

Alusveden hapetuksen vaikutukset Vesi- järven pohjaeläimistöön - vuoden 2012 tu- lokset

Jyväskylän yliopisto
Ympäristöntutkimuskeskus

Tutkimusraportti 46/2013

Kimmo Tolonen



1. Johdanto	3
2. Tutkimusalue	3
3. Aineisto ja menetelmät	4
3.1 Näytteenotto	4
3.2 Ekologisen tilan arviointi.....	4
4. Tulokset ja niiden tarkastelu	5
4.1 Lajistollinen kehitys.....	5
4.2 Yksilömäärä ja biomassa.....	6
4.3 Havaintopaikkojen ekologinen tila	10
5. Johtopäätökset.....	12
Kirjallisuus	13

1. Johdanto

Tämän Lahden Vesijärveä koskevan pohjaeläinselvityksen tavoitteena oli selvittää vuonna 2010 aloitetun laajamittaisen alusveden hapetuksen vaikutuksia järven syvänpohjaeläimistön tilaan. Hapetuksen vaikutusten esiin saamiseksi hapetusvuosien tilaa verrattiin vuonna 2009 tehtyyn esiselvitykseen (Hynynen & Salmelin 2010), jossa selvitettiin Lahden Vesijärven pohjaeläimistöä ennen järven syvänteiden hapetusta sekä kahden ensimmäisen hapetusvuoden tuloksiin (Hynynen 2011, Tolonen & Hynynen 2012). Lahden edustalla sijaitsevaa Enonselän syvänealuetta hapetetaan yhdeksällä päällysvettä alusveteen pumppaavalla hapettimella (Salmi et al. 2010). Hankkeista vastaa Lahden kaupungin tekninen ja ympäristötoimiala.

Ennen edellä mainittuja tutkimuksia Vesijärven pohjaeläimistöä on aiemmin selvittänyt useaan otteeseen Lauri Paasivirta, viimeksi vuonna 2007. Paasivirran aineistot on taulukoitu, mutta niitä ei ole julkaistu.

2. Tutkimusalue

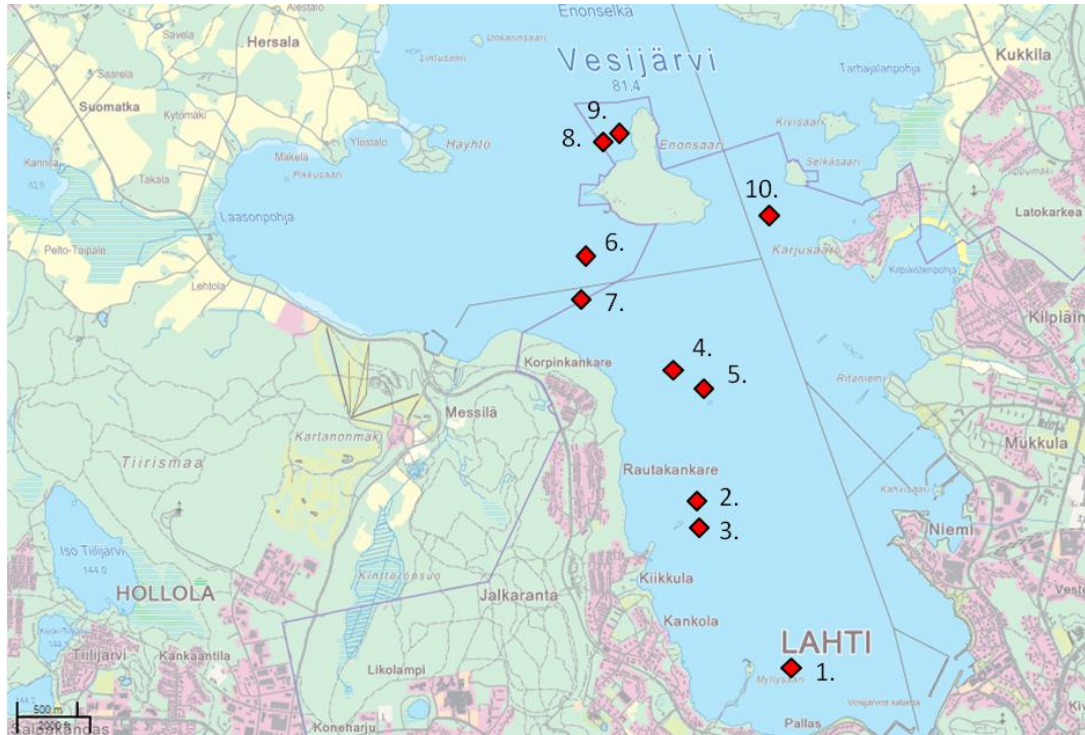
Vesijärvi sijaitsee Lahden kaupungin ja Hollolan alueilla, Suomen vesistöaluejaottelussa Kymijoen vesistöalueen (14) Vesijärven valuma-alueella (14.24). Vesijärven pinta-ala on n. 108 km², keskiyvyys 6,1 m ja suurin syvyys 40 m.

Ympäristöviranomaisen tekemän pintavesien tyypittelyn perusteella Vesijärvi kuuluu suuriin vähähumuksisiin järviin (SVh). Vesijärven väriarvo on vaihdellut viime vuosina 1 m syvyydessä pääsääntöisesti 10-20 mg PT/l (Hertta-tietokanta). Päällysveden kokonaisfosforipitoisuus on ollut 1990-2000-luvuilla keskimäärin noin 30 µg P/l eli sen mukaan järvi on rehevä. Vesijärven Enonselän syvänteessä (noin 31 m) on esiintynyt ajoittain voimakasta hapen vajausta.

Pohjaeläintutkimuksen havaintopaikat on esitetty kuvassa 1 ja havaintopaikkojen ETRS-TM35FIN-koordinaatit taulukossa 1.

Taulukko 1. Vesijärven vuoden 2012 pohjaeläinnäytteenotto- ja havaintopaikkojen ETRS-TM35FIN-koordinaatit sekä syvyydet.

Paikka	N-koord.	E-koord.	Syvyys (m)
1. Myllysaari	6763088	425485	14,5
2. Vasikkasaari syväne	6764510	424519	22
3. Vasikkasaari välisyvyys	6764259	424627	10,3
4. Lankisaari syväne	6765612	424425	28
5. Lankisaari välisyvyys	6765516	424669	15
6. Enonselkä syväne	6766675	423694	29
7. Enonselkä välisyvyys	6766261	423622	14
8. Enonsaari syväne	6767646	423815	20
9. Enonsaari välisyvyys	6767675	423977	10
10. Karjusaari	6767023	425243	15



Kuva 1. Vesijärven pohjaeläintarkkailun havaintopaikkojen sijainti: 1) Myllysaari 14.5 m, 2) Vasikkasaari syväne 22 m, 3) Vasikkasaari välisyvyys 10.5 m, 4) Lankiluoto syväne 28 m, 5) Lankiluoto välisyvyys 15 m, 6) Enonselkä syväne 29 m, 7) Enonselkä välisyvyys 14 m, 8) Enonsaari syväne 20 m, 9) Enonsaari välisyvyys 10 m ja 10) Kärjusaari 15 m.

