

Mirka Autio – Ismo Malin

Vesijärven ilmaperäinen ravinnekuormitus

VESIJÄRVEN ILMAPERÄINEN RAVINNEKUORMITUS

Mirka Autio ja Ismo Malin

Sisällysluettelo

Johdanto.....	3
Laskeuman seuranta Vesijärvellä.....	3
Laskeuman seurantatulokset.....	4
Yhteenveto	7
Lähteet	9

Liite. Laskeumanäytteiden tulokset vuonna 2008–2009

Johdanto

Lahden seudun järvien suurimpana ongelmana on rehevöityminen. Tämä näkyy toistuvina sinileväkukintoina, kalaverkkojen limoittumisena ja vesikasvien runsastumisena. Merkittävin vesistöjä rehevöittävä ravinne on yleensä fosfori, mutta ajoittain voi myös typen määrä rajoittaa levätuotantoa. Fosforia päätyy vesistöihin ulkoisena kuormituksena erityisesti valumavesien mukana, mutta myös ilmaperäinen laskeuma on merkittävä kuormittaja. Suoraan Vesijärveen tuleva fosforilaskeuma on samansuuruinen kuin koko valuma-alueelta tuleva luonnonhuuhtouma. Sadevedellä ei näyttäisi olevan järveden fosforipitoisuutta laimentavaa merkitystä.

Lahden seudun ympäristöpalvelujen ja Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiön yhdessä laatimassa Vesijärvi-hjelmassa on yhtenä tavoitteena selvittää Vesijärveen tulevien pääravinteiden, typen ja fosforin, lähteet. Ravinteiden taseet tuntemalla voidaan vesienhoitotoimenpiteet kohdistaa mahdollisimman tehokkaasti. Ilmaperäinen ravinnekuormitus on hankalasti hallittavaa, eikä sen leikkaamiseen yleensä paikallisilla keinoilla juuri pystytä. On kuitenkin tärkeää tuntea tämänkin kuormituksen merkitys ja osuus. Lähellä järveä olevista kuormittajista olisi jatkossa syytä selvittää teollisuuden ja energiantuotannon piipunpääpäästöt. Tarkkailuvelvollisilla laitoksilla ei ole ympäristölupien ehdossa asetettu velvoitteita seurata fosforin päästöjä ilmaan. Fosfori vapautuu hiukkaspäästöihin sidottuna, joten savukaasujen suodattamisella ja puhtaammalla polttotekniikalla voidaan fosforin lähipäästöjä leikata.

Ravinteiden kokonaislaskeumaa on Lahdessa selvitetty aiemmin muun muassa Vesijärvi-projektin yhteydessä. Nyt tehdyn tarkkailun uusimistarve tulee arvioida vuonna 2012.

Laskeuman seuranta Vesijärvellä

Kokonaislaskeuma koostuu sateen mukana tulevasta märkälasseumasta sekä suoraan maahan ja vesistöön joutuvista kaasuista ja hiukkasista eli kuivalasseumasta. Laskeuman sisältämät ravinteet ovat peräisin maasta nousevasta pölystä ja muista luonnollisista lähteistä, sekä ihmisen aiheuttamista päästöistä esimerkiksi teollisuudesta ja liikenteestä (Vuorenmaa ym. 2001, Wetzel 2001). Tässä raportissa on esitetty Vesijärven laskeumanmittauspisteiden seurantatulokset ja selvitetty suoraan järven pinnalle tuleva ilmaperäinen ravinnekuormitus.

Lahden seudun ympäristöpalvelut seurasi ilmaperäistä ravinnekuormitusta kolmessa kohteessa Vesijärven rannalla: Kankolassa, Niemessä ja Vaaniassa (kuva 1). Yhtäjaksoisesti näillä mittauspisteillä kerättiin laskeumaa kesäkuusta 2008 joulukuuhun 2009 asti eli 19 kuukautta. Aikaisemmin laskeuman ravinnekuormitusta on selvitetty mittauksin Kankolassa, Karjusaassa ja Niemessä vuosina 2004 – 2006. Laskeumaa on mitattu myös vuosina 1994 – 1997 Kankolassa, Karjusaassa, Niemessä ja Renkomäessä.



