

VESITALOUS

6/2009



**Typen-
poisto**

Ensimmäinen
ihminen Mount Everestillä
selätti valtavan haasteen.



Ensimmäinen
premium efficiency
-pumppu on selittänyt
valtavan haasteen jätevesien
käsittelyssä.



2009AC002H1 - www.pyramid.se

Omistautuminen haasteelliselle tehtävälle ja halu viedä se loppuun johti Mount Everestin ensimmäiseen valloitukseen. Paljon pienemmässä, mutta silti hyvin merkittävässä mittakaavassa ABS on selittänyt valtavan haasteen tuodessaan markkinoille maailman ensimmäiset premium efficiency -luokan moottoreilla toimivat jätevesipumput.

ABS EffeX -uoppopumppusarja täyttää pian voimaan tulevan lainsäädännön määräykset ja tarjoaa samalla muita merkittäviä etuja:

- Pitkäaikainen toimintavarmuus
- Suuremmat energiansäästöt
- Erinomainen kiintoaineiden käsittely
- Tulevaisuuden tarpeet täyttävä rakenne
- Kestävään kehitykseen perustuva valmistus ja käyttö

Käy osoitteessa www.ABSEffeX.com tutustumassa lähemmin uuteen pumppusarjaan, ja pyydä samalla esittelyä.

**Kehityksen kärjessä kulkeminen vaatii oikeita ratkaisuja...
...ja mikä vieläkin tärkeämpää: Oikealla ratkaisulla päästään
oikeisiin tuloksiin!**

abs
We know how water works



Vol. L

Julkaisija

YMPÄRISTÖVIESTINTÄ YVT OY

Puhelin (09) 694 0622

Annankatu 29 A 18

00100 Helsinki

Kustantaja

TALOTEKNIikka-JULKAISUT OY

HARRI MANNILA

E-mail: harri.mannila@talotekniikka-julkaisut.fi

Päätoimittaja

TIMO MAASILTA

Maa- ja vesitekniiikan tuki ry

Annankatu 29 A 18

00100 Helsinki

E-mail: timo.maasilta@mvtt.fi

Toimitussihteeri

TUOMO HÄYRYNEN

Puustopiha 4 A 10

02610 Espoo

Puhelin (050) 585 7996

E-mail: tuomo.hayrynen@talotekniikka-julkaisut.fi

Tilaukset ja osoitteenmuutokset

TAINA HIIKKIÖ

Maa- ja vesitekniiikan tuki ry

Puhelin (09) 694 0622

Faksi (09) 694 9772

E-mail: vesitalous@mvtt.fi

Ilmoitukset

HARRI MANNILA

Koivistontie 16 B

02140 ESPOO

Puhelin (050) 66174

E-mail: harri.mannila@gmail.com tai

ilmoitus.vesitalous@mvtt.fi

Kannen kuva

JUKKA NISSINEN

Painopaikka

FORSSAN KIRJAPAINO OY

ISSN 0505-3838

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.



Toimituskunta

MINNA HANSKI

dipl.ins.

Hämeen ympäristökeskus

ESKO KUUSISTO

fil.tri, hydrologi

Suomen ympäristökeskus,

hydrologian yksikkö

RIINA LIIKANEN

tekn.tri, vesihuoltoinsinööri

Vesi- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäri-

yhdistys

HANNELE KÄRKINEN

dipl.ins., ympäristöinsinööri

Uudenmaan ympäristökeskus

KIRSI RONTU

dipl.ins., yhdyskuntatekniiikan päällikkö

Suomen Kuntaliitto

SAIJARIINA TOIVIKKO

dipl.ins., vesihuoltoinsinööri

Vesi- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäri-

yhdistys

RIKU VAHALA

tekn.tri., vesihuoltotekniikan professori

Teknillinen korkeakoulu

OLLI VARIS

tekn.tri, vesitalouden professori

Teknillinen korkeakoulu

ERKKI VUORI

lääket.kir.tri, oikeuskemian professori

Helsingin yliopisto, oikeuslääketieteen laitos



Lehti ilmestyy kuusi kertaa vuodessa.

Vuosikerran hinta on 55 €.

Tämän numeron kokosi

SAIJARIINA TOIVIKKO

E-mail: saijariina.toivikko@vvy.fi



4 Typpihaasteen jälkimainingit SAIJARIINA TOIVIKKO

TYPENPOISTO

6 Typenpoisto jälkikäsitellyllä biologisilla suodattimilla ARI NIEMELÄ

Yli 70 prosentin kokonaistypenpoiston toteuttamiseen on useita prosessivaihtoehtoja tapauksesta riippuen. Tehokkain menetelmä on biologinen jälkisuodatin, jossa denitrifikaatio toteutetaan kantoaineen pinnalla kasvavan biomassan ja annosteltavan metanolin avulla.

10 Rejektiveden erilliskäsittely osittaisella nitrifikaatiolla LAURA HIENONEN JA MARI HEINONEN

Jätevedenpuhdistamon mädätetyn lietteen käsittelyssä syntyy erittäin ammoniumtyyppipitoista rejektivettä. Rejektiveden erilliskäsittelyllä voidaan katkaista laitoksen sisäinen typen kierto ja vapauttaa lisää käsittelykapasiteettia vesiprosessin biologisen osan typenpoistoprosessiin.

14 Typenpoiston optimointi dynaamisen prosessimallinnuksen ja –simuloinnin avulla KRISTIAN SAHLSTEDT

Dynaaminen prosessimallinnus ja -simulointi tarjoavat mahdollisuuksia vastata typenpoiston haasteisiin ja vievät prosessin optimoinnin uudelle tasolle. Artikkelissa tarkastellaan mallinnuksen etuja typenpoiston suunnittelussa ja operoinnissa sekä esitellään Suomessa toteutettuja sovelluksia.

18 Typpikuormituksen kulkeutuminen ja pidättyminen sisävesialueella AHTI LEPISTÖ, ANTTI RÄIKE JA OLLI-PEKKA PIETILÄINEN

Typpikuormituksen on osoitettu rehevöittävän erityisesti Suomenlahtea, Saaristomerta ja Selkämeren. Itämeren suojelun kannalta päähuomio kiinnittyy rannikon vähäjärvisiin valuma-alueisiin ja suurten järvien alapuolisiin vesistöihin.

22 Typpikuormitus Itämereen on kasvussa

ANTTI RÄIKE, KATRI RANKINEN, AHTI LEPISTÖ, OLLI-PEKKA PIETILÄINEN JA SEPPÖ KNUUTTILA

Suomesta Itämereen päätyvä typpikuormitus on ollut kasvussa, vaikka pistemäinen ravinnekuormitus on selkeästi vähentynyt. Vesiensuojelussa asetettua typpikuormituksen vähentämistavoitetta ei lähitulevaisuudessa tulla saavuttamaan.

25 Yhdyskuntajätevesien tyyppi Suomea ympäröivän Itämeren rehevöittäjänä HEIKKI PITKÄNEN, PÄIVI KORPINEN JA ANTTI RÄIKE

Artikkelissa arvioidaan, missä määrin yhdyskuntajätevesidirektiivin kategorinen tulkinta, jossa tyyppiä poistetaan tehostetusti vähintään 70 prosentin teholla kaikissa yli 10 000 avl:n laitoksissa, vaikuttaisi Suomea ympäröivän Itämeren tilaan.

29 Suomelle myönteinen päätös EU:n typpikanteesta

31 Kokonaisvaltaista puhdistamolietteen hyödyntämistä

ITÄMERI

33 Ravinnevuot vesipuidedirektiivin rajojen poikki Suomenlahdella ALEKSI NUMMELIN, PETRA ROIHA JA TAPANI STIPA

TUTKIMUS

36 Menetelmiä pinta- ja pohjaveden vuorovaikutuksen selvittämiseksi

KIRSTI KORRKA-NIEMI, ANNE RAUTIO, MARJO TARVAINEN, ANNE-MARI VENTELÄ JA ANDREW WIEBE

MIELIPIDE

41 Mitäs jos yrittäisimme tehdä hajavesiasetuksesta jotain järkevää! ESKO MELONI

AJANKOHTAISTA

45 Vesihuoltolaitosten Pytty- kampanja EEVA HÖRKÖ, TIINA NIEMI JA KIRSI TÄHTI

47 KWH – 80 vuotta suomalaista yrittäjyyttä

48 Helsingin keskustan putkirikosta miljoonavahingot

KIRJAT

48 ”Maan vesi- ja ravinnetalous – Ojitus, kastelu ja ympäristö”

49 ”Vesi. Maailmanlaajuisten kriisien syyt, seuraukset ja kustannukset” VELI HYVÄRINEN

JUHLASEMINAARI

50 Sata vuotta vesialan yhteistyötä

51 VESITALOUS 2009 • SISÄLLYSLUETTELO

52 Liikehakemisto

58 Abstracts

59 Yhdyskuntajätevesien typenpoisto ei ratkaise Itämeren ongelmia PERTTI ELORANTA

Oikaisu: Vesitalouden numerossa 5/09 oli virheellinen tieto lehden kansikuvan ottajasta. Kyseisen kuvan on ottanut *Veli Hyvärinen*.

Seuraavassa numerossa teemana on **Vesitalous-lehti 50 vuotta**.

Vesitalous 1/2010 ilmestyy 5.2.2010. Ilmoitusvaraukset 8.1. mennessä.

TYPPIHAASTEEN JÄLKIMAININGIT

Tyypeä poistetaan jätevesistä silloin, kun typen poistolla voidaan parantaa vesistön laatua. Kuulostaa aika yksinkertaiselta ja järkevältä periaatteelta. Silti tästä asiasta on jouduttu käymään työläs oikeidenkäynti EU komissiota vastaan. Prosessi oli raskas ja erityisesti virkamieskuntaa työllistävä. Puhdistamojen uusimisen ja saneerauksen suhteen jouduttiin elämään epätietoisuudessa, kun ei tiedetty, mitä jatkossa vaaditaan puhdistukselta ja miten tulevaisuuteen tulisi varautua. Asian käsittely kääntyi lopulta onnelliseen loppuun ja 6.10.2009 saatiin oikeuden päätös, jossa Suomen tulkinta direktiivin toimeenpanosta todettiin oikeaksi. Mitä tästä puurtamisesta sitten jäi käteen?

Komission haasteeseen vastaaminen on vaatinut paljon työtä ja tutkimusta. Selvitystyö ei toki ole ollut turhaa. Tutkimustyön tuloksista kertovat myös useat tässä lehdessä olevat artikkelit. Toivottavasti haastetta varten kerättyä tutkimustietoa voidaan jatkossa hyödyntää omiin kansallisiin tarpeisiimme. Vesistöä koskeva tieto on tärkeää, sillä sen perusteella voidaan arvioida kuormituksen vähentämisen tarvetta ja kohdistaa vesiensuojelun toimenpiteitä järkevästi.

Ympäristöministeriön teettämän selvityksen mukaan Suomen kannan mukaisella päätöksellä säästettiin noin 60 miljoonaa euroa. Nämä rahat säästyvät niiden puhdistamoiden osalta, joilta typenpoistoa ei tulla vaatimaan. Vaikka kaikkien yli 10 000 asukasvastineluvun puhdistamoiden ei tarvitse jatkossa poistaa tyypeä, monilta puhdistamoilta typenpoistoa kuitenkin edellytetään. Typenpoiston toteutuksia tullaankin tulevina vuosina näkemään useilla paikkakunnilla. Ratkaisuja typenpoiston tehostamiseen esitetään tässä lehdessä.

Myönteisenä lopputuloksena voidaan pitää Euroopan yhteisöjen tuomioistuimen päätöksessä esitettyjä linjauksia, joista on varmasti apua, kun typenpoiston tarvetta jatkossa arvioidaan. Päätöksessä korostettiin, että puhdistusta vaaditaan silloin, kun jätevesien ja haavoittumiselle alttiiden alueiden pilaantumisen välillä vallitsee syy-yhteys. Direktiivin edellyttämä velvollisuus typenpoistoon syntyy vain, mikäli yli 30 prosenttia yhdyskuntajäteveden sisältämästä typestä päättyy haavoittumiselle alttiille alueelle. Vesistöissä tapahtuva typen pidäytyminen otetaan siis huomioon, kun tarkastellaan vesistökuormituksen vaikutuksia. Päätöstä tullaan lukemaan tarkasti, kun jatkossa laaditaan ympäristölupahakemuksia tai kirjoitetaan ympäristölupia jätevedenpuhdistamoille.

Tapaus opetti myös varovaisuuteen ja valppauteen. Lainsäädäntömme on voimakkaasti eurooppalaistunut ja useat eri direktiivit ja EU tasolla säädetyt asetukset koskevat myös vesisektoria. Suomalaisten tulee olla aktiivisesti mukana vaikuttamassa säädösten kehittymiseen, sillä ongelmia on useimmiten helpompi torjua ennakolta, kuin setviä jälkikäteen.

Tyyppihaasteen opetuksia on, että yhteistyöllä, tiedolla ja ahkeruudella pienikin maa voi pärjätä EU-byrokratian syövereissä. Suomi ja Ruotsi yhdistivät voimansa ja vaihtoivat keskinäisiä tietoja molempien vastatessa komission haasteeseen tahollaan. Oikeuden lisätietopyyntöihin vastattiin tunnollisesti ja päätöksen tueksi toimitettiin tieteellistä faktaa typen pidätyksestä Suomen vesistöissä. Tästä työstä kaikki asian eteen toimineet ansaitsevat isot kiitokset!



SAIJARIINA TOIVIKKO
dipl.ins., vesihuoltoinsinööri
Vesi- ja viemärilaitosyhdistys
E-mail: saijariina.toivikko@vvy.fi

Ensimmäinen sähkölamppu teki haaveesta totta.



2009AC003f11 - www.pyramid.se

Ensimmäinen sähkölamppu johti energiatehokkaan valaistuksen kehittämiseen. ABS:n lanseeraama maailman ensimmäinen premium efficiency -luokan moottorilla toimiva jätevesipumppu tekee haaveesta totta kustannustehokkaassa jätevesien käsittelyssä.

ABS EffeX -uppopumppusarja täyttää pian voimaan tulevan lainsäädännön määräykset ja tarjoaa samalla muita merkittäviä etuja:

Ensimmäinen premium efficiency -pumppu on selättänyt valtavan haasteen jätevesien käsittelyssä.



- Pitkäaikainen toimintavarmuus
- Suuremmat energiansäästöt
- Erinomainen kiintoaineiden käsittely
- Tulevaisuuden tarpeet täyttävä rakenne
- Kestävään kehitykseen perustuva valmistus ja käyttö

Käy osoitteessa www.ABSEffeX.com tutustumassa lähemmin uuteen pumppusarjaan, ja pyydä samalla esittelyä.

**Kehityksen kärjessä kulkeminen vaatii oikeita ratkaisuja...
...ja mikä vieläkin tärkeämpää: Oikealla ratkaisulla päästään
oikeisiin tuloksiin!**

abs
We know how water works

TYPENPOISTO JÄLKIKÄSITTELYLLÄ BIOLOGISILLA SUODATTIMILLA



ARI NIEMELÄ
TkL, toimialajohtaja
FCG Finnish Consulting Group Oy
E-mail: ari.niemela@fcg.fi

Yli 70 prosentin kokonaistypenpoiston toteuttamiseen on olemassa useita prosessivaihtoehtoja tapauksesta riippuen. Parhaimmassa asemassa ovat ne laitokset, joiden jätevesissä on niin edulliset ravinnesuhteet, että pelkkä biomassan kasvattaminen riittää. Yhdyskuntajätevedet ovat usein ravinnesuhteiltaan kuitenkin niin epäedullisia, että tarvitaan erilaisia teknisiä sovelluksia tavoitteen pääsemiseksi. Tehokkain menetelmä on tällä hetkellä biologinen jälkisuodatin, jossa denitrifikaatio toteutetaan kantoaineen pinnalla kasvavan biomassan ja annosteltavan metanolin avulla. Tällöin on saavutettavissa tarvittaessa myös yli 90 prosentin reduktio ja jäännöstyppipitoisuus alle 5 mgN/l. Fosforin suhteen saavutetaan yleisesti jäännöspitoisuus alle 0,3 mgP/l.

Denitrifioivien biologisten suodatinten kehitystyö tehtiin pääsääntöisesti 1990-luvulla. Suomeen tekniikka tuotiin ensimmäisen kerran vuonna 1993, kun Kyläsaaren puhdistamolla Helsingissä aloitettiin pilotmittakaavan kokeet. Koeajot siirrettiin Viikinmäkeen sen valmistuttua vuonna 1994, ja sinne rakennettiin uudet laitteistot kullekin erityyppiselle biologiselle suodattimelle. Varsinaiset täyden mittakaavan laitoshankkeet on toteutettu meillä vasta 2000-luvun puolella. Suomalaisten kokeiden ja käyttökokemusten merkittävimpiä saavutuksia on ollut havainto toiminnan fosforirajoitteisuudesta. Liian vähäisen fosforin johdosta biomassa limoittuu ja solujen tehokas pesu vaikeutuu.

Tekniikka ja tavoite

Biologisen jälkidenitrifikaatiolaitoksen ensisijaisena tarkoituksena on muuttaa nitraattityppi typpikaasuksi, joka poistuu ilmakehään ja siten vähentää kokonaistypen määrää lähtevässä jätevedessä vähintään lupaehtojen mukaiseksi. Nitritifikaatio eli ammoniumin muuttaminen nitraatiksi tulee olla mahdollisimman tehokasta edellisissä prosessivaiheissa. Denitrifikaation hiililähtee-

nä käytetään normaalisti metanolia, jota annostellaan noin kolminkertainen määrä poistettavaan nitraattityppeen verrattuna. Mikrobisolujen kasvuun tarvitaan fosforia, joka sitoutuu samalla biomassaan ja poistuu pesuvesien mukana.

Koska aktiivilietelaitoksessa tai vastaavassa yksivaihekasittelystä lähtevän veden typpi on mahdollista saada poistettua vain tiettyyn rajaan asti, erillisellä jälkikäsitteily-yksiköllä on mahdollista jatkaa käsittelyä hyvin spesifisesti ja siten saavuttaa hyvinkin pieniä jäännöspitoisuuksia. Lisäksi saavutetaan tuloksen parantumista sekä fosforin että kiintoaineen suhteen. Näin ollen voidaan puhua yleisemminkin ravinteiden poiston tehostamisesta, ja realistiset jäännöspitoisuustasot optimitilanteessa ovat typelle 5 mgN/l ja fosforille 0,2 mgP/l. Nämä vastaavat tyyppilliselle yhdyskuntajätevedelle poistotehoja yli 90 prosenttia ja yli 96 prosenttia.

Biologisten suodattimien prosessiohjauksessa hyödynnetään tehokkaasti jatkuvatoimisia analysaattoreita. Kaikilla laitoksilla on nitraattitypen mittaustulolle ja lähtevälle vedelle sekä tulevan veden fosfaattifosforimittaus. Näiden mitausten tarkkuus ja tuloksiin perustuvat

ohjausohjelmat ovat keskeinen osa biologisten suodatinlaitosten toimintaa.

Suodatintyypit

Biologinen jälkidenitrifikaatio suodatuksella voidaan toteuttaa periaatteessa kolmella erityyppisellä tekniikalla. Viikkinmäessä vuosina 1994–98 tehdyissä kokeissa saatiin kaikille tekniikoille samaa suuruusluokkaa olevat suoritusarvot denitrifikaationopeuksien ym. suhteen. Siten toteutuksissa ratkaisevassa asemassa ovat olleet muun muassa käyttötilanne ja yksikkökoko. Suodatus tapahtuu kaikissa alhaalta ylöspäin, ja pesuveden määrä on tyypillisesti 5...10 prosenttia.

Biostyr- tyyppisessä suodattimessa kantoainemateriaali on selvästi vettä kevyempää, jolloin suodattimen välipohja on massan yläpuolella. Suodattimen pesu suoritetaan jaksoittain käsiteltyä vettä käyttäen vastavirtaan.

Biofor- tyyppisessä suodattimessa kantoainemateriaali on vettä raskaampaa, jolloin suodattimen välipohja on massan alapuolella. Suodattimen pe-

su tapahtuu myötävirtaan jaksoittain erillisestä käsitellyn veden altaasta pumppaamalla.

Dynasand- tyyppisessä biologisessa suodattimessa kantoainemateriaali on vettä raskaampaa. Tässä tapauksessa pesu suoritetaan jatkuvatoimisesti kierrättämällä kantoainemateriaalia mammutpumpun avulla.

Biologiset suodattimet Suomessa

Seuraavassa esitellään Suomeen rakennetut kuusi jälkidenitrifikaatioon perustuvaa biologista suodatinlaitosta aikajärjestyksessä. Yhteenveto näiden biologisten jälkisuodatuslaitosten teknisistä tiedoista on koottu taulukkoon 1. Siitä voidaan samalla havaita, että jätevedenpuhdistamot koostuvat hyvinkin yksilöllisistä ratkaisuista, joissa on otettu paikalliset ja tekniset tekijät mahdollisimman hyvin huomioon. Lisäksi voidaan havaita, että kaikkien puhdistustulos kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhteen on erinomainen ja osin selvästi alle lupaehtojen.

Parainen

Paraisille (nykyään Länsi-Turunmaa) toteutettiin Suomen ensimmäinen jälkidenitrifikaatioon perustuva biologinen suodatin vuonna 1999. Suodattimet ovat Biostyr- tyyppisiä. Myös orgaanisen aineen ja ammoniumtypen hapettaminen toteutetaan biologisella suodattimella. Ratkaisu perustui pitkälti siihen, että tilaa biologisen prosessin toteuttamiseen oli erittäin vähän, ja biologinen suodatinratkaisu soveltui tarkoitukseen erittäin hyvin.

Uusikaupunki

Uudenkaupungin Hápönniemen jätevedenpuhdistamon kokonaisratkaisu on samanlainen kuin Paraisilla. Ensimmäinen vaihe toteutettiin vuonna 2004 ja toinen vaihe (kaksi uutta denitrifikaatiosolua tulokuorman kasvun johdosta) 2008. Hápönniemessä on tällä hetkellä kuusi nitrifikaatiosolua ja kuusi denitrifikaatiosolua. Kokonaistypen poistoteho on ollut noin 65 prosenttia ja fosforitulos alle 0,2 mg/l.

Taulukko 1. Suomen jälkidenitrifikaatioon perustuvien biologisten suodatinlaitosten yhteenveto.

Parametri	Yksikkö	Jätevedenpuhdistamo					
		Parainen Norrby	Uusikaupunki Hápönniemi	Helsinki Viikkinmäki	Kauhajoki Aronkylä	Salou	Oulu Taskila
Edeltävä biologinen prosessi							
Yksikkötyyppi		Nitrifioiva biol. suodatin	Nitrifioiva biol. suodatin	DN-prosessi	biosuodin + akt. liete + nitrif. biol. suodatin	nitrifioiva akt. liete	DN-prosessi
Kok. N red. 2008	%	20	47	68	47	-	60
Biologinen jälkidenitrifikaatiosuodatin							
Tyyppi		Biostyr	Biostyr	Biostyr	Biostyr	Biostyr	Biofor
Toteutusvuosi		1999	2004/2008	2004	2006	2007	2008
Solujen lukumäärä	kpl	4	4/2	10	3	6	6
Pinta-ala/yks.	m ²	13,6	13,3	147	13,3	28	38,8
Pinta-ala, yht.	m ²	54,4	80	1 470	40,2	168	233
Mit. pintakuorma, q _{max}	m/h	13	14	15,4	10	8,3	13
Mit. kuorma, NO ₃ -N	kg NO ₃ -N/m ³ d	1,0	1,6/1,2	1,0	1,25	1,0	1,1
Reduktio, NO ₃ -N, 2008	%	79	63	85	55	75	35
Koko puhdistamo (käsitelty vesi)							
Kok N 2008	mgN/l	14	17	4,7	16	10	15*
Kok. N red. 2008	%	52	67	89	73	75	71*
Lupaehto	% kok N	> 60 %	> 70 %	> 70 %	> 70 %	> 70 %	> 70 %
Laskentajakso		Vuosi	Vuosi	Vuosi	Vuosi	Vuosi	> 12 °C
Kok. P 2008	mgP/l	0,73	0,17	0,19	0,22	0,36	0,12*
Lupaehto	mgP/l	< 0,5	< 0,5	< 0,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5

*tulokset 8.7.-2.9.2009

Helsinki

Helsingin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle Biostyr- tyyppiset jälkidenitrifikaatiosuodattimet valmistuivat kallion sisään rakennettuina vuonna 2004. Ne ovat edelleen sarjassaan maailman suurimpien ja käytöltään tehokkaimpien biologisten suodattimien joukossa.

Viikinmäessä suodattimia edeltää aktiiviliete-DN-prosessi, jossa saavutetaan noin 65 prosentin kokonaistypenpoistoteho. Biologisia suodattimia on yhteensä 10 kpl ja niiden kunkin pinta-ala on 147 m². Suodattimia käytetään lähes maksimaalisella teholla, jolloin päästään koko laitoksen osalta noin 90 prosentin poistotehoon, kokonaistypen jäännöspitoisuuden ollessa luokkaa 4...5 mgN/l. Nitraattitypen kohdalla päästään tasolle noin 1 mg/l.



Parainen, Norrbyn jätevedenpuhdistamo, denitrifikaatiosuodatin.

Kauhajoki

Kauhajoella Aronkylän jätevedenpuhdistamolle denitrifikaatiosolut valmistuivat vuonna 2006. Niitä edeltävät vuoden 1998 maaliskuussa käyttöön otetut, Suomen ensimmäiset biologiset suodattimet, jotka rakennettiin happellina nitrifikaation tehostamiseksi ja ammoniumtyypen jäännöspitoisuusvaatimusten toteuttamiseksi. Kaikki biologiset suodattimet ovat Biostyr- tyyppisiä. Näitä edeltää vielä orgaanisen aineen hapettamisen toteuttava aktiivilieteyksikkö ja teollisuusjätevesille erillinen, esikäsitteilyyn tarkoitettu flotaatio ja biosuodinyksikkö.

Useampivaiheisesta prosessista ja korkeista tulopitoisuuksista (lihanjalostusteollisuutta) johtuen kokonaistehot ovat Kauhajoella kaikkien parametrien osalta erittäin korkeita. Kokonaistypenpoistossa saavutetaan helposti vaadittava yli 70 prosentin teho vuosittain.

Salo

Salon jätevedenpuhdistamon jälkidenitrifikaatiosolut valmistuivat vuonna 2007, ja ne ovat myös Biostyr- tyyppisiä. Salossa biologisia suodattimia edeltää nitrifoiva aktiiviliete-prosessi, jossa saavutetaan tehokas ammoniumtyypenpoisto, mutta vaatimaton kokonaistypenpoistoteho. Biologisia suodattimia käytetään lähes maksimaalisella teholla, jolloin päästään vaadittuun yli 70 prosentin kokonaistypenpoistotehoon.



Uusikaupunki, Hapönniemen jätevedenpuhdistamo, tekninen käytävä.

Biologisten suodattimien ansioista Salon jätevedenpuhdistamo nousi suurten, yli 10 000 asukasvastineluvun kokoisten, laitosten tilastossa vuoden 2005 viimeiseltä sijalta (typenpoistoteho 8 prosenttia) kärkiryhmään vuonna 2008 (75 prosenttia).

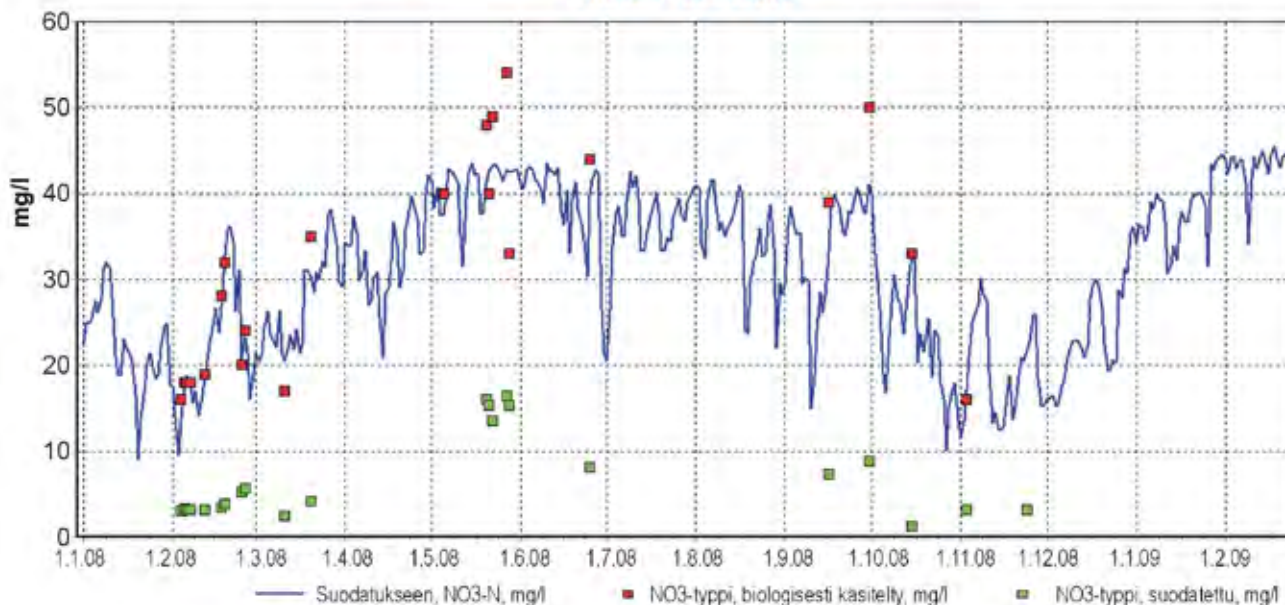
Oulu

Oulun Taskilan jätevedenpuhdistamolle valmistuivat orgaanisen aineen hapettamiseen tarkoitettut Biofor- tyyppi-

puhdistamolle elokuussa vuonna 1998. Ne osoittautuivat kuitenkin tarkoitukseensa kapasiteetin osalta liian pieniksi eikä niillä saavutettu lupaehtoja BOD₇:n osalta vuosina 1999-2004.