3. Aineisto ja menetelmät

3.1 Näytteenotto

Vesijärven kvantitatiiviset pohjaeläinnäytteet kerättiin Ekman-noutimella (SFS 5076) 1.11.2012. Näytteitä otettiin yhteensä 30 kpl, 10-29 metrin syvyyksistä. Pohja oli havaintojen mukaan harmaata saviliejuja. Kustakin näytteenottopaikasta otettiin kolme rinnakkaisnäytettä. Käytetyn näytteenottimen pinta-ala oli 289 cm². Jokainen nosto käsiteltiin erillisenä näytteenä.

Näytteenoton yhteydessä arvioitiin havaintopaikan pohjan laatu ja määritettiin sijainnin koordinaatit. Eläimet seulottiin 500 µm seulalla ja säilöttiin 70 % alkoholiin määrittämistä ja tuorebiomassan punnitusta varten. Aineiston määritystarkkuus oli lajitason määrittäminen tai vastaava ryhmätason tarkkuus, jota pohjaeläinmäärityksissä on yleisessä selvitystoiminnassa käytetty. Määrittämistason vaatimuksena käytettiin ympäristöhallinnon tavoitetaksonomiaa (mm. surviaissääsket ja harvasukasmadot määritetään pääosin lajitason tasolla) (Meissner et al. 2010).

3.2 Ekologisen tilan arviointi

Järvisyvänteiden ekologinen tila arvioitiin äskettäin päivitetyn kansallisen luokitteluohejestyksen mukaan (Aroviita ym. 2012). Uudessa luokitteluohejestyksessä syvänpohjaeläinluokitus perustuu kahteen luokittelumuuttu-

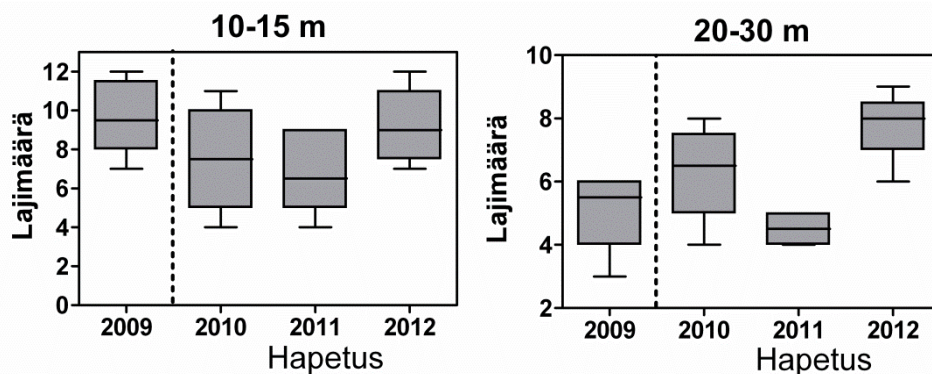
jaan: 1) pohjaeläinten lajiston koostumuksen ja runsaussuhteiden suhteellista mallinkaltaisuutta kuvaavaan PMA-indeksiin (percent model affinity, Novak & Bode 1992) sekä 2) aiemmin luokittelussa käytetyn BQI-indeksin (Wiederholm 1980) korvanneeseen PICM-indeksiin (profundal invertebrate community metric, Jyväsjärvi & Hämäläinen 2011, Aroviita ym. 2012). PICM-indeksi pohjautuu 46 lajiin, kun aiemmin luokittelussa käytetty BQI-indeksi laskettiin 7 surviaissääskilajin perusteella. PMA laskettiin ympäristöhallinnossa kehitetyn laskentapohjan avulla. Myös vuoden 2012 näytteille laskettiin BQI-indeksin arvot vaikkei niitä enää käytetty ohjeistuksen mukaisessa ekologisen tilan arvioinnissa.

Luokitteluohjeistuksen mukaisesti PMA- ja PICM-indekseille laskettuja arvoja verrattiin järvityyppikohtaisiin "luonnontilaa" vastaaviin vertailuarvoihin ekologisten laatusuhteiden laskemiseksi. Vesijärvi on viranomaisten toimesta tyypitelty kuuluvaksi suuriin vähähumuksisiin järviin (SVh). Ekologisten laatusuhteiden arvot skaalattiin ohjeistuksen mukaisesti vastaamaan tilaluokkia: erinomainen >0.8, hyvä 0.61-0.80, tyydyttävä 0.41-0.60, välttävä 0.21-0.40 ja huono 0.00-0.20. Molemmat luokittelumuuttuja yhdistävä pohjaeläinluokka laskettiin muuttujista laskettujen skaalattujen ekologisten laatusuhteiden keskiarvona.

4. Tulokset ja niiden tarkastelu

4.1 Lajistollinen kehitys

Vesijärven välisyvyyden (10-15 m) taksonimäärä väheni hapetuksen alettua vuonna 2010, mutta runsastui jälleen vuonna 2012 (Kuva 2). Syksyllä 2009 paikkakohtaiset taksonimäärät vaihtelivat 7-12. Hapetuksen alettua vuonna 2010 vastaavat taksonirunsaudet olivat 4-11 taksonia/paikka ja syksyllä 2011 4-9 taksonia/paikka. Vuonna 2012 välisyvyyksissä tavattu taksonimäärä vaihteli 7-12 taksoniin/paikka Varsinaisissa syvänteissä lajirunsaus nousi ensimmäisenä hapetusvuonna verrattuna aikaan ennen hapetusta, mutta oli laski selvästi syksyllä 2011 (4-5 lajia/syvänne). Vuonna 2012 varsinaisten syvänteiden lajistollinen monimuotoisuus kohosi jälleen ollen seurantajakson korkein.



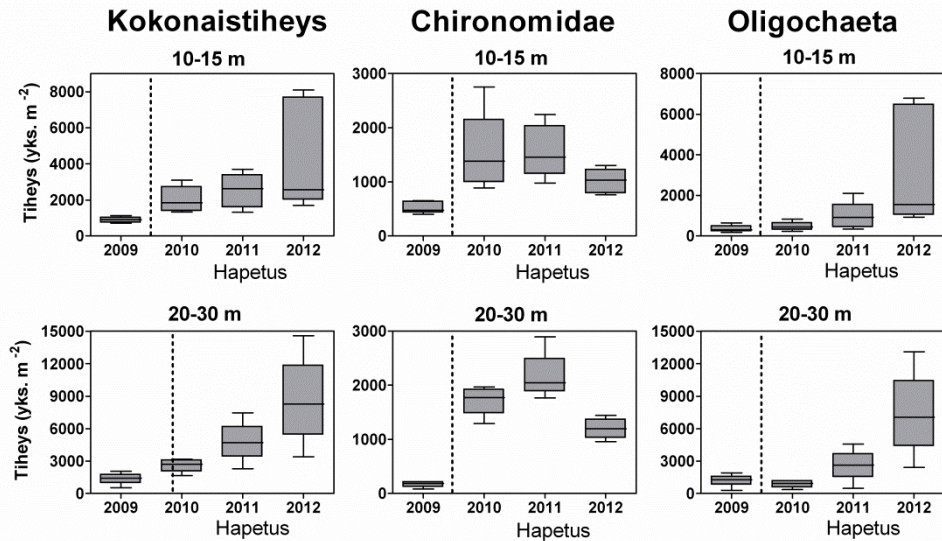
Kuva 2. Pohjaeläinten taksonirunsaus (taksonia/näytteenottopaikka) Vesijärven syvänteissä vuosina 2009-2012. Välisyvyys 10-15 m ja varsinaiset syvänteet 20-30 m.