Kuva 1. Lahden seudun ympäristöpalveluiden laskeumakeräinten sijainti Vesijärven rannalla Kankolassa, Niemessä ja Vaaniassa. Pohjakartta: Lahden kaupunki, Maankäyttö.

Laskeumaa kerättiin ja määritettiin standardin mukaan (Suomen standardisoimisliitto 1978). Ramboll Analytics Oy analysoi laskeumanäytteet. Laskeuma määritettiin kuukausilaskeumana, jonka yksikkö on g m^{-2} . Laskeumanäytteistä määritettiin kokonaisfosfori ja -typpi.

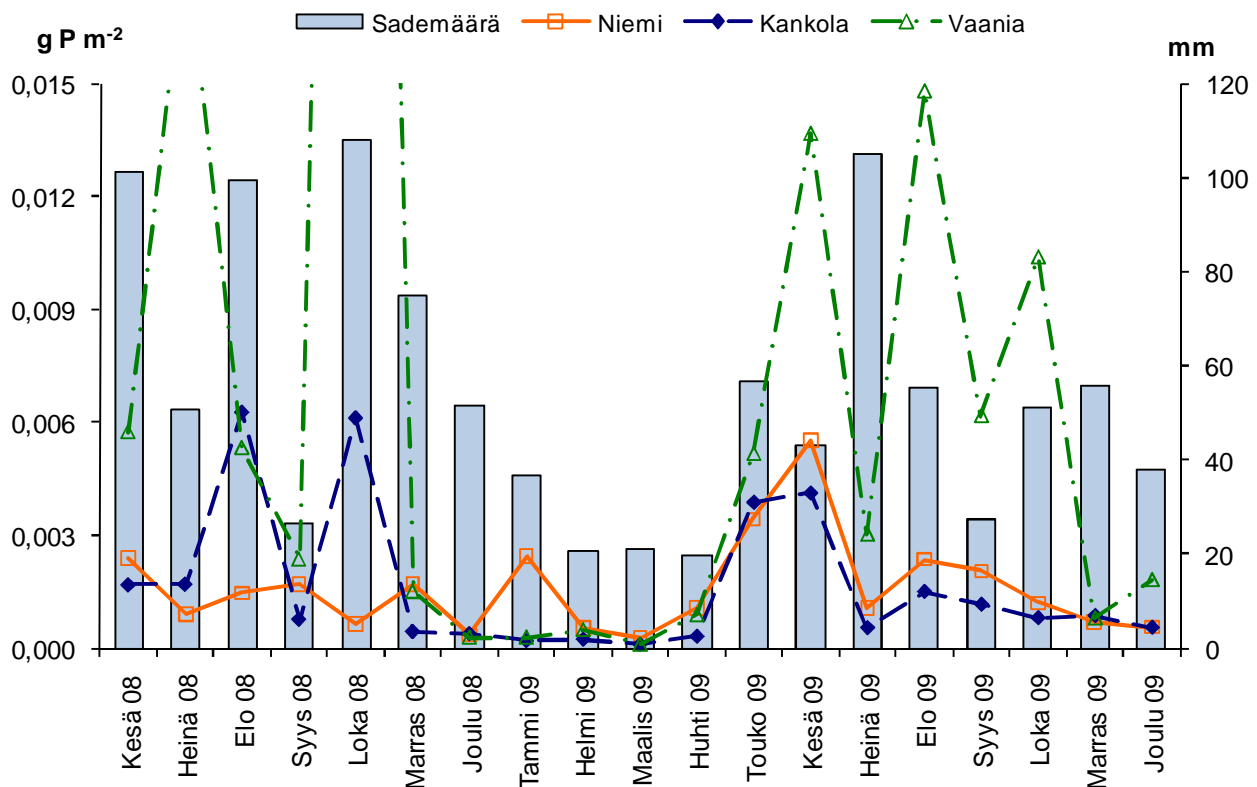
Laskeuman seurantatulokset

Laskeumassa esiintyi ajallista vaihtelua. Mittauspisteiden välillä oli kuukausilaskeumissa isoja eroja. Kesäkuun 2008 ja joulukuun 2009 välisenä aikana suurimmat kuukausilaskeumat määritettiin niin fosforin kuin typenkin osalta Vaanian