Vuonna 2002 Taskilan jätevedenpuhdistamolle tehtiin typenpoiston esisuunnitelma (Suunnittelukeskus Oy), jossa kokonaisuuden kannalta edullisimmaksi vaihtoehdoksi saatiin aktiivilieteprosessi täydennettynä jo silloin

Salon kaupungin jätevedenpuhdistamo
Biologisesti käsitelty ja suodatettu nitraattityypipitoisuus
1.1.2008 - 23.2.2009



Salo, suodatusosan tyypinpoistokuvaaja 2008.

rakennetulla biologisella suodattimella, joka tultaisiin muuttamaan jälkidenitrifikaatioon soveltuvaksi. Tämän mukainen kokonaisratkaisu saatiin valmiiksi vuonna 2008 kahdessa vaiheessa toteutettuna.

Ensimmäisessä vaiheessa, kun tyypinpoistoa ei vielä vaadittu, valmistui vuonna 2004 kaksilinjainen aktiivilieteprosessi esiselkeytyksen ja suodatuksen väliin, ja viimeksi mainittua käytettiin joko ilmansyötöllä hapettava jälkikäsitely-yksikkönä tai hiekkasuodatintyyppisesti ilman ilmastusilmaa. Toisessa vaiheessa rakennettiin kolmas, DN- prosessiin perustuva aktiivilietelinja (myös aikaisemmat linjat muutettiin DN- prosessiksi) ja metanoliasema, jotka valmistuivat loppuvuodesta 2008. Siten Taskilan jätevedenpuhdistamolla kaikki aikaisemmin rakennetut yksiköt ovat käytössä ja puhdistamo edustaa nyt periaatteessa tämän hetken tehokkainta laitoskokonaisuutta (DN- aktiivilietelaitos täydennettynä denitrifioivalla biologisella suodattimella). Kokonaistyyppinpoistovelvoite yli 12 °C:een lämpötilassa astui voimaan ensimmäisen kerran vasta vuonna 2009, ja siksi taulukossa esitetyt tulokset ovat kesältä 2009.



Helsinki, Viikinmäen jätevedenpuhdistamo, suodattimet kallion sisällä.

Lisäkäyttökustannukset

Biologisen jälkisuodatuksen aiheuttamat lisäkäyttökustannukset koostuvat pääasiassa tulevan veden ja lietteiden pumppauksista ja metanolin annostuksesta. Viimeksi mainittu on selvästi suurin menoerä edustaen noin 70 prosenttia yksikön käyttökustannuksista.

Lisäksi metanolin maailmanmarkkinahinta on vaihdellut viime vuosina huomattavasti. Laskettaessa metanolin hinnaksi 400 €/t saadaan yhden tyypikilon poistokustannuksiksi noin 2,0 euroa. Vastaava lisäkäyttökustannus käsiteltyä jätevettä kohti on noin 0,02 €/m³ jokaista poistettua 10 mg/l nitraattityypä kohti. 💧

REJEKTIVEDEN ERILLISKÄSITTELY OSITTAISELLA NITRIFIKAATIOLLA

Jätevedenpuhdistamon mädätetyn lietteen käsittelyssä syntyy erittäin ammoniumtyppipitoista rejektivettä, joka yleensä johdetaan käsittelemättömänä puhdistamon alkuun. Rejektivesi edustaa laitoksen typpikuormasta keskimäärin 15...30 prosenttia. Rejektiveden erilliskäsittelyllä voidaan katkaista laitoksen sisäinen typen kierto ja vapauttaa lisää käsittelykapasiteettia vesiprosessin olemassa olevaan biologisen osan typenpoistoprosessiin. Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla tutkittiin rejektin erilliskäsittelyä koelaitteiston avulla.



LAURA HIENONEN
dipl.ins., Helsingin Vesi
E-mail: laura.hienonen@gmail.com

Artikkeli pohjautuu Laura Hienosen tekemään diplomityöhön.

MARI HEINONEN
dipl.ins., Helsingin Vesi
E-mail: mari.heinonen@hel.fi

Nykyisin jäteveden puhdistusta keskitetään entistä enemmän suurille jätevedenkäsittelylaitoksille ja laitosten puhdistusvaatimukset tiukentuvat jatkuvasti. Jätevedenpuhdistamolle tulevaan jätevesikuormaan ei voida vaikuttaa, mutta tämän ulkoisen kuorman lisäksi laitosta kuormittaa sen sisällä puhdistusprosessissa kiertävä typen niin sanottu sisäinen kierto. Laitoksen sisällä kiertävän suurimman kuormituksen aiheuttaa mädätetyn lietteen käsittelyssä syntyvä erotusvesi, jota kutsutaan rejektivedeksi. Rejektivesi on ammoniumtypen osalta hyvin väkevää ja yleensä se ohjataan käsittelemättömänä puhdistamon alkuun. Näin rejektivesi kuormittaa laitoksen biologista typenpoistoprosessia. Rejektistä aiheutuva typpikuorma on keskimäärin 15...30 prosenttia koko laitoksen typpikuormasta.

Viime vuosikymmenen aikana jätevedenpuhdistamoiden sisällä kiertävän, hydraulisesti pienen, mutta erittäin ammoniumtyppipitoisen sivuvirran erilliskäsittely on saanut paljon huomiota. Uudet lainsäädännöt koskien jätevedenpuhdistamoiden puhdistusvaatimuksia typpikuorman osalta ovat lisänneet tutkimusintoa uusien strategioiden kehittämisessä. Rejektiveden erilliskäsittelyyn on kehitteillä monia käsittelymenetelmiä, joita kehitettäessä on pääasiassa keskitytty biologisiin ja kustannustehokkaisiin typenpoistoprosesseihin. Prosessien tarkoituksena on

poistaa rejektiveden sisältämä ammoniumtyppi ennen rejektiveden yhdistämistä takaisin puhdistamon alkuun. Rejektiveden erilliskäsittely on yksi varteenotettava vaihtoehto tehostettaessa laitoksen typenpoistoa. Tekniikkaa voidaan hyödyntää myös orgaanisten jätteiden mädätyksessä syntyvän rejektiveden käsittelyssä.

Sharon- prosessi

Sharon- prosessin lähtökohtana on poistaa rejektiveden sisältämä typpi biologisesti osittaisen nitrifikaation ja denitrifikaation avulla ilman lietteen selkeytystä ja palautusta. Erona perinteiseen nitrifikaatio-denitrifikaatio -prosessiin on ammoniumtypen hapettaminen nitraattitypen sijasta vain nitriittitypeksi ja sen edelleen denitrifioiminen alkuaine typeksi. Sharon- prosessissa käytetään hyväksi ammoniumin- ja nitriitinhapettajabakteerien erisuuria kasvunopeuksia. Nitrifikaation rajaaminen nitriittimuotoon onnistuu korkeassa lämpötilassa ja pitämällä lietteen viipymä lyhyenä, jolloin nitriitinhapettajabakteerit huuhtoutuvat pois prosessista hitaamman kasvunopeutensa vuoksi.

Ominaista Sharon- prosessille on korkea operointilämpötila (30...40 °C) ja hyvin lyhyt lietteen viipymä (1...2 d). Prosessin etuja ovat 25 prosenttia pienempi hapentarve ja 40 prosenttia alhaisempi hiilentarve nitrifikaatio-denitrifikaatio -prosessiin verrattuna. Lisäksi prosessin denitrifikaationopeus



Reaktorin vaahtominen.

on nopeampi ja lietteen tuotanto vähäisempi.

Täyden mittakaavan toteutuksia löytyy tiedettävästi seitsemän kappaletta. Näissä on parannettu koko laitoksen puhdistustehokkuutta sekä saavutettu kustannussäästöjä päälinjan typenpoistoprosessin ilmastuksen energiankulutuksessa ja hiilenlähteen käytössä. Prosessilla on pienennetty laitoksen sisällä kiertävää typpikuormaa, jolloin pääprosessin biologisen osan sisäiseen kiertoon menetettyä typenpoistokapasiteettia on vapautunut takaisin käyttöön ja näin on välttytty välittömiltä laajennustoimenpiteiltä puhdistusvaatimusten tiukentua.

Rejektiveden erilliskäsittely Viikinmäessä

Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla syntyy mädätetyn lietteen käsittelyssä rejektivettä keskimäärin 3 000...3 400 m³/d (puolivuosisikarvo vuonna 2009). Rejektivedet käsitellään laitoksella selkeyttämällä ja ne yhdistetään sen jälkeen tulokuormaan laitoksen vesiprosessin alkupäässä. Rejektiveden osuus laitoksen vesiprosessin typpikuormasta on keskimäärin 22 prosenttia.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla tutkittiin pilot- mittakaavan koelaitteistolla rejektiveden biologista erilliskäsittelyä osittaisen nitrifikaation avulla. Laboratoriokokeita mittavampaan pi-

lotointiin päädyttiin, koska prosessista haluttiin todellisissa olosuhteissa tutkittua tietoa ja sen avulla täyden mittakaavan toteutukseen määritettyjä suunnitteluparametreja. Lisäksi haluttiin kerätä käyttökokemusta todellisista prosessilanteista. Tutkimuksen tavoitteena oli toteuttaa tasapainoinen osittainen nitrifikaatioprosessi, jossa rejektiveden sisältämä ammoniumtyppi hapetetaan nitriitiksi. Tutkimuksessa selvitettiin prosessin toimintaa yleisellä tasolla sekä tutkittiin koejaksojen avulla prosessimuuttujien kuten lämpötilan, viipymän ja happipitoisuuden vaikutuksia prosessin toimintatehokkuuteen.

Koejärjestelyt ja käynnistys

Tutkimuksessa käytettiin syöttövetenä laitoksella mädätetyn lietteen käsittelyssä syntyvää rejektivettä, joka oli selkeytetty ennen pilot- prosessia laitoksen niin sanotulla pienpuhdistamolla. Rejektiveden ammoniumtyppipitoisuus vaihteli tutkimuksen aikana 600...800 mg NH₄-N/l ja kiintoainepitoisuus 400...5 000 mg SS/l välillä. Rejektiveden lämpötila oli 29...32 °C ja alkaliteetti 50...60 mmol/l. Rejektiveden hiili-typpi -suhde oli hyvin alhainen (≈ 1,0), koska rejektivesi sisältää paljon tyyppiä suhteessa helposti biohajoavaan orgaaniseen aineeseen.

Rejektiveden erilliskäsittely toteutettiin 3 m³ täyssekoitusreaktorissa, jonka pohjalle oli asennettu 14 pohjailmastus-



Reaktori.

lautasen ilmastusjärjestelmä. Prosessia operoitiin kahden tunnin puhdistussykleissä ilman lietteen selkeytystä ja palautusta, ja näin ollen lietteen viipymää voitiin kontrolloida hydraulisen viipymän avulla. Reaktoria pidettiin jatkuvasti ilmastettuna. Prosessin ohjausparametrit olivat hydraulinen viipymä ja happipitoisuus.

Prosessi käynnistettiin laitoksen omalla nitrifioivalla aktiivilietteellä, joka otettiin vesiprosessin biologisen osan ilmastusaltaasta. Käynnistysvaiheessa ei käytetty lisälämmitystä ja prosessia operoitiin 3-1 vuorokauden viipymillä. Aluksi ammoniumtyppi hapetui pääasiassa vain nitraatiksi, mutta muutama päivä käynnistyksen jälkeen nitriittiä alkoi kerääntyä prosessiin. Prosessi käynnistyi nopeasti noin viikossa, mutta tasapainoinen ammoniumtyypin hapettuminen saavutettiin noin kahden viikon päästä käynnistyksestä. Käynnistysjakson aikana ammoniumtyppireduktioksi saavutettiin 48 prosenttia.

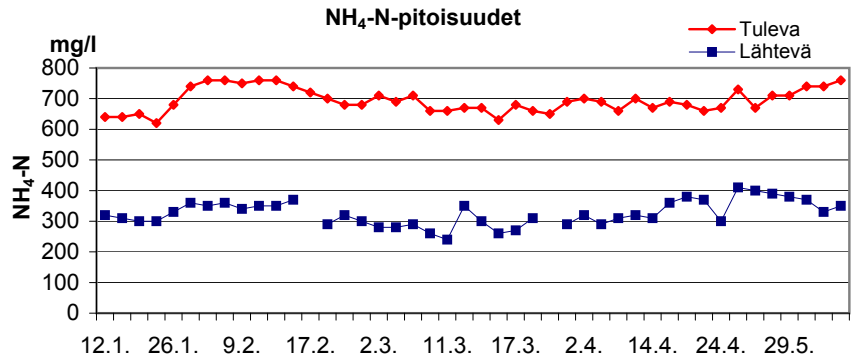
Prosessimuuttujien vaikutus toimintatehokkuuteen

Tutkimuksen aikana koelaitteistoa ajettiin ilman lämmittintä ja lisälämmittimen kanssa, sillä haluttiin tutkia onko

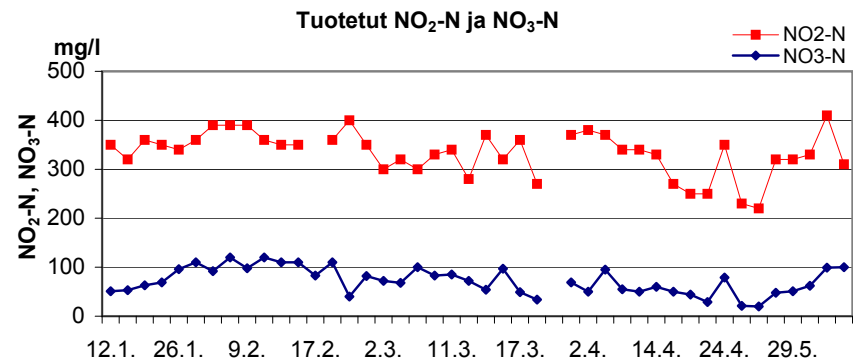
lämpötilan nostolla vaikutusta prosessin toimintatehokkuuteen. Ilman ulkoista lämmitystä reaktorissa ei saavutettu yli 28 °C:n lämpötilaa, koska rejektivesi ehti jäähtyä panoksien välillä pilot-laitteiston syöttöputkistossa. Lämpötilan kohotuksen 27 °C:sta 33 °C:een todettiin kasvattavan prosessin aktiivisuutta, ja ammoniumtyppireduktio oli noin 5 prosenttiyksikköä tehokkaampi korkeammalla lämpötilalla. Täyden mittakaavan toteutuksessa ulkoista lämmityslaitteistoa ei tarvita etenkin prosessin sijaitessa sisätiloissa, koska rejektiveden jäähtymistä ei tapahdu samassa mittakaavassa kuin pilot-laitteistossa ja lisäksi prosessin biologinen toiminta nostaa lämpötilaa reaktorissa.

Ensimmäisen koejakson päämääränä oli määrittää optimaalinen hydraulinen viipymä prosessille. Hydraulista viipymää lyhennettäessä 3,0 vuorokaudesta 0,8 vuorokauteen kasvoi NH₄-N-kuormitus ja lyhyimmällä viipymällä NH₄-N-reduktio heikkeni. Viipymän liiallinen lyhentäminen saattoi aiheuttaa bakteerien huuhtoutumisen, prosessin ylikuormittumisen ja siten puhdistustehokkuuden heikentymisen. Optimaalisimman viipymän todettiin olevan yksi vuorokausi. Tällöin nitriitin muodostuminen oli vakainta eikä prosessilla ollut vaaraa ylikuormittua tulokuormituksen mahdollisesti vaihdellessa.

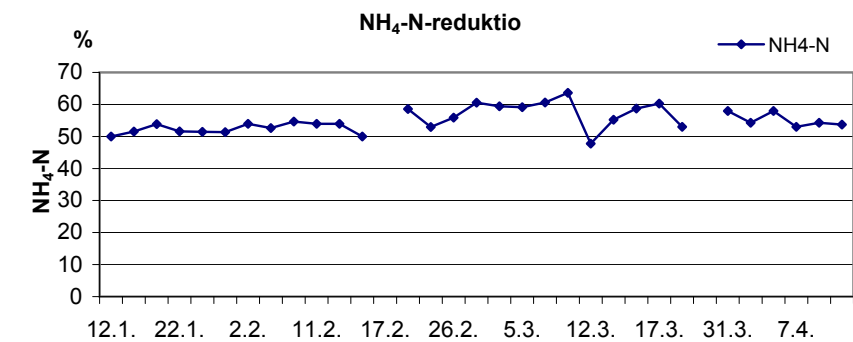
Happipitoisuuden vaikutusta nitriitin muodostumiseen ja ammoniumtyypen hapettumiseen tutkittiin neljällä eri happipitoisuudella. Tarvittavan happipitoisuuden määrittäminen oli ensisijaisen tärkeää, koska ilmastuksesta aiheutuvat energiakustannukset muodostavat suurimman osan täyden mittakaavan käyttökustannuksista. Happipitoisuudella ei ollut juuri vaikutusta nitraatin muodostumiseen, mutta nitriitin muodostumiseen sillä oli. Happipitoisuutta alennettaessa nitriittiä muodostui vähemmän. Tutkimustulosten mukaan 1 ja 2 mgO₂/l happipitoisuuksien välillä ei ammoniumtyppireduktioissa ollut eroa. NH₄-N-reduktio vaihteli 53 ja 55 prosentin välillä. Happipitoisuutta edelleen laskettaessa 0,7 mgO₂/l huononi NH₄-N-reduktio merkittävästi, minä jälkeen ammoniumtyppireduktio oli enää vain 36 prosenttia. Optimaalisen



Tulevan ja lähtevän rejektin NH₄-N-pitoisuudet.



Tuotetut NO₂-N- ja NO₃-N-pitoisuudet.



NH₄-N-reduktio.

happipitoisuuden todettiin olevan 1...2 mgO₂/l.

Tutkimuksen loppuajana toteutettiin nitrifikaatiovaiheen lisäksi denitrifikaatiokoeajoja, joiden avulla pyrittiin muuttamaan nitriittityppi alkuaine tyypeksi ja lisäämään denitrifikaatioreaktion myötä alkaliteettiä reaktoriin. Tällöin reaktori ei ollut enää jatkuvasti ilmastettu vaan ilmastus oli jaksoittaista, jotta reaktoriin saatiin anoksiset olosuhteet. Pilot-mittakaavassa rejektiveden sisältämällä omalla hiilenlähteel-

lä saavutettiin koeajossa 10...15 prosentin kokonaistypenpoisto. Täydessä mittakaavassa denitrifikaation tehostaminen tapahtuisi joko ulkoisen hiili-lähteen avulla tai esimerkiksi hyödyntämällä rejektiveden nitriitti-ammoniumtyppisuhdetta muiden prosessivaihtoehtojen kuten Anammox-prosessin syöteenä.

Tulosten yhteenveto

Tutkimuksen aikana saavutettiin tasapainoinen nitriitin muodostuminen.

Nitraatin muodostumista ei pystytty täysin ehkäisemään, mutta pääasiassa ammoniumtyypen hapettuminen pysähtyi nitriitiksi. Koeajossa hydraulisen viipymän optimin todettiin olevan yksi vuorokausi ja optimaalisen happipitoisuuden todettiin olevan 1...2 mgO₂/l. Rejektiveden erittäin korkealla ammoniumtyppipitoisuudella ja ajoittain korkealla kiintoainepitoisuudella ei ollut vaikutusta prosessin käsittelytehokkuuteen. Tutkimuksen aikana prosessilla saavutettiin keskimäärin 50...60 prosentin NH₄-N -poisto. Ammoniumtyypen hapettumisen rajoittavana tekijänä oli reaktorissa oleva alkaliteetti, jota nitrifikaatioreaktio kulutti.

Alkaliteetin määrää pyrittiin nostamaan lisäämällä denitrifikaatiovaihe prosessiin, mutta rejektiveden alhaisella, omalla hiili-tyyppi -suhteella denitrifikaatio ei ollut luonnollisestikaan tehokas eikä alkaliteettiä muodostunut riittävästi ammoniumtyypen sataprosenttiseen hapettamiseen nitriitiksi. Näin ollen NH₄-N -reduktio ei merkittävästi parantunut denitrifikaatiovaiheen lisäyksen ansiosta. Ulkoisen hiilen käyttö olisikin tarpeen, mikäli denitrifikaatioprosessia haluttaisiin tehostaa.

Mielenkiinnon kohteena oli myös käsitellyn rejektin nitriitti-ammoniumtyppi -suhde, joka vaihteli tutkimuksen aikana välillä 1,0...1,3. Kirjallisuuden mukaan Anammox-prosessiin syötetyn veden optimaalinen nitriitti-ammoniumtyppi -suhde on 1,3 (van Dongen et al. 2001), minkä perusteella koeajoissa toteutettu osittainen nitrifikaatioprosessi sopisi Anammox-prosessin esiprosessiksi.

Tutkimuksen perusteella rejektivedestä on mahdollista poistaa ammoniumtyyppä tehokkaasti biologisen erilliskäsittelyn avulla. Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on tarkoituksenmukaista toteuttaa täyden mittakaavan rejektiveden erilliskäsittely osittaisella nitrifikaatiolla, jonka päämääränä on poistaa ammoniumtyyppä rejektivedestä. Rejektiveden erilliskäsittelyllä saadaan katkaistua laitoksen sisällä kiertävä suuri typpikuorma, joka kuormittaa vesiprosessin biologisen osan typenpoistoprosessia, ja lisäksi erilliskäsittelyllä voidaan pienentää vesiprosessin biologisen osan ilmastuksesta aiheutuvaa energiankulutusta ja tarvittavaa metanolin syöttömäärää jälkisuodattimille.

Kirjallisuus

- Hellinga, C. Schellen, A.A.J.C., Mulder, J.W., van Loosdrecht, M.C.M. ja Heijnen, J.J. 1998. The Sharon Process: An innovative method for nitrogen removal from ammonium-rich wastewater. *Wat. Sci. Tech.* 37 (9) 135-142.
- Hienonen, L. 2009. Rejektiveden biologisen erilliskäsittelyn koeajot Viikinmäessä. Diplomityö. TKK, Rakennus- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma, Vesihuoltotekniikka.
- van Dongen, L.G.J.M., Jetten, M.S.M ja van Loosdrecht, M.C.M. 2001. The Combined Sharon/Anammox Process – A sustainable method for N-removal from sludge water. IWA Publishing, Lontoo.
- van Kempen, R., ten Have, C.C.R, Meijer, S.C.F., Mulder, J.M., Duin, J.O.J., Uijterlinde, C.A. ja van Loosdrecht, M.C.M. 2005. SHARON process evaluated for improved wastewater treatment plant effluent quality. *Wat. Sci. Tech.* 52 (4) 55-62. ◆

Vesimittari MULTICAL® 61 – koska jokainen vesipisara on arvokas



Vesi on kallisarvoinen luonnonvara, jota meidän kaikkien on suojeltava ja käytettävä huolella.

Olemme kehittäneet ultraääni-periaatteeseen pohjautuvan kylmävesimittarin, joka pystyy rekisteröimään tarkasti vähäisenkin vedenkulutuksen.

Vastaa tulevaisuuden vaatimuksiin jo nyt ja vaihda perinteinen veden mittaus tarkkuusmittaukseen. Tällä tavoin voit varmistaa, että kukin maksaa tismalleen oman veden kulutuksensa mukaan eikä tippaakaan liian vähän.

Kamstrup A/S
Lars Sonckin kaari 14
FI-02600 Espoo,
Tel: 09 2511220
info@kamstrup.fi
www.kamstrup.fi


Kamstrup

TYPENPOISTON OPTIMOINTI DYNAAMISEN PROSESSIMALLINNUKSEN JA -SIMULOINNIN AVULLA

Jätevedenpuhdistamojen dynaaminen prosessimallinnus ja -simulointi tarjoavat monia mahdollisuuksia vastata typenpoiston haasteisiin ja vievät prosessin optimoinnin uudelle tasolle. Tässä artikkelissa tarkastellaan mallinnuksen etuja typenpoiston suunnittelussa ja operoinnissa sekä esitellään Suomessa toteutettuja sovelluksia.



KRISTIAN SAHLSTEDT
TkL, Pöyry Environment Oy
E-mail: kristian.sahlstedt@poyry.com

Kirjoittaja toimii prosessiasiantuntijana ja prosessitiimin vetäjänä.

Dynaaminen prosessimalli ja -simulointi ovat moderneja laskentatyökaluja. Mallissa on kuvattu tarkasteltavan laitoksen prosessiyksiköt, virtaukset, biologiset ja kemialliset ilmiöt (esim. nitrifikaatio ja denitrifikaatio) sekä prosessiautomaatio matemaattisena yhtälöryhmänä. Yhtälöt ovat aikaderivaattoja, joita integroimalla voidaan laskea esimerkiksi aktiivilietteen koostumus ja käsitellyn jäteveden laatu ajan funktiona. Laskentaa ja tulosten esitystä esimerkiksi käyriä kutsutaan simuloinniksi. Se on käytännössä prosessin toiminnan jäljittelyä tietokoneella.

Mallin syötteitä ovat käsiteltävän jäteveden laatu- ja määrätiedot (mm. päivä- tai viikkoprofiili) sekä prosessin ajo-asetukset (mm. tavoitelietekä, palautussuhde). Mallia käytetään kaupallisen simulointiohjelmiston avulla.

Prossessimallinnus on vakiinnuttanut asemansa jätevedenpuhdistuksen suunnittelun ja operoinnin asiantuntijatyökaluna. Ensimmäiset mallit kehitettiin 1980-luvulla ja niiden käyttö yleistyi maailmalla 1990-luvun loppupuolella, kun mallien luotettavuus ja tietokoneiden laskentateho olivat kehittyneet riittävästi. Euroopassa malleja käyttävät nykyisin eniten tutkijat ja vähäisemmässä määrin konsultit ja laitokset. Yhdysvalloissa mallit ovat ennen kaikkea konsulttien ja suurimpien vesilaitosten työkaluja.

Pöyry Environment Oy on Suomessa tarjonnut ja kehittänyt mallinnusta jo kymmenen vuoden ajan. Hiljattain

päättynyt PROSIM-hanke, jossa mallinnuksen työtapoja kehitettiin yhdessä asiakkaiden kanssa, oli laaja julkisen ja yksityisen sektorin yhteisponnistus. Hankkeen budjetti oli noin 190 000 euroa, ja siihen osallistui Pöyryn lisäksi Tekes, Espoon Vesi, Tampereen Vesi sekä Lahti Aqua Oy. Hanke kuului Tekesin Vesi- teknologiaohjelmaan. Sen aikana mallinnettiin kolme suurta jätevedenpuhdistamo. Laadittuja malleja käytetään parhaillaan kyseisten puhdistamojen toiminnan kehittämiseen.

Typenpoiston haasteet

Kokonaistypenpoisto on monilla laitoksilla vakiintunut käytäntö ja yhä monilla edessä odottava mullistus. Seuraavassa esitellään eräitä haasteita, joita typenpoisto laitoksille merkitsee ennen ja jälkeen toteutuksen sekä mallinnuksen vastauksia niihin.

Typenpoistoon siirtyminen vaatii yleensä lisää käsittelykapasiteettia, joka voidaan toteuttaa erilaisilla prosessivaihtoehdoilla. Simuloimalla havainnollistetaan eri prosessivaihtoehtojen toimintaa eri olosuhteissa sekä vaikutuksia muihin prosessiyksiköihin (esim. biosuotimien huuhteluvesien vaikutus aktiivilieteprosessiin, metanolin syötön vaikutus biolietteen muodostumiseen, ilmastukseen ja mädätykseen sekä rejektivesien erilliskäsittelyn vaikutukset ilmastukseen). Mallin avulla voidaan mitoitaa täsmällisesti tarvittava lisätilavuus sekä huomioida laitoksen todellinen päivittäinen kuormitusprofiili ilmastusaltaiden lohkojaon ja ilmastus-

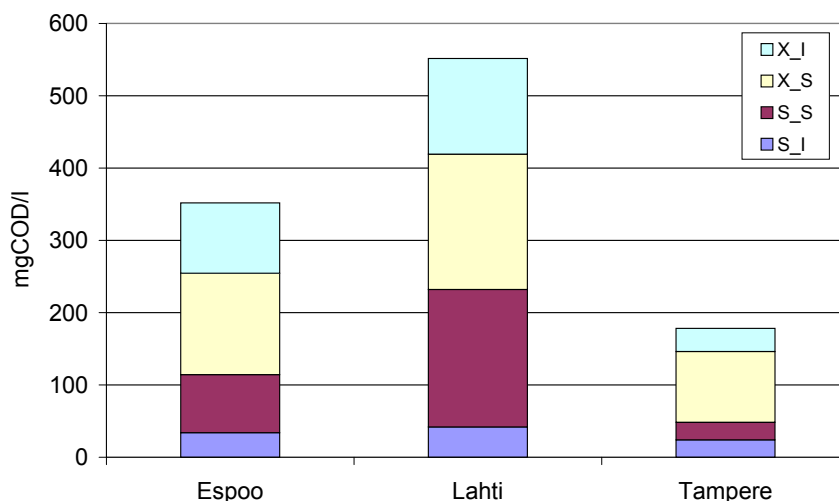
järjestelmän (esim. kompressorien valinta ja ohjaus) suunnittelussa.

Jäteveden laadulla on suuri merkitys typenpoiston onnistumiselle ja tehokkuudelle. Se määrää esimerkiksi denitrifikaatiovyöhykkeiden koon sekä lisähiilen ja alkalointikemikaalin tarpeen. Jätevesi karakterisoidaan mallinnuksen yhteydessä ja eri fraktioiden merkitys huomioidaan malliavusteisessa suunnittelussa. Kuva 1 havainnollistaa, kuinka yksilöllistä eri puhdistamoille tuleva jätevesi on orgaanisen hiilen eri nopeuksilla hajoavien jakeiden osalta.