Kuten jo ennen hapetuksen alkua runsaslukuisimpia taksonia ovat harvasukasmadoista edelleen Tubificidae-heimon suvuista *Potamothrix* ja *Tu-*

bifex varsinaisissa syvänteissä (20-30 m) sekä välisyvyyksissä *Limnodrilus*. Surviaissääskentoukista runsaimpina lajeina ovat koko seurantajakson olleet *Procladius spp.* ja *Chironomus plumosus*. Vaikka valtalajit ovat hapetuksen alettua säilyneet samoina, on lajistossa havaittavissa selviä muutoksia. Lämpimään veteen hyvin sopeutunut *Chironomus plumosus* on runsastunut huomattavasti (Self et al. 2011). *C. plumosus*-tiheydet runsastuivat 2010 kymmen- ja 2011 kolmetoistakertaisiksi ennen hapetusta vallinneeseen tilaan verrattuna. Vuonna 2012 *C. plumosus*-tiheydet kuitenkin puolittuivat edelliseen vuoteen verrattuna. Myös *Potamothrix/Tubifex*- ja *Limnodrilus*-harvasukasmadot ovat runsastuneet hapetuksen jälkeen. Muita vuonna 2012 Vesijärven syvänteistä tavattuja surviaissääskilajeja olivat *Chironomus anthracinus*, *Chironomus (Einfeldia) dissidens*, *Chironomus salinarius*, *Cryptochironomus defectus*, *Polypedilum nubeculosum*, *Polypedilum pullum*, *Potthastia longimana* ja *Procladius spp.* Näistä *C. salinarius* ja molemmat *Polypedilum*-lajit puuttuivat edellisen vuoden näytteistä vaikka niitä esiintyi Vesijärven aiempien vuosien seurannoissa. *P. longimana* ei oltu tavattu Vesijärven aiempien vuosien (2009-2011) näytteissä. Harvasukasmadoista tavattiin jälleen vuonna 2011 kateissa ollut *Arcteonais lomondi*. Lajisto oli tyypillistä reheville järvisyvänteille.

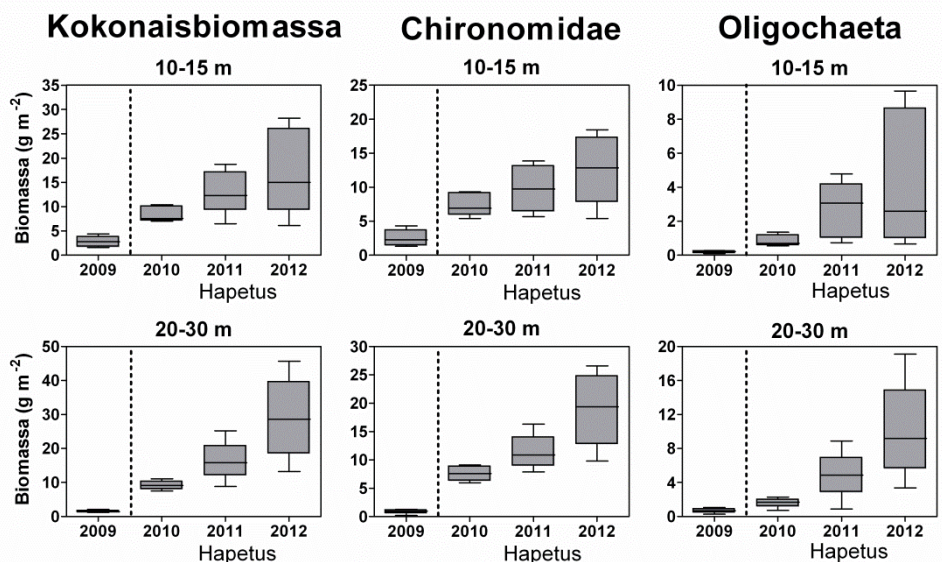
4.2 Yksilömäärä ja biomassa

Vesijärven välisyvytydessä pohjaeläinten yksilötiheys vaihteli vuonna 2009 1000 yks./m² molemmin puolin, mutta oli kohonnut suurin piirtein kaksinkertaiseksi vuonna 2010 ja syksyllä 2011 karkeasti kolminkertaistunut hapetusta edeltävään tilaan verrattuna (kuva 4). Vuonna 2012 välisyvytydessä pohjaeläinten kokonaistiheydet olivat keskimäärin hieman edellisvuotta suurempia. Varsinaisissa syvänteissä (20-30 m) pohjaeläintiheyksien kasvu hapetuksen jälkeen on ollut välisyvytyttä vielä selvästi voimakkaampaa ja tiheydet ovat jatkaneet vuosi vuodelta kasvuaan hapetuksen alkamisen jälkeen. Surviaissääskien runsastuminen hapetuksen alettua liittyi lähinnä valtalajina esiintyneen *Chironomus plumosuksen* kasvaneisiin tiheyksiin. Vuonna 2012 surviaissääskitiheydet olivat niin välisyvytyksissä kuin syvänteissäkin kuitenkin kahta aiempaa vuotta pienempiä. Harvasukasmatojen tiheydet lähtivät kasvuun vasta toisena hapetusvuotena. Vuonna 2012 harvasukasmadot olivat edellisvuotta selvästi runsaampia. Vesijärven syvännepohjaeläinten yksilötiheyksien selvä kasvu hapetuksen seurauksena liittyy todennäköisesti sedimentin rehevyyteen, parantuneisiin happioloihin ja alusveden lämpötilan voimakkaaseen kohoamiseen.



Kuva 4. Vesijärven pohjaeläinnäytteiden yksilötiheydet (yks./m²) vuosina 2009-2012.

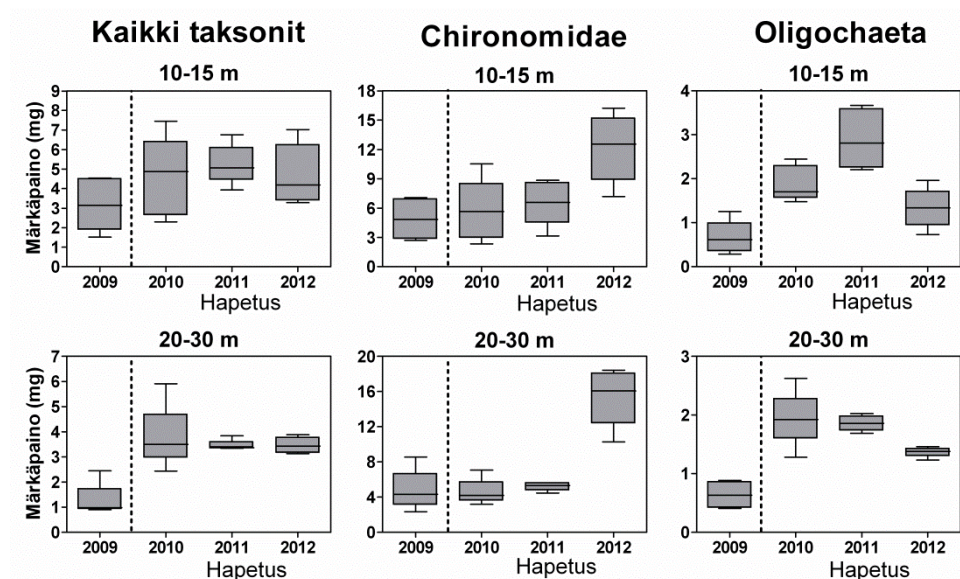
Pohjaeläinten tuorebiomassat vaihtelivat vuonna 2009 välisyvytydessä n. 2-5,5 g/m² ja varsinaisissa syvänteissä 1,5-2,5 g/m². Hapetuksen alettua vuonna 2010 biomassat olivat välisyvyyksissä karkeasti kolminkertaistuneet ja syvänteissä nelinkertaistuneet hapetusta edeltävään vuoteen verrattuna (Kuva 5, Liite 1). Vuosina 2011 ja 2012 biomassat ovat edelleen jatkaneet voimakasta kasvuaan ja olivat 2012 syvänteissä (> 20 m) keskimäärin 20-kertaiset hapetusta edeltävään tilaan verrattuna. Erityisen voimakasta hapetukseen liittyvä pohjaeläinbiomassan kasvu on ollut varsinaisissa syvänteissä.



Kuva 5. Vesijärven pohjaeläinnäytteiden tuorebiomassat (g/m²) vuosina 2009-2012.

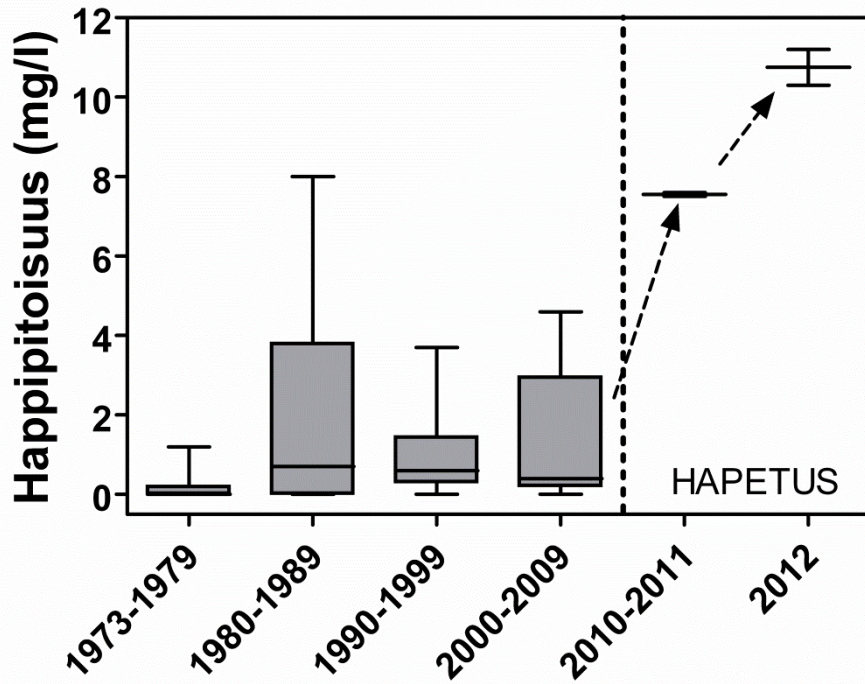
Syvänteiden biomassan nousu liittyi erityisesti kooltaan suurikokoisten, rehevän pohjasedimentin tyyppilajien, *Chironomus plumosus* –surviaissääsken toukkien sekä *Potamothrix/Tubifex*-harvasukasmatojen runsastumiseen. Pohjaeläinten keskimääräinen ruumiinkoko (tuorepaino)

näytteenottoaikoilla näyttää kasvaneen hapetuksen seurauksena (Kuva 6). Hapetusta edeltävästä vuodesta poiketen surviaissääskentoukat ovat olleet hapetusvuosina runsaslukuisia myös varsinaisissa syvänteissä. Tämä on todennäköisesti seurausta hapetuksen positiivisista vaikutuksista syvänteiden happitilanteeseen. Hapetus on parantanut huomattavasti syvänteiden talvista happitilannetta (Kuva 7). Loppukesästä (heinäkuun loppu-elokuu) syvänteet olivat vuosina 2010-2011 hapetuksesta huolimatta hapettomia, mutta hapettoman jakson pituus esimerkiksi kesällä 2010 oli vain kolmanneksen vuoden 2009 vastaavasta (Salmi et al. 2010). Vuonna 2012 hapetus näyttää olleen aiempia vuosia tehokkaampaa ja esimerkiksi loppupalven happipitoisuudet olivat edellisvuotta korkeammat. Samoin loppukesästä ei vuonna 2012 esiintynyt hapettomuutta vaikka happipitoisuudet syvänteissä laskivatkin varsin alhaiselle tasolle 1-2 mg O₂/l. Päälysvettä alusveden kierrättävän hapetusmenetelmän kesäaikainen sivuvaikutus näyttää olevan alusveden huomattava lämpiäminen. Lämpötilan nousu kolmena hapetuskesänä on ollut 20 metrin syvyydessä noin 3,5 astetta ja 30 metrin syvyydessä noin 5 astetta (Kuva 8). Reheviä oloja ilmentävän *Chironomus plumosus*-surviaissääsken lämpötilaoptimi on korkeampi kuin useimmilla muilla meillä esiintyvillä syvännepohjaeläinlajeilla (Self et al. 2011), joten tämä myös hapettomuutta hyvin sietävä laji todennäköisesti hyötyy hapetuksen vettä lämmittävistä vaikutuksista.

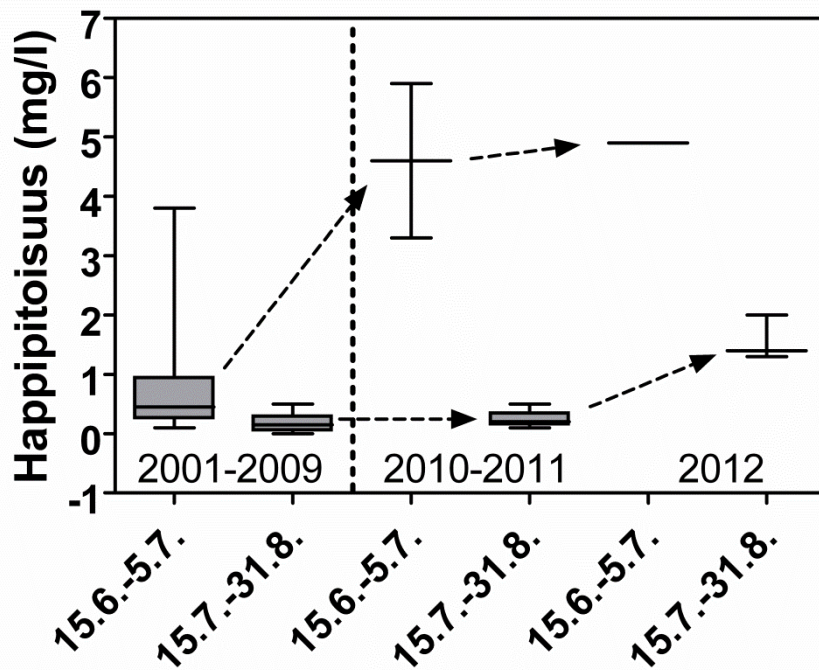


Kuva 6. Pohjaeläinyksilöiden keskimääräinen tuorepaino (mg) Vesijärven näytteenottoaikoilla vuosina 2009-2012.

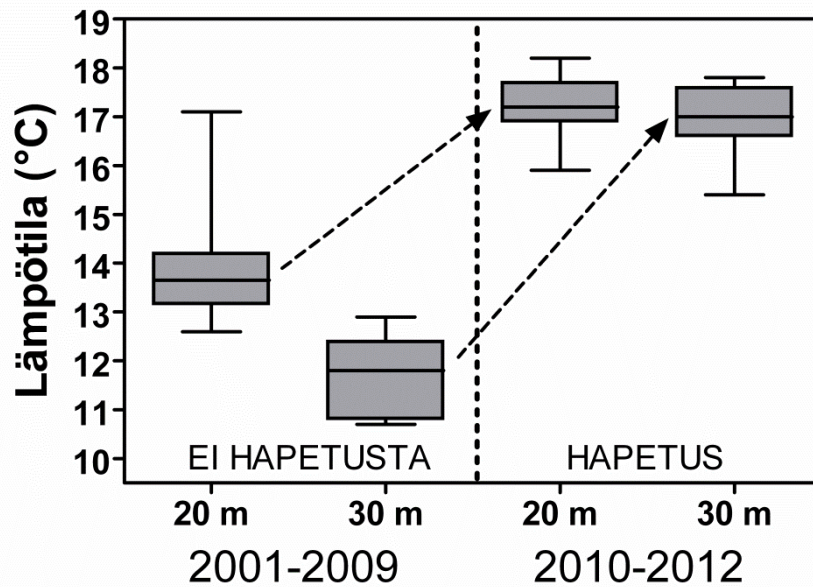
15. helmikuuta - 15. huhtikuuta



Kuva 7. Alusveden (1 m pohjan yläpuolella) talvisen happipitoisuuden vaihtelu vuosina 1973-2012.



Kuva 8. Alusveden (1 m pohjan yläpuolella) kesäaikainen happipitoisuus ennen alusveden hapetusta (2001-2009) ja hapetuksen aikana (2010-2012).

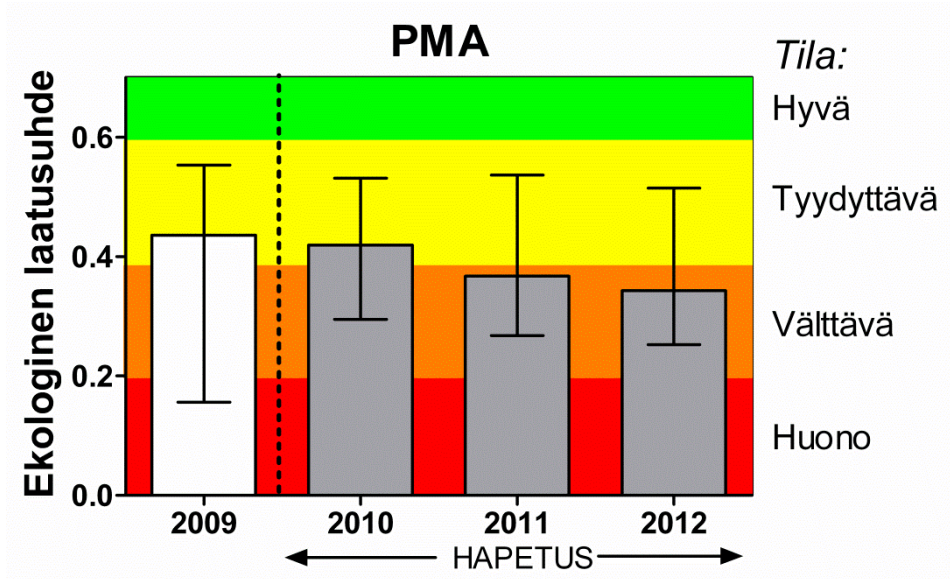


Kuva 9. Alusveden keski- ja loppukesän (heinä-elokuu) lämpötila ennen alusveden hapetusta (2001-2009) ja hapetuksen aikana (2010-2012) 20 ja 30 metrin syvyydessä.

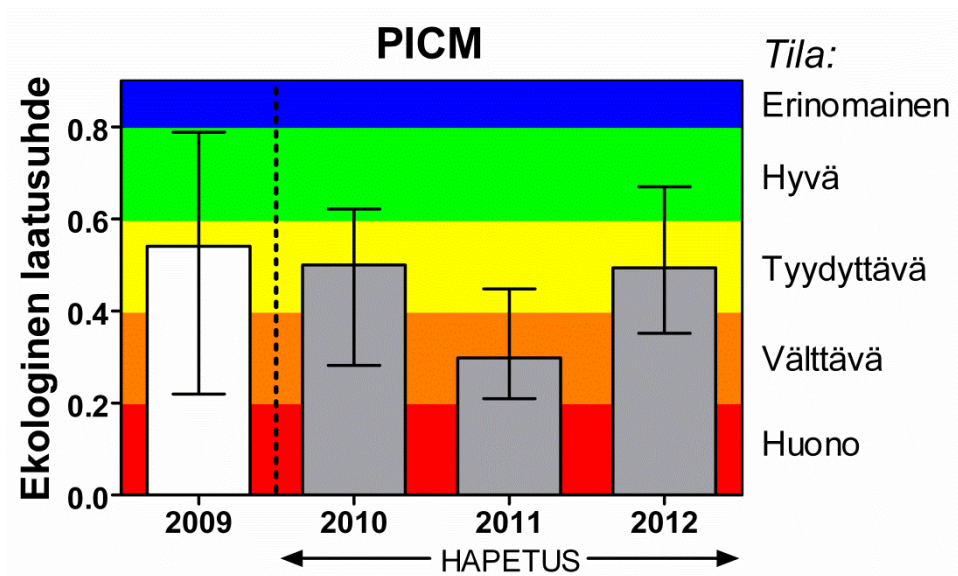
4.3 Havaintopaikkojen ekologinen tila

Syksyllä 2012 Vesijärven syvänteiden ja välisyvyyden pohjanlaatuindeksi, BQI, vaihteli erittäin vähän ollen kaikilla paikoilla 1-1,1 (Liite 1). Tämän suuruinen indeksiarvo ilmentää kuormitettua ja rehevää syvänesedimenttiä. Pohjanlaatuindeksin arvot eri paikoilla ovat heikentyneet hieman tai pysyneet samoina edellisvuosiin verrattuna. Pohjanlaatuindeksin alhainen arvo liittyy *Chironomus plumosus*-surviaissääsken runsauteen vesijärven syvänteissä.

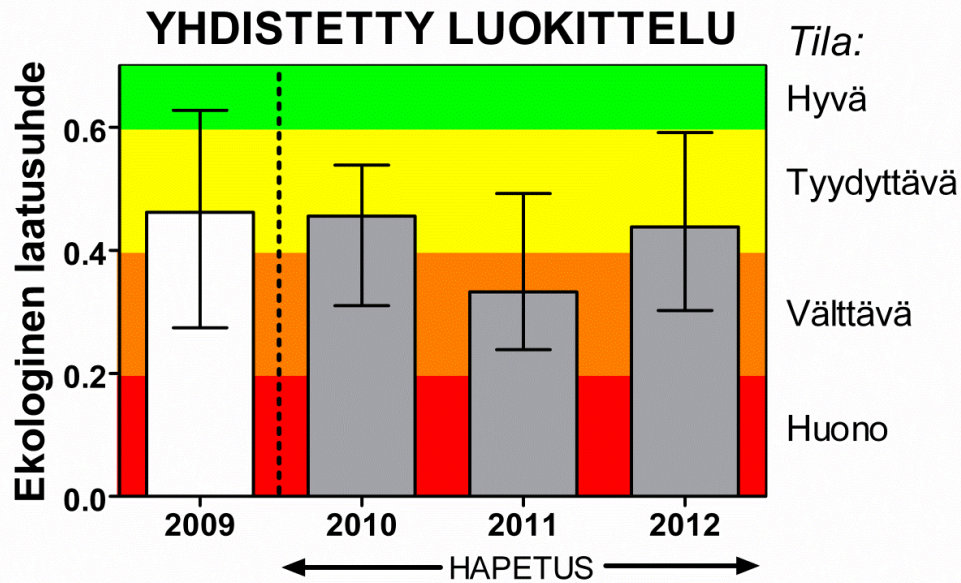
Vuonna 2012 suhteellinen mallinkaltaisuusindeksi (PMA) ilmensi Vesijärven syvänteiden välttävää ekologista tilaa (Kuva 10) yksittäisten näytepaikkojen PMA-indeksin arvojen osoittaessa joko tyydyttävää tai välttävää tilaa. PMA-indeksin arvot ovat laskeneet hapetuksen aloitusta edeltäneestä vuodesta, jolloin PMA-indeksi ilmensi järven tyydyttävää ekologista tilaa. PICM-indeksin perusteella Vesijärven syvänteiden tila oli tyydyttävä (Kuva 11), kuten myös ennen hapetuksen alkua sekä ensimmäisenä hapetusvuotena 2010. Vuonna 2011 PICM-indeksi ilmensi vain syvänteiden välttävää tilaa. Kun molemmat indeksit yhdistettiin, pohjaeläimet ilmensivät vuonna 2012 Vesijärven syvänteiden tyydyttävää tilaa kuten vuosina 2009 ja 2010. Edellisvuotena syvänteet olisivat pohjaeläinten perusteella olleet vain välttävässä ekologisessa tilassa. Ainakaan pohjaeläinluokittelun perusteella alusveden hapetus ei näyttäisi parantavan järven ekologista tilaa, mikä saattaa liittyä alusveden kohonneisiin lämpötiloihin.



Kuva 10. Vesijärven syvänteiden ekologinen tila vuosina 2009-2012 PMA-indeksin avulla arvioituna (mediaani ± vaihteluväli).



Kuva 11. Vesijärven syvänteiden ekologinen tila vuosina 2009-2012 PICM-indeksin avulla arvioituna (mediaani ± vaihteluväli).



Kuva 12. Vesijärven syvänteiden ekologinen tila vuosina 2009-2012 pohjaeläinten avulla arvioituna (mediaani \pm vaihteluväli). PMA- ja PICM-indeksit skaalattu ja yhdistetty kansallisen luokitteluohjeistuksen mukaan (Aroviita ym. 2012).

5. Johtopäätökset

Vesijärvi

Vesijärven pohjaeläintutkimus ilmensi järveen kohdistuvaa runsasta kuormitusta ja siitä johtuen syvänteiden ekologinen kunto oli heikko ja pohjaeläinlajisto yksipuolinen. Verrattuna ennen hapetuksen alkua toteutettuun tutkimukseen järvisyvänteiden hapetus näkyy eläimistöissä erityisesti yksilömäärien ja biomassojen voimakkaana kasvuna. Kun happitilanne paranee, rehevään pohjasedimenttiin varastoituneet ravintovarajat tulevat tehokkaammin käytetyksi ja voimakkaiden kilpailijoiden populaatiot voimistuvat. Hapetusvuosina voimakkaasti lisääntyneellä ja niukkahappisia oloja hyvin sietävällä *Chironomus plumosus*-surviaissääskellä on useimpia muita syvänelajeja korkeampi lämpötilaoptimi. Tämä saattaa selittää lajin erittäin voimakkaan runsastumisen hapetuksen lämmittämässä alusvedessä.

Käytetyistä indekseistä PMA:n perusteella syvänteiden ekologinen tila on tutkimusjakson aikana lievästi heikentynyt. Uuden luokitteluehdotuksen mukainen PICM-indeksi ilmensi syksyllä 2012 Vesijärven syvänteiden tyydyttävää tilaa kuten ennen hapetuksen aloittamistakin. Indeksien yhdistävän lopullisen pohjaeläinluokituksen perusteella Vesijärven syvänteet ovat seurantajakson aikana olleet pääosin tyydyttävässä tilassa.

Tässä selvityksessä saatujen tulosten perusteella päällysvettä alusveteen kierrättävä hapetusmenetelmä näyttää syvänteiden eläintiheyksien ja biomassan huomattavan kasvun, joka on edelleen jatkui kolmantena hapetusvuotena todennäköisesti johtuen hapetuksen tehostumisesta. Hapetuksen ei tässä tutkimuksessa havaittu parantavan järven syvänteiden ekologista tilaa vaan jopa lieviä negatiivisia mahdollisesti lämpötilaan liittyviä vaikutuksia oli havaittavissa. Alusveden hapetuksen ajatellaan vähentävän järven si-

säistä kuormitusta, koska fosforia uskotaan vapautuvan vähemmän hapekkaasta sedimentistä. Tämä jo 70-vuotta vanhan paradigma, että happi kontrolloisi fosforin vapautumista sedimentistä, on kuitenkin asetettu kyseenalaiseksi (Moosmann ym. 2006, Hupfer & Lewandowski 2008) ja tämä uskomus liittyy ilman riippuvuussuhdetta tavattavaan korrelaatioon, koska suuri sisäinen kuormitus ja alusveden vähähappisuus tyypillisesti esiintyvät samoissa olosuhteissa (rehevissä järvissä).

Kirjallisuus

Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S.M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Raask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012-2013 - päivitettyt arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012, 1-144.

Hupfer, M. & Lewandowski, J. 2008. Oxygen controls the phosphorus release from lake sediments - a long lasting paradigm in limnology. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 93: 415-432.

Hynynen, J. 2011. Vesijärven ja Työtjärven (Lahti, Hollola) pohjaeläimistö v. 2010. Jyväskylän yliopisto, Ympäristön tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 24/2011.

Hynynen, J. & Salmelin, J. 2010. Vesijärven ja Työtjärven (Lahti, Hollola) pohjaeläimistö v. 2009. Jyväskylän yliopisto, Ympäristön tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 120/2010.

Jyväsjärvi, J. & Hämäläinen, H. 2011. Syvänpohjaeläinyhteisöt järvien ekologisen tilan arvioinnissa – luokittelumenetelmien parantaminen ja vertailuolojen tarkentaminen. Työraportti 8.12.2011. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Meissner, K., Aroviita, J., Hellsten, S., Järvinen, M., Karjalainen, S.M., Kuoppala, M., Mykrä, H. & Vuori, K-M. 2010. Jokien ja järvien biologinen seuranta – näytteenotosta tiedon tallentamiseen. 41 s.

Moosmann, L., Gächter, R., Müller, B. & Wüest, A. 2006. Is phosphorus retention in autochthonous lake sediments controlled by oxygen or phosphorus? *Limnology and Oceanography* 51: 763-771.

Novak, M.A. & Bode, R.W. 1992. Percent model affinity: a new measure of macroinvertebrate community composition. – *J. N. Am. Benthol. Soc.* 11: 80-85.

Salmi, P., Malin, I. & Salonen, K. 2010. Laajamittainen hapetus Lahden Vesijärvellä – ensimmäinen vuosi 2010. Poster.

Self, A.E., Brooks, S.J., Birks, H.J.B., Nazarova, L., Porinchu, D., Odland, A., Yang, H. & Jones, V.J. 2011. The distribution and abundance of chironomids in high-latitude Eurasian lakes with respect to temperature and

continentality: development and application of new chironomid-based climate-inference models in northern Russia. *Quaternary Science Reviews* 30: 1122-1141.

SFS 5076 1989. Vesitutkimukset. Pohjäläinnäytteenotto Ekman-noutimella pehmeiltä pohjilta. 7 s.

Tolonen, K.T. & Hynynen, J. 2012. Alusveden hapetuksen vaikutukset Vesijärven pohjäläimistöön - vuoden 2011 tulokset. Jyväskylän yliopisto, Ympäristön tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 55/2012.

Wiederholm, T. 1980: Use of benthos in lake monitoring. *J. Wat. Pollut. Cont. Fed.* 52: 537-543.

Liite 1. Vesijärven pohjaeläimistö syksyllä 2012.

Vesijärvi, Vasikkasaari 1.11.2012

Rinnakkaisnäytteet	A	B	C	Tiheys (yks./m²)	A	B	C	Tiheys yks./m²)
<i>Syvyys (m)</i>	10,5	10,5	10,5	10,5	22	22	22	22
Nematoda			1	11,5		1		11,5
<i>Potamothrix/Tubifex</i>	7	8	14	334,5	217	204	126	6309,1
<i>Limnodrilus</i> spp.	32	35	69	1568,6				
<i>Arcteonais lomondi</i>						1		11,5
Hydracarina						1		11,5
<i>Chironomus anthracinus</i>		1		11,5	3	2	2	80,7
<i>Chironomus plumosus</i>	12	15	10	426,8	18	19	22	680,5
<i>Chironomus dissidens</i>	1	1	2	46,1	1			11,5
<i>Cryptochironomus defectus</i>	2			23,1				
<i>Procladius</i> spp.	8	13	5	299,9	10	7	10	311,4
Yhteensä 2012	52	73	101	2722	249	235	160	7428
Tiheys 2011				1822				4498
Tiheys 2010				1326				2364
Tiheys 2009				1194				1827
Biomassa (mg)				Biomass (g/m²)				Biomassa (g/m²)
Nematoda			1,5	0,017		2,5		0,029
Oligochaeta	51,5	82,2	109,1	2,800	290,7	252,2	133,6	7,803
Hydracarina						1,0		0,012
Chironomidae	282,7	352,3	244,5	10,144	457,0	435,1	462,4	15,623
Yhteensä 2012	334,2	434,5	355,1	13,0	747,7	690,8	596,0	23,5
Biomassa 2011				12,3				15,0
Biomassa 2010				7,0				8,3
Biomassa 2009				5,4				1,7
Yks. keskim. biomassa (mg)								
2012				4,78				3,16
2011				6,75				3,33
2010				5,28				3,51
2009				4,52				0,93
Luokittelumuuttujat 2012		Tilaluokka				Tilaluokka		
BQI	1,026	Huono			1,106	Huono		
PMA	0,169	Välttävä			0,160	Välttävä		
PICM	0,883	Tyydyttävä			0,868	Välttävä		

Vesijärvi, Enonsaari 1.11.2012

Rinnakkaisnäytteet	A	B	C	Tiheys (yks./m²)	A	B	C	Tiheys yks./m²)
<i>Syvyys (m)</i>	10	10	10	10	20	20	20	20
Nematoda	1	1	4	69,2	1		1	23,1
<i>Potamothrix/Tubifex</i>	14	13	7	449,8	39	69	91	2295,3
<i>Limnodrilus</i> spp.	20	13	20	611,3	2			23,1
<i>Arcteonais lomondi</i>	1	2	3	69,2	3	2	3	92,3
Hydracarina		1	1	23,1			1	11,5
<i>Chironomus anthracinus</i>					1		2	34,6
<i>Chironomus plumosus</i>	7	13	11	357,6	20	19	25	738,3
<i>Chironomus dissidens</i>	2	1		34,6				
<i>Cryptochironomus defectus</i>	2	1	5	92,3				
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	2	1		34,6	1			11,5
<i>Polypedilum pullum</i>		1		11,5				
<i>Procladius</i> spp.	16	15	14	519,0	4	7	4	173,0
<i>Tanytarsus</i> spp.		1		11,5				
Yhteensä 2012	65	63	65	2284	71	97	127	3403
Tiheys 2011				1315				2295
Tiheys 2010				1396				1660
Tiheys 2009				1040				646
Biomassa (mg)				Biomass (g/m²)				Biomassa (g/m²)
Nematoda	3,6	0,1	1,9	0,065	0,1		2,8	0,033
Oligochaeta	40,1	23,4	48,4	1,291	51,7	97,7	142,6	3,368
Hydracarina		0,5	0,3	0,009			0,2	0,027
Chironomidae	156,2	493,2	316,6	11,142	257,5	240,8	353,2	9,821
Yhteensä 2012	199,9	517,2	367,2	12,5	309,3	338,5	498,8	13,2
Biomassa 2011				6,5				8,8
Biomassa 2010				10,4				9,8
Biomassa 2009				3,7				1,6
Yks. keskim. biomassa (mg)								
2012				5,47				3,88
2011				4,94				3,83
2010				7,45				5,90
2009				3,56				2,48
Luokittelumuuttajat 2012		Tilaluokka			Tilaluokka			
BQI	1,000	Huono			1,045	Huono		
PMA	0,247	Tyydyttävä			0,189	Välttävä		
PICM	1,162	Hyvä			1,074	Tyydyttävä		

Vesijärvi, Myllysaari 1.11.2012

Rinnakkaisnäytteet	A	B	C	Tiheys (yks./m²)
<i>Syvyys (m)</i>	14,5	14,5	14,5	14,5
<i>Potamothrix/Tubifex</i>	24	42	27	1072,7
<i>Limnodrilus spp.</i>	4	5	3	138,4
<i>Hydracarina</i>	1	1	1	34,6
<i>Chaoborus flavicans</i>		1		11,5
<i>Chironomus plumosus</i>	15	24	19	669,0
<i>Chironomus salinarius</i>		1		11,5
<i>Procladius spp.</i>	17	12	13	484,4
<i>Yhteensä 2012</i>	61	85	63	2422
<i>Tiheys 2011</i>				3103
<i>Tiheys 2010</i>				3102
<i>Tiheys 2009</i>				1152
Biomassa (mg)				Biomass (g/m²)
<i>Oligochaeta</i>	65,6	91,6	49,0	2,378
<i>Hydracarina</i>	0,3	0,2	0,2	0,008
<i>Chaoboridae</i>		4,1		0,047
<i>Chironomidae</i>	336,0	569,4	359,8	14,593
<i>Yhteensä 2012</i>	401,9	665,3	409,0	17,0
<i>Biomassa 2011</i>				12,2
<i>Biomassa 2010</i>				7,1
<i>Biomassa 2009</i>				3,0
<i>Yks. keskim. biomassa (mg)</i>				
<i>2012</i>				7,02
<i>2011</i>				3,93
<i>2010</i>				2,29
<i>2009</i>				2,60
<i>Luokittelumuuttujat 2012</i>		<i>Tilaluokka</i>		
<i>BQI</i>	1,000	<i>Huono</i>		
<i>PMA</i>	0,225	<i>Tyydyttävä</i>		
<i>PICM</i>	0,876	<i>Tyydyttävä</i>		

Vesijärvi, Karjusaari 1.11.2012

Rinnakkaisnäytteet	A	B	C	Tiheys (yks./m ²)
<i>Syvyys (m)</i>	15	15	15	15
<i>Limnodrilus spp.</i>	4	17	23	507,5
<i>Potamothrix/Tubifex</i>	18	15		380,6
<i>Arcteonais lomondi</i>	2	2		46,1
<i>Chironomus plumosus</i>	13	8	17	438,3
<i>Chironomus salinarius</i>		1		11,5
<i>Cryptochironomus defectus</i>	3	5	1	103,8
<i>Polypedilum nubeculosum</i>		2		23,1
<i>Polypedilum pullum</i>		1		11,5
<i>Potthastia longimana</i>			1	11,5
<i>Procladius spp.</i>	1	3	10	161,5
Yhteensä 2012	41	54	52	1696
Tiheys 2011				2388
Tiheys 2010				1822
Tiheys 2009				871
Biomassa (mg)				Biomass (g/m²)
Oligochaeta	19,0	18,7	21,5	0,683
Chironomidae	245,0	124,8	103,3	5,457
Yhteensä 2012	264,0	143,5	124,8	6,1
Biomassa 2011				12,1
Biomassa 2010				8,1
Biomassa 2009				1,9
<i>Yks. keskim. biomassa (mg)</i>				
2012				3,60
2011				5,07
2010				4,45
2009				2,18
Luokittelumuuttujat 2012		Tilaluokka		
BQI	1,000	Huono		
PMA	0,234	Tyydyttävä		
PICM	1,305	Hyvä		

Vesijärvi, Lankiluoto 1.11.2012

Rinnakkaisnäytteet	A	B	C	Tiheys (yks./m²)	A	B	C	Tiheys yks./m²)
<i>Syvyys (m)</i>	15	15	15	15	28	28	28	28
Nematoda	1			11,5		1		11,5
<i>Limnodrilus spp.</i>	33	62	52	1707,0	2			23,1
<i>Potamothrix/Tubifex</i>	186	84	120	4498,3	213	286	161	7612,4
<i>Arcteonais lomondi</i>					6	5	2	149,9
Hydracarina	2	6		92,3		2	1	34,6
<i>Chironomus anthracinus</i>	1	1	2	46,1				
<i>Chironomus plumosus</i>	32	18	14	738,2	29	29	37	1095,7
<i>Chironomus dissidens</i>	1			11,5				
<i>Chironomus salinarius</i>						2		23,1
<i>Cryptochironomus defectus</i>	1		4	57,7				
<i>Procladius spp.</i>	5	5	3	149,9	3	5	8	184,5
Yhteensä 2012	262	176	195	7313	253	330	209	9135
Tiheys 2011				2872				4902
Tiheys 2010				1845				3079
Tiheys 2009				1370				2516
Biomassa (mg)				Biomassa (g/m²)				Biomassa (g/m²)
Nematoda	0,4			0,005		0,5		0,006
Oligochaeta	240,8	222,3	202,0	7,671	284,8	421,5	212,0	10,592
Hydracarina	1,8	3,2		0,058		0,5	0,4	0,010
Chironomidae	594,3	493,2	325,6	16,299	595,3	617,7	790,2	23,105
Yhteensä 2012	837,3	718,7	527,6	24,0	880,1			33,7
Biomassa 2011				15,7				16,5
Biomassa 2010				9,9				7,5
Biomassa 2009				2,1				2,5
<i>Yks. keskim. biomassa (mg)</i>								
2012				3,28				3,69
2011				5,47				3,51
2010				5,37				2,44
2009				1,53				0,99
Luokittelumuuttujat 2012		Tilaluokka			Tilaluokka			
BQI	1,059	Huono			1,000	Huono		
PMA	0,143	Välttävä			0,149	Välttävä		
PICM	0,931	Tyydyttävä			1,175	Tyydyttävä		

Vesijärvi, Enonselkä 1.11.2012

Rinnakkaisnäytteet	A	B	C	Tiheys (yks./m ²)	A	B	C	Tiheys yks./m ²)
<i>Syvyys (m)</i>	14	14	14	14	29	29	29	29
<i>Limnodrilus spp.</i>	99	131	100	3806,2				
<i>Potamothrix/Tubifex</i>	74	94	84	2895,0	309	447	380	13102,6
<i>Arcteonais lomondi</i>	1	1	5	80,7				
<i>Hydracarina</i>						1	2	34,6
<i>Chaoborus flavicans</i>	1			11,5				
<i>Chironomus anthracinus</i>		2	1	34,6			3	34,6
<i>Chironomus plumosus</i>	31	21	27	911,2	36	35	33	1199,5
<i>Cryptochironomus defectus</i>	3	2		57,7				
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>								
<i>Procladius spp.</i>	10	8	7	288,4	4	7	6	196,1
<i>Tanytarsus spp.</i>			1	11,5				
Yhteensä 2012	216	259	225	8097	349	489	424	14579
Tiheys 2011				3702				7474
Tiheys 2010				2387				3160
Tiheys 2009				885				1630
Biomassa (mg)				Biomassa (g/m²)				Biomassa (g/m²)
Oligochaeta	248,5	293,2	297,0	9,674	434,1	638,2	584,9	19,114
Hydracarina						0,3	0,7	0,012
Chaoboridae	3,2			0,037				
Chironomidae	563,0	448,3	588,3	18,450	722,5	818,6	763,6	26,582
Yhteensä 2012	814,7	741,5	885,3	28,2	1156,6	1457,1	1349,2	45,7
Biomassa 2011				18,7				25,2
Biomassa 2010				7,1				11,0
Biomassa 2009				4,0				1,5
<i>Yks. keskim. biomassa (mg)</i>								
2012				3,48				3,13
2011				5,05				3,37
2010				2,97				3,48
2009				4,52				0,92
Luokittelumuuttujat 2012		Tilaluokka				Tilaluokka		
BQI	1,037	Huono			1,028	Huono		
PMA	0,160	Välttävä			0,121	Välttävä		
PICM	1,094	Tyydyttävä			0,850	Välttävä		