mittauspisteeltä lokakuussa 2008 (taulukko 1, kuva 2 ja 3). Ne johtuvat mahdollisesti pienpoltosta, koska esimerkiksi puun polttamisesta joutuu fosforia ilmaan (Vuorenmaa ym. 2001). Sopivalla tuulen suunnalla ja nopeudella hiukkaset ovat voineet päätyä laskeumakeräimeen. Kankolan ja Niemen fosforin kuukausilaskeumat eroavat joinakin kuukausina toisistaan, mutta ne ovat kuitenkin keskimäärin samaa suuruusluokkaa (kuva 2). Suurimmat

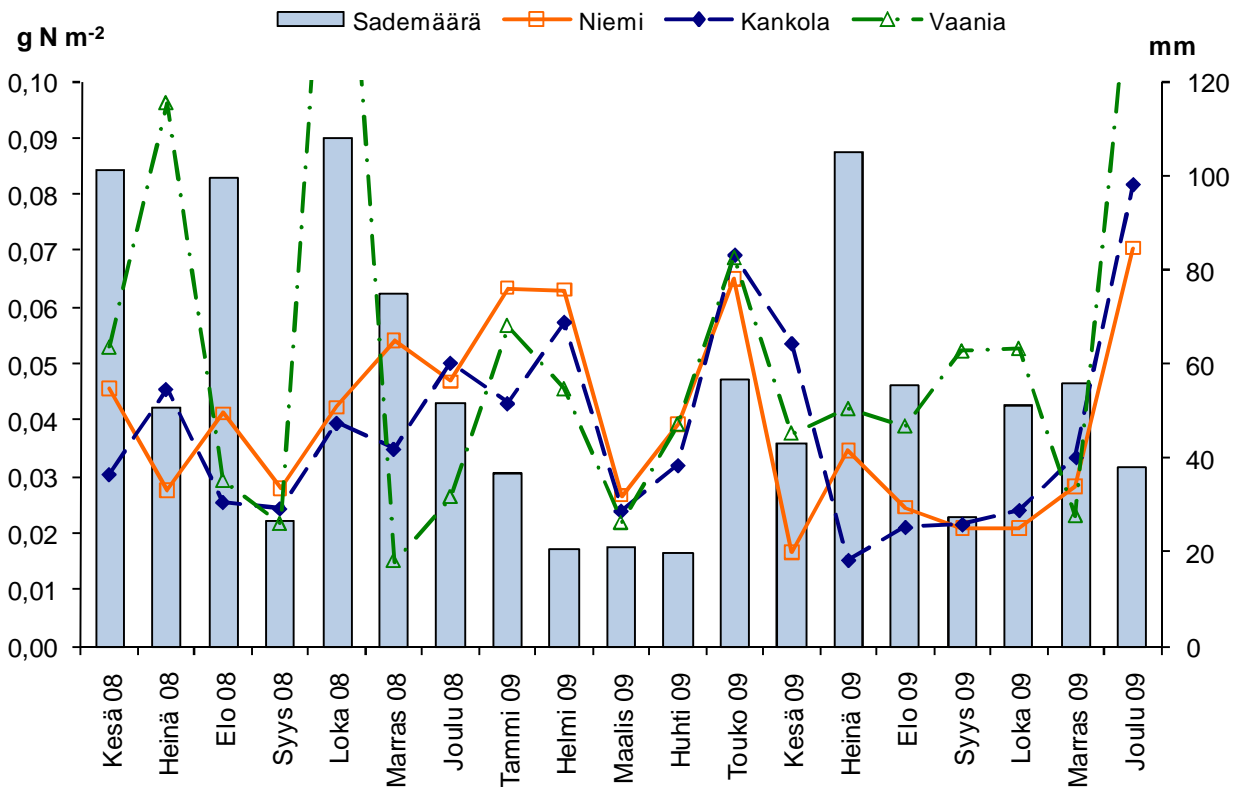
typpilaskeumat Kankolassa ja Niemessä kesäkuun 2008 ja joulukuun 2009 välisenä aikana mitattiin toukokuussa ja joulukuussa 2009 (kuva 3). Kuvista 2 ja 3 on jätetty pois suurimmat Vaanian laskeuma-arvot, jotta Niemen ja Kankolan laskeumatulokset olisivat selkeämmät.

Taulukko 1. Fosforin ja typen kuukausilaskeumien (g m^{-2}) keskiarvot, minimi ja maksimit Kankolan, Niemen ja Vaanian mittauspisteissä kesäkuusta 2008 joulukuuhun 2009.

Laskeuman mittauspiste	Ajanjakso	Fosfori g m^{-2}			Typpi g m^{-2}		
		keskiarvo	minimi	maksimi	keskiarvo	minimi	maksimi
Kankola	06–12 / 2008	0,002	<0,001	0,006	0,036	0,024	0,050
Niemi	06–12 / 2008	0,001	<0,001	0,002	0,041	0,028	0,054
Vaania	06–12 / 2008	0,014	<0,001	0,062	0,058	0,015	0,165
Kankola	01–12 / 2009	0,001	<0,001	0,004	0,040	0,015	0,082
Niemi	01–12 / 2009	0,002	<0,001	0,006	0,039	0,017	0,070
Vaania	01–12 / 2009	0,005	<0,001	0,015	0,050	0,022	0,125



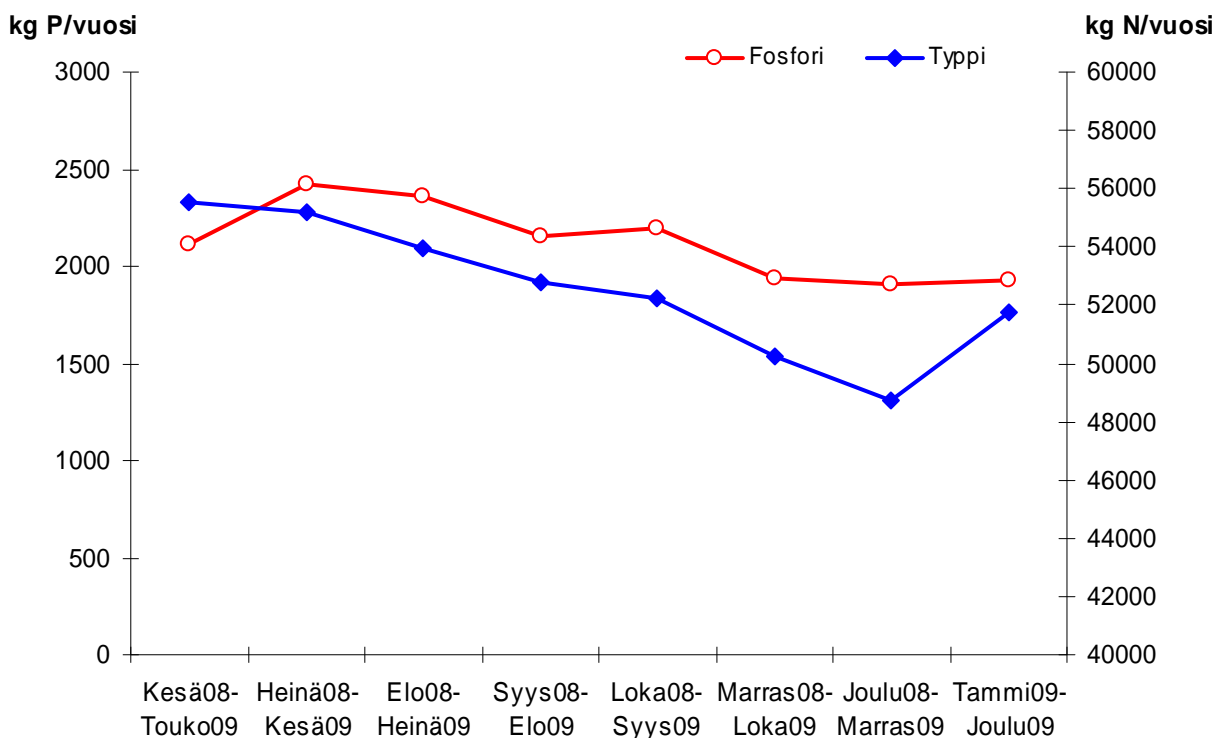
Kuva 2. Fosforilaskeuma (g m^{-2}) kuukaudessa Niemen, Kankolan ja Vaanian laskeumantittauspisteissä kesäkuusta 2008 joulukuuhun 2009 ja mittausjaksojen sademäärät (mm) vuonna 2009 (sademäärät Etelä-Suomen Sanomat 2009).



Kuva 3. Typpilaskeuma (g N m^{-2}) kuukaudessa Niemen, Kankolan ja Vaanian laskeumanmittauspisteissä kesäkuusta 2008 joulukuuhun 2009 ja mittausjaksojen sademäärät (mm) vuonna 2009 (sademäärät Etelä-Suomen Sanomat 2009).

Vuositasolla Vesijärvelle tulee ilman kautta laskeumana 1 900 – 2 420 kg fosforia ja 48 750 – 55 510 kg typpeä (kuva 4). Kankolan mittauspisteen kuukausilaskeumatulosten perusteella ilmaperäinen fosforikuormitus Vesijärvelle on keskimäärin 2 030 kg vuodessa ja Niemen tulosten mukaan keskimäärin 2 220 kg vuodessa. Kankolan laskeumanmittauspisteen tulosten perusteella typpikuormitus on keskimäärin 50 520 kg vuodessa ja Niemen tulosten mukaan keskimäärin 54 210 kg vuodessa.

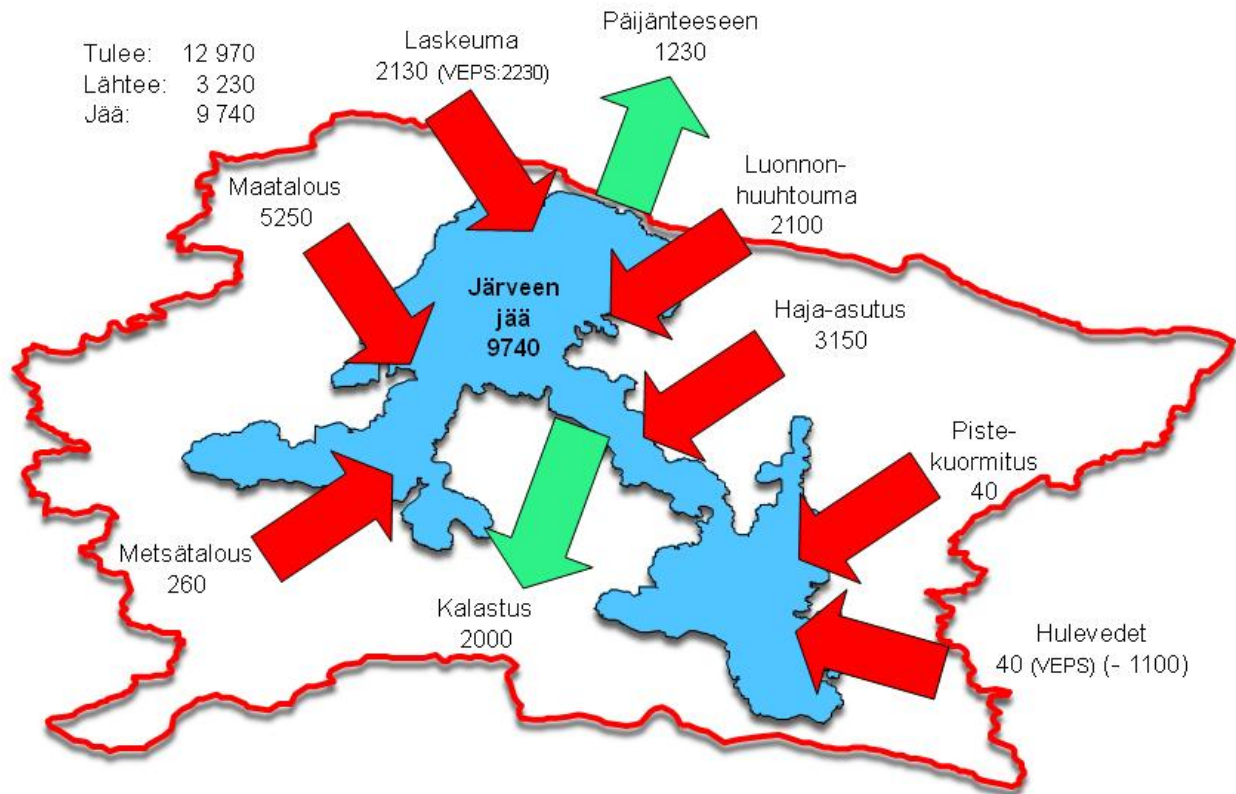
Sadeveden fosforipitoisuutta ei voinut laskea laskeumatulosten perusteella, koska mittaukset tehdään kokonaislaskeumalle. Märkä- ja kuivalaskeuman osuiksiakaan ei pystynyt arvioimaan, koska kuukausilaskeuma ja mittausjaksojen sademäärät korreloivat heikosti. Huhtikuusta syyskuuhun vuonna 2009 fosforin kuukausilaskeumien ja sademäärien korrelaatio oli negatiivinen (-0,1), kun taas talvikautena Kankolan fosforilaskeuman ja sademäärän korrelaatio oli melko voimakas (0,8). Laskeuman mittausjaksojen sademäärät on esitetty kuvissa 2 ja 3. Kuukausilaskeumatuloksista ja vuoden 2009 sademäärästä pystyi laskemaan vain arvion siitä, kuinka suuri sadeveden fosforipitoisuus olisi enimmillään ollut (jos mitattu fosforin kokonaislaskeuma olisi ollut pelkästään märkälaskeumaa). Näin arvioituna sadeveden fosforipitoisuudeksi saatiin keskimäärin noin $40 \mu\text{g P l}^{-1}$, mikä on enemmän kuin Vesijärven pintaveden kokonaisfosforipitoisuus keskimäärin. Maailmanlaajuisesti sadeveden fosforipitoisuus vaihtelee välillä $<30 - >100 \mu\text{g l}^{-1}$ (Wetzel 2001). Sadeveden fosforipitoisuutta on vaikea määrittellä, koska sadepisarat huuhtovat ilmassa leijuvia hiukkasia mukanaan maahan. Siten sadevesi sisältää kuivalaskeuman fosforia (Vuorenmaa ym. 2001).



Kuva 4. Kankolan ja Niemen laskeumanmittauspisteiden kuukausilaskeumista lasketut vuosittaiset fosfori- ja typpikuormitukset (kg a^{-1}) koko Vesijärven pinta-alalle laskettuna. Huomioi, että typpikuormituksen asteikko alkaa arvosta $40\,000 \text{ kg a}^{-1}$.

Yhteenveto

Vesijärven ilmaperäinen fosforikuormitus on keskimäärin $2\,130 \text{ kg}$ vuodessa ja typpikuormitus on keskimäärin $52\,400 \text{ kg}$ vuodessa. Laskeuman mitattu fosforikuormitus on lähellä ympäristöhallinnon VEPS-kuormitusmallin antamaa laskeumakuormitusarviota, $2\,230 \text{ kg P a}^{-1}$ (kuva 5). VEPS-mallin mukaan Vesijärven keskimääräinen fosforin kokonaiskuormitus on noin $13\,100 \text{ kg}$ vuodessa ja keskimääräinen typpikuormitus noin $284\,800 \text{ kg}$ vuodessa. Ominaiskuormitusarvoilla laskettuna typen valuma-aluekuormitus on $307\,800 \text{ kg a}^{-1}$ (Keto 2008). Laskeuman kuormitusarvoilla lisättynä typen kokonaiskuormitus on yhteensä $360\,200 \text{ kg a}^{-1}$. Laskeuman kautta suoraan veden pinnalle tuleva ravinnekuormitus voi olla merkittävä lisäkuormituslähde sellaisissa vesistöissä, joiden vesipinta-ala on suuri, mutta valuma-alue suhteellisen pieni (Hämeen ympäristökeskus 2009). Vesijärven pinta-ala on 109 km^2 , mikä on valuma-alueen pinta-alaan (515 km^2) nähden suuri. Laskeuman osuus fosforin kokonaiskuormituksesta on Vesijärvellä 16% ja typen kokonaiskuormituksesta 15% .



Kuva 5. Vesijärven fosforitase VEPS-kuormitusmallilla arvioituna ja mitatuilla arvoilla tarkennettuna (luvut kg vuodessa). Vesijärveen tulee fosforia eri kuormituslähteistä yhteensä $12\,970\text{ kg a}^{-1}$. Laskeuman fosforikuormitus on mittauksin todettu olevan noin $2\,130\text{ kg a}^{-1}$, kun taas VEPS-malli arvioi laskeuman fosforikuorman olevan $2\,230\text{ kg a}^{-1}$. Hulevesien fosforikuormitusarviot vaihtelevat: VEPS-malli antaa 40 kg P a^{-1} , kun taas ominaiskuormitusarvojen, hulevesien fosforipitoisuuksien mittauksilla ja huleviemäreiden virtaamalla laskettuna hulevesien fosforikuormitus on noin $1\,100\text{ kg a}^{-1}$. Kalastuksen (sisältää hoito- ja muun kalastuksen) ja virtauksen mukana Vesijärvestä poistuu yhteensä noin $3\,230\text{ kg P a}^{-1}$. Vesijärveen jää vuosittain noin $9\,740\text{ kg}$ fosforia.

Laskeuman alueellinen vaihtelu ja vuotuiset ajalliset vaihtelut ovat suuria (Hämeen ympäristökeskus 2009). Kokonaislaskeuman määrä ja märkä- ja kuivalaskeuman suhde riippuu paljon paikallisista ilmasto-oloista, kuten vuodenaikojen, sateisuuden ja tuulisuuden vaihteluista (Wetzel 2001). Tässä käytetyllä menetelmällä ei voi selvittää märkä- ja kuivalaskeuman osuuksia kokonaislaskeumasta. Suurin osa kokonaislaskeumanäytteen ilmaperäisistä epäpuhtauksista on kuitenkin yleensä märkälaskeumasta peräisin (Tattari & Linjama 2004). Erot laskeuman ravinnekuormituksessa eri mittauspisteissä voivat johtua paikallisista oloista laskeumakeräimen lähetyvillä. Virheellisiä tuloksia voivat aiheuttaa paikalliset pölylähteet kuten savupiiput, liikenneväylät ja pölyävät maa-alueet (Suomen standardoimisliitto 1978). Muista mittauspisteistä poikkeavat tulokset Vaaniassa voivat johtua asutuksesta mittauspisteen lähellä.

Lähteet

Hämeen ympäristökeskus 2009. *Hämeen ympäristökeskuksen vesienhoidon toimenpideohjelma vuoteen 2015*. 193 s.

Etelä-Suomen Sanomat 2009. *Lahden säähavaintoaseman mittaukset tammi-joulukuussa 2009*.

Suomen standardisoimisliitto 1978. *SFS 3865 Laskeuman määrittäminen*. 6 s.

Keto, J. 2008. *Vesijärvi II –projekti 2002–2007, loppuraportti*. – Lahden kaupunki, Lahden seudun ympäristöpalvelut. 40 s. + liitteet.

Tattari, S. & Linjama, J. 2004. Vesistöalueen kuormituksen arviointi. – *Vesitalous* 3: 26–30.

Vuorenmaa, J., Juntto, S. & Leinonen, L. 2001: *Sadeveden laatu ja laskeuma Suomessa 1998*. – Suomen ympäristö 468. Suomen ympäristökeskus ja Ilmatieteen laitos. Helsinki. 115 s.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystems*. 3. painos. – Academic Press, USA. 1006 s.

Liite. Laskeumanäytteiden tulokset vuonna 2008-2009.

Taulukko 2. Typen ja fosforin kuukausilaskeumat (g m^{-2}) Kankolan, Niemen ja Vaanian mittauspisteissä kesäkuusta 2008 joulukuuhun 2009.

Näytteenkeräys- kuukausi	Typpi			Fosfori		
	Niemi	Kankola	Vaania	Niemi	Kankola	Vaania
Kesäkuu 2008	0,05	0,03	0,05	0,0024	0,0017	0,0057
Heinäkuu 2008	0,03	0,05	0,10	0,0009	0,0017	0,0188
Elokuu 2008	0,04	0,03	0,03	0,0015	0,0063	0,0053
Syyskuu 2008	0,03	0,02	0,02	0,0017	0,0008	0,0024
Lokakuu 2008	0,04	0,04	0,16	0,0006	0,0061	0,0625
Marraskuu 2008	0,05	0,03	0,01	0,0017	0,0004	0,0015
Joulukuu 2008	0,05	0,05	0,03	0,0003	0,0004	0,0003
Tammikuu 2009	0,06	0,04	0,06	0,0024	0,0002	0,0003
Helmikuu 2009	0,06	0,06	0,05	0,0005	0,0002	0,0005
Maaliskuu 2009	0,03	0,02	0,02	0,0003	0,0001	0,0001
Huhtikuu 2009	0,04	0,03	0,04	0,0011	0,0003	0,0009
Toukokuu 2009	0,06	0,07	0,07	0,0034	0,0039	0,0052
Kesäkuu 2009	0,02	0,05	0,04	0,0055	0,0041	0,0137
Heinäkuu 2009	0,03	0,02	0,04	0,0011	0,0005	0,0030
Elokuu 2009	0,02	0,02	0,04	0,0024	0,0015	0,0148
Syyskuu 2009	0,02	0,02	0,05	0,0020	0,0012	0,0062
Lokakuu 2009	0,02	0,02	0,05	0,0012	0,0008	0,0104
Marraskuu 2009	0,03	0,03	0,02	0,0007	0,0009	0,0008
Joulukuu 2009	0,07	0,08	0,12	0,0006	0,0005	0,0018

LAHTI

Tekninen ja ympäristötoimiala
Lahden seudun ympäristöpalvelut
Vesijärvenkatu 11 C
PL 126, 15141 Lahti
puh. (03) 814 11
Fax (03) 814 3500
www.lahti.fi