Typenpoiston toteutuksen yhteydessä ilmastusilman tarve ja jakautuminen altaan lohkoihin eri vuorokauden- ja vuodenaikoina muuttuvat. Ilmastusjärjestelmä monimutkaistuu ja vaatii uusia mittauksia ja säätöpiirejä. Uusia yksiköitä ovat esimerkiksi nitraattikierrätyspumppaus, usein tarvittava metanolin ja alkalointikemikaalin syöttö ja mahdollisesti biosuotimet. Niiden hallinta ja kustannustehokas käyttö on keskeisen tärkeää puhdistustuloksen, käyttövarmuuden ja käyttötalouden kannalta. Uudet yksiköt voidaan sisällyttää prosessimalliin ja niiden käyttöasetukset voidaan optimoida erikseen ja kokonaisuutena.

Laitokselle ilmaantuu typenpoistosateerian yhteydessä myös erinäisiä online-analysaattoreita – tavallisesti ainakin ammonium- ja nitraattityypelle. Ne ovat usein vain informatiivisessa käytössä, mutta niitä voidaan hyödyntää tehokkaasti prosessin automaattisessa ohjauksessa (esim. ilmastuksen ohjaus ammoniummittauksella tai metanolin syötön ohjaus nitraattianalyysillä). Prosessimallista on suurta hyötyä ohjaus- ja säätöstrategioiden vertailussa ja suunnittelussa.

Typenpoiston myötä lieteiän hallinta muuttuu informatiivisesta laskeutustiedosta laitoksen tärkeimmäksi ohjaussuureksi. Sillä on lieteipitoisuuden kautta suora vaikutus jälkiselkeytyksen toimintaan. Koska lieteikä on hitaasti muuttuva suure, oikeiden ajoasetusten hakeminen yritysten ja erheiden kautta on hidasta ja riskialtista. Simuloimalla voidaan määrittää turvallinen nitrifikaation minimilieteikä eri lämpötiloissa ja havainnollistaa lieteiän vaikutuksia esimerkiksi jälkisel-



Kuva 1. Esiselkeytetty jätevesi, COD-fraktiot. X_I = kiinteä inertti, X_S = kiinteä ja kolloidinen hitaasti hajoava, S_S = liukoinen nopeasti hajoava (RBCOD), S_I = liukoinen inertti.

keytyksen toimintaan. Rihmamaisten mikro-organismien esiintymistodennäköisyys kasvaa pitkän lieteiän myötä. Simuloimalla voidaan suunnitella rihmojen kasvua hidastavat ajoasetukset.

Jätevedenpuhdistamon prosessi monimutkaistuu typenpoistoon siirryttäessä. Mallinnus helpottaa kokonaisuuden hallintaa, koska muun muassa eri ajoasetusten vaikutukset kaikkien prosessiyksiköiden toimintaan voidaan laskea yhtäaikaaisesti. Malliin voidaan tallentaa prosessiyksiköiden tekniset tiedot ja käytännössä hyväksi havaitut ajoasetukset eri tilanteissa sekä päivittää niitä tarpeen mukaan. Näin tiedonsiirto uudelle käyttäjäpolvelle helpottuu. Malli on myös erinomainen koulutustyökalu.

Espoon Suomenojan simuloinnit

Esimerkkeinä mallinnuksen sovel-luksista esitellään eräitä Espoon Suomenojan puhdistamolle laadittuja simulointeja. Suomenoja oli maamme ensimmäinen typenpoistolaitos, ja siellä on yli kymmenen vuoden kokemus typenpoiston ajosta ja optimoinnista.

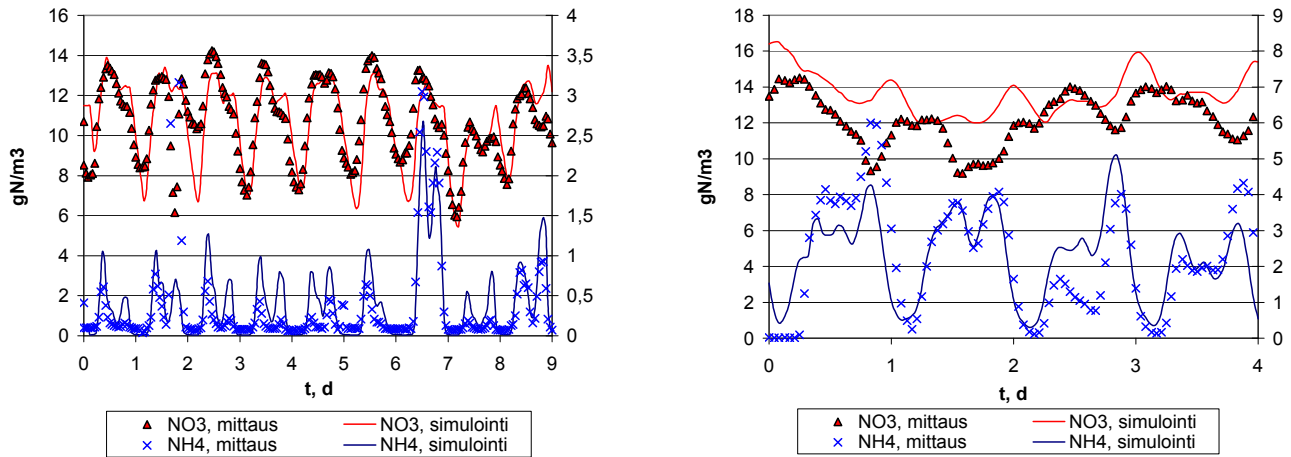
Suomenojan malli kalibroitiin (ts. mallin parametrit "viritettiin") kesäolosuhteissa kerätyllä datalla. Mallin luotettavuutta ääriolosuhteiden kuvaamisessa testattiin simuloimalla talvella tallennettua sulamisvesipulssia. Kuvassa 2 on esitetty mitattu ja simu-

loitu ammonium- ja nitraattityppi ilmastusaltaan lopussa kalibroitilanteessa (lämpötila 19 °C) ja validointi-tilanteessa (lämpötila 9 °C). Voidaan todeta, että malli toimii erittäin tyydyttävästi myös ääriolosuhteissa (Phillips et al, 2008).

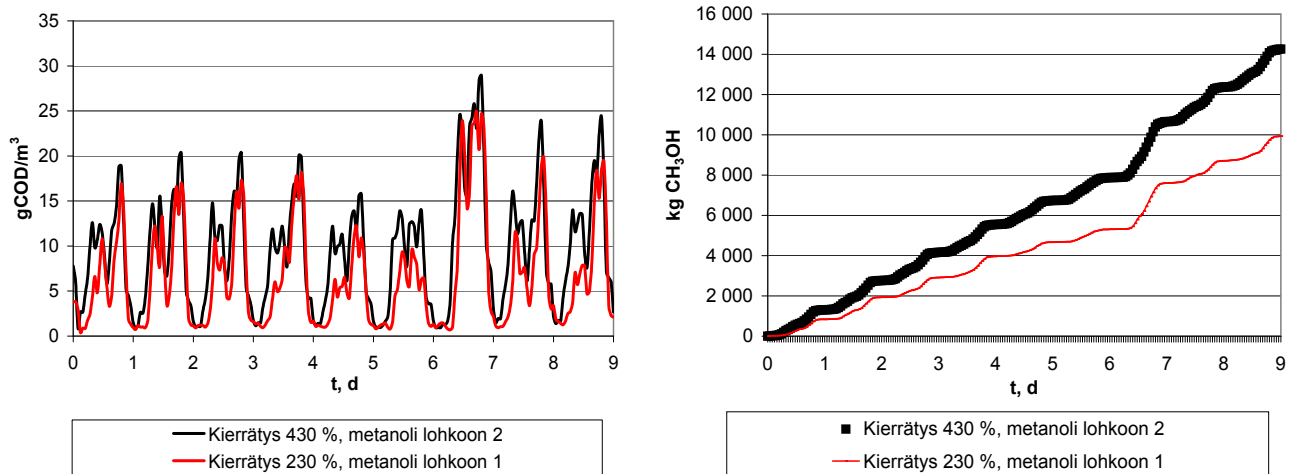
Espoossa joudutaan epäedullisen hiili-typpisuhteen ja mitoitusarvot ylittävän typpikuorman vuoksi käyttämään varsin paljon metanolia. Simuloimalla tarkasteltiin metanolin syöttöpisteen ja aktiivilietteen kokonaiskierrätysuhteen vaikutusta metanolin tarpeeseen. Tulokset on esitetty kuvassa 3.

Simulointitulosten perusteella voidaan todeta kaksi asiaa. Ensinnäkin laitoshenkilökunta on jo onnistunut syötön optimoinnissa todella hyvin. Toisaalta säästämahdollisuuksia löytyy vielä. Muuttamalla kierrätysuhteita ja metanolin syöttöpistettä syötössä voitaisiin säästää useita tonneja metanolia viikossa talviolosuhteissa, joita simulointi kuvaa. Vuositasolla säästö olisi viitisen prosenttia, eli joitakin kymmeniä tuhansia euroja.

Suomenojan jätevedenpuhdistamon on toimittava vielä ainakin kymmenen vuoden ajan ennen uuden keskuspuhdistamon valmistumista. Puhdistamon mitoitustyyppikuorma on jo ylittynyt lähes 50 prosentilla, ja kuormituksen ennustetaan edelleen kasvavan. Tämän takia selvitettiin, voitaisiinko nykyi-



Kuva 2. Simuloitu ja mitattu ammonium- ja nitraattityypipitoisuus ilmastusaltaan lopussa. Mallin kalibrointi (vas. $T = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja validointi (oik. $T = 9\text{ }^{\circ}\text{C}$).



Kuva 3. Metanolin jäännöspitoisuus denitrifikaatiovyöhykkeen lopussa (vas.) ja metanolin kumulatiivinen kokonaiskulutus eri ajoasetuksilla (oik.).

sen DN- prosessin kapasiteettia lisätä muuttamisella se porrassyöttöiseksi (step-feed, Kuva 4). Step-feed -prosessi on yleinen etenkin Yhdysvalloissa. Yleisen käsityksen ja kirjallisuustietojen mukaan sillä voidaan käsitellä jopa 20...25 prosenttia suurempia kuormia samassa tilavuudessa kuin DN- prosessilla (deBarbadillo et al, Johnson et al). Käsitys perustuu ennen kaikkea siihen, että porrassyötön ansiosta altaaseen muodostuu kiintoaineprofiili. Altaan alkupäässä on enemmän aktiivilietettä kuin lopussa, ja prosessilla voidaan ajaa DN- prosessia korkeampaa lieteikää ilman, että jälkiselkeytyksen liete-kuorma kasvaa.

Käsitys step-feedin tehokkuudesta DN- prosessiin verrattuna vaikuttaa

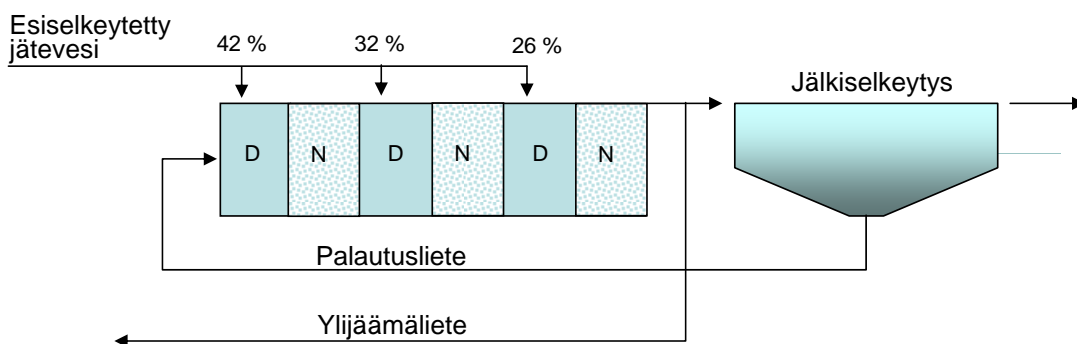
simulointitulosten perusteella virheelliseltä. Step-feedin mahdollistama kapasiteetin lisäys oli vain viitisen prosenttia. Pääasiallisesti syyksi todettiin, että reaktionopeudet ovat altaan alussa korkeasta biomassakonsentraatiosta huolimatta hitaammat kuin DN- prosessissa (Kuva 5).

Lisäksi kolmiportaisen step-feed -prosessin käyttökustannukset olivat selvästi korkeammat kuin DN- prosessin. Muuttamalla step-feed -prosessi neliportaiseksi ja lisäämällä kaasunpoistolohkot ennen jokaista aerobiloikkaa käyttökustannukset saatiin DN- prosessin tasolle ja jopa hieman sen alle. Tämä optimointi ei kuitenkaan tuonut step-feed -prosessiin lisää kapasiteettia.

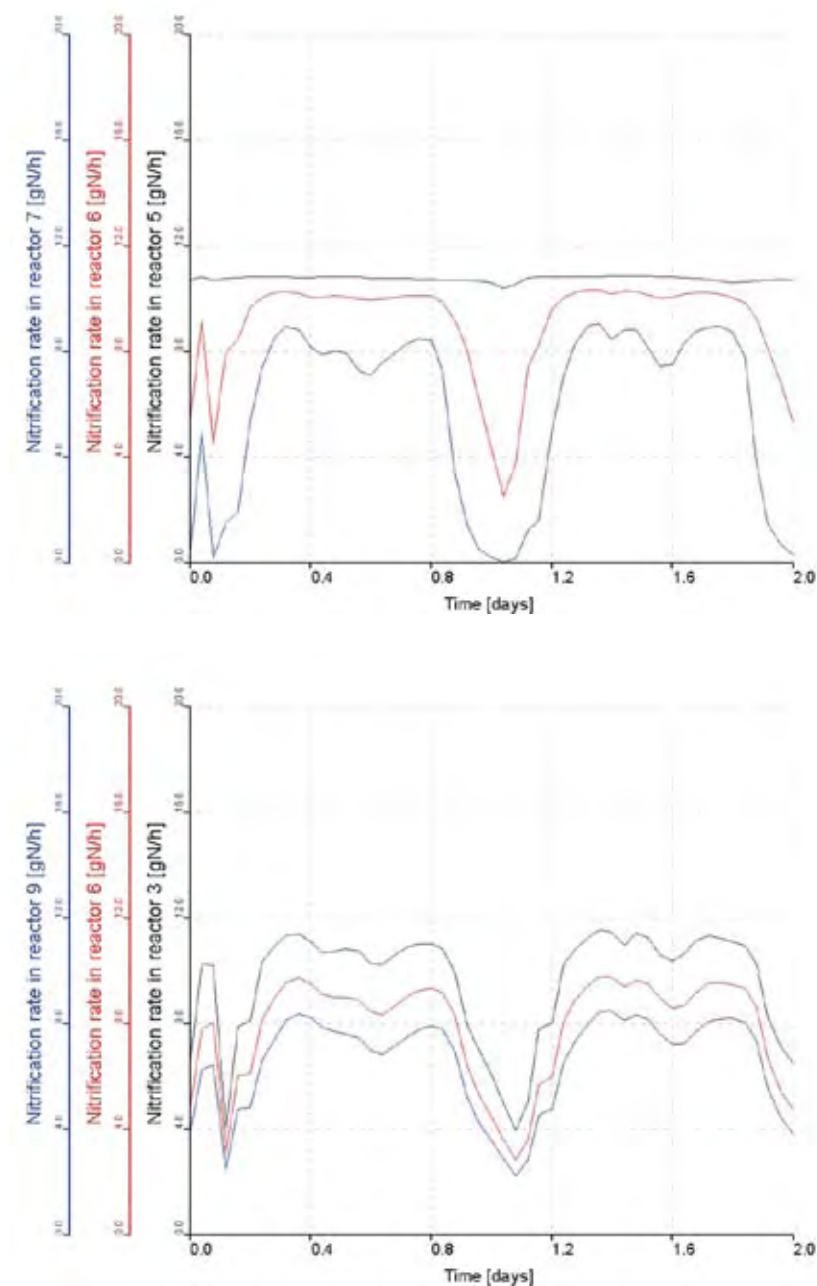
Kirjallisuuskatsauksen perusteella DN- ja step-feed -prosesseja ei ole aiemmin vertailtu simuloimalla ja käytännössäkin erittäin harvoin. Nyt käsitys step-feedin suuremmasta tehokkuudesta voitiin kyseenalaistaa, koska simulointien avulla päästiin käsiksi ilmiöihin, joita tavallisella algebrallisella laskennalla on mahdotonta huomioida. Vertailun lopputuloksena todettiin, että Suomenojan puhdistamon optimointia on syytä jatkaa DN- prosessin pohjalta.

Yhteenveto

Dynaaminen prosessimallinnus ja -simulointi tarjoavat uudenaikaisia ja tehokkaita ratkaisuja kokonaistypenpoiston asettamiin haasteisiin.



Kuva 4. Kolmivaiheinen porrassyöttöinen (step-feed) aktiivilieteprosessi.



Kuva 5. Ammoniumtyypen nettokonversioopeus DN- prosessin (yllä) ja step-feed -prosessin (alla) ilmastetuissa lohkoissa. Prosessilämpötila 14 °C.

Suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla tehdyn käytännön työn kautta on osoitettu, että simuloinnilla voidaan huomioida typenpoiston keskeiset biokemialliset ilmiöt tarkemmin kuin perinteisillä suunnittelumenetelmillä. Eri prosessiyksiköiden ja ajoasetusten vuorovaikutusten yhtäaikainen laskenta ja havainnollinen esittäminen sekä systemaattinen tiedonhallinta tukevat laitoshenkilökuntaa prosessin vakaassa ajossa ja käyttötalouden optimoinnissa.

Kirjallisuus

deBarbadillo C., Carrio L., Mahoney K., Anderson J., Passarelli N., Streett F., Abraham K. 2002. Practical considerations for design of a stepfeed biological nutrient removal system. Florida Water Resources Journal, January 2002, 18 – 20, 33 – 35.

Johnson B.R., Goodwin S., Daigger G.T., Crawford G.V. 2005. A comparison between the theory and reality of fullscale stepfeed nutrient removal systems. Water Science and Technology, 52(1011), 587 – 596.

Phillips, H.M., Sahlstedt, K.E., Frank, K. et al. Wastewater treatment modelling in practice: a collaborative discussion of the state of the art. Water Science and Technology 59(4), 2009. [◆](#)

TYPPIKUORMITUKSEN KULKEUTUMINEN JA PIDÄTTYMINEN SISÄVESIALUEELLA

Typpikuormituksen on osoitettu rehevöittävän erityisesti Suomenlahtea, Saaristomerta ja Selkämerä. Siksi näille merialueille tulevaa typpikuormaa pitäisi vähentää. Typpikuormituksen vähentämistoimenpiteitä suunniteltaessa tulee huomioida typen kulkeutuminen ja pidättyminen vesistöalueilla, koska osa sisävesiin tulevasta kuormituksesta ei kulkeudu mereen asti. Itämeren suojelun kannalta päähuomio kiinnittyy rannikon vähäjärvisiin valuma-alueisiin ja suurten järvien alapuolisiin vesistön osiin.



AHTI LEPISTÖ
erikoistutkija,
Suomen ympäristökeskus
E-mail: ahti.lepisto@ymparisto.fi

ANTTI RÄIKE
vanhempi tutkija,
Suomen ympäristökeskus

**OLLI-PEKKA
PIETILÄINEN**
vanhempi tutkija,
Suomen ympäristökeskus

Typpikuormitus Suomen pinta-
vesiin on noin 75 000 tonnia
vuodessa, josta maatalous kat-
taa hieman yli puolet ja yhdyskunnat
noin 15 prosenttia. Typpi on osoittau-
nut Suomenlahden, Saaristomeren
ja Selkämeren ensisijaiseksi minimira-
vinteeksi. Myös varsinaisen Itämeren
alueella levien kasvua rajoittaa typpi,
kun taas sisävesissä useimmiten fosfori.
Merkittävä osa sisävesiin kohdistuvasta
typpikuormituksesta kulkeutuu ran-
nikkovesiin ja rehevöittää typpiherkkää
Itämerta.

Typpikuormituksesta voi olla haittaa
myös paikallisesti sisämaan yhteisrajoit-
teisissa (fosfori ja typpi) tai typpirajoit-
teisissa, useimmiten pinta-alaltaan pie-
nissä pintavesissä (Pietiläinen ja Räike,
1999). Typpikuormituksen vaikutuk-
set voivat siis kohdistua sekä suppeam-
min sisävesiin että laajalti merialueille.
Ravinnekuormituksen vaikutuksia ar-
vioitaessa ja vähennystoimia suunnitel-
taessa tulisi aina tietää, miten pääravin-
teet kulkeutuvat ja pidättyvät sisävesillä.
Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoi-
den typpikuorman todellinen vaikutus
Itämeren rehevöitymiseen vaihtelee
suuresti niiden sijainnin mukaan.

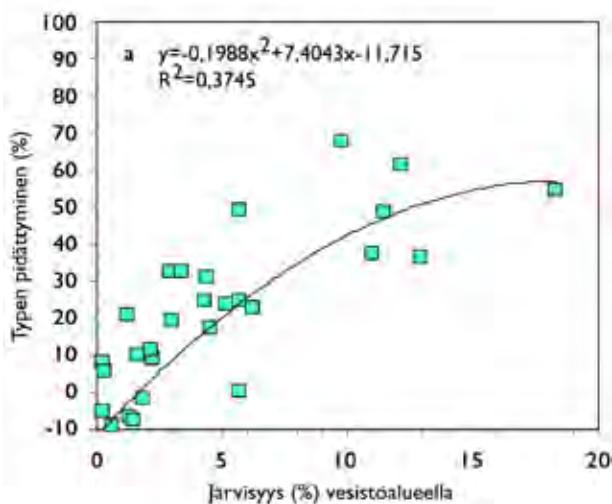
Typen luontainen pidättyminen vaihtelee huomattavasti

Typen pidättymisellä tarkoitetaan maa-
perästä vesiin huuhtoutuvan kokonais-
typpikuormituksen pidättymistä järviin,
jokiin ja suoalueille ennen merialuetta.

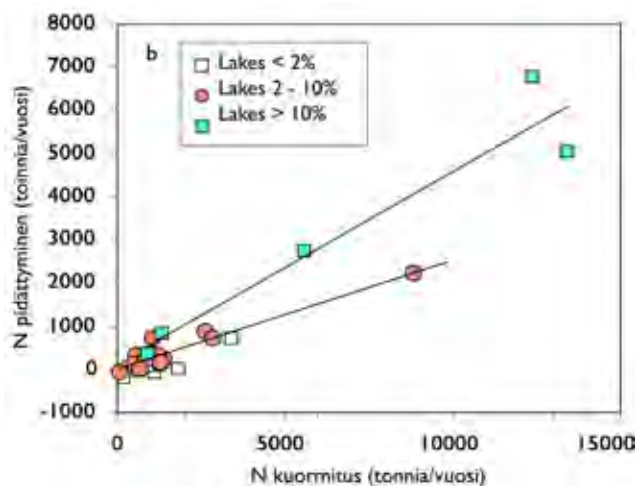
Suomen pohjoisissa oloissa typpeä pi-
dätty eniten järvissä. Tärkeimmät pi-
dättymisprosessit ovat sedimentaatio
ja denitrifikaatio. Typen pidättymisen
arviot perustuvat yleensä joko massa-
tasapainoyhtälöihin tai mallintamiseen
valuma-alueilla.

Mallinnuksella (N_EXRET) arvi-
oitiin, että keskimäärin 35 prosenttia
Suomen sisävesiin kohdistuvasta koko-
naistyppikuormituksesta pidätty ve-
sistöalueille, pääosin järviin. Noin 65
prosenttia typpikuormasta päätyy siten
lopulta Itämereen lähinnä suurempien
jokien kautta. Arvio perustuu mallin-
nettuun bruttokuormitukseen kaikista
tärkeimmistä kuormituslähteistä, pidät-
tymiskertoimiin, järvien ja suoalueiden
pinta-alaan valuma-alueilla, sekä mitat-
tuihin ainevirtaamiin 30 joesta merialue-
elle (Lepistö ym. 2006).

Valuma-alueen järvi-prosentti on
siis voimakkaimmin typen pidättymistä
selittävä tekijä (Kuva 1a). Typen ko-
konaiskuormituksesta pidätty run-
sasjärvisillä (yli 10 prosenttia) vesis-
töalueilla suurempi osuus kuin alueil-
la joiden järvisyys on 0...10 prosent-
tia (Kuva 1b). Typen pidättyminen on
Suomessa tehokkainta suurilla vesis-
töalueilla. Esimerkiksi Kymijoen ve-
sistöalue pidättää typestä keskimäärin
50...60 prosenttia. Typpeä pidätty
paljon myös alueilla, joilla on yksi suu-
ri järvi. Esimerkiksi Oulujoen vesistö-
alueella (järvi-prosentti 12) pidättymi-
nen on 40...50 prosenttia (Oulujärvi).
Eurajoen vesistöalueella (järvi-prosentti



Kuva 1 a). Vesistöalueen järvi-prosentin vaikutus typen pidättymiseen.



Kuva 1 b). Typen pidättymisen osuus kokonaiskuormituksesta on suurempi runsasjärvisillä vesistöalueilla (järvisuus >10 %), joilla myöskin on enemmän syviä, pitkäviipymäisiä järviä) (Lepistö ym. 2006).

13), jossa sijaitsee alueellisesti merkittävä Säkylän Pyhäjärvi, pidättyminen on 30...40 prosenttia (Lepistö ym. 2006). Monet Suomen pienet rannikkojoet taas eivät pidätä typpeä ja fosforia koko vuoden mittakaavassa tarkasteltuna juuri lainkaan. Näillä alueilla maatalouden kuormitus on suurimmillaan ja kaikki pistekuormitus päätty nopeasti merialueille.

Typen pidättyminen vaihtelee huomattavasti erilaisten järvien välillä (Taulukko 1). Se on tehokkainta pitkäviipymäisissä, suhteellisen rehevissä järvissä, kun taas karuissa järvissä typpi pidättyy heikomminkin. Toisaalta myös sedimentaation ja denitrifikaation suhteellinen osuus typen pidättymisessä vaihtelee merkittävästi siten, että syvissä, pitkäviipymäisissä järvissä orgaaniseen ainekseen sitoutunut typpi sedimentoituu tehokkaammin. Matalissa järvissä typpeä pidättyy etupäässä denitrifikaation kautta.

Järvisyyden ja järvien ominaispiirteiden (pinta-ala, syvyys-suhteet, viipymä) lisäksi vesistöjen rakentaminen, rehevöityminen ja monet muut tekijät voivat vähentää vesistöjen ravinteidenpidätyskykyä. (Kuosa ym. 2006) Esimerkiksi vaihtelevat sääolot vaikuttavat oleellisesti typen pidättymiseen. Mitä lähempänä rannikkoa kuormituslähde sijaitsee ja mitä sateisempi vuosi on, sitä todennäköisemmin kuormitus päättyy rannikkovesiin. Kuivina ja normaalivuosina vesi viipyy järvissä pitempään, jolloin

Taulukko 1. Typen ja fosforin pidättyminen erityyppisiin järviin (Pietiläinen O.-P. (toim). Suomen ympäristö 46/2008).

	Pinta-ala (km ²)	Keskisyvyys (m)	Viipymä (a)	P-pidättyminen (%)	N-pidättyminen (%)	Viite
Säkylän Pyhäjärvi	154	5,4	3	87	82	Ekholm ym. 1988
Artjärven Pyhäjärvi	12,9	21	2	36	25	Knuuttila ym. 1992
Köyliönjärvi	12,3	3,1	1,2	71	-	Wright ym. 1993
Villikkalanjärvi	7,1	3,2	0,18	24	19	Knuuttila ym. 1992
Tuusulanjärvi	6	3,1	0,6	72	48	Ojanen 1979
Kotojärvi	0,3	2,5	0,44	56	40	Knuuttila ym. 1992
Lammin Pääjärvi	13,4	14,8	3,3	> 70	< 30	Kuosa ym. 2006
Kalvolan Äimäjärvi	4,8	2,8	1,5	n. 50	n. 60	Kuosa ym. 2006
Suolijärvi	2,1		0,4	n. 50	< 10	Kuosa ym. 2006
Lehee	1		0,1	0	0	Kuosa ym. 2006
Tampereen Pyhäjärvi	21		1,5	> 70	< 30	Kuosa ym. 2006
Vanajanselkä	120	8	1	54	43	Oravainen 2005
Vörtsjärvi (Viro)	270	2,8	2	28	53	Nöges ym. 1998
Peipsijärvi (Viro)	3550	7	1	> 60	1-28	Stålnacke ym. 2001
Laatokka (Venäjä)	18000	51	230	75	30	Kondratyev ja Ignatyeva 2006

biologisten prosessien merkitys kasvaa. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei vesiensuojelutoimien ja veden laadun välisiä yhteyksiä voida arvioida luotettavasti, ellei aineiston käsittelyssä huomioida erilaisten hydrologisten vuosien aiheuttamaa huomattavaa vaihtelua.

Ruotsissa esitetyn oletuksen (Stålnacke ym. 1999) mukaan typen pidättyminen järvissä on heikentynyt järviin kohdistuvan fosforikuormituksen pienentyttyä. Friskin ym. (2006) matemaattisiin ainetasemalleihin pohjautuneen tutkimuksen mukaan järven fosforipitoisuudella tai järveen kohdistuvalla fosforikuormituksella ei kuitenkaan ole vaikutusta typen pidättymiseen järvissä. Tämän perusteella Suomessa noudatettu vesiensuojelupolitiikka on ollut oikeansuuntaista: pistemäisen fosforikuormituksen (kaupungit, teollisuuslaitokset ym.) aiheuttama rehevöityminen on saatu sisävesissä kuriin ja toisaalta fosforiin keskittyminen ei ole lisännyt Itämereen kohdistuvaa typpikuormitusta.

