turku, 2013. 84 s. + 11 liites. ISBN 978-952-216-347-9 (painettu), ISBN 978-952-216-348-6 (pdf).
40. Kostian, Mikael (toim.): GSSI Conference 2012 – Proceedings from the Global Sales Science Institute Conference 2012. Turku, 2013. 113 s. ISBN 978-952-216-360-8 (painettu), ISBN 978-952-216-361-5 (pdf).

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN RAPORTTEJA

144. Carpenter, Beverley & Nevado, Susana; Meri Valvoo & Pallomeri – Ethico-Aesthetic Interventions in Public Space. Turku, 2012. 61 s. ISBN 978-952-216-291-5 (painettu), ISBN 978-952-216-292-2 (pdf).
145. Stenroos-Vuorio, Johanna (toim.): Experiences of Higher Education Development with CDIO Initiative. Turku, 2012. 98 s. ISBN 978-952-216-312-7 (painettu), ISBN 978-952-216-313-4 (pdf).
146. Komulainen, Martti; Vähä-Heikkilä, Anu & Hattara, Jussi (toim.): Keys to the Future – Environmental Expertise at Turku University of Applied Sciences. Turku, 2012. 199 s. ISBN 978-952-216-320-2 (painettu), ISBN 978-952-216-321-9 (pdf).
147. Lind, Kaija; Jalonen, Harri; Kantola, Ismo; Lahtinen, Tuomas; Leimu, Juha; Salonen, Katri; Vahtera, Taina & Angerpuro, Kirsi: Teoriaa ja käytäntöä sopivassa suhteessa? – liiketalouden koulutusohjelman (Salo) arviointiraportti. Turku, 2012. 70 s. + 6 liites. ISBN 978-952-216-322-6 (painettu), ISBN 978-952-216-323-3 (pdf).
148. Punelpuro, Niina: Solutasolta systeemi-innovaatioihin – bio- ja liiketoimintaosaaminen Turun ammattikorkeakoulussa. Turku, 2012. 61 s. ISBN 978-952-216-324-0 (painettu), ISBN 978-952-216-325-7 (pdf).
149. Jonkka, Jenni; Felixson, Katariina & Roininen, Milla: Hetki tähtenä – muutokset hyvinvoinnissa vuosi HAIR-produktion jälkeen. Turku, 2012. 59 s. + 11 liites. ISBN 978-952-216-340-0 (pdf).
150. TULOSSA: Kosonen, Emma: The Secret Lives of Bats – Radiotelemetry Study of a Northern Bat Colony. ISBN 978-952-216-335-6 (painettu), ISBN 978-952-216-336-3 (pdf).
151. Auvinen, Pekka; Kuisma, Pirjo; Louhi, Tapio; Nurkka, Pauliina; Tuohi, Raija & Angerpuro, Kirsi: Tietojärjestelmä opetuksen suunnittelun ja opintojen tukena – Turun ammattikorkeakoulun teema-arviointiraportti. Turku, 2012. 62 s. ISBN 978-952-216-337-0 (painettu), ISBN 978-952-216-338-7 (pdf).
152. Skyttä, Sami & Kääriä, Raisa: Vesihomeen ehkäisy mädinhaudonnassa – tutkimusraportti kuparikuidun ja kuparisulfaatin mahdollisuuksista. Turku, 2013. 31 s. ISBN 978-952-216-343-1 (painettu), ISBN 978-952-216-344-8 (pdf).
153. Hyrkkänen, Ursula; Koroma, Johanna; Muukkonen, Hanni; Lehti, Mira & Vartiainen, Matti: Hyvinvointi ja kuormittuminen mobiilissa työssä – menetelmiä työpaikkaselvitykseen. Turku, 2013. 66 s. + 24 liites. ISBN 978-952-216-345-5 (painettu), ISBN 978-952-216-346-2 (pdf).
154. Routasalo, Pirkko; Toivonen, Heini & Rautiainen, Miika (toim.): Hyvä arki vanhukselle – voimavarojen aktivoiminen taide- lähtöisillä menetelmillä. Turku, 2013. 85 s. ISBN 978-952-216-353-0 (painettu), ISBN 978-952-216-354-7 (pdf).
155. Karppi, Marion; Tuominen, Heidi; Eskelinen, Anne; Santamäki Fischer, Regina & Rasu, Anneli (toim.): Active Ageing Online: Interactive Distance Services for the Elderly on Baltic Islands – VIRTU Project 2010–2013. Turku, 2013. 316 s. ISBN 978-952-216-356-1 (painettu), ISBN 978-952-216-357-8 (pdf).

156. von Schantz, Marjale & Lind, Kaija (toim.): Better Health via Research. Turku, 2013. 72 s. ISBN 978-952-216-358-5 (painettu), ISBN 978-952-216-359-2 (pdf).
157. Ahonen, Pia; Paltta, Hannele; Tiilikka, Leila & Wiirilinna, Ulla (toim.): Vastauksia terveysalan oppimishaasteisiin 6 – teemanä yhteistyö. Turku, 2013. 105 s. ISBN 978-952-216-362-2 (painettu), ISBN 978-952-216-363-9 (pdf).
158. Lilja-Viherlampi, Liisa-Maria (toim.): Care Music – sairaala- ja hoivamusiiikkityö ammattina. Turku, 2013. 212 s. ISBN 978-952-216-365-3 (painettu), ISBN 978-952-216-366-0 (pdf).
159. Hietaranta, Jari: Tourism Development in Cat Ba Island in Northern Vietnam. Turku, 2013. 27 s. ISBN 978-952-216-367-7 (painettu), ISBN 978-952-216-368-4 (pdf).
160. Leskinen, Piia; Yliruusi, Hannamaria; Hemmi, Anne; Jokinen, Mikko & Kääriä, Juha: Ravinnesieppauslaitos Itämeren fosforikuormituksen vähentäjänä – toteutusmahdollisuudet Varsinais-Suomessa. Turku, 2013. 31 s. ISBN 978-952-216-369-1 (painettu), ISBN 978-952-216-370-7 (pdf).
161. Alijoki, Tuomas: Korret poikki ja pinoon – järviruoko ja sen korjuutoiminnan edellytykset Suomessa. Turku, 2013. 55 s. & 7 liites. ISBN 978-952-216-371-4 (painettu), ISBN 978-952-216-372-1 (pdf).
162. Lautkankare, Rauli & Alijoki, Tuomas: Ruoko rakennusmateriaalina – Cofreen-hanke ruo'on hyötykäytön edistäjänä. Turku, 2013. 44 s. ISBN 978-952-216-374-5 (painettu), ISBN 978-952-216-375-2 (pdf).
163. Heikkinen, Krista (toim.): Kansainvälisen koulutusohjelman kehittäminen – Case Degree Programme in Information Technology. Turku, 2013. 160 s. ISBN 978-952-216-376-9 (painettu), ISBN 978-952-216-377-6 (pdf).
164. Helmi, Satu (toim.): Turun ammattikorkeakoulun yhteiskuntavastuuraportti 2012 – innovaatioilla kohti tulevaa. Turku, 2013. 55 s. ISBN 978-952-216-378-3 (painettu), ISBN 978-952-216-379-0 (pdf).

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN OPPIMATERIAALEJA

58. Ojala, Sanna; von Schantz, Marjale & Tuominen, Raini: Seikkaile ja opi mikrobimaailmassa – mikrobit ja tautien torjunta. Turku, 2011. E-kirja 44 s. + peli. ISBN 978-952-216-185-7.
59. Kivinen, Outi (toim.): Friski – elämänhallinnan oppimateriaali. Turku, 2011. Käsikirja 53 s. + työkirja 74 s. ISBN 978-952-216-199-4.
60. Sulosaari, Virpi; Erkko, Päivi & Ojala, Sanna: Lihaksensisäisen injektion turvallinen antaminen. Turku, 2011. Diaesitys & videoleikkeitä. ISBN 978-952-216-206-9.
61. Tanskanen, Ilona; Erävaara, Taina & Lehto, Kaisa (toim.): Omakuva on jokaisen kuva. Turku, 2011. 191 s. ISBN 978-952-216-211-3.
62. Jokinen, Essi & Nieminen, Janni: Molemmat kädet käyttöön! Opas vanhemmille, joiden lapsella on hemiplegia. Turku, 2011. 27 s. ISBN 978-952-216-212-0 (painettu), ISBN 978-952-216-213-7 (pdf).
63. Jokinen, Essi & Nieminen, Janni: Båda händerna i bruk! Handbok till föräldrar med barn som har hemiplegi. Turku, 2011. 27 s. ISBN 978-952-216-214-4 (painettu), ISBN 978-952-216-215-1 (pdf).
64. Tanskanen, Ilona; Erävaara, Taina; Leino, Renja & Luukkonen, Ismo (toim.): Äärimmäisyyksien yhteinen tekijä – turkulainen valokuvakoulutus 20 vuotta. Turku, 2012. 120 s. ISBN 978-952-216-231-1.
65. Sorsa, Kaisa (toim.): Proactive Management and Proactive Business Law – A Teacher's Guide. Turku, 2011. 166 s. ISBN 978-952-216-242-7 (painettu), ISBN 978-952-216-243-4 (pdf).
66. Sorsa, Kaisa (toim.): Proactive Management and Proactive Business Law – A Handbook. Turku, 2011. 368 s. ISBN 978-952-216-244-1 (painettu), ISBN 978-952-216-245-8 (pdf).
67. Hautala, Tiina; Ojalehto, Mira & Saarinen, Johanna (toim.): Työelämää kehittämässä – ammattikorkeakoulu projektimaisen kehittämisen kumppanina. Turku, 2012. 66 s. ISBN 978-952-216-261-8 (painettu), ISBN 978-952-216-262-5 (pdf).
68. Gabrielsson, Iris-Maria: Matkalla perheeksi – synnytys Turun yliopistollisessa keskussairaalassa. Turku, 2012. Video, kesto 24 min. ISBN 978-952-216-278-6.
69. Timonen-Kallio, Eeva & Pelander, Tiina (toim.): Lastensuojelun ja psykiatrian rajapinnoilla. Turku, 2012. 131 s. ISBN 978-952-216-266-3 (painettu), ISBN 978-952-216-267-0 (pdf).
70. Raunio, Samuel & Juppi, Pirita: Mediasta maahanmuuttajille – mediakasvatuksen integroiminen aikuisten maahanmuuttajien kotoutumiskoulutukseen. Turku, 2012. 75 s. ISBN 978-952-216-285-4 (pdf).

71. Niittymäki, Sirpa & Seppälä-Kavén, Ulla (toim.): Innovatiivista ammattitaitoa monialaisista oppimisprojekteista – projektijaohjaajan käsikirja. Turku, 2012. 44 s. + 27 liites. ISBN 978-952-216-299-1 (painettu), ISBN 978-952-216-300-4 (pdf).
72. Turta, Ilkka: Asterix-etydit – kokoelma kitaraharjoituksia. Turku, 2012. 23 s. + cd. ISBN 978-952-216-326-4.
73. Simi, Päivi & Tuomela, Outi (toim.): Kotimaalarin käsikirja. Turku, 2012. 112 s. ISBN 978-952-216-329-5 (painettu), ISBN 978-952-216-332-5 (pdf).
74. Windahl, Riitta & Välimaa, Veikko: Tuotekehitysprojekti AMK-yritysyhteistyönä – opas tekijöille ja toimeksiantajille. Turku, 2012. 35 s. ISBN 978-952-216-333-2 (painettu), ISBN 978-952-216-334-9 (pdf).
75. Alijoki, Tuomas (toim.): Ruokokirja – opas ruo'on hyödyntämiseen. Turku, 2013. 59 s. ISBN 978-952-216-380-6 (painettu), ISBN 978-952-216-381-3 (pdf).
76. Tichelaar, Erna; Riklikiene, Olga; Holland, Karen; Pokorna, Andrea; Antohe, Ileana; Nagy, Éva; Warne, Tony & Saarikoski, Mikko: Empowering the Nursing Profession Through Mentorship – Handbook 1: Introduction to Programme Implementation. Turku, 2013. 20 s. ISBN 978-952-216-388-2 (pdf).
77. Tichelaar, Erna; Riklikiene, Olga; Holland, Karen; Pokorna, Andrea; Antohe, Ileana; Nagy, Éva; Warne, Tony & Saarikoski, Mikko: Empowering the Nursing Profession Through Mentorship – Handbook 2: Guidance for Programme Teacher. Turku, 2013. 42 s. ISBN 978-952-216-389-9 (pdf).
78. Tichelaar, Erna; Riklikiene, Olga; Holland, Karen; Pokorna, Andrea; Antohe, Ileana; Nagy, Éva; Warne, Tony & Saarikoski, Mikko: Empowering the Nursing Profession Through Mentorship – Handbook 3: Guidance for Student Nurse. Turku, 2013. 37 s. ISBN 978-952-216-390-5 (pdf).
79. Tichelaar, Erna; Riklikiene, Olga; Holland, Karen; Pokorna, Andrea; Antohe, Ileana; Nagy, Éva; Warne, Tony & Saarikoski, Mikko: Empowering the Nursing Profession Through Mentorship – Handbook 4: Guidance for Mentors. Turku, 2013. 20 s. ISBN 978-952-216-391-2 (pdf).

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN PUHEENVUOROJA

64. Suomela, Heidi & Haverinen, Sari: Käännä luovuudelle toinenkin poski – uudenlaista koulutusajattelua kyseenalaistamisen kautta. Turku, 2012. 51 s. ISBN 978-952-216-255-7 (painettu), ISBN 978-952-216-256-4 (pdf).
65. Saarinen, Johanna; Helmi, Satu & Putkonen, Ari: Turun ammattikorkeakoulun työelämäyhteistyö – kumppanien näkökulmia. Turku, 2012. 45 s. ISBN 978-952-216-281-6 (painettu), ISBN 978-952-216-282-3 (pdf).
66. Kunnasvirta, Annika (toim.): Baltic Sea In My Eyes. Turku, 2012. 108 s. ISBN 978-952-216-314-1.
67. Angerpuro, Kirsi: Turun ammattikorkeakoulun opiskelijabarometri 2011. Turku, 2012. 69 s. + 12 liites. ISBN 978-952-216-327-1 (painettu), ISBN 978-952-216-328-8 (pdf).
68. Windahl, Riitta & Bao, Rina: A Bite-Sized Guide for Finnish SME Companies Operating in China. Turku, 2012. 43 s. ISBN 978-952-216-330-1 (painettu), ISBN 978-952-216-331-8 (pdf).
69. Putkonen, Ari (toim.): Näkökulmia osaamisen johtamisen kehittämiseksi työyhteisöissä – opintojaksojulkaisu. Turku, 2013. 94 s. ISBN 978-952-216-341-7 (painettu), ISBN 978-952-216-342-4 (pdf).
70. Parkkamäki, Hannu & Penttinen, Ilpo (toim.): Puistopuun uusi elämä – opas ylijäreiden puiden käyttömahdollisuuksista. Turku, 2013. 41 s. ISBN 978-952-216-349-3 (painettu), ISBN 978-952-216-350-9 (pdf).
71. Paatero, Seija; Veräjänkorva, Oili; Väilä, Seija; Laitinen, Irma; Heinonen, Milja & Lind, Kaija: Sairaanhoitajia Suomen Turusta – sairaanhoitajakurssi 73 mukana terveydenhuollon kehittämisessä. Turku, 2013. 106 s. ISBN 978-952-216-351-6 (painettu), ISBN 978-952-216-352-3 (pdf).
72. Salonen, Kari: Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön – opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle. Turku, 2013. 41 s. ISBN 978-952-216-395-0 (painettu), ISBN 978-952-216-373-8 (pdf).
73. Angerpuro, Kirsi: Turun ammattikorkeakoulun opiskelijabarometri 2012. Turku, 2013. 76 s. & 15 liites. ISBN 978-952-216-382-0 (painettu), ISBN 978-952-216-383-7 (pdf).
74. Rantanen, Salli; Niemi, Joonas & Elenius, Elia: Opiskelijoiden hyvinvointi Turun ammattikorkeakoulussa – hyvinvointikyselyn 2013 tulokset. Turku, 2013. 62 s. + 13 liites. ISBN 978-952-216-396-7 (painettu), ISBN 978-952-216-397-4 (pdf).