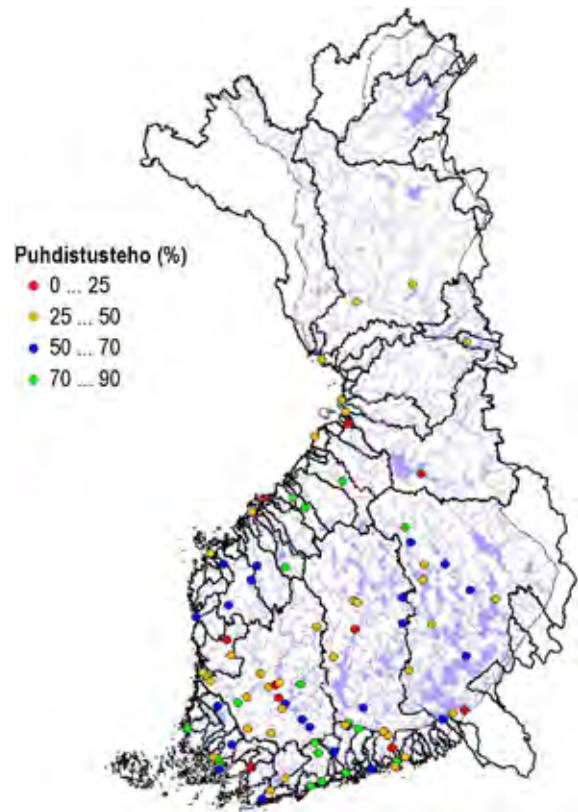
Yhdyskuntien typpikuormituksen pidättyminen maan eri osissa

Suomessa oli vuonna 2005 yhteensä 89 yhdyskuntajätevesidirektiivin piiriin kuuluvaa suurta yli 10 000 asukasvastineluvun yhdyskuntajätevesipuhdistamoja (Kuva 2a). Niiden osuus kaikkien yhdyskuntajätevesien typpikuormituksesta oli tuolloin lähes 80 prosenttia. Suurilta laitoksilta johdettiin vesistöihin noin 9 000 tonnia typpeä vuodessa, mikä kattoi runsaat 12 prosenttia pintavesiin kohdistuvasta ihmisperäisestä typpikuormituksesta (75 000 t/a) (Pietiläinen 2008).

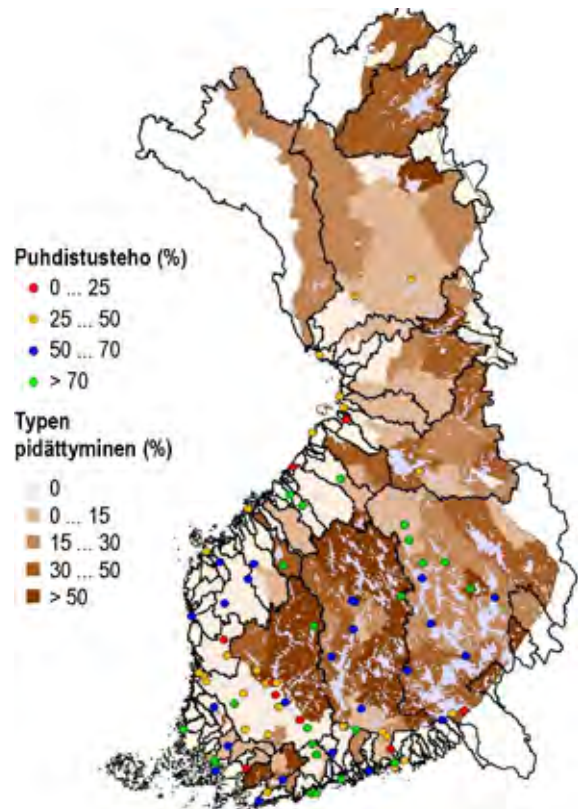
Suurista puhdistamoista 18 poisti typpeä vähintään 70 prosenttia tulevasta kuormasta, mikä on yhdyskuntajätevesidirektiivin vähimmäisvaatimus tehostetusta typenpoistosta. Alle 40 prosentin typenpoistotehoon jäi 39 puhdistamoja. Keskimääräinen poistoteho oli 56 prosenttia. Parhaaseen tulokseen pääsi Helsingin Viikinmäen laitos 89 prosentin tehollaan. Mikäli 70 prosentin typenpoistotehoa vaadittaisiin kaikilla direktiivin piiriin kuuluvilla puhdistamoilla, noin kolmannes kuormituksen kokonaisvähennyksestä kohdistuisi rannikkoalueelle ja kaksi kolmannesta sisämaan puhdistamoille. Typpikuormituksen vähentäminen ei kokonaisuudessaan hyödyttäisi typpiherkkää Itämerta, koska keskimäärin 35 prosenttia kuormituksesta pidättyy sisävesiin. Mikäli suurten jätevedenpuhdistamoiden typenpoistotehoon yhdistetään alapuolisten valuma-alueiden typenpidätyskyky, puhdistamoilta rannikkovesiin kulkeutuvan typen prosentuaalinen määrä vähenee monin paikoin selvästi ja yli 70 prosentin ”yhteistehoon” päästään edellä mainittujen 18 laitoksen lisäksi seitsemällä laitoksella (Kuva 2b) (Pietiläinen 2008).

Toisaalta typenpoistoa pitäisi harkitusti tehostaa erityisesti niillä Suomenlahden, Saaristomeren ja Selkämeren rannikoiden läheisyydessä olevilla puhdistamoilla, joilla puhdistusteho ei ole riittävää typpiherkkää merialueita ajatellen. Tapauskohtaista harkintaa tarvitaan myös sisämaan puhdistamoilla etenkin jos alapuoliset vesistöt ovat yhteisrajoitteisia eli sekä fosfori että typpi rajoittavat levätuotantoa.

Tehostettu typenpoisto - vähintään 70 prosentin poistoteho yli 10 000 avl:n laitoksilla - yhdyskuntajätevesistä vähentäisi Suomesta Itämereen päätyvää ihmisperäistä typpikuor-



Kuva 2a. Suomen yli 10 000 asukasvastineluvun yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden sijainti ja typenpoistoteho vuonna 2005.



Kuva 2b. Puhdistamojen typenpoistotehon + alapuolisen vesistöalueen typenpidättymistehon yhteisvaikutus Itämeren kannalta (eli kuinka suuri osa puhdistamon typpikuormasta saavuttaa lopulta typpiherkän Itämeren).

mitusta noin 5 prosenttia vuoden 2005 tasosta. Mikäli muiden piste- ja hajakuormituslähteiden typpikuormitus säilyisi aiemmalla tasolla, näiden suurten laitosten osuus pintavesiin kohdistuvasta ihmisperäisestä typpikuormituksesta vähenisi 12 prosentista noin 7 prosenttiin. Laskelmat perustuvat kokonaistyypeen, eli epäorgaanisen ja orgaanisen typen summaan. On huomattava, että yhdyskuntajäteveden typpi on epäorgaanista ja sen biologinen käyttökelpoisuus on suurempi kuin typpivirtojen keskimäärin. Pitkänen ym. tarkastelevat toisaalla tässä lehdessä kuormituksen vähentämisen vaikutuksia rannikkovesissä ja avomerialueilla.

Typpipäästöjä tulisi leikata eri lähteistä aina silloin, kun se on ekologisesti vaikuttavaa ja teknis-taloudellisesti toteutettavissa. Minimipuhdistustehon nostaminen suurimmilla laitoksilla selvästi korkeammaksi kuin 70 prosenttia (vrt. Helsingin 89 prosenttia) laajentaisi vaikutusalueita ja parantaisi erityisesti rannikkovesien tilaa (Pitkänen ym. 2009).

Johtopäätökset

Vaihteleva osa typpikuormituksesta pidättyy vesistöalueiden eri osiin, erityisesti järviin. Merkittävä osa - keskimäärin 65 prosenttia - sisämaan vesiin kohdistuvasta typpikuormituksesta kulkeutuu rannikkovesiin ja rehevöittää merialueita. Rannikkovesiin kulkeutuva osuus on pitkien vesireittien latvoilta (mm. Kymijoen ja Vuoksen vesistöalueet) kuitenkin paljon pienempi (20...40 prosenttia). Toisaalta rannikoiden maatalousvaltaisilla jokivesistöalueilla lähes kaikki kuormitus (90...100 prosenttia) päättyy nopeasti rannikkovesiin. Tämä huomattava vaihtelu on pidettävä mielessä pohdittaessa tehostetun typenpoiston tarvetta puhdistamoilla. Tapauskohtaista harkintaa tarvitaan sisämaan puhdistamoilla, etenkin jos alapuoliset vesistöt ovat yhteisrajoitteisia, eli sekä fosfori että typpi rajoittavat levätuotantoa. Itämeren suojelun kannalta taas päähuomio typpikuorman vähentämisessä kiinnittyy rannikon vähäjärvisiin valuma-alueisiin ja suurten järvien alapuolisiin vesistön osiin, joilla typpeä pitäisi poistaa tehostetusti.

Kirjallisuus

Frisk, T, Bilaletdin, A & Kaipainen, H. 2006. The effect of phosphorus on nitrogen retention in lakes. In Brebbia, C.A. & Antunes do Cormo, J.S. (eds.) Water Pollution VIII: Modelling, Monitoring and Management. WIT Press, Southampton. pp. 129-138.

Kuosa, H., Arvola, L., Bärlund, I., Ekholm, P., Hietanen, S., Kaipainen H., Lehtoranta, J., Leivuori, M., Lukkari, K., Pitkänen, H., Rask, M., Tallberg, P. & Tulonen, T. 2006. Itämeren rehevöitymiseen on vaikuttava maalla ja merellä. Vesitalous 2: 20-25.

Lepistö, A., Granlund, K., Kortelainen, P. & Räike, A. 2006. Nitrogen in river basins: Sources, retention in the surface waters and peatlands, and fluxes to estuaries in Finland. Science of Total Environment 365: 238-259.

Pietiläinen, O.-P. ja Räike, A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristö 313. 64 s.

Pietiläinen, O.-P. (toim) 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen ympäristö 46. 71 p.

Pitkänen, H., Korpinen, P. & Räike, A. 2009. Yhdyskuntajätevesien typpi Suomea ympäröivän Itämeren rehevöittäjänä. Vesitalous 6/2009.

Stålnacke, P., Grömvall, A., Sundblad, K & Wilander, A. 1999. Trends in Nitrogen Transport in Swedish Rivers. Environmental Monitoring and Assessment 59(1):47-72. ◆

KRÜGER

BIOSTYR®

Ylivertainen biosuodatin typenpoistoon

- Erinomainen ulkoisen hiilen käyttösuhde (< 3 kg Me-OH / poistettu NO₃-N kg)
- Tot-N poistoteho yli 90 %
- Tot-P alle 0,3 mg/l
- SS alle 6 mg/l

Prosessi sopeutettu Suomen oloihin: jo kuusi referenssilaitosta.

VEOLIA WATER
Solutions & Technologies

TYPPIKUORMITUS ITÄMEREEN ON KASVUSSA



ANTTI RÄIKE
vanhempi tutkija, Suomen ympäristökeskus
E-mail: antti.raike@ymparisto.fi

KATRI RANKINEN
vanhempi tutkija, Suomen ympäristökeskus

AHTI LEPISTÖ
erikoistutkija, Suomen ympäristökeskus

OLLI-PEKKA PIETILÄINEN
vanhempi tutkija, Suomen ympäristökeskus

SEPPO KNUUTTILA
limnologi, Suomen ympäristökeskus

Suomesta Itämereen päätyvä typpikuormitus on ollut kasvussa, vaikka pistemäinen ravinnekuormitus on selkeästi vähentynyt. Vesien suojeleminen asetettua typpikuormituksen vähentämistavoitetta ei lähitulevaisuudessa tulla saavuttamaan. Lämpimät ja vesisateiset talvet ovat lisänneet voimakkaasti hajakuormitettujen jokien typpivirtaamia. Suurimmat lämpö- ja metsätaloudesta tulevan typpihuuhtouman pienentämiseen. Itämeren suojeleminen kannalta tulisi suunnata enemmän resursseja myös laivaliikenteen typpipäästöjen vähentämiseen.

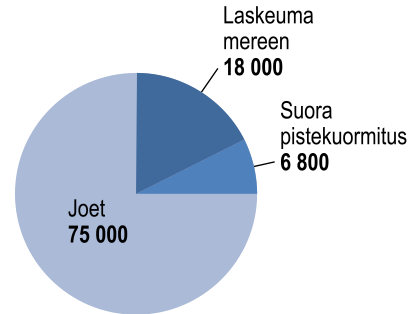
EU:n vesipuitteidirektiivin mukaan Suomen rannikkovesien ekologisen tilan tulisi olla vähintäänkin hyvä vuonna 2015 ja meristrategiadirektiivin mukaan meriympäristömme tilan tulee olla hyvä vuoteen 2020 men-

nessä. Näiden tavoitteiden saavuttaminen edellyttää kaikista Itämeren maista, myös Suomesta, tulevan ravinnekuormituksen pienentämistä. Koska typen merkitys rehevöittävästä ravinteesta korostuu Suomenlahdella ja Saaristomerellä, on näiden merialueiden typpikuormituksen vähentäminen yksi keskeisimmistä tavoitteista rehevöitymisen torjumisessa.

Valtioneuvosto teki vuonna 2002 periaatepäätöksen toimista Itämeren suojelemiseksi (Ympäristöministeriö 2002). Siinä rehevöitymisen torjumisessa kotimaisille toimille asetetut päästövähennystavoitteet perustuvat valtioneuvoston periaatepäätökseen vesien suojeleminen vuoteen 2005, jossa tavoitteeksi asetettiin ravinnepäästöjen vähentäminen noin 50 prosentilla 1990-luvun alun tasosta (Ympäristöministeriö 1998). Kaikilta osin näitä tavoitteita ei ole saavutettu sovitussa aikataulussa, joten valtioneuvoston vuonna 2006 tekemässä periaatepäätöksessä vesien suojeleminen suuntaviivoista vuoteen 2015 todetaan rehevöitymistä aiheuttavan fosfori- ja typpikuormituksen vähentämisen olevan edelleen vesien suojeleminen keskeisin tavoite sekä sisävesillä että merialueella (Valtioneuvosto 2006).

Kansallisten tavoitteiden ja EU:n direktiivien ohella Suomi on myös sitoutunut Itämeren suojelekomission (HELCOM) asettamiin tavoitteisiin. HELCOM:in toimenpideohjelman (Baltic Sea Action Plan) asettamat kuormitusvähennystavoitteet ovat kuitenkin Suomen osalta kansallisia tavoitteita lievempiä, eikä niiden toteuttaminen siten aiheuta Suomessa lisätoimenpiteitä.

Suomen merialueiden ja rannikkovesien typpikuormitus koostuu pääasiassa suorasta pistekuormituksesta (osuus kokonaiskuormituksesta 7 prosenttia), mereen tulevasta laskeumasta (osuus 18 prosenttia) ja jokien mukana tulevasta ainevirtaamasta (osuus 75 prosenttia). Näiden lähteiden yhteen laskettu typpikuormitus on ollut 2000-luvulla keskimäärin 100 000 tonnia vuodessa. (Kuva 1).



Kuva 1. Suomen merialueiden ja rannikkovesien typpikuormitus (t) vuosien 2000 – 2008 keskiarvona.

Suora pistekuormitus on vähentynyt

Suoralla pistekuormituksella tarkoitetaan jätevetensä rannikkovesiin laskevia teollisuuden ja yhdyskuntien puhdistamoita sekä merialueella sijaitsevia kalanviljelylaitoksia. Yhdyskuntien jätevesien osuus suorasta pistekuormituksesta 2000-luvulla on ollut 70 prosenttia, teollisuuden 22 prosenttia ja kalanviljelyn 8 prosenttia. Mikään näistä kuormituslähteistä ei yltänyt typpikuormituksen puolittamistavoitteeseen viime vuoden loppuun mennessä, vaikka kaikkien kolmen sektorin typpikuormitus on vähentynyt selkeästi vuoden 1995 tasosta (yhdyskuntien 41 prosenttia, teollisuuden 33 prosenttia ja kalanviljelyn 45 prosenttia, Kuva 2).

Meriliikenteen päästöt ovat kasvaneet

Typpilaskeuma muodostuu etupäässä liikenteen, energian tuotannon ja maatalouden päästöistä. Laskeuman mukana mereen tulevalla typpellä on kokonaismääränsä suurempi merkitys rehevöittäjänä, koska se on lähestulkoon kokonaan levillä käyttökelpoisessa muodossa (typenoksideina ja ammoniumina). Maatalous on Itämeren suurin yksittäinen typpilaskeumalähde 43 prosentin osuudella kokonaislaskeumasta (HELCOM 2005).

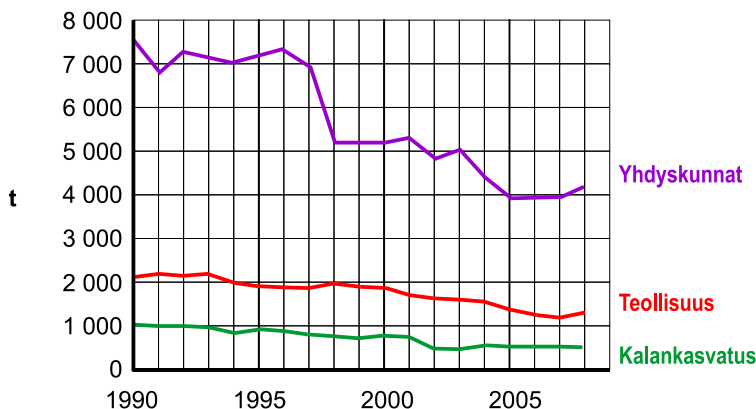
Valtaosa maamme typpilaskeumasta on peräisin kaukokulkeutumasta, pää-

osin lähialueilta Venäjältä ja Baltian maista sekä muualta Itä- ja Keski-Euroopasta. Suomen omien typpipäästöjen osuus Suomeen kohdistuvasta typpilaskeumasta oli vuonna 2000 typenoksideilla 15 prosenttia ja ammoniakilla 24 prosenttia (Tilastokeskus 2003). Itämeren ranta-alueiden typpipäästöt ilmaan samoin kuin Itämereen tuleva typpilaskeuma on jonkin verran vähentynyt vuosien 1995 ja 2006 välisenä aikana (Bartnicki 2009). Samalla kuitenkin laivaliikenteen typpioksidipäästöt ovat olleet voimakkaassa kasvussa: niiden on arvioitu kasvaneen vuodesta 1990 vuoteen 2000 yli 28 prosenttia (European Environmental Bureau 2004). Tällä hetkellä noin kymmenesosa Itämeren typpilaskeumasta on peräisin Itämeren laivaliikenteen päästöistä (HELCOM 2009).

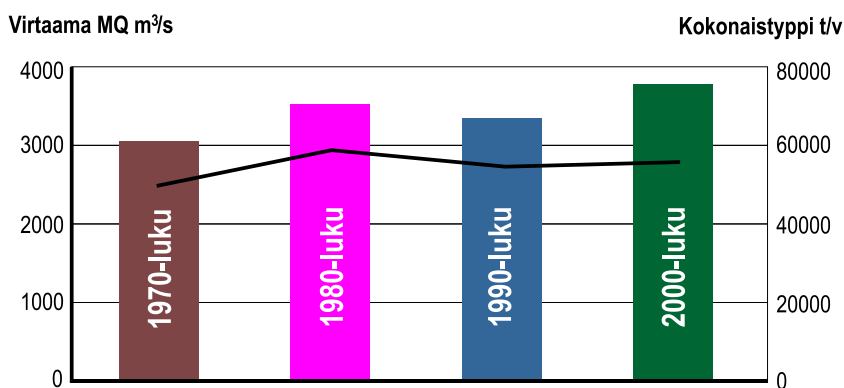
Typpeä virtaa joissamme entistä enemmän

Joet kuljettavat valtaosan (75 prosenttia) Suomen rannikkovesiin tulevasta typpikuormasta. Jokien kuljettama typpimäärä vaihtelee huomattavasti vuosittain riippuen hydrologisista olosuhteista. Keskimäärin jokivesien mukana typpeä päätyi Suomesta Itämereen 2000-luvulla 75 000 tonnia vuodessa (Kuva 3), mikä on suurempi määrä kuin aikaisempina vuosikymmeninä. Tämä nousu ei johdu virtaaman kasvusta, sillä vuosien 2000...2008 keski- virtaama ei oleellisesti poikennut 1980- tai 1990-luvun keskiarvosta.

Jokien typpivirtaama on summa valuma-alueelta eri lähteistä tulevasta kuormituksesta ja luonnonhuuhtoumasta. Kaikki sisävesiin päätyvä kuormitus ei kuitenkaan kulkeudu Itämereen, vaan osa pidättyy matkalla. Siksi Itämeren suojelun kannalta huomio kiinnittyy erityisesti jokien alajuoksulle ja suurten järvien alapuolisille valuma-alueen osille. Tuntemalla valuma-alueiden eri osissa muodostuva kuormituksen määrä, kulkeutuminen ja pidättyminen vesistöissä voidaan jokien kuljettama typpivirtaama jakaa päästölähteisiin. Näiden massatase-laskujen avulla arvioituna Suomen jokien typpivirtaamasta kaksi kolmasosaa (lähes 50 000 tonnia) on ihmistoiminnosta aiheutuvaa. Vesien suojelutoimenpiteet tähtäävät juuri tämän kuorman pienentämiseen. Yli puolet Suomen ant-



Kuva 2. Suora pistemäinen typpikuormitus Suomen rannikkovesiin vuosina 1990 – 2008.



Kuva 3. Jokien kuljettama keskimääräinen typpivirtaama (pylväät) ja virtaama (viiva) Suomesta Itämereen vuosikymmenittäin (1970 – 2008).

ropogeenisestä typpikuormituksesta (jokien lisäksi myös suora pistekuormitus) tulee maataloudesta (Kuva 4).

Minkä takia typpivirtaamat kasvavat?

Itämereen laskevien maatalousvaltaisten jokiemme typpikuormitus on kasvanut viime vuosikymmeninä, vaikka jokien virtaamassa ei samalla jaksolla havaittu kasvua (Ekholm ym. 2007). Useilla jokivaluma-alueilla on viljelty peltoala kasvanut vuodesta 1990, mikä osaltaan on lisännyt jokien ravinnekuormitusta (Tike 2007). Pelloilta tulevaan ravinnekuormitukseen vaikuttaa ratkaisevasti lannoitteiden käyttö suhteessa viljelykasvien tarpeeseen. Peltojen typpitase lasketaan lannoitteena annetun ravinnemäärän ja sadon mukana poistuneen ravinnemäärän erotuksena. Alueelliset typpitaseet ovat laskeneet vuodesta 1995 lähes koko maassa, koska mineraalilannoitteiden käyttö on vähentynyt. Tämän olisi pitänyt johtaa typen huuhtoutumispotentiaalin laskemiseen. Typpitaseet pienentyi-

vät eniten sisämaassa ja vähiten Itämeren rannikkovyöhykkeellä, jossa typpivirtaamat ovat jopa kasvaneet. Pelloille karjantaloudessa tulevan typen määrä on myös laskenut, sillä erityisesti nautaeläinten määrä on vähentynyt koko maassa (Tike 2007), mutta toisaalta kotieläintuotannon keskittyminen voi johtaa paikallisesti lannan ylituotantoon ja ravinnetaseiden nousuun (Turtola ym. 2008).

Pelloilta huuhtoutuvien ravinteiden määrään vaikuttaa maataloudessa tapahtuneiden muutosten lisäksi myös ilmastolliset tekijät ja viime vuosikymmenen aikana usein esiintyneet leudot talvet ovat lisänneet talviaikaisia ravinnehuuhtoumia. Ilman lämpötila on noussut 1970-luvulta alkaen erityisesti talvisin (Tuomenvirta 2004). Leuto sää mahdollistaa maaperän hajotusprosessien ja typen mineralisaation jatkumisen myös keskellä talvea. Talviset vesitaset lisäävät puolestaan ravinteiden huuhtoutumista lumettomilta pelloilta.

Myös metsistä huuhtoutuu typpeä aiempaa enemmän. Esimerkiksi Simojoen

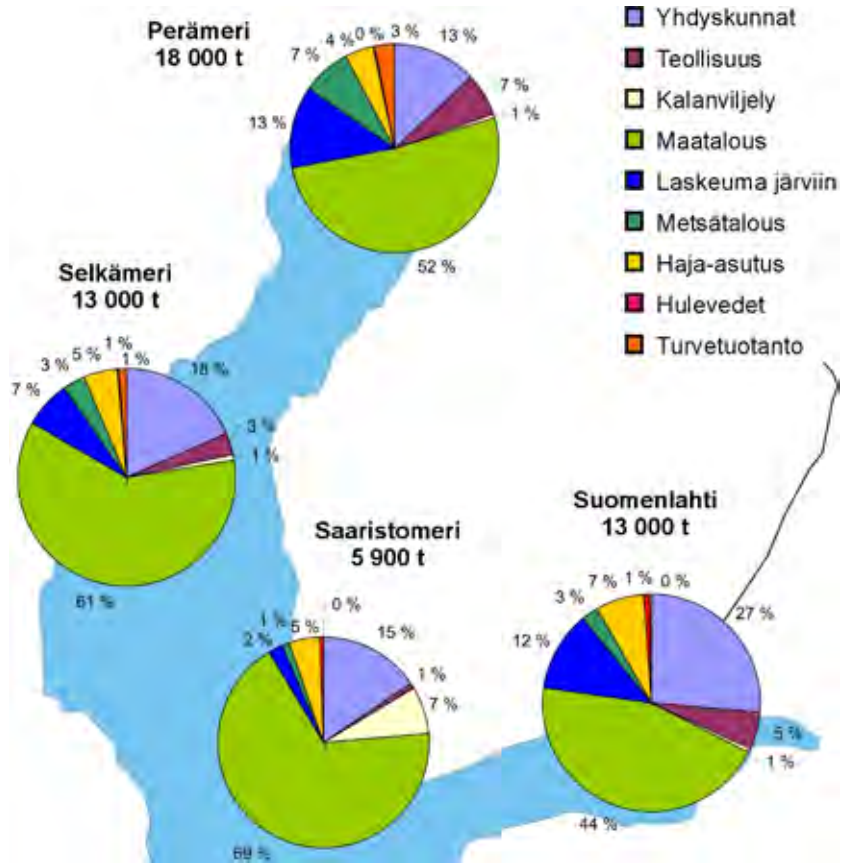
vesistöalueella orgaanisen typen huuhtoutuminen on selvästi lisääntynyt. Simojoella tärkeimpinä selittäjinä havaittiin olevan muutokset hydrologiassa ja metsämaaperän lämpötilassa (Lepistö ym. 2008). Lisäksi lähitulevaisuudessa turvemailla lisääntyvät metsätaloustoimenpiteet tulevat kasvattamaan typpi-huuhtoumia (Laurén ym. 2008).

Haasteellinen tulevaisuus

Pistekuormituksesta peräisin olevan typpikuormituksen määrä tulee laskemaan tehostuvan typenpoiston ansiosta sekä massa- ja paperiteollisuudessa tapahtuvien tehtaiden sulkemisten ja tuotannon supistusten takia. Itämeren kuormituksen kannalta kolmen merkittävämman jätevedenpuhdistamon (Helsinki, Espoo ja Turku) typenpoistoprosentti oli viime vuonna 73...86 prosenttia, joten jatkossa huomio kohdistuu rannikon pienempiin puhdistamoihin ja sisämaan laitoksiin (vrt. Pietiläinen ym. 2008). Puhdistamoille tuleva kuormakin jatkaa kasvuaan haja-asutuksen viemäriverkkoon liittymisen myötä, mikä puolestaan vähentää haja-asutuksesta tulevaa typpikuormaa. Myös haja-asutuksen jätevesiasetuksen mukaiset kiinteistökohtaiset jätevesijärjestelmät vähentävät harvaan asuttujen seutujen ravinnekuormitusta tulevina vuosina.

Typpilaskeuman ennustetaan laskevan maaliikenteen ja energiatuotannon päästöjen vähentymisen takia, mutta laivaliikenteen typen oksidien päästöjen on talouden elpymisen jälkeen arvioitu jatkavan ripeää kasvuaan (European Environmental Bureau 2004). Siksi laivaliikenteen päästöjen hillitseminen vaatisi nykyistä tiukempia kansainvälisiä säännöksiä. Itämeren suojelukomissiossa (HELCOM) valmistellaan kansainväliselle merenkulkujärjestölle (IMO) tehtävää ehdotusta Itämeren nimeämiseksi typenoksidipäästöjen vähentämisen erityisalueeksi. Tämä mahdollistaisi tulevaisuudessa alusten tiukemmat päästömääräykset.

Suurin haaste Itämeren typpikuormituksen vähentämisen kannalta löytyy kuitenkin maalta: ilmaston muuttuminen – leudot talvet ja talvisateiden lisääntyminen – tulevat kasvattamaan maaperän ravinnehuuhtoumia tulevaisuudessa. Tämä vaatii entistä tomerampia ponnis-



Kuva 4. Ihmistoiminnoista aiheutuva kokonaistyppekuormitus (joet ja suora pistekuormitus) Suomesta Itämereen vuosien 2000 – 2006 keskiarvona. Luvut eivät sisällä merialueille suoraan tulevaa laskeumaa (18 000 t).

teluja maa- ja metsätaloudesta tulevan typpihuhtouman pienentämiseksi.

Kirjallisuus

Bartnicki, J. 2009. Modelling atmospheric nitrogen deposition to the Baltic Sea in the period 1995–2006. Esitelmä Linking Science and Management in the Baltic Ecoregion –konferenssissa Kööpenhaminassa 9.9.2009.

Ekhölm, P., Granlund, K., Kauppila, P., Mitikka, S., Niemi, J., Rankinen, K., Räike, A. & Räsänen, J. 2007. Influence of EU policy on agricultural nutrient losses and the state of receiving surface waters in Finland. Agriculture and Food Science 16: 3–16.

European Environmental Bureau 2004. Air pollution from ships. ([http://www.eeb.org/activities/air/ship-briefing-nov04-\(1\).pdf](http://www.eeb.org/activities/air/ship-briefing-nov04-(1).pdf))

HELCOM 2009. Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region: Executive Summary. Balt. Sea Environ. Proc. No. 115A.

Laurén, A., Mattsson, T., Kortelainen, P., Koivusalo, H. & Lappalainen, M. 2008. Metsätalouden aiheuttama typpikuorma vaihtelee. Vesitalous 6/2008: 12–14.

Lepistö, A., Kortelainen, P. & Mattsson, T. 2008. Increased organic C and N leaching in a northern boreal river basin in Finland. Global Biogeochemical Cycles 22.

Pietiläinen, O.-P (toim) 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen ympäristö 46 / 2008

Tike 2007. Maataloustalostollinen vuosikirja 2007. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 267 p.

Tilastokeskus 2003. Suomen tilastollinen vuosikirja 2003. Ympäristö. Tilastokeskus, Helsinki.

Tuomenvirta, H. 2007. Reliable estimations of climatic variations in Finland. Finnish Meteorological Institute Contributions 43.

Turtola, E. & Lemola, R. (toim.) 2008. Maatalouden ympäristötuen vaikutukset vesistökuormitukseen, satoon ja viljelyn talouteen v. 2000–2006 (MYTVAS 2). Maa- ja elintarviketalous 120.

Valtioneuvosto 2006. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Valtioneuvoston periaatepäätös.

Ympäristöministeriö 1998. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Suomen ympäristö 226/1998.

Ympäristöministeriö 2002. Suomen Itämeren suojeluohjelma. Valtioneuvoston periaatepäätös. Suomen ympäristö 569/2002. ♠

YHDYSKUNTAJÄTEVESIEN TYPPI SUOMEA YMPÄRÖIVÄN ITÄMEREN REHEVÖITTÄJÄNÄ



HEIKKI PITKÄNEN
johtava tutkija, SYKE:n merikeskus
E-mail: heikki.pitkanen@ymparisto.fi

PÄIVI KORPINEN
vanhempi tutkija, SYKE:n merikeskus

ANTTI RÄIKE
erikoistutkija, Suomen ympäristökeskus

Yhdyskuntajätevesien typen puhdistuksen tehostaminen kaikilla yli 10 000 asukasvastineluvun (avl) laitoksilla vähintään 70 prosenttiin pienentäisi rannikkovesiin päätyvää typpikuormaa noin 2 900 tonnilla vuodessa. Tämä on 6 prosenttia rannikkovesiimme vuosittain valuma-alueilta kulkeutuvasta ihmisen aiheuttamasta kokonaistypen kuormasta. Skenaarion mukaisesti tehostettu typenpoisto vähentäisi paikoin rannikkovesien leväbiomassoja. Avomerellä vaikutukset jäisivät vähäisiksi. Typpi on fosforin ohella keskeinen Itämeren rehevöitymistä aiheuttava ravinne ja rannikkovesiin eri lähteistä päätyviä typpikuormia tulisi edelleen leikata rehevöitymisen torjumiseksi.

Kasvinravinteiden – fosforin ja typen – saatavuus säätelee Itämeren rehevöitymistä. Fosforin ja typen ekosysteemikierrat riippuvat toisistaan, minkä vuoksi myös ravinteiden päästöjen aiheuttamat vaikutukset ovat yhteydessä toisiinsa. Keväällä Itämeren kasviplanktonin tuotantoa, niin sanottua kevätkukintaa, rajoittaa ensisijaisesti typen saatavuus (esim. Tamminen ja Andersen 2007). Merkittävä osa syntyvästä levämassasta vajoaa syviin vesikerrokseen ja pohjalle, ja aiheuttaa hajotessaan hapen kulumista (esim. Heiskanen 1998). Mikäli sedimentin pinta pelkistyy, voimistuu ravinteiden, erityisesti fosforin vapautuminen sedimentistä. Tämän ”sisäisen kuormituksen” kynnyksen ylittyminen riippuu muun muassa vesirungon fysikaalisista oloista sekä orgaanisen aineksen ja raudan määrästä (Lehtoranta ym. 2008).

Jos merkittäviä määriä pohjasta vapautunutta fosforia pääsee levien ulottuville pintakerrokseen, voimistuu ilmakehästä veteen liuenutta typpikaasua sitovien sinilevien eli syanobakteerien tuotanto keski- ja loppukesällä. Sinilevien hajotessa sitoutunut typpi vapautuu veteen typpi-suoloina, jotka ovat myös muille leväryhmille käyttökelpoisia. Ulkoisen typpikuorman kasvu siis lisää orgaanisen aineksen sedimentaatiota erityisesti keväällä ja aiheuttaa välillisesti fosforin vapau-

tumista pohjasta, mikä puolestaan lisää typen sidontaa ja kasvattaa typpivarantoa vedessä (esim. Vahtera ym. 2007).

Koko Itämeren valuma-alueella 71 prosenttia pintavesiin joutuvasta typpikuormituksesta on peräisin hajakuormasta, lähinnä maataloudesta, ja 27 prosenttia yhdyskunnista (HELCOM 2009). Suomen pintavesien typpipäästöistä maatalouden osuus on 53 prosenttia ja yhdyskuntien 15 prosenttia (Pietiläinen 2008). Yhdyskuntien typpikuorman puhdistusaste oli maassamme vuonna 2005 keskimäärin 56 prosenttia. Puhdistusasteessa on paikallisesti suuria eroja: suurimman laitoksen, Helsingin Viikinmäen, typen poistoteho oli vuonna 2005 89 prosenttia, kun teholtaan heikoimpien laitosten poistoteho oli vain 10...20 prosenttia (Pietiläinen 2008). Rannikkovesiin yhdyskuntien typpikuormasta päätyi vuosina 1996 - 2005 keskimäärin 9 600 tonnia vuodessa, mikä on viidesosa Suomen alueelta mereen joutuvasta ihmisen aiheuttamasta typpikuormasta (Taulukko 1). Suomessa yhdyskuntien fosforikuorma on tehokkaalla jätevesien puhdistuksella saatu pienemmään niin, että keskimääräinen puhdistusaste on noin 95 prosenttia. Nykyisin vain noin 6 prosenttia rannikkovesiemme fosforin kokonaiskuormasta on peräisin yhdyskuntajätevesistä.

Taulukko 1. Suomen rannikkovesiin valuma-alueilta ja rannikolta joutuvat ravinnemäärät päästölähteittäin keskimäärin vuosina 1996 - 2005 (tonnia/vuosi, t/v) (Antti Räikel/ VAHTI -tietokanta). Laskelmissa on otettu huomioon ravinteiden pidättyminen sisämaan järviin. Pidättyvä osuus on sitä suurempi mitä suurempi on valuma-alueen järvisyys. Keskimäärin sisävesiin joutuvasta typestä pidättyy 35 prosenttia (Pietiläinen 2008).

Merialue	Yhdyskunnat t/v	Teollisuus t/v	Kalanviljely t/v	Maatalous t/v	Laskeuma järviin t/v	Metsätalous t/v	Hajautus t/v	Hulevedet t/v	Turvetuotanto t/v	Luonnonhuuhtouma t/v	Yhteensä t/v
Perämeri	2330	1360	104	8870	2340	1340	758	53	538	17700	35300
Selkämeri	2310	447	103	7150	815	396	571	65	108	4460	16400
Saaristomeri	972	68	475	4060	128	75	277	30	3	1590	7677
Suomenlahti	4020	694	72	5650	1480	317	936	89	41	3940	17200
Yhteensä	9632	2569	754	25730	4763	2128	2542	237	690	27690	76577

EU:n yhdyskuntajätevesidirektiivi sisältää laitoskohtaiset minimipoistovaatimukset, joiden mukaan avl:n ollessa yli 10 000 jätevesien käsittelyssä tulee poistaa vähintään 70 prosenttia typestä ja/tai 80 prosenttia fosforista silloin, kun jätevedet joutuvat rehevöitymiselle alueille. Suomessa direktiivi on pantu täytäntöön siten, että kaikilla puhdistamoilla toteutetaan biologisen käsittelyn ohella tehostettu fosforin poisto. Tehostettu typen poisto toteutetaan siellä, missä se on puhdistamokohtaisessa ympäristöluvassa katsottu tarpeelliseksi paikallisten olosuhdeiden vuoksi (Pietiläinen 2008).

Tässä artikkelissa arvioidaan, missä määrin yhdyskuntajätevesidirektiivin kategorinen tulkinta, jossa typpeä poistetaan tehostetusti vähintään 70 prosentin teholla kaikissa yli 10 000 avl:n laitoksissa, vaikuttaisi Suomea ympäröivän Itämeren tilaan. Skenaariota verrataan Suomessa noudatettuun direktiivin tulkintaan, jossa typen tehostetun poiston tarve määritellään tapauskohtaisesti. Tarkastelu sisältyy pääosin Suomen ympäristö -sarjassa julkaistuihin raporttiin Yhdyskuntien tyyppikuormitus ja pintavesien tila (Pietiläinen 2008).

Skenaario: yhdyskuntajätevesien 70 prosentin puhdistusasteen vaikutukset Itämereen

Mallinnusarviot tehtiin pohjoisen Itämeren alueelle YVA-SYKE 3D -ekosysteemimallilla (Virtanen ym. 1986, Koponen ym. 1992, Kiirikki ym. 2006). Mallinnuksella arvioidaan tehostetun typenpoiston keskimääräisiä vaikutuksia rehevyyteen viidentenä vuonna skenaarion mukaisen kuormitusvähennyksen jälkeen. Simuloinnin

sääpakote on vuosilta 1995 - 1999. Ravinnekuormituksina mallinnuksessa käytettiin vuosien 1996 - 2005 keskiarvokuormia eri lähteistä. Yhdyskuntien tyyppikuorma ja siihen tehdyt vähennykset perustuvat vain vuoden 2005 aineistoon, koska yhdyskuntien tyyppikuorma väheni selvästi vuosina 1996 - 2005. Vuoden 2005 kuorma kuvaa hyvin myös tämän hetkistä tilannetta.

Mallinnuksessa yhdyskuntien nykyisen tyyppikuormituksen vaikutuksia verrataan skenaarioon, jossa tehostettu typenpoisto toteutetaan kaikilla Suomen yli 10 000 avl:n yhdyskuntajätevesipuhdistamoilla vähintään 70 prosentin tehokkuudella sekä rannikolla että kaikilla Suomen alueelta suoraan Itämereen laskevilla valuma-alueilla (Taulukko 2). Niillä yli 10 000 avl:n laitoksilla, joilla poistoteho oli vuonna 2005 alle 70 prosenttia, se nostettiin skenaariossa tähän tehokkuuteen. Mikäli poistoteho vuonna 2005 oli 70 prosenttia tai enemmän, tehoa ei muutettu (Taulukko 2). Myöskään puhdistamojen fosforinpoistotehoa ei skenaariossa muutettu.

Koska koko Itämeren kuvaavan mallin horisontaalinen tarkkuus (5 x 5 km) on liian karkea sisäsaariston vesien kuvaamiseen, tehtiin Kotkan - Kymijoen edustalle alueellinen mallitarkastelu tiheällä (0,5 x 0,5 km) erotustarkkuudella (Korpinen ym. 2002a). Kuormitusskenaariossa osamallin kohdealueen kokonaistyyppikuorma vähennee yhteensä 548 tonnia/vuosi, mikä on 77 prosenttia skenaarion koko vähennyksestä Suomenlahden rannikolla (Taulukko 3). Tässä mallinnuksessa simulointiaika oli yksi vuosi ja sääpakotteenä käytettiin vuoden 1999 tilannetta. Kummassakin mallinnuksessa ole-

Taulukko 2. Pohjoisen Itämeren malliskenaariorissa käytetyn yhdyskuntien kokonaistyyppikuorman muutos verrattuna vuoden 2005 kuormaan (Pietiläinen 2008).

Merialue	Typen kuormitusmuutos (tonnia/v)
Suomenlahti	- 715
Saaristomeri	- 150
Selkämeri	- 1 051
Perämeri	- 967
Yhteensä	- 2 883

Taulukko 3. Kotkan - Kymijoen edustan malliskenaariorissa käytetyn yhdyskuntien kokonaistyyppikuorman muutos verrattuna vuoden 2005 kuormaan (Pietiläinen 2008).

Typen lähde	Typen kuormitusmuutos (tonnia/v)
Kotka	- 71
Kymijoki	- 476
Yhteensä	- 547

tettiin, että 90 prosenttia yhdyskuntien aiheuttamasta kokonaistyyppikuormituksesta on biologisesti käyttökelpoista (Silvo ym. 2002). Paikallismalli ei ota huomioon sedimentistä vapautuvia ravinteita toisin kuin koko Itämeren malli, jossa tämä tekijä sisältyy laskentaan (Kiirikki ym. 2006).

Typenpoiston tehostaminen 70 prosenttiin kaikilla niillä yli 10 000 avl:n laitoksilla, joilla teho on nykyisin tätä alempi, rannikkovesiin päätyvä tyyppikuorma alenee vajaan 2 900 tonnia vuodessa (Taulukko 2). Kokonaistyyppinä vähennyksen osuus on noin 6 prosenttia ja mallin käyttämänä biologisesti käyt-

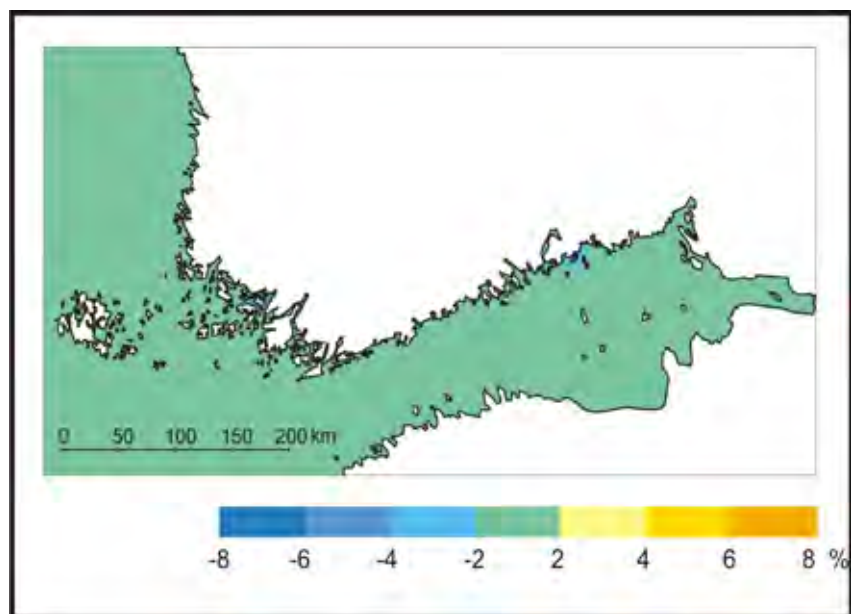
tökelpoisena typpinä noin 8 prosenttia rannikkovesien kokonaiskuormasta.

Itämeren avomerialueilla vaikutukset jäävät mallinnuksen mukaan hyvin vähäisiksi (Kuva 1). Rannikkoalueilla kokonaisleväbiomassan lasku on niin ikään pientä, yleensä alle 2 prosenttia verrattuna nykykuorman vaikutukseen. Kotkan – Kymijoen edustan rannikkovesialueelle ja Saaristomerен sisäosiin malli ennustaa 2...4 prosentin keskimääräistä kokonaisbiomassan vähennystä.

Mallinnuksen perusteella on hyvin todennäköistä, että skenaarion mukainen kuormitusmuutos vaikuttaa vain marginaalisesti avomeren tilaan. Myös rannikkovesien yleistilaan vaikutus on vähäinen. Itämerimallin 5 x 5 km:n erotustarkkuus on liian karkea kuormitusmuutosten vaikutusten paikalliseen tarkasteluun erityisesti sisäsaariston vesialueilla. Malliin liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi muutaman prosenttiyksikön suuruiset muutokset eivät ole tarkkoja arvioita, vaan edustavat lähinnä muutoksen suuntaa. Itämerimallissa on muutokseksi aiemmin tulkittu vähintään 5 prosentin ero malliskenaarion ja mallinnetun referenssitilan välillä (Pitkänen ym. 2007). Paikallismallien sovellutuksissa vastaavana rajana on ollut 2 prosenttia (Korpinen 2002a, 2002b).

Rannikon osamallitarkastelussa Kotkan - Kymijoen edustalla skenaarion mukainen yhdyskuntajäteveden kokonaistypikuorma vähenee noin 550 tonnilla vuodessa. Tämä vastaa 15 prosentin vähennystä vesialueen vastaanottamaan biologisesti käyttökelpoiseen typpikuormaan. Paikallismallin mukaan kasviplanktonin keskimääräinen kokonaisbiomassa vähenee 2...8 prosenttia siten, että se on suurimmillaan kaupungin länsipuolella (Kuva 2). Lähinnä ulkosaaristoon sijoittuvalla vyöhykkeellä, joka on 5...10 km leveä ja noin 50 km pitkä, biomassa vähenee 4...6 prosenttia. Sisäsaaristossa, Kymijoen suuhaarojen edustoilla biomassa ei muutu, koska fosforin saavuus rajoittaa levänkasvua näillä alueilla myös skenaarion mukaisen typpivähennyksen jälkeen.

Päästövähennyksen merkitys on suurimmillaan keski- ja loppukesällä. Tällöin jokien mereen tuoma hajakuorma on yleensä pienempi kuin keväällä ja suhteellisen tasaisesti mereen päätyvän yhdyskuntien typpikuorman merkitys on siten kasvukauden keskimääräisiä oloja suurempi. Kotkan - Kymijoen edustalla saavutetaan heinäsyyskuussa enimmillään 10 prosentin vähenemä kokonaisleväbiomassassa.



Kuva 1. Mallinnettu kasviplanktonin kokonaisbiomassan suhteellinen muutos (%) Suomenlahdella, Saaristomerellä ja eteläisellä Selkämerellä. Merkityillä alueilla kuormitusmuutoksen mallinnettu vaikutus ylitti +/- 2 %.

Johtopäätökset

Mallinnustulosten mukaan yhdyskuntajätevesien puhdistustehon nosto 70 prosenttiin kaikilla yli 10 000 avl:n laitoksilla ei käytännössä vaikuta avointen merialueiden tilaan. Rannikkovesissä typpenpoisto vähentäisi paikoin leväbiomassoja. On ilmeistä, että tässä käytetyn kuormitusmuutoksen mukaisen päästöleikkauksen vaikutukset olisivat Suomen rannikkovesissä merkittävimmät Kotkan - Kymijoen edustalla, jossa 5 prosentin luokkaa oleva keskimääräinen vähenemä kasviplanktonbiomassassa saavutettaisiin 300...400 km² alueella.

Tulosten tulkinnan kannalta huomionarvoisia tekijöitä ovat:

- *Skenaarion kuormitusleikkaus on suhteellisen pieni verrattuna rannikkovesien koko typpikuormaan* (vrt. Taulukko 1). Työn lähtökohtana olevassa kuormitusmuutoksessa rannikkovesiin valuma-alueilta ja rannikon päästölähteistä päätyvä typpen kokonaiskuorma alenee 6 prosenttia ja mallissa käytetty biologisesti käyttökelpoinen typpikuorma 8 prosenttia.
- *Skenaarion mukaisen kuormitusvähennyksen vaikutus avomerialueiden ravinnevirtoihin on hyvin pieni.* Kuormitusvähennyksen laskennallinen osuus on alle 0,5 prosenttia Suomenlahdella ja Pohjanlahdella Itämeren pääaltaaseen siirtyvässä typpivirroista (vrt. Pietiläinen 2009). Perämerestä Selkämereen siirtyvässä typpivirrassa kuormitusvähennyksen laskennallinen osuus on noin yksi prosentti. Perämerellä fosfori rajoittaa perustuotantoa, joten typpen lisäys ei siellä vaikuta lainkaan avomeren tilaan.
- *Pääosa yhdyskuntien typpikuormasta purkautuu mereen fosforirajoitteisilla vesialueilla.* Valtaosa skenaarion mukaisesta typpikuorman pienemisestä kohdistuu jokivesistöihin ja jokisuihin (estuaarit). Jokivesi sisältää perustuotannon kannalta tyyppä yleensä reilusti ylimäärin fosforiin verrattuna. Tällöin jokiveden välittömällä vaikutusalueella ei tapahdu muutoksia, vaikka jokisuulle tuleva yhdyskuntien typpikuorma alenisi merkittävästikin. Sen sijaan

typpikuorman leikkaukset vaikuttavat ”laimentuneina” kauempana jokisuista (vrt. Kymijoki, Kuva 2). Yhdyskuntien typpikuorman ja sen leikkausten suhteellinen vaikuttavuus on rannikkovesissä suurimmillaan keskikesällä, jolloin jokien virtaamat ja niiden tuoma hajakuormitus ovat pienimmillään.

- *Itämerimallin tarkkuus (5 x 5 km) on liian karkea saaristoisille vesialueille.* Koko rannikon mittakaavassa pinta-alaltaan pienet muutokset eivät tule esille koko pohjoisen Itämeren tarkastelussa. Hienomman tarkkuuden osamalli todennäköisesti ennustaisi tilan paranemista myös esimerkiksi Kokemäenjoen edustan rannikkoalueelle, johon skenaariossa kohdistui merkittävä typpikuorman vähennys.

Yhdyskuntajätevesien typen puhdistuksen tehostaminen vähintään 70 prosenttiin kaikilla yli 10 000 avl:n laitoksilla ei juuri vaikuttaisi avoimen Itämeren tilaan. Rannikkovesien tilan paranemista olisi odotettavissa lähinnä kuormituslähteiden tuntumassa lukuun ottamatta jokisui-

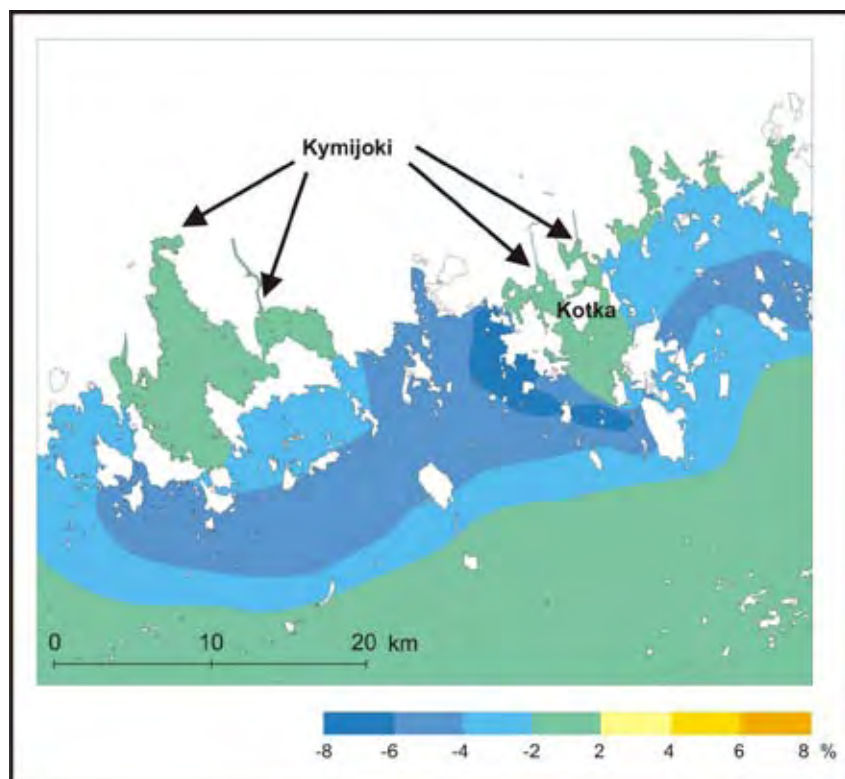
den fosforirajoitteisia alueita. Kotkan – Kymijoen edustan osamallin antama tarkennus Itämerimallin yleiskuvaan osoittaa, että kytkettyjä paikallismallisovelluksia tarvitaan vesiensuojelun apuvälineiksi erityisesti kuormitetuilla, saaristoalueiden rajaamalla vesialueilla.

Typpi on fosforin ohella keskeinen Itämeren rehevöitymistä aiheuttava ravinne ja Itämereen eri lähteistä joutuvia typpipäästöjä tulisi edelleen leikata rehevöitymisen torjumiseksi. Teknisesti on mahdollista poistaa jopa 90...95 prosenttia yhdyskuntajätevesien typestä (Pietiläinen 2008). Jatkossa tulisi selvittää mitkä olisivat kaikkein tehokkaimpien typenpoistovaihtoehtojen ekologiset vaikutukset ja kustannustehokkuus rannikkovesissämme.

Kirjallisuus

Heiskanen, A.-S. 1998. Factors governing Sedimentation and pelagic nutrient cycles in the Northern Baltic Sea. Monographs of the Boreal Environment Research, no. 8. 80 s.

HELCOM 2009. Eutrophication in the Baltic Sea. An Integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment in the Baltic Sea region. Baltic Sea Environment Proceedings no. 155B. 148 s.



Kuva 2. Mallinnettu kasviplanktonin kokonaisbiomassan keskimääräinen muutos (%) Kotkan - Kymijoen edustan rannikkovesialueella (Pietiläinen 2008).

Kiirikki M., Lehtoranta J., Inkala A., Pitkanen H., Hietanen S., Hall P.O.J., Tengberg A., Koponen J. and Sarkkula J. (2006). A simple sediment process description suitable for 3D-ecosystem modelling - Development and testing in the Gulf of Finland. *Journal of Marine Systems* 61 (1-2): 55-66.

Koponen J, Alasaarela E, Lehtinen K, Sarkkula J, Simbierowicz P, Vepsä H & Virtanen M. (1992). Modelling the dynamics of a large sea area. *Publications of Water and Environment Research Institute* 7:1-91.

Korpinen, P. 2002a. Rehevöitymiskehityksen arviointi Kotkan ja Porvoon merialueilla 3D-vesistömallin avulla. *Suomen ympäristö* 587.

Korpinen, P. 2002b. HESPO vesistömalli: ympäristöriskien ja rehevöitymiskehityksen arviointi Helsinki-Espoo-Tallinna merialueella. *Suomen ympäristö* 559.

Lehtoranta, J., Ekholm, P. & Pitkanen, H. 2008. Eutrophication-driven sediment microbial processes can explain the regional variation in phosphorus concentrations between Baltic Sea sub-basins. *Journal of Marine Systems* 74:495-504.

Pietiläinen, O.-P. (toim.) 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. *Suomen ympäristö* 46/2008. 71 s.

Pitkänen, H., Kiirikki, M., Savchuk, O., Räike, A., Korpinen, P. & Wulff, F. 2007. Searching efficient protection strategies for the eutrophied Gulf of Finland: The combined use of one-dimensional and three-dimensional modelling in assessing long-term state scenarios with high spatial resolution. *Ambio* 36: 272-279.

Silvo, K., Hämäläinen, M.-L., Forsius, K., Jouttijärvi, T., Lapinlampi, T., Santala, E., Kaukoranta, E., Rekolainen, S., Granlund, K., Ekholm, P., Räike, A., Kenttämies, K., Nikander, A., Grönroos, J. & Rönkä, E. 2002. Päästöt vesiin 1990-2000. Vesiensuojelun tavoitteiden väliarviointi. *Suomen ympäristökeskuksen moniste* 242. 68 s.

Tamminen, T. & Andersen, T. 2007. Seasonal phytoplankton nutrient limitation patterns as revealed by bioassays over Baltic Sea gradients of salinity and eutrophication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 340: 121-138.

Vahtera, E., Conley, D.J., Gustafsson, B.G., Kuosa, H., Pitkänen, H., Savchuk, O.P., Tamminen, T., Wasmund, N., Viitasalo, M., Voss, M. and Wulff, F. 2007. Complex ecosystem dynamics enhance cyanobacterial bloom formation in the Baltic Sea. *Ambio* 36: 186-194.

Virtanen M, Koponen J, Dahlbo K & Sarkkula J. (1986). Three-dimensional water-quality-transport model compared with field observations. *Ecological Modelling* 31: 185-199. ◆

SUOMELLE MYÖNTEINEN PÄÄTÖS EU:N TYPPIKANTEEESTA

TEKSTI JA VALOKUVA: TUOMO HÄYRYNEN

Euroopan unionin komissio nosti heinäkuussa 2007 Suomea vastaan kanteen, jonka mukaan Suomi ei toimi yhdyskuntajätevesidirektiivin määräysten mukaisesti, koska kaikkien yli 10 000 asukaan taajamien yhdyskuntajätevesistä ei poisteta tehostetusti typpeä. Lokakuussa saatiin EY-tuomioistuimen päätös, jonka mukaan typenpoiston tarve riippuu paikallisista olosuhteista ja siitä, aiheuttaako typpi haittaa alapuolisille vesialueille.

Euroopan yhteisö on antanut toukokuussa 1991 direktiivin 91/271/EY, joka koskee yhdyskuntajätevesien sekä tiettyjen teollisuudenalojen jätevesien keräilyä, käsittelyä ja vesistöön johtamista. Direktiivin tarkoituksena on suojella ympäristöä jätevesien johtamisesta aiheutuvilta haitoilta.

Direktiivin viidennessä artiklassa vaaditaan, että jätevedet on 31.12.1998 alkaen puhdistettava biologisesti ja niistä on poistettava tehostetusti joko fosforia tai typpeä tai kumpakin, jos kysymyksessä on yli 10 000 asukasvastineluvun (alv) taajama ja jätevedet johdetaan haavoittumiselle alttiisiin vesistöihin. Suomi oli vuonna 1994 annetussa valtioneuvoston päätöksessä (365/1994) määritellyt kaikki vesistönsä rehevöitymiselle alttiiksi.

Käsittely paikallisten olosuhteiden mukaan

Jätevesien käsittelyn tarkemmat vaatimukset esitetään direktiivin liitteen taulukossa 1. Typen ja fosforin poistamista koskevassa taulukkoketkissä sanotaan, että paikallisista olosuhteista riippuen käytetään yhtä tai kumpaakin muuttujaa.

”Kanteessaan Suomea vastaan Euroopan unionin komissio tulkitsi direktiiviä ja paikallisia olosuhteita siten, että tehostettua typenpoistoa tulisi vaatia kaikissa Itämeren valuma-alueilla sijaitsevilla yli 10 000 alv:n taajamien yhdyskuntajätevedenpuhdistamoissa”, kertoo yli-insinööri Jorma Kaloinen ympäristöministeriöstä.

Suomen vastineessa todettiin, että taajamien jätevedet käsitellään puhdistamoissa, joilla on oltava ympäristölupa. Lupamenettelyssä yleistä etua edustaa alueellinen ympäristökeskus, joka antaa lausunnon hakemuksesta. Lausunnossa tulee esittää typenpoistoa silloin, kun se ympäristön suojelemisen kannalta on tarpeellista. Suomi katsoi noudattavansa direktiiviä, koska ympäristölupamenettelyssä edellytetään paikallisista olosuhteista johtuen joko fosforin tai fosforin ja typen poistoa.



Kuva 1. Jorma Kaloinen korostaa pitkäjänteisen ympäristöpolitiikan hyötyjä.

Luonnollinen pidättyminen otetaan huomioon

Euroopan yhteisöjen tuomioistuin asettui Suomen kannalle direktiivin tulkinnassa. Sen mukaan direktiivissä ei yksiselitteisesti edellytetä typen poistoa, vaikka yhdyskuntajätevedenpuhdistamon jätevedet virtaavat haavoittumiselle alttiilla alueella sijaitsevaan purkuvesistöön. Typen poiston vaatimus edellyttää tuomioistuimen mukaan sitä, että jätevesien typen ja haavoittumiselle alttiiden alueiden pilaantumisen välillä vallitsee syy-yhteys.

Tuomioistuimen päätös tarkensi direktiivin soveltamista vaatimusten mukaisen typenpoistotarpeen suhteen Suomen vesiensuojeluohjelmissa todetun periaatteen mukaisesti. Tyyppistä rehevöityvien vesien fosforirajoitteisilla valuma-alueilla direktiiviin perustuva typenpoistovelvoite ei laukea, jos vähemmän kuin 30 prosenttia jätevedenpuhdistamolle tulevasta tyyppistä kulkeutuu tyyppistä rehevöityviin vesiin. Tarkastelussa voidaan ottaa huomioon sekä puhdistamolla että fosforirajoitteisissa vesissä tapahtuvan typpipoistuman yhteisvaikutus.

”Tuomioistuimen ratkaisu linjaa direktiivin soveltamisen typenpoiston suhteen koko EU:n alueella. Ratkaisu selkeyttää ja vahvistaa aiempaa kansallista toimintatapaamme ja ympäristölupamenettelyissä tullaan jatkossa ottamaan huomioon EY-tuomioistuimen vahvistama linjaus”, Kaloinen tiivistää.



Hallitsemme vesihuollon koko elinkaaren.

FCG:n suunnittelema Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo voitti vuoden 2009 RIL-palkinnon.

Yksi FCG 1.11.2009 alkaen.

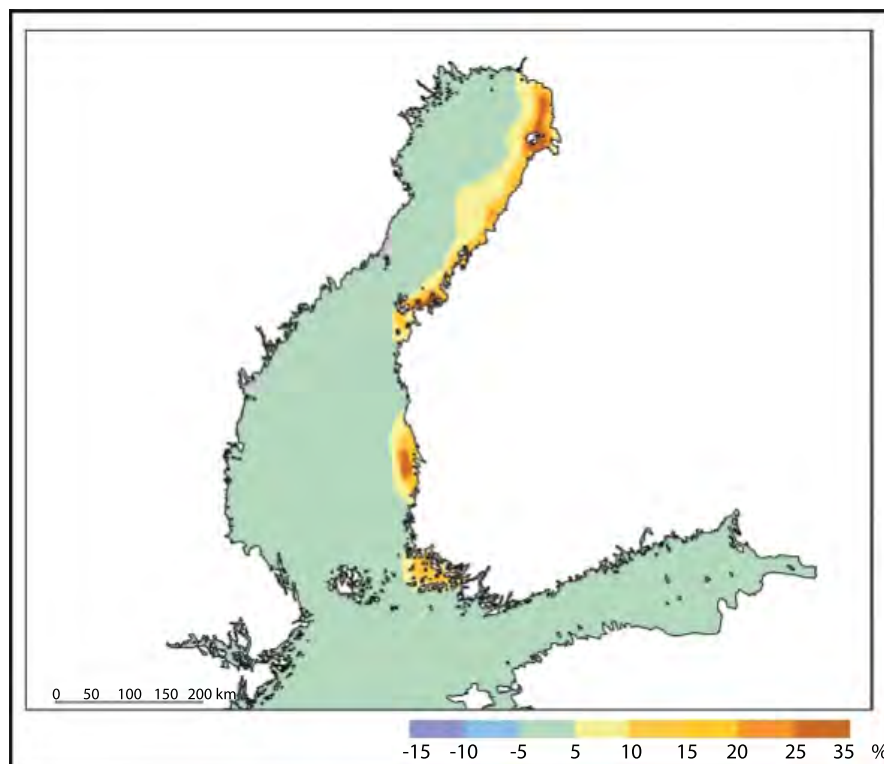
FCG Finnish Consulting Group Oy • FCG – Hyvän elämän tekijät • www.fcg.fi

Pitkäjänteinen ympäristöpolitiikka kannattaa

Oikeuskäsittelyn aikana Suomen ympäristökeskus teki selvitystyötä typpipäästöjen vaikuttavuudesta eri vesialueilla. Aiheesta koottiin myös kirja ”Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila” (Pietiläinen 2008), jossa muun muassa esitetään vertailuja erilaisten toimenpiteiden vaikutuksista Itämeren eri alueiden rehevöitymiseen.

”Suomen ympäristökeskuksen tekemässä selvityksessä esimerkiksi simuloitiin erilaisten jätevesien käsittelyvaihtoehtojen vaikutuksia merialueiden tilan muutoksiin. Selvityksen tuloksia on tarkemmin selvitelty Heikki

Pitkäsen tähän lehteen kirjoittamassa artikkelissa. Tulosten mukaan merien ja rannikkovesien nykyinen tila on selvästi parempi kuin jos jätevesistä poistettaisiin fosforia ja typpeä kumpaakin direktiivin minimivaatimusten mukaisesti. Ympäristönsuojelun tasosta ei siis ole tingitty vaan päinvastoin jo nykyisellään tehokkaan jätevesien puhdistuksen tuloksena rehevöittävä vaikutus vesiin on direktiivin edellyttämää tiukinta tasoa selvästi vähäisempi. Tuomioistuimen päätöksen seurauksena voimme vastaisuudessaakin kohdentaa ympäristönsuojeluresursseja eniten vesien tilaa parantaviin typpikuormituksen vähentämishankkeisiin”, Jorma Kaloinen kertoo



Kuva 2. Suomen merialueiden rehevyyden muutokset (kokonaisleväbiomassa) nykytilaan verrattuna mikäli yhdyskuntajätevesistä poistettaisiin sekä fosforia että typpeä yhdyskuntajätevesistä annetun direktiivin minimivaatimukset täyttävällä tavalla (Pietiläinen 2008).

Kaloisen mukaan on erittäin tärkeää, että kansalliset ympäristönsuojelun ohjelmat ovat laajasti hyväksytyjä, selkeitä ja ajan tasalla. Typpioikeudenkäynnin kaltaisessa tilanteessa pitkäjänteiseen strategiaan oli helppo tukeutua ja toimia johdonmukaisesti, vaikka pitkän prosessin aikana moni asia käsittelevistä virkamiehistä vaihtui..

”Oikeudenkäynti ja tehdyt selvitykset osoittavat, että ympäristöpolitiikkamme on ollut toimivaa ja tehokasta. Meillä on korkeatasoinen yhdyskuntien jätevesien käsittely ja tehostustoimenpiteet kohdistetaan sinne, missä niitä eniten tarvitaan.”

”Oikeusprosessissa eri viranomaisten välinen yhteistyö oli sujuvaa ja tehokasta. Erityisen kiitoksen ansaitsevat vesiensuojeluyhdistykset, jotka tekivät suuren työn laatimalla paikallisia vesistöselvityksiä”, Jorma Kaloinen sanoo.

Kirjallisuus

Pietiläinen, O.-P. (toim.) 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen ympäristö 46. 71 s. ♦

KOKONAISVALTAISTA PUHDISTAMOLIETTEEN HYÖDYNTÄMISTÄ

TEKSTI JA KUVAT: TUOMO HÄYRYNEN

Turun Topinojalla toimiva Biovakka Oy:n biokaasulaitoshyödyntää tehokkaasti Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon lietettä. Mädätysreaktoreissa syntyvää biokaasua käytetään sähkön ja lämmön tuotantoon, ja mädätysjäännöksestä jalostetaan peltolannoitteita ravinnontuotannon tarpeisiin. Kaikki biokaasulaitoksessa käsiteltävä materiaali voidaan palauttaa luonnolliseen kiertoonsa.

Biovakka Oy on vuonna 2002 perustettu yritys, joka keskittyy biokaasun tuottamiseen sellaisista materiaaleista, joiden hyötykäyttö on vähäistä. Energian lisäksi prosesseista saadaan ravinteita käytettäväksi peltoviljelyn lannoitteena.

Yhtiön ensimmäinen tuotantolaitos rakennettiin vuonna 2004 Vehmaalle, Vakka-Suomeen. Vehmaan tuotantoyksikkö on Suomen ensimmäinen suuren mittakaavan keskitetty, useita erilaisia raaka-aineita käsittelevä biokaasulaitos, jonka käsittelykapasiteetti on 120 000 tonnia vuodessa ja energiateho 4 MW.

Toinen tuotantolaitos perustettiin Turkuun, Topinojalle. Se aloitti toimintansa joulukuussa 2008. Laitokselle toimitetaan noin 60 000 tonnia lietettä vuodessa Turun Kakolanmäen yhdyskuntajätevedenpuhdistamolta. Topinojalla on kaksi 3500 m³ mädätysreaktoria, joiden energiantuotannon kokonaiskapasiteetti on 4 MW. Siitä 3 MW toimitetaan Turun Energia Oy:n kaukolämpö- ja sähköverkkoon. 1 MW käytetään Topinojan laitoksen omaan tarpeeseen.

Biovakka jatkaa uusien biokaasulaitosten perustamista ympäri Suomea; ympäristölupamenettely on käynnissä uusien laitosten perustamiseksi Lapuulle, Jämsänkoskelle ja Nastolaan. Biovakka Oy:n tekninen päällikkö Janne Lehtonen arvioi konseptilla olevan hyvät menestymisen mahdollisuudet.

”Ympäristöystävällisen uusiutuvan energian kysyntä on lisääntynyt ja keinolannoitteiden valmistuskustannukset ovat nopeassa nousussa ja raaka-aineista voi tulla jopa pulaa. Suomen lainsäädännössä on kuitenkin vielä monia esteitä, jotka tekevät ravinteiden järkevä kierrätyksen hankalaksi. Monet mieltävät tällaisen toiminnan vieläkin jätteen käsittelyksi, vaikka kyse on materiaalin kokonaisvaltaisesta hyödyntämisestä”, sanoo Lehtonen

Biokaasua mädätysprosessista

Topinojalle tuleva puhdistamoliete sisältää kuiva-ainetta noin 20 prosenttia. Lieite laimennetaan vastaanottoaltaissa prosessivedellä siten, että kuiva-ainepitoisuus laskee 12 prosenttiin, mikä on sopiva koostumus mädätysreaktorin toiminnalle.

Massan hygienisointiin on kaksi vaihtoehtoa; käsittely tun-



Kuva 1. Strippauskolonneissa ammoniakki erotetaan rejektivedestä.

nin ajan 70 °C lämpötilassa tai 20 minuutin käsittely 3 bar paineessa ja 133 °C lämpötilassa. Käsittelyllä varmistetaan se, että esimerkiksi rikkakasvien siemenet ja taudinaiheuttajat poistuvat massasta, ja valmistettavat ravinteet ovat turvallisia elintarviketuotannon käyttöön.

Mädätysreaktorit ovat jatkuvatoimisia ja liete viipyy siellä kolmen viikon ajan. Mädätys tapahtuu täysin suljetussa ja hapettomassa reaktorissa, 37 °C lämpötilassa. Mädätyksen aikana noin puolet lietteen orgaanisesta aineesta hajoaa metaaniksi (CH₄) ja hiilidioksidiksi (CO₂). Syntynyt metaani eli biokaasu johdetaan säiliöön, josta se on käytettävissä energian tuotantoon.

Mädätteestä ravinteet hyötykäyttöön

Mädätetty liete eli mädäte käsitellään jälkikaasuuntumista taassa käymisen katkaisemiseksi ja pumpataan kuivauslingoille. Erotettu kuiva-aines voidaan hyödyntää ilman jatkokäsittelyä peltolannoitteena. Syntyvä rejektivesi siirretään erilliseen typhen talteenottojärjestelmään.



Kuva 2. Janne Lehtonen käipaa asennemuutosta kierrätyskeskusteluun. Biokaasulaitoksella puhutaan materiaalien hyödyntämisestä eikä jätteen käsittelystä.



Kuva 3. Topinojan biokaasulaitos käsittelee noin 60 000 tonnia puhdistamolietettä vuodessa.



Kuva 4. Mädatteestä erotettu kuiva-aine kelpaa lannoitekäyttöön ilman jatkokäsittelyä.

Talteenottojärjestelmässä vesi siirretään ilmastusaltaan aktiivilieteprosessiin, josta se pumpataan selkeyttimeen ja pH-arvo nostetaan lipeän avulla 9,5:een. Emäksinen neste sprinklaataan 8 metriä korkeaan strippauskolonniin, johon puhalletaan vastavirtana ilmaa. Koska lähes kaikki nesteen ammoniakki on vapaassa muodossa, se lähtee ilmapirran mukaan kohti pesuria, jossa ammoniakki pestään happamaan liuokseen. Näin muodostuu puhdasta ammoniumsulfaattia ((NH₄)₂SO₄), jota käytetään nestemäisenä lisäravinteena kasvien rikintarpeeseen ja tehostamaan niiden typenkäyttöä.

Puhdas ilma palautetaan takaisin strippauskolonniin ja jäljelle jäänyt puhdistettu rejektivesi johdetaan kiertovesisäiliöön, josta sitä käytetään edelleen vastaanotettavan lietteen laimentamiseen. Yli jäävä vesi palautetaan takaisin viemäriverkostoon.

”Olemme ensimmäinen yritys Suomessa, jolle Elintarvike- turvallisuuksivirasto (EVIRA) antoi luvan markkinoida puhdistamolietepohjaista mädätysjäännöstä sellaisenaan lannoitevalmisteena. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT on tehnyt viiden vuoden ajan viljelykokeita näillä tuotteilla ja saanut hyviä tuloksia. Tuotteilla pystytään palauttamaan takaisin pelloille ravinteita ja humusta, jotka hidastavat eroosiota sitoen kasvien tarvitsemia tärkeitä maa-aineksia”, kertoo Janne Lehtonen. ♦

RAVINNEVUOT VESIPUITEDIREKTIIVIN RAJOJEN POIKKI SUOMENLAHDELLA



ALEKSI NUMMELIN
E-mail: aleksi.nummelin@helsinki.fi

Kirjoittaja on toiminut Merentutkimuslaitoksella tutkimusavustajana ja opiskelee tällä hetkellä geofysiikkaa Helsingin yliopistossa.

PETRA ROIHA
Ilmatieteen laitos
E-mail: petra.roiha@fmi.fi

TAPANI STIPA
Ilmatieteen laitos
E-mail: tapani.stipa@fmi.fi



Kuva 1. Vesipuitedirektiivin määrittämät rajat A ja B. Raja A on Suomenlahden ulkosaariston itäisen ja läntisen osan yhdistetty ulkoraja ja se kulkee Venäjän rajalta Hankoon. Raja B jakaa Suomen rannikkoalueen Porkkalan kohdalta itäiseen ja läntiseen osaan. (Kuva: Evagulf final report, edit Nummelin).

Viime aikoina ovat Itämeren suojelutoimenpiteistä käydyssä keskustelussa olleet esillä Pietarin alueen jätevesien, sekä omien kaupunkiemme ja maatalouden ravinnekuormituksen suhteelliset vaikutukset rannikkovesien tilaan. Artikkelissa valotetaan fysikaalis-biogeokemiallisen malliaineiston tuottamien ravinnevuiden ja virtauskenttien avulla eri tekijöiden suhteellisia osuuksia rannikkovesiemme ainetaseessa, sekä aineiston antamia mahdollisuuksia Itämeren ja erityisesti Suomenlahden tilan tutkimisessa.

EU:n vesipuitedirektiivi edellyttää kansallisten vesialueiden, myös rannikonläheisten alueiden ekologisen tilan seuranta ja raportointia, sekä tilan ohjaamista aluekohtaisesti määritellyn tavoitteen suuntaan. Merialueilla ohjaukeinojen valintaa vaikeuttaa rannikkoalueen vedenvaihto avomeren kanssa, jonka vaikutukset rannikkoalueen ravinnetaseeseen tunnetaan huonosti. Vedenvaihdon vaikutuksia on myös vaikea määrittää havaintojen avulla.

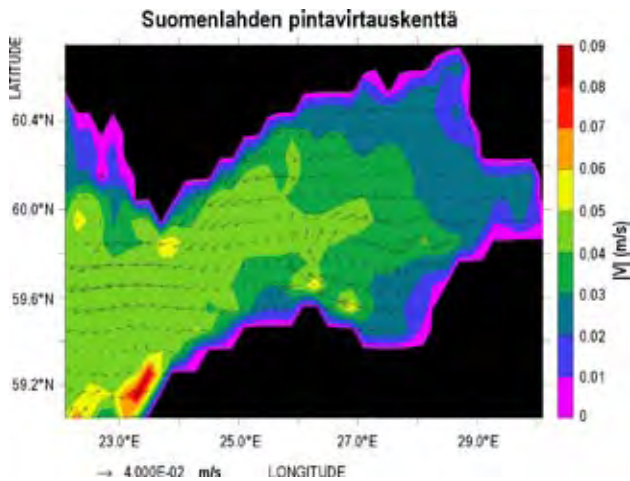
Numeerisilla merimalleilla lasketaan nykyään jatkuvasti (operatiivisesti) Itämeren ja sen osien, kuten Suomenlahden, tilaa ja kehitystä. Tämän tyyppinen aineisto tarjoaa kustannustehokkaan mahdollisuuden Itämeren tilaan vaikuttavien tekijöiden laajamittaiseen analyysiin. Tässä työssä käytetty data on peräisin Merentutkimuslaitoksen, nykyisin Ilmatieteen laitoksen, operatiivisesta fysikaalis-biologisesta Itämerimallista.

Operatiivisen mallin ennusteista muodostetun aikasarjan perusteella voidaan tutkia esimerkiksi ravinteiden kulkeutumista Suomen rannikkoalueille ja niiltä pois. Mallitutkimuksen avulla on mahdollista selvittää onko esimerkiksi avomereltä Suomen merialueille tuleva ravinnevuoto vuoden aikana positiivinen vai negatiivinen ja kuinka suuri se on verrattuna muuhun kuormitukseen. Mallitulosten avulla voidaan selvittää myös ravinteiden vaihtoa Itämeren altaiden välillä ja ravinteiden kulkeutumisen vaikutus tietyn alueen kokonaisravinnemäärään.

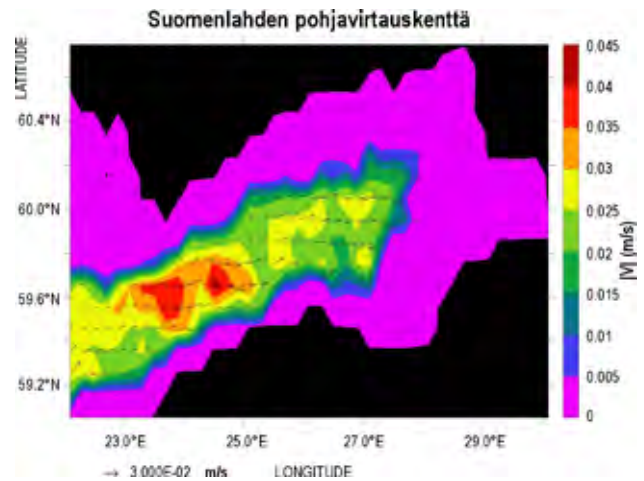
Perustuotanto ja virtaukset vaikuttavat eri tavoin

Malliaineisto on muodostettu Merentutkimuslaitoksella vuodesta 2003 käytössä olleen operatiivisen mallin tuottamista aikasarjoista (Stipa ym. 2003). Mallin päivittäisistä ravinne- ja virtauskentistä on laskettu ravinnekuljetus pinta-ala- ja aikayksikköä kohti kertomalla tarkasteltuja vesipuitedirektiivin rajoja vastaan suuntautunut virtaus sen kuljettamalla ravinnemäärällä. Näin on saatu ilmeisesti ensimmäinen kattava arvio avomeren ja vesipuitedirektiivin määrittelemän rannikkoalueen välisestä ravinnevaihdosta. Keskimääräiset virtauskentät ja ravinnevuot EU:n vesipuitedirektiivin määrittämien rajojen yli on esitetty kuvassa 1.

Vuot laskettiin Suomenlahdella vesipuitedirektiivin määrittämien rajojen läpi (Kuva 1) fosfaatin (PO_4), nitraatin (NO_3), silikaatin (SiO_4) ja suolan osalta. Ajallisesti keskityttiin kevääseen (huhti-toukokuu) ja kesään (kesä-elokuu), jotka ovat ravinteiden käytön ja vaikutusten kannalta mielenkiintoisimpia. Huhti-toukokuussa toistuu vuosittainen piilevien ja panssarisiimalevien kevätkukinta, joka kuluttaa nopeasti pintakerroksen ravinteet. Kesä-elokuussa taas sinilevien kukinta vaikuttaa ravinnepitoisuuksiin. Tuloksista nähdään selvästi kevätkukinnan vaikutus



Kuva 2. Huhti-elokuun pintavirtauskenttä (keskiarvo 1...10 m syvyydeltä), yksikkö m/s. (Kuva: Nummelin 2008).



Kuva 3. Huhti-elokuun pohjavirtauskenttä (keskiarvo 50...60 m syvyydeltä), yksikkö m/s. (Kuva: Nummelin 2008).

tus ja paikoin esimerkiksi fosfaattivuoto laskee kesällä alle puoleen kevään arvoista.

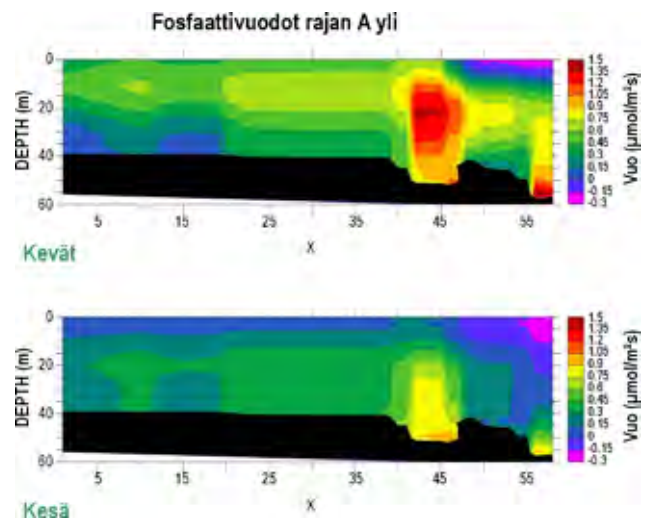
Pääasiassa fosfaattivuon intensiteetti on huhti-toukokuussa 0,4...0,7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ja kesä-elokuussa 0,2...0,4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, ylimmän 10 metrin osalta kesäkauden fosfaattivuon intensiteetti on kuitenkin vain 0...0,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (Kuva 4). Muiden ravinteiden osalta tulokset ovat samanlaisia ja muun muassa nitraatin ja silikaatin vuorot alentuvat pintakerroksessa alle 0,5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ vaikka niiden arvot ovat yleensä kertaluokkaa suuremmat kuin fosfaatilla.

Pintakerroksessa vuot ajautuvat lähelle nollaa sekä vähäisten ravinnepitoisuuksien että virtauksen takia. Virtauksiin vaikuttavat voimakkaasti tuulet, jotka ovat kesällä heikkoja ja suunnaltaan vaihtelevia, jolloin virtauksen keskiarvo jää lähelle nollaa. Pohjan läheisissä kerroksissa ravinnevuot eivät juuri muutu, koska siellä ravinteet eivät merkittävästi kulu biologisissa prosesseissa ja myös virtauskenttä on pintaan verrattuna vakaampi.

Vuon intensiteetin jakaumassa nähdään selvä trendi kaikkien ravinnevoien osalta: keväällä suurimmat vuot keskittyvät 10...20 metrin syvyyteen, kun vastaavasti kesällä vuon suurimmat arvot sijoittuvat 20...40 metrin syvyydelle.

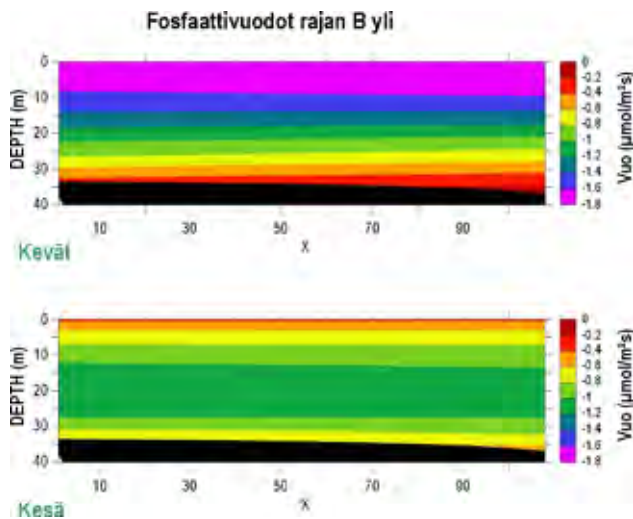
Suomenlahdella pintavirtauksessa (keskiarvo 1...10 m syvyydeltä, Kuva 2) vallitsevia tekijöitä ovat verraten voimakas idästä länteen suuntautuva ulosvirtaus lähellä Suomen rannikkoa, sekä laaja myötäpäivään pyörivä pyörre Narvanlahdella, virtauksen intensiteetti on keskimäärin 1...10 cm/s. Nämä tekijät määrittelevät virtauskenttää aina noin 40 metrin syvyydelle saakka, minkä jälkeen virtaus alkaa muuttua pohjavirtaukselle tyypillisemmäksi. Pohjavirtaus (keskiarvo 50...60 m syvyydeltä, Kuva 3) on hyvin homogeeninen ja suuntautuu lännestä itään, virtauksen intensiteetti on kuitenkin pintavirtaukselta hitaampi pääosin 1...5 cm/s. Näin ollen pohjan läheisen veden ravinnemäärät ovat vastaavasti pintavettä suuremmat, sillä vuon arvot eivät juuri laske siirryttäessä pinnalta kohti pohjaa.

Vuot rajan A (Kuva 4) yli ovat pääosin heikkoja, koska virtaus on lähes sen suuntainen. Käytännössä Suomen ve-



Kuva 4. Fosfaatin (PO_4) vuot vesipuitedirektiivin määrämien rajan A läpi, yksikkö $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. X-akseli on abstrakti, piste 25 on Kotkan, piste 39 Helsingin ja piste 51 Hangon edustalla. Intensiteetin voimistuminen ja negatiivinen vuo pinnassa noin x-akselin pisteen 50 kohdalla johtuvat rajan A kääntymisestä virtaukselle vastakkaiseksi Hangon edustalla. Positiiviset arvot ovat kohti Suomen rannikkoa ja negatiiviset kohti ulkomerta. Ylempi: huhti-toukokuu, alempi: kesä-elokuu. (Kuva: Nummelin 2008).

sialueella ravinteet kulkeutuvat idästä länteen ja ravinteiden vaihto avomerialueen kanssa on heikkoa. Ravinnevuot Suomenlahden rannikkoalueen itäiseen ja läntiseen osaan jakavan rajan B (Kuva 5) yli ovat rajan A ylittäviin voihin verrattuna keskimäärin hieman voimakkaampia ja intensiteetin jakaumaltaan homogeenisempia, johtuen poikkileikkauksen muodosta (poikkileikkaus on laskettu suoraa reittiä pitkin). Ravinteiden osalta voissa näkyy erittäin selkeästi pinnan ravinteiden väheneminen kevään ja kesän välillä sekä maksimi-intensiteettien laskeminen kevään 10...20 metrin syvyydeltä kesän 20...30 syvyydelle. Fosfaattivuon osalta maksimiar-



Kuva 5. Fosfaatin (PO_4) vuot vesipuitedirektiivin määrämän, Porkkalasta noin 20 kilometriä etelään ulottuvan, rajan B läpi, yksikkö $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. X-akseli on abstrakti, Porkkalanniemi on pisteessä 0. Negatiiviset arvot ovat kohti läntistä, positiiviset kohti itäistä Suomenlahtea. Ylempi: huhti-toukokuu, alempi: kesä-elokuu. (Kuva: Nummelin 2008).

vojen vaihtelu on vieläkin suurempaa, keväällä 0...10 metrin pintakerroksesta kesän 20...25 metriin. Vaihtelu selittyy suurelta osin virtauskentän vaihteluilla, sekä pinnan ravinteiden vähenemisellä. Toisaalta käytetty malli ei ota kaikkia tekijöitä huomioon ja pintakerroksen ravinteet vähenevät malliajon edetessä enemmän kuin todellisuudessa. Tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon virtauksen suunta lasketun poikkileikkauksen suuntaan nähden, sillä vuon arvot vaihtuvat nopeasti kun virtauksen ja poikkileikkauksen välistä kulmaa muutetaan.

Kuvassa 6 on esitelty typen, fosforin ja piin kokonaiskulkeumat rajan A yli, eli rannikon ja ulkomeren välillä. Kotkan kaupungin ympäristö- ja yhteiskuntavastuun raportissa vuodelta 2004 todetaan Kymijoen Suomenlahteen tulevan ravinnekuorman vuonna 2003 olleen 4 kilotonnia typpeä (N) ja 0,12 kilotonnia fosforia (P). Laskettaessa kuvasta 6 yhteen kunkin aineen negatiiviset ja positiiviset vuot saadaan nettovuoksi ulkomereltä kevään ja kesän aikana noin 570 kilotonnia typpeä (N) ja 200 kilotonnia fosforia (P). Verrattaessa näitä arvo Kymijoen kuormitukseen huomataan, että sen osuus kokonaiskuormituksesta fosforin ja typen osalta on alle prosentin luokkaa. Tämä kertoo meressä jo tällä hetkellä olevasta suuresta ravinnemäärästä. Vaikka kokonaiskuvaa dominoikin ulkomereltä tuleva ravinnevuo, on Kymijoenlahtea kuitenkin merkitystä paikallisesti. Ravinteet eivät leviä mereen tasaisesti vaan suuri osa jää lähelle päästölähdettä, etenkin kun makea, merivettä kevyempi jokivesi ei heti sekoitu koko vesipatsaaseen.

Lopuksi

Tuloksista nähdään, että virtauksilla on varsin suuri alueellinen vaikutus ravinnevuon intensiteettiin. Virtauskenttä on etenkin keskiarvoistettuna pidemmän ajan yli varsin muuttumaton. Ravinnepitoisuudet sen sijaan vaihtelevat huomattavasti.

tavan paljon vuodenaikojen mukaan, kuten edellä on esitetty. Voiden intensiteetti muuttuu kevään ja kesän välillä, mutta voimakkuuden alueellinen jakauma pysyy usein lähes samana juuri virtauskentän vaihtelusta johtuen. Niinpä etenkin virtausten luotettavuutta ja tarkempaan mallintamiseen on pyrittävä, sillä niiden merkitys on huomattava varsinkin tulosten tulkinnan kannalta. Virtauskentän virheet on helppo tulkita ravinnepitoisuuksissa tapahtuvina muutoksina, mikä johtaa väärin loppupäätelmiin. Analyysin pohjana olleen mallidatan tarkkuus kärsii tyypillisesti mallin reuna-alueilla, kuten rannikon ja pohjan lähellä. Ravinteiden osalta tarkkuus heikentyy ajan kuluessa, sillä malliajot perustuvat lähinnä alkuarvokenttiin. Analyysi tehtiin virhelähteiden minimoimiseksi mallidatan alkupäästä ja keskiarvoistettiin ajan suhteen, joten tuloksia voidaan näin ollen pitää varsin luotettavina.

Yhteenveto

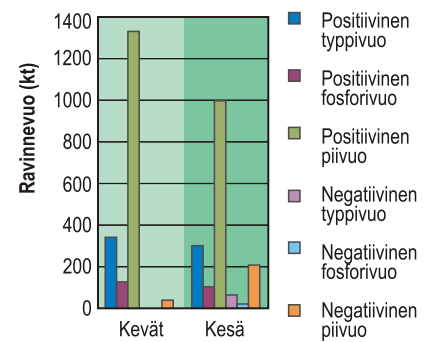
Fysikaalis-biogeokemiallisen Suomenlahtea kuvaavan mallin antamien tulosten analyysiä tehtiin 2004 vuoden huhti-joulukuulle ulottuvasta aineistosta. Laajasta aineistosta voidaan tehdä vertailua eri vuosien välillä ja etsiä yhteyksiä esimerkiksi ravinnevoiden, valunnan, levien määrän sekä virtausten välille. Kun ravinteiden kulkeutuminen tunnetaan tarkasti, voidaan niiden lähteet ja sitä kautta vähentäminen kohdentaa entistä tarkemmin. Analyysin perusteella voidaan sanoa, että vuon intensiteetin alueelliseen vaihteluun vaikuttaa ennen kaikkea virtauskenttä, joka on ajan suhteen varsin muuttumaton. Ajallisesti ravinnepitoisuuksilla on suurempi vaikutus voimakkuuteen, sillä ne vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Näin ollen tietyillä alueilla pistekuormitus saattaa jäädä vain paikalliseksi ongelmaksi, kun toisaalla voimakkaat virtaukset saattavat siirtää kuormituksen kauas varsinaisesta lähteestä. Työ on tehty pääosin EU-rahoitteiseen (Eurooppaan aluekehitysrahasto, EAKR) Evagulf -projektiin liittyen.

Kirjallisuus

Stipa Tapani, Morten Skogen, Ian Sehested Hansen, Anders Eriksen, Inga Hense, Anniina Kiiltomäki, Henrik Søiland, and Antti Westerlund. 2003. Short-term effects of nutrient reductions in the North Sea and Baltic Sea as seen by an ensemble of numerical models. *Meri - Report Series of the Finnish Institute of Marine Research* 49: 43-70.

http://www.fimr.fi/fi/tutkimus/projekti/fi_FI/evagulf/18.07.2008

http://www2.kotka.fi/suravi/kert_04/pdf/ymparisto_raportti.pdf ◆



Kuva 6. Mallituloksista integroidut typen, fosforin ja piin kokonaiskulkeumat rajan A yli kilotonneina, ajalta kevät-kesä. Positiiviset vuot ovat kohti rannikkoa ja negatiiviset kohti ulkomerta.

MENETELMIÄ PINTA- JA POHJAVEDEN VUOROVAIKUTUKSEN SELVITTÄMISEKSI

Turun yliopiston geologian laitos käynnisti syksyllä 2008 yhteistyössä Pyhäjärvi-instituutin kanssa ensimmäisenä Suomessa tutkimuksen, jossa kuvataan yksityiskohtaisesti pohjaveden ja pintaveden välistä vuorovaikutusta. Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen tarkoituksena oli kehittää ja testata tutkimusmetodiikka järveen purkautuvan pohjaveden havainnoimiseksi. Pintaveden ja pohjaveden vuorovaikutus on pitkään askarruttanut sekä Säkylän Pyhäjärven alueen asukkaita että järven parissa työskenteleviä tutkijoita. Järveen purkautuvan pohjaveden rooli järven ekosysteemissä lienee luultua suurempi.



KIRSTI KORKKA-NIEMI
FT, hydrogeologian dosentti
Turun yliopisto, geologian laitos
E-mail: kirsti.korkka-niemi@utu.fi

Kirjoittaja toimii yliopistonlehtorina Turun yliopiston geologian laitoksella. Hän on tutkinut ja opettanut hydrogeologiaa, hydrogeokemiaa ja maaperän geokemiaa yli 15 vuoden ajan. Tutkimusteemat ovat käsitelleet etenkin pohjavesivaroja, niiden hallintaa ja niihin kohdistuvia ympäristövaikutuksia sekä pohjaveden laatuksymyksiä.

ANNE RAUTIO
LuK
Turun yliopisto, geologian laitos

MARJO TARVAINEN
FT
Pyhäjärvi-instituutti

ANNE-MARI VENTELÄ
FT, toimialapäällikkö, vesistöt
Pyhäjärvi-instituutti

ANDREW WIEBE
BSc
University of Waterloo,
Dep. of Earth Science

Vesivarojen tutkimuksessa ja hallinnassa on perinteisesti keskitytty joko pintavesiin tai pohjavesiin. Pinta- ja pohjavedet ovat kuitenkin lähes aina vuorovaikutuksessa keskenään. Pohjavedet voivat purkaa vettä järviin ja jokiin tai saada täydennystä pintavesistöjen kautta. Pohjavesien saastuminen voi vaikuttaa pintavesistöjen veden laatuun heikentävästi, ja päinvastaisessa tilanteessa pintavesien saastuminen voi vaikuttaa pohjaveden laatuun heikentävästi. Pohja- ja pintavesien kemiallisten ja fysikaalisten vuorovaikutusten selvittäminen ja ymmärtäminen on oleellista pinta- ja pohjavesiä koskevien tutkimusten ja selvitysten oikeellisuuden takia.

Tutkimuskohteena Säkylän Pyhäjärvi

Säkylän, Euran ja Yläneen kuntien alueella sijaitseva Pyhäjärvi (Kuva 1) on Lounais-Suomen suurin järvi, jonka pinta-ala on 154 km². Rantaviivaa järvellä on 80 km ja sen keskisyvyys on 5,4 metriä, suurimman syvyyden ollessa 26 m. Pyhäjärven veden laatua uhkaa liiallisen ravinnekuormituksen aiheuttama rehevöityminen. Pyhäjärvellä on toteutettu runsaasti erilaisia suojelutoimia muun muassa ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi. Pyhäjärvi on ollut jo vuosikymmeniä intensiivisen tutkimuksen kohteena muun muassa kalastonsa ja vesiensuojelutoimiensa ansi-

osta. Järvi laskee pohjoisosasta alkavaa Eurajokea pitkin Selkämereen. Järven veden pintaa säännöstellään Eurajoessa olevalla padolla.

Pyhäjärven virkistyskäyttölinen merkitys on erittäin suuri. Pyhäjärven puhdas vesi on tärkeä edellytys alueen asukkaiden virkistyskäytön lisäksi myös ammattikalastajille, elintarvike- ja paperiteollisuudelle, matkailuyrittäjille ja alueen viljelijöille. Järvi toimii myös Euran kunnan raakavesilähteenä. Järvi on nykyisin myös merkittävä täplärapujärvi. Osa järvestä kuuluu Natura 2000 -verkostoon merkittävien lintu- ja luontoarvojen perusteella.

Järven välittömässä läheisyydessä on kolme pohjavesialuetta (Kuva 2). Honkalan, Uudenkylän ja Kauttuan pohjavesialueet sijaitsevat Kuivalahti-Säkylänharju sivuharjulla ja niiden sorainen ja hiekkainen harjuaines on kerrostunut jäätikön sisäiseen sivujokitunneliin, joka on lopulta yhtynyt päätunneliin Säkylänharjun kohdalla. Kauttuan pohjavesialueella on ottamo, jonka vedestä osa on Pyhäjärvestä imeytettyä tekopohjavettä. Honkalan ottamo on suljettu pohjavesialueella 1990-luvun alussa havaitun pohjaveden pilaantumisen vuoksi. Koska Pyhäjärvestä ja sen ympäristön pohjavesivaroista on olemassa paljon tutkimus- ja seurantatietoa, on järvi luonnollinen kohde tälle pilottitutkimukselle.

Miten tutkitaan?

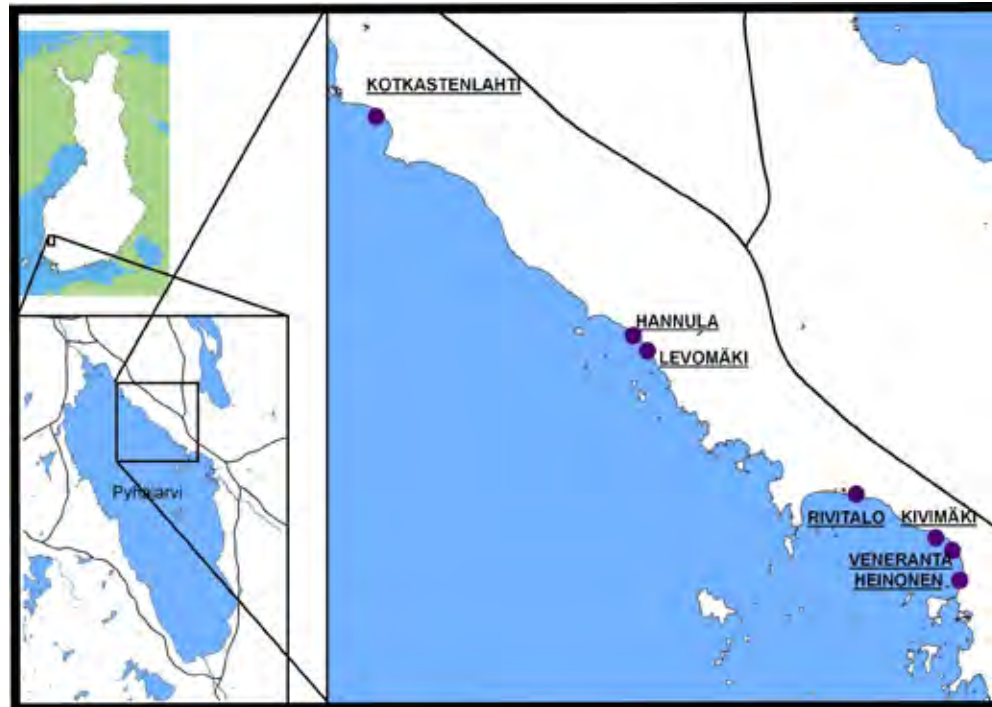
Pinta- ja pohjavesien vuorovaikutuksen tutkimiseen on kehitetty ja sovellettu useita tutkimusmenetelmiä (Rosenberry et al. 2008). Tutkimusalueen fysikaaliset ja hydrologiset olosuhteet samoin kuin vuorovaikutusten laajuus vaikuttavat siihen, mikä tutkimusmenetelmä kohdealueelle parhaiten soveltuu. Pohjaveden muodostumisalueille mahdollisia soveltuvia tutkimusmenetelmiä ovat pohja- ja pintaveden virtausmallinnus, virtausverkko-analyysi, merkkiainekokeet, ilmakuvauus ja lämpökuvauus. Pohjaveden muodostumisaluetta pienemmille paikallisille tutkimusalueille soveltuvia tutkimusmenetelmiä ja –laitteita ovat suotomittarit, mini-pietsometrit, veden laadun mittaus ja sedimentin lämpötilamittaus. Tutkimus- ja mittausmenetelmiin liittyvien epävarmuustekijöiden takia on aina suositeltavaa käyttää useampaa kuin yhtä menetelmää. Tässä pilottihankkeessa testattiin lähinnä paikallisia tutkimusmenetelmiä.

Järven lähdepaikat esiin

Paikat, joissa pohjavettä suotautuu järveen eli niin sanotut lähdepaikat kartoitettiin järven koillisosalta. Tehokkaimmaksi lähdealueiden kartoitusmenetelmäksi havaittiin paikallisten asukkaiden kuuleminen ja talvella hiihtämällä tapahtunut järven rantaviivan kartoitus. Pohjaveden lämpötila pysyy tasaisena ympäri vuoden, joten talvella purkautumispaikat eivät jäädy lainkaan (Kuva 3) tai jään päällä oleva lumi on kosteaa ja jää heikkoa. Kesällä järveen purkautuva pohjavesi on puolestaan viileämpää kuin järvivesi. Pohjavesi ja järvivesi eroavat toisistaan myös muilta fyysikaalisilta ja kemiallisilta ominaisuuksilta: pohjaveden sähkönjohtavuus on kaksinkertainen ja pH puolestaan yhden yksikön alhaisempi järviveteen verrattuna. Kesällä pohjaveden purkautumispaikat voitiinkin osoittaa havainnollisesti järven pohjasedimentin lämpötilaeroja sekä rantaveden lämpötila-, pH- ja sähkönjohtavuuseroja (Kuva 4).

Varmasti pohjavettä?

Pohjaveden purkautuminen voidaan varmistaa vertailemalla pintavesistön vedenkorkeuden ja eri kohdista mitattujen pohjaveden pinnankorkeuksien



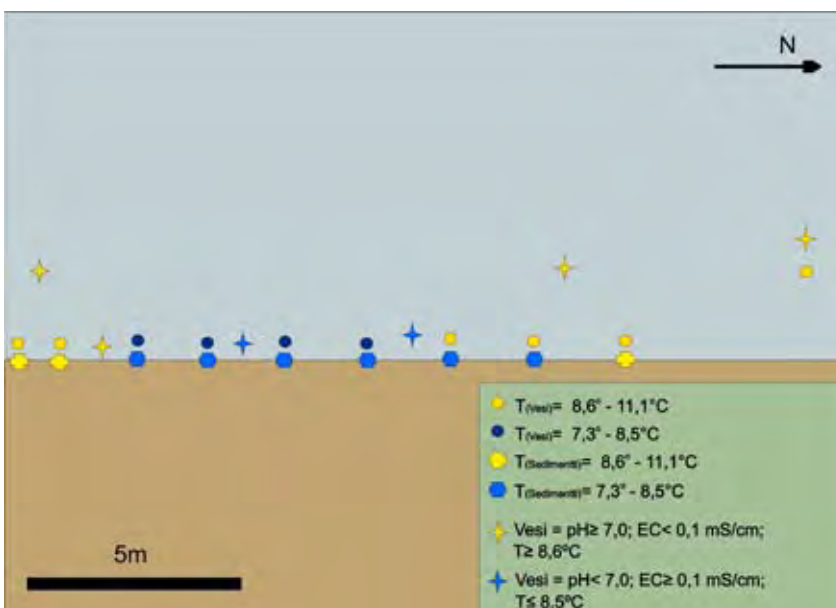
Kuva 1. Tutkimuskohteet Säkylän Pyhäjärvellä.



Kuva 2. Pyhäjärven ympäristön pohjavesialueet (aineisto Suomen ympäristökeskus: Oiva-tietokanta).



Kuva 3. Pohjaveden purkautumispaikka on helppo havaita talvella sulapaikkana rannan tuntumassa. Pohjaveden lämpötila on talvella selvästi järveden lämpötilaa korkeampi. Kivimäen ranta.

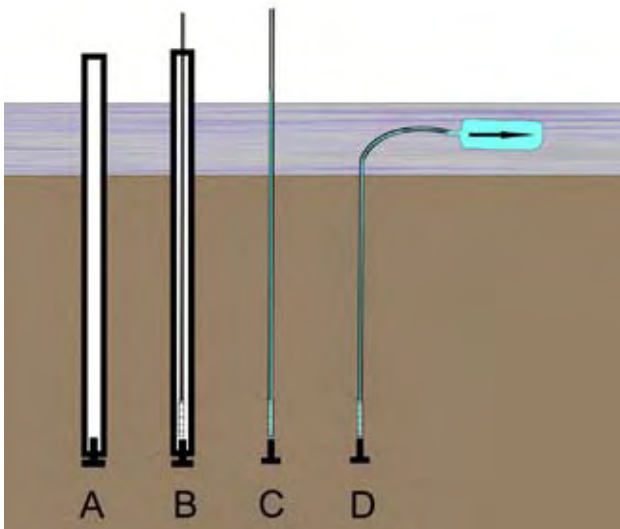


Kuva 4. Veden ja sedimentin lämpötilamittaukset sekä veden sähköjohtavuusmittaukset Kivimäen tutkimuskohteessa syksyllä 2008.

välisiä eroja. Tämä tarkastelu voidaan tehdä järven ranta-alueelle asennettavista mini-pietsometriputkista (Lee and Cherry 1978, Rosenberry et al. 2008). Mini-pietsometri koostuu taipuisasta muoviputkista, jonka alaosassa on siivilä (Kuva 5). Mini-pietsometri asennetaan halutulle syvyydelle sedimenttikerrostumiin teräksisen asennusputken avulla. Mini-pietsometriavulla voidaan saada nopeasti tietoa vertikaalisen hydraulisen gradientin suunnasta ja suuruudesta järvillä, joilla ja kosteikoilla. Asentamalla niitä eri syvyyksille voidaan havaita järven purkautuva pohjavesi ja toisaalta tilanne, jossa vettä imeytyy järvestä pohjavesimuodostumaan (Kuva 6).

Mini-pietsometreista voidaan ottaa myös vesinäytteitä ja Pyhäjärvellä niitä käytettiin kahden eri merkkiaineen näytteenottoon. Honkalan akviferissa on tapahtunut kuivapesulatoiminnasta aiheutunut pohjaveden pilaantuminen tetra- ja trikloorieteenillä (Artimo 2001). Honkalan akviferin on oletettu purkavan pilaantunutta pohjavettä Pyhäjärven Heinosen, Venerannan ja mahdollisesti myös Kivimäen kohdalla. Näiltä kohteilta analysoitiin tetra- ja trikloorieteenipitoisuus järven purkautuvasta pohjavedestä (Taulukko 1). Näytteet otettiin mini-pietsometreista sekä yhdestä talousvesikaivosta. Analyysitulokset osoittavat, että likaantunutta pohjavettä purkautuu järven Heinosen ja Venevaran kohdalla ja että tetrakloorieteenipitoisuudet ovat vähintään sitä suuruusluokkaa kuin mitä Artimo on vuonna 2001 ennustanut mallintaessaan matemaattisesti kyseisen pilaantuneen akviferin luontaista puhdistumista. Ennuste vuodelle 2010 oli 10...30 µg/L (Artimo 2001).

Syksyllä 2008 otettiin seitsemän happi-isotooppinäytettä Pyhäjärven vedestä, lähdealueiden rantavedestä ja järven purkautuvasta pohjavedestä. Tulosten perusteella happi-isotooppikoostumukset järvedessä ($\delta^{18}\text{O}$ noin -8% SMOW) ja pohjavedessä ($\delta^{18}\text{O}$ noin -12% SMOW) poikkeavat toisistaan selvästi (Taulukko 2). Veden happi-isotooppimääritys onkin erinomainen tapa varmistaa, että mitattu järven purkautuva vesi on pohjavettä ja että mittalaitteistot toimivat.



Kuva 5. Kaaviokuva mini-pietsometrin rakenteesta ja asennuksesta. A= asennusputki, jonka pohjassa on asennuspultti, B= mini-pietsometri asennusputken sisällä, C= asennusputki on poistettu ja mini-pietsometri on asennettu haluttuun sedimenttikerrokseen. Siivilä (7 cm) on mini-pietsometrin alaosassa, D = mini-pietsometriin on liitetty mittauspussi joko imeytyvän tai purkautuvan veden määränmittaamiseksi tai pohjavesinäytteen ottamiseksi.

Taulukko 1. Mini-pietsometreista (MP) ja talousvesikaivosta otetuista näytteistä mitatut tetra- ja trikloorieteenipitoisuudet.

Näytteenotto-paikka	Tutkimusalue	Tetra- ja trikloorieteeni yhteensä (µg/l)	Trikloorieteeni (µg/l)	Tetrakloorieteeni (µg/l)
MP	Heinonen	Ei todettu	< 0,5	< 0,5
MP	Heinonen	108	13	95
MP	Veneranta	48	5,8	42
MP	Kivimäki	13	1,2	12
Kaivo	Kivimäki	3	< 0,5	2,9

Taulukko 2. Veden happi-isotooppikoostumuksen vaihtelu näytteissä, jotka on otettu joko mini-pietsometereistä (MP), suotomittarista (SM), matalasta rantavedestä tai järvivedestä.

Näytteenotto-paikka	Tutkimusalue	Veden laatu	δ ¹⁸ O (SMOW)
MP	Heinonen	Pohjavesi	-12,14
Rantavesi	Heinonen	Seos	-8,09
MP	Veneranta	Pohjavesi	-12
Rantavesi	Veneranta	Seos	-8,22
SM	Kivimäki	Pohjavesi	-12,04
Rantavesi	Kivimäki	Seos	-8,26
Järvivesi	Kivimäki	Pintavesi	-8,05



Kuva 6. Kolme mini-pietsometriä asennettuna eri syvyyksille Kivimäen tutkimuskohteessa. Pohjaveden pinnan korkeudet on merkitty vaakaviivoilla ja ilmoitettu etäisyytenä järven pinnasta. Mitä syvemmällä minipietsometrin siiviläosa on (syvyys), sitä korkeammalla pohjavesipinta on. Tämä osoittaa, että pohjavesi purkautuu järveen ko. pisteessä.

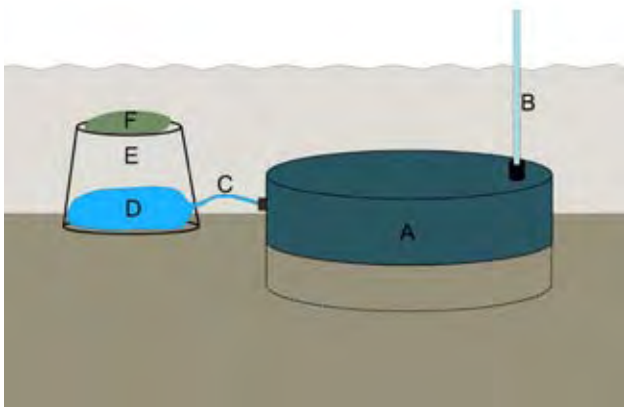
Paljonko pohjavettä järveen purkautuu?

Suotomittarit ovat yleisimmin käytettyjä mittalaitteita vesivirtauksen määrän mittaamiseen sedimentti-vesi rajapinnalta. Yksi yleisimpiä suotomittarimalleja on puolitynnyri-suotomittari (kuvat 7 ja 8), joka valmistetaan leikkaamalla muovista tai metallisesta tynnyristä pohjaosa. Tällä suotomittarilla voidaan eristää ympyränmuotoinen osa pintavesistön pohjasta ja mitata vesimäärän muutosta tynnyriin kiinnitettyllä muovisella mittapussilla ajan funktiona (Lee 1977, Rosenberry 2008). Pohjaveden virtausnopeus Pyhäjärveen vaihteli suuresti eri mittauspaikoilla ja oli pääsääntöisesti suuruusluokkaa $10^{-3} \dots 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{s}$. Suotomittareita käytettiin myös keräämään näytteitä järveen purkautuvasta vedestä. Myös aiemmin kuvatuista mini-pietsometreista voidaan arvioida purkautuvaa vesimäärää varsinkin silloin, kun suotomittareita on vaikea asentaa esimerkiksi järven pohjan kivikkoisuuden vuoksi.

Puuttuva lenkki järven ekosysteemin ymmärtämisessä

Tämän pilottitutkimuksen tulokset ovat lupaavia ja jo nyt on selvää, että testattuja menetelmiä voidaan käyttää hyödyksi vesistötutkimuksissa sekä vedenhankinta-tutkimuksissa. Tutkimustuloksia voidaan soveltaa ja käyttää järvien tilan, kehityksen sekä kunnostustarpeen arvioinnissa, sillä pohjaveden suotautuminen järveen vaikuttaa väistämättä sen pohjan happitilanteeseen, sedimentaatioon, pohjasedimentin laatuun ja järviveden laatuun.

Pyhäjärven osalta tutkimusta jatketaan vuosina 2009 ja 2010. Jatkossa selvitetään laajemmin Pyhäjärveen purkautuvaa pohjavettä, sen määrää, laatua ja vaikutusta järven pohjan kasvillisuuteen, vesitaseeseen, ravinnetaseeseen ja sitä kautta myös järven veden tilaan ja järven ekologiaan. Nyt esi-



Kuva 7. Kaaviokuva suotomittarin rakenteesta ja toiminta-periaatteesta. A= Suotomittarin sylinteri, joka on valmistettu muovitynnyristä, B= ilmaletku, C= mittausletku, D= mittauspussi, E= mittauspussin suoja-astia, F= suoja-astian paino.



Kuva 8. Järven pohjasedimenttiin asennettu suotomittari ja siihen kytketty mittapussi, joka on peitetty suojaverkolla mittapussin paikallaan pysymisen varmistamiseksi.

teltyjen menetelmien lisäksi tullaan käyttämään ainakin biologisia indikaattoreita, tarkennettua vesitase- ja ravinnetasetarkastelua sekä laajemmin erilaisia merkkiaineita.

Pyhäjärvellä pohjaveden purkautuminen selittää luultavasti monia aiemmin selittämättömiä asioita, kuten sulat paikat jäässä ja järveden laadun paranemisen vähäateisina aikoina. Pinta- ja pohjavesien välisen suhteen ymmärtäminen tulee lisäämään ymmärrystä järven ekosysteemin toiminnasta ja tuottaa tärkeää tietoa Pyhäjärven suojelutyöhön. Lisäksi se parantaa mahdollisuuksia arvioida ilmastomuutoksen vaikutuksia Pyhäjärveen.

Kirjallisuus

- Artimo, A. 2001. Säköjärven Honkalan likaantuneen akviferin mallinnus. Kirjoituksia Pohjavedestä. 3. Ympäristögeologian päivät. Turku, 13. – 14.3. 2000. Salonen, V.-P., & Korkka-Niemi, K. (toim) Turun yliopisto: Geologian laitos: pp. 235–250.
- Korkka-Niemi, K., Rautio, A, Wiebe, A. 2009. Methods for investigating groundwater surface water interaction at Lake Pyhäjärvi, SW Finland. In: 6th National Geological Colloquium 4.-6.3.2009, [Helsinki] : program and abstracts. Publications of the Department of Geology. Series A 3. Helsinki: University of Helsinki, 28.
- Lee, D.R. 1977. A device for measuring seepage flux in lakes and estuaries. *Limnology and Oceanography* 22 (1), pp. 140–147.
- Lee, D.R. and Cherry, J.A. 1978. A field exercise on groundwater flow using seepage meters and mini-piezometers: *Journal of Geological Education*, v.27, p.6–20.
- Rosenberry, D.O., and LaBaugh, J.W. 2008. Field techniques for estimating water fluxes between surface water and ground water: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 4-D2, 128 p.
- Wiebe, A., Rautio, A. and Korkka-Niemi, K. 2009. Methods for Investigating Groundwater-Surface Water Interaction at Lake Pyhäjärvi, SW Finland. University of Turku, Department of Geology. Unpublished report. 47 p. 💧

www.slatek.fi

Vesihuollon monipuolinen yhteistyökumppani

30 VUOTTA SLATEK

- Kokonaisvaltainen palvelu
- Pitkä kokemus alalta
- Innovatiivinen ja asiakaslähtöinen tuotekehitys
- Luotettava ja helppohoitoinen laitevalikoima
- Motivoituneet ihmiset

SLATEK **SLATEK SERVICE**

MITÄS JOS YRITTÄISIMME TEHDÄ HAJAVESIASETUKSESTA JOTAIN JÄRKEVÄÄ!

”Kas Längelmävesi tuolla voin hopeisin hohtelea...”



ESKO MELONI
Enopop Tmi
E-mail: emelonienopop@gmail.com

Kirjoitus saapunut toimitukseen 4.8.2009

Valtioneuvoston 1.1.2004 voimaan tullut asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (542/2003), jatkossa hajavesiasetus, on vaikuttanut nyt yli viiden vuoden ajan.

Asetuksen tavoitteena on ”vähentää talousjätevesien päästöjä ja ympäristön pilaantumista ottaen erityisesti huomioon valtakunnalliset vesiensuojelun tavoitteet”. Pyrkimyksenä on itse asiassa nostaa koko Suomen haja-asutusalueella asuvan väestön jätevedenkäsittelyn taso lähes samalle tasolle kuin asutuskeskuksissa. Käytännössä tämä tarkoittaa tehokasta orgaanisen aineen ja ravinteiden poistoa jätevesistä: orgaaninen aine 80...90, fosfori 70...85 ja typpi 30...40 prosenttia. Näitä puhdistusvaatimuksia on vaikea täyttää ilman jäteveden biologis-kemiallista käsittelyä. Yksittäiselle omakotitalolle asetuksen toimeenpano merkitsee yleensä oman jätevedenpuhdistamon hankkimista ja kunnossapitämistä. Puhdistamoinvestoinnin kokonaiskustannukset ovat lähes 10 000 euroa.

Asetus koskee kaikkia viemäriverkoston ulkopuolella sijaitsevia asuin-kiinteistöjä, niin uusia kuin vanhojakin, uusia heti ja vanhoja viimeistään kymmenen vuoden siirtymäajan kulluttua. Operaatio ei ole pieni; se koskee yli miljoonaa suomalaista ihmistä ja 350 000 kiinteää asumusta sekä lisäksi yli 475 000 loma-asuntoa. Uusien kiinteistöjen osalta asetuksen toimeenpanossa ei ole ollut suurempia ongelmia. Syykin on selvä: jätevesijärjestelmä on rakennusluvan edellytys. Kuten tiedetään, vanhojen kiin-

teistöjen omistajia asetus ei sen sijaan ole suuremmin houkutelut, vaan eteneminen on ollut nihkeää. Tähän mennessä vain muutama prosentti kiinteistöistä on uusintu jättevesiensä käsittelyyn.

Puhdistamoinvestoinnit eivät etene läheskään toivotulla nopeudella ja vaikuttaa siltä, että kansalaiset viittaavat asetukselle niin sanotusti kintaalla. Jos mitään ratkaisevaa ei tapahdu, odotettavissa on mitä suurimmalla todennäköisyydellä massiivinen jatkoajaka-anomusten ryöppy vuonna 2014. Jatkoajaka saa hyvillä syillä viisi vuotta (alunperin neljä, mutta 2005 annettiin yksi vuosi lisää), joten on täysin mahdollista, että vuoden 2020 tienoilla, siis kymmenen vuoden päästä, tilanne on hyvin samanlainen kuin nyt.

Viranomaiset ovat toimineet ja haja-asutuksen jätevesityöryhmä istuu

Ympäristöviranomaiset ovat myös havainneet tilanteen ja käynnistäneet erilaisia toimenpiteitä asetuksen toimeenpanon jouduttamiseksi. Muun muassa seuraavia toimia on toteutettu:

- Koulutus- ja neuvottelutilaisuudet. Varsinkin alueelliset vesiensuojeluyhdistykset ovat olleet aktiivisia, samoin kunnat ja ympäristökeskukset. Erilaisia oppaita on kirjoitettu lukuisia.
- Julkisuuskampanjat. Hajavesiasiaa on tuotu aktiivisesti esiin lehdistössä sekä muun muassa eri alojen messujen yhteydessä.
- Rahoitusmahdollisuuksia on yritetty kehittää ja avustusrahaa puhdistamoinvestointeihin onkin jonkin verran saatu.

Toimenpiteistä huolimatta selvitykset ovat osoittaneet, ettei asia etene, vaan haja-alueiden asujaimisto odottaa rauhallisesti tilanteen kehittymistä.

Ympäristöministeriö asetti 25.5.2007 työryhmän, jonka tehtävänä on edistää hajajätevesiasetuksen toimeenpanoa ja koordinoita eri osapuolten yhteistyötä. Työryhmän puheenjohtajana toimii hallitusneuvos Ulla Kaarikivi-Laine ympäristöministeriöstä, ja siinä on edustettuna suuri ja monipuolinen joukko eri intressitahoja. Työryhmä on toiminut tomerasti. Kokouksia on pidetty kerran kuussa, yhteensä yli 20 kappaletta, asiantuntijoita on kuultu, ja muistioita on syntynyt.

Työryhmä kokosi keskuudestaan pienryhmän, joka kesällä 2008 alkoi kehitellä viranomaisille ja asiantuntijoille tarkoitettua tulkintaopasta, eräänlaista katekismusta, jonka avulla pyritään asetuksen toimeenpanoa edistämään. ”Opasryhmän tavoitteena oli laatia vuoden 2008 loppuun mennessä luonnos hajajätevesien oppaasta ehdotuksena hajajätevesiryhmälle. Evästyksenä oppaan laatimiselle olivat selkeys ja yleispätevyys, kohderyhminä alan toimijat kuntien ympäristö- ja rakennusvalvonnassa, jätevesijärjestelmien suunnittelijat sekä puhdistamolaitteita ja –rakenteita markkinoivien yritysten asiantuntijat.” Näin todetaan opasryhmän raportin 11. luonnoksen esipuheessa.

Nyt opas alkaa olla valmis. Sen odotettiin olevan käytettävissä 20. – 26.4.2009 eri puolilla Suomea vietetyn jätevesiviikon aikana, mutta näin ei käynyt, vaan opas valmistunee lopullisesti vasta syksyllä. Itse hajajätevesityöryhmä jatkaa toimintaansa tämän vuoden loppuun.

Asetuksen ongelmia selvittämään ja toimeenpanoa vauhdittamaan nimettiin 15.6.2009 alkaen selvitysmies, jonka tehtävänä on asetuskirjeen otsikon mukaan ”selvittää haja-asutusalueiden jätevesien käsittelystä annetun asetuksen toimeenpanon nykytilaa, siinä ilmenneitä ongelmia **ja tehdä tarvittavat muutosehdotukset**” (lihavointi kirjoittajan). Selvityksen tekee oikeustieteen lisen-siaatti Lauri Tarasti, ja toimeksianto päättyy 15.12.2009.

Kritiikkiä

Helmikuussa 2008 TV1:n toimit-taja Martti Backman teki hajave-siasetuksesta MOT-ohjelman ni-mellä ”Hyttysenpäästö Itämeressä”. Ohjelmassa asetettiin kyseenalaisiksi Suomen ympäristökeskus SYKE:n las-kelmat haja-asutuksen aiheuttamasta fosforikuormituksesta ja erityisesti ve-sistöihin saakka päätyvän fosforin mää-rästä. Backmanin arvio vesistöön pää-sevästä fosforista oli vähän yli kolman-nes siitä, mitä SYKE esittää (150 t/a vs. 400 t/a). Ympäristöviranomaiset eivät vastanneet kritiikkiin.

Ohjelmaa seuranneessa blogikeskus-telussa esitettiin kymmenittäin raivok-kaita kommentteja ja tuotiin esiin ase-tuksen epäkohtia kuten kohtuuttomat investointikustannukset (yleisen arvion mukaan 2...3 miljardia euroa), järjenvas-taisuus ja epäoikeudenmukaisuus (”miksi minulta vaaditaan biologis-kemiallista jätevesien käsittelyä, kun naapurin isäntä ajaa peltoonsa tonneittain sianpaskaa?”) sekä pienpuhdistamoiden toimintaon-gelmat. Martti Backman itse osallistui aktiivisesti keskusteluun. Hän kirjoitti lopuksi muun muassa seuraavaa:

”On mahdollista, että jossakin Suomessa joidenkin sakokaivojen pääs-töt voivat aiheuttaa pisteittäistä haittaa vesistöille ja vaarantaa pohjavedenkin. Mutta viranomaisille voidaan kyllä sää-tää valtuudet näiden ongelmakohteiden kuntoon laittamiseen ilman, että siihen pakotetaan koko miljoonainen haja-asu-tuksen väestö miljardien eurojen kustan-nuksella. Kysymys on suhteellisuuden tajusta ja kustannustehokkuudesta.”

Viranomaiset eivät reagoineet, aina-kaan omilla nimillään.

Kommentit ovat relevantteja. Var-sinkin nyt lamakautena, kun kustan-nusten merkitys korostuu entisestään.

Puhdistamoiden toimivuudesta on tehty useita selvityksiä. Tulokset ovat masentavia:

- Juha Niemi ja Tero Myllyvirta sel-vittivät vuonna 2007 kolmenkym-menenkahden Uudellamaalla sijait-sevan kiinteistökohtaisen pienpuh-distamon toimintakykyä (Niemi & Myllyvirta 2007). Puhdistamot oli-vat uusia, valtaosa oli ollut toimin-nassa vasta vähän yli vuoden ajan.

Analyysitulosten mukaan 70 pro-senttia puhdistamoista ei täytännyn asetuksen ehtoja vähintään yhden päästöparametrin osalta. Näytteitä otettiin pääsääntöisesti vain yksi per puhdistamo.

- Kokemäenjoen vesistön vesiensuoje-luyhdistys tutki vuonna 2008 kaksi-kymmentä kiinteistökohtaista pien-puhdistamoja ja päätyi samanlaisiin tuloksiin kuin Niemi ja Myllyvirta (Heino 2008). Tutkituista puhdis-tamoista alle puolet täytti fosforin osalta asetuksen ankaramman vaa-timuksen, 70 prosenttia lievem-män. Laitokset olivat kahta lukuun ottamatta peräisin 2000-luvulta. Yksi oli rakennettu vuonna 1995 ja yksi, biosuodatin, vuonna 1981. Tässäkin selvityksessä otettiin kusta-kin puhdistamosta vain yksi näyte.

Asetuksen ongelmia

Asetuksessa on runsaasti vaatimuksia, joiden mukaan puhdistamon omistajan on tehtävä jotakin. Nämä vaatimukset ovat todellisuudessa vain hurskaita toi-vomuksia. Mitään todellista pakkoa ei oikeasti ole, vaan koko asetus on raken-nettu toiveiden varaan. Asetuksessa sa-notaan muun muassa seuraavaa:

- On oltava käyttö- ja huolto-ohjeet
- Ohjeiden on täytettävä vaatimukset
- Ohjeet on säilytettävä kiinteistöllä
- **Järjestelmää on käytettävä ja huol-lettava ohjeiden mukaisesti**
- Lieite on kuljetettava ja käsiteltävä siten kuin jätelaisissa säädetään
- SYKE:n on seurattava laitteistoja ja tuloksia. Tieto tulee saattaa kansa-laisten helposti saatavaksi.

Tosiasiaa näitä **on tehtävä** -vaati-muksia ei valvota millään tavalla, vaan kaikki perustuu vapaaehtoisuuteen. Esimerkiksi sakokaivojen tyhjennys-tä ei Suomessa valvo kukaan, vaan ko-ko järjestelmä perustuu omistajan lain-kuuliaisuuteen. Skandinaviassa, siis Ruotsissa, Tanskassa ja Norjassa, sako-kaivojen määrärajoin tapahtuva tyhjen-nys on kuntien vastuulla.

Vaatimukset ovat monissa tapauksis-sa kohtuuttomia. Usein riittäisi pelkkä fosforin (kemiallinen) poisto, minkä jäl-keen vesistön itsepuhdistuskyky hoitai-si loput. Onhan samaan itsepuhdistus-

kykyyn luotettu silloinkin, kun paperi- ja sellutehtaiden BOD- päästöt olivat kymmeniä tonneja vuorokaudessa. Nyt, kun sellutehtaan päivittäiset päästöt alkavat olla enää luokkaa 1000 kiloa vuorokaudessa, ovat vesistöt yhtäkkiä käyneet niin herkiksi, että yksittäisen omakotitalon 250 grammaa vuorokaudessa on liikaa! On todella helppo ymmärtää mummonmökkin omistajaa, joka purkaa biologis-kemiallista puhdistamovaatimustaan katsellessaan mitä naapurissa tapahtuu.

Mitä voitaisiin tehdä?

Ei pyrittäisi heti väkipakolla rakentamaan maahan puolen miljoonan valvomattoman biologis-kemiallisen pienpuhdistamon verkostoa, vaan edettäisiin asteittain ja pidettäisiin huolta siitä, että toimenpiteet myös toteutuvat ja tuloksia valvotaan. Edetä voisi esimerkiksi seuraavasti:

- Sakokaivot saatetaan kuriin. Määräajoin tapahtuva tyhjentäminen tehdään pakolliseksi ja kunnan hoitamaksi.
- Fosforinpoisto, yleensä kemiallinen saostus, toteutetaan kaikilla asuinkiinteistöillä, myös olemassa olevilla biologisilla pienpuhdistamoilla – joita on yllättävän paljon. Kiinteistöissä, joissa on muoviviemärit, kemikaali voidaan annostella lämpimissä sisätiloissa, ja muodostunut liete erotetaan sakokaivossa. Annostelulaitteiston kokonaiskustannus on 500 ... 1000 €.
- Suuriin mökki- tai vastaaviin keskittymiin toteutetaan biologis-kemiallinen käsittely ”heti” – joka yksittäispuhdistamoin tai osuuskuntapuhdistamoin.
- Vielä nykyään kokonaan ilman puhdistamoa toimivat ”isot” kuormittajat kuten ravintolat, lomakylät ja vastaavat majoituslaitokset varustetaan kunnollisella puhdistuksella välittömästi.
- Tehdään selvä suunnitelma, jota myös noudatetaan. On käytettävä harkintaa, vaatimukset eivät saa johtaa kohtuuttomuuksiin tyyliin mummonmökki ja naapurin sikala.
- Alueet priorisoidaan: ”Voimavarat jätevesijärjestelmien kunnostamisen edistämiseksi tulisi suunnata ympäristönsuojelullisesti merkittävälle

alueille, kuten rannat ja pohjavesialueet... Alueilla, joissa jätevesijärjestelmien uusimisella ei saavuteta selkeää ympäristönsuojelullista hyötyä, tulee harkita, millaisia investointeja kiinteistönhaltijoilta voidaan vaatia”, toteaa Satu Heino Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksestä (Heino 2008).

Ilman pakkoa ja valvontaa asiasta ei tule mitään. Jos halutaan, että asetus tuottaa tuloksia, on pakollinen huoltosopimus pienpuhdistamoille välttämätön, samoin puhdistamon suorituskyvyn testaaminen eli määräajoin toteutettava näytteiden otto ja analysoiminen. Toiminnan pohjaksi voisi ottaa norjalaisen Goodtech Biovac- puhdistamotoimittajan mallin (Kujala-Räty & Valve 2003), jossa huoltomies käy kaksi kertaa vuodessa puhdistamolla ja suorittaa seuraavat tehtävät:

- Tarkistaa ja puhdistaa puhdistamon laitteet ja toiminnan
- Tarkistaa säiliöiden lietteilanteen ja tilaa tyhjennyksen yhteistyössä laitoksen omistajan kanssa. Lietteen tyhjennys ja poiskuljetus on kunnan vastuulla.
- Tarkastaa puhdistetun veden ulkonäön
- Tarkastaa kemikaalitalanteen ja vaihtaa tarvittaessa kemikaaliastian
- Täyttää ja kuittaa huoltokirjan

Puhdistettu vesi analysoidaan joka viides vuosi.

Loppukaneetti

Jos näin tehdään, asetuksesta voi olla ihan oikeaa hyötyä Suomen vesistöille. Jos taas härkäpäisesti arvovaltasyistä pidetään kiinni nykyisestä hajavesiasetuksesta, aiheutetaan mittavat vahingot ihmisten lainkuuliaisuudelle ja kukkarolle ilman, että ympäristöä juurikaan hyödytetään. Saamme maahan satojatuhansia hoitamattomia ja toimimattomia pienpuhdistamoita, ja vuonna 2014 kunnat hukutetaan jatkoaikahakemusten tulvaan.

Tästä on hyvin tietoinen myös ympäristöministeriö. Tulee olemaan mieleenkiintoista nähdä, mihin suuntaan kehitys kehittyy. Selvitysmiehellä on totisesti töitä!

TOPCON

Kaapelien ja putkien kartoituksiin, kaapelinäyttöihin, suunnittelumittauksiin.

Kameralla varustettu yhdistetty GIS- ja RTK-vastaanotin

Topcon GRS-1

- GIS-vastaanotin (tarkkuus 30 cm)
- Päivitettävissä RTK-vastaanottimeksi (tarkkuus 1 cm)
- Kevyt ja pienikokoinen, paino vain 0,7 kg



Täysin uudessa hintaluokassa!!

Lukemattomia käyttökohteita...

Suomenkielinen mittaushjelma. Taustakarttojen käyttö on mahdollista. Windows Mobile™ -käyttöjärjestelmän ansiosta GRS-1 on käytettävyydeltään huippuluokkaa.

www.topgeo.fi

TOPGEO TOPGEO OY
Sarkatie 3-5, 01720 Vantaa
Puh. (09) 534 033

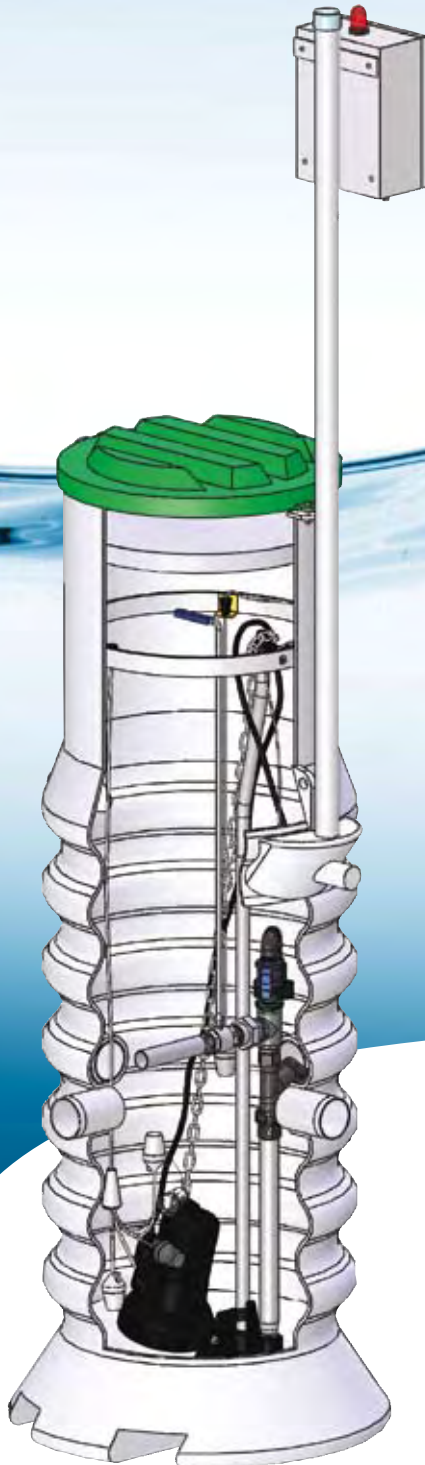
Kirjallisuus

- Valtioneuvoston asetus 542/2003 talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Helsinki, 11.6.2003.
- Hajajätevesityöryhmän asettamiskirje YM012:00/2007. Helsinki, 25.5.2007.
- Toimeksianto selvittää haja-asutusalueiden jätevesien käsittelystä annetun asetuksen toimeenpanon nykytilaa, siinä ilmenneitä ongelmia ja tehdä tarvittavat muutosehdotukset. YM9/052/2009. Helsinki, 5.6.2009.
- Hyttysenpäästö Itämeressä – näin ympäristövaltaa käytetään Suomessa. <http://yle.fi/mot/mb080218/kasikirjoitus.htm>.
- Suomen ympäristökeskus MUTU. <http://blogit.yle.fi/mot/suomen-ymparistokeskus-mutu>.
- Juha Niemi & Tero Myllyvirta, Selvitys haja-asutusalueen jätevesien pienpuhdistamoiden toimivuudesta. Itä-Uudenmaan ja Porvoon vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y., 2007, 47 s.
- Satu Heino, Kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien toimivuus, kokemuksia 20 kiinteistöltä Pirkanmaalla. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu 582, 2008, 38 s.
- Katriina Kujala-Räty & Matti Valve, Kiinteistökohtainen jätevesien käsittelyjärjestelmä tarvitsee ammattitaitoisen huoltomiehen. Tekniikka ja Kunta 6/2003, 31 – 33. ♠

Varma valinta markkinajohtajalta

KUN LAATU RATKAISEE.

Suomessa jo tuhansia Lining pumppaamoja.



Lining PRO800

KIINTEISTÖKOHTAINEN JÄTEVEDENPUMPPAAMO

- ▶ Lining PRO800 pumppaamo täyttää kaikki viranomaisten asettamat vaateet.
- ▶ Tilava 800 mm halkaisijaltaan oleva kestävä säiliö, itseankkuroituvaa.
- ▶ Säiliössä useita pitkään kokemuksen perustuvia ratkaisuja.
- ▶ Kattava lisävaruste tarjonta, laponestoventtiili, lämmitetty ohjauskeskus, takaisin virtauksen estin, joka toimii myös hajunpoistajana.
- ▶ Helppokäyttöinen Suomalainen ohjauskeskus Pohjoisiin oloihin soveltuva.
- ▶ Huippulaadukas Saksalainen Jung silppuripumppu.



 **Lining**
INDUSTRY GROUP

VESIHUOLTOLAITOSTEN PYTTY- KAMPANJA

Suomen vesihuoltolaitosten ja heidän yhteisjärjestönsä Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen (VY) Pytty-kampanja käynnistyi ympäri Suomea syyskuun alussa. Kampanjan tavoitteena on vähentää viemäriin tulevaa kuormitusta ja erityisesti haitallisia aineita.



EEVA HÖRKÖ
tiedottaja, Vesi- ja
viemärlaitosyhdistys
E-mail: eeva.horkko@vvy.fi



TIINA NIEMI
tarkastusinsinööri,
Keravan kaupunkitekniikka



KIRSI TÄHTI
suunnittelija, Kuopion Vesi

Meistä jokainen voi kotivessaan suojella kodin putkistoja, lähivesistöjä ja Itämeriä. Pönttöön saa laittaa vain sitä itseään. Suomessa jätevedenpuhdistamoiden puhdistuksen taso on hyvin korkea. Viemäriin heitetään kuitenkin edelleen aineita ja roskia, jotka hankaloittavat puhdistusprosessia ja lisäävät myös jätevedenpuhdistuksen kustannuksia. Haitallisia jätteitä ovat esimerkiksi ongelmajätteet ja lääkkeet. Kemikaalien, lääkkeiden ja ongelmajätteiden kaataminen viemäriin haittaa jätevesien puhdistusta ja lisää vesistön kuormitusta. Lisäksi ne voivat aiheuttaa ylimääräisiä hajuhaittoja. Hygieniatuotteiden (esim. terveysseiteet, vaipat, vanupuikot) tai biojätteiden (esim. ruoantähteet, paistorasva, hedelmien kuoret) laittaminen pönttöön voi aiheuttaa kalliin ja kiuksallisen tukoksen kodin putkistossa tai kaupungin viemäriverkostossa.

Pytty-kampanja on vastaus Turun ja Helsingin kaupunkien asettamaan haasteeseen, jonka perimmäisenä tavoitteena on pelastaa Itämeri. (Lisätietoa: www.itamerihaaste.net) Samat toimet ovat tarpeen myös lähivesistöjemme suojelussa. Pytty-kampanjalla pyritään vesiensuojelun lisäksi vaikuttamaan siihen, että viemäriverkostoissa olisi vähemmän tukoksia tulevaisuudessa.

Pytty- kampanjan toteutus Keravalla

VVY:n laitosten käyttöön teettämää valmista Pytty-kampanjamateriaalia muokattiin Keravalle sopivaksi painottamalla paikkakuntaakohtaisesti erityisen tärkeitä asioita.

Kampanja toteutettiin kolmivaiheisenä. Ensimmäisessä vaiheessa

kaikkiin keravalaisiin kotitalouksiin (16 000 kpl) jaettiin nelisivuinen A5-kokoinen esitelehminen julkisena tiedotteena paikallisen ilmaisjakelulehden välissä lauantaina.

Muitakin jakeluvaihtoehtoja harkittiin. Jakelu vesilaskun mukana hylättiin kahdesta syystä. Ensinnäkään esite ei olisi tavoittanut kaikkia wc:n käyttäjiä, koska vesilasku menee taloyhtiöissä ainoastaan isännöitsijöille. Toisaalta vesilaskujen laskutusrytmi ei olisi mahdollistanut yhtäaikaista jakelua koko Keravan alueella.

Myös Postin tarjoamaa joukkojakelua mietittiin, jolloin esite olisi jaettu arkipäivän perusjakelussa. Tämä jakelumuoto koettiin kuitenkin esitteen mahdollisesti saamasta suuremmasta huomioarvosta huolimatta liian kalliiksi ja työlääksi vaihtoehdoksi.

Toisen vaiheen jakelua suorittivat kerrostalojen isännöitsijät ja huolto-yhtiöt. Kerrostalojen ilmoitustauluja varten Keravalla muokattiin VVY:n valmiista materiaalista kaksi erilaista A4-kokoista tiedotetta. Toisessa kielivaihtoehtoina olivat suomi-ruotsi-englanti ja toisessa venäjä-somali-arabia. Isännöitsijöiltä selvitettiin etukäteen tarvittavien tiedotteiden lukumäärä. Myös suurimpiin teollisuuskiinteistöihin oltiin erikseen yhteydessä ja heille toimitettiin toivottu määrä tiedotteita kiinnitettäväksi henkilökunnan wc-tiloihin.

Isännöitsijätiedotteita jatkojalostettiin laminoimalla, koska laminoimalla ansiosta tiedote soveltuu pidempiaikaiseen esilläoloon ja säilyy kauan siistinä. Vesihuollon henkilökunta jakoi laminoituja tiedotteita kahviloiden, ravintoloiden, baarien ja kauppojen sekä tervey-

denhuollon toimipisteiden yleisiin wc-tiloihin kiinnitettäväksi.

Kolmannessa vaiheessa kaikkien Keravan kaupungin omistamien kiinteistöjen wc-tiloihin jaettiin A3-kokoinen laminoitu Pytty- juliste. Julisteen kieliksi valittiin suomi ja englanti, jotta tärkeä viesti menisi mahdollisimman tehokkaasti perille myös muille kuin suomea puhuville wc:n käyttäjille. Julisteiden esille laitosta huolehtivat kaupungin omat siivoojat. Juliste kiinnitettiin pääsääntöisesti wc-tilojen ulko-oven sisäpintaan, jotta se olisi varmasti kaikkien nähtävissä. A3-kokoista julistetta jaettiin lisäksi kaikkiin päiväkoteihin, seurakunnan tiloihin, kampaamoihin ja kaupungin omistamiin ulkoilmoitustauluihin.

Kaikkineen Pytty- kampanja on Keravalla koettu positiivisena ja hyödyllisenä. Esimerkiksi A5-kokoiset esitelehtiset herättivät keravalaisissa siinä määrin kiinnostusta, että niitä on kyselty jälkepäin lisää. Isännöitsijät ja ravintolat olivat erittäin yhteistyöhaluisia ja kertoivat jopa odottaneensa tällaista tiedotusta.

Erityisiä tyytyväisiä oltiin kampanjan valtakunnallisuudesta. Muiden vesilaitosten yhtä aikaa toteuttamat markkinointi- ja tiedotustoimenpiteet ylittivät uutiskynnyksen radiossa, lehdistä ja televisiossa. Kun Pytty- kampanja näkyi Keravan toteutuksen kanssa samanaikaisesti eri medioissa, oli tästä selvästi tukea Keravan kampanjansa.

Suoraan asiakkaille tiedottaminen koettiin Keravalla tehokkaaksi. Esimerkiksi koululaiset saivat viestin jopa kolme kertaa ensin kotona esitelehtisestä, sitten koulun vessaan kiinnitetystä julisteesta ja vielä rappukäytävän ilmoitustaulun tiedotteesta.

Kokemuksesta opittiin, että kampanjoiden valmistelu on aloitettava riittävän ajoissa sekä mainostoimistojen kanssa kannattaa olla tarkkana sovitettujen muutostöiden ja vedosten hinnoittelusta.

Pienellä budjetilla paljon näkyvyyttä Kuopiossa

Kuopion Vedessä Pytty- viestiä levitettiin yhteistyöverkostojen ja tiedotusvälineiden avulla. VVY:n materiaaleja pystyttiin hyödyntämään ilman suu-



Pthyi!

Pieni roska ihmiselle, jättiongelman pöntölle.
Vaipojen, terveystieteiden tai pumpulipuikkojen laittaminen pönttöön voi aiheuttaa kalliin tukoksen kotisi putkistossa tai viemäriverkostossa. Tee ympäristöteko ja huuhtelee pönttöön vain sitä itseään. Vesilaitokset huolehtivat joka päivä ympäristöstä puhdistamalla käyttämäsi veden. Vesimaksullasi tehdään siis hyvää työtä. Kiitos!
www.pytty.fi

rempia muutoksia. Pytty- kampanja aloitettiin lehdistötiedotteella, jolla oli hyvä vastaanotto. Pytty- aihe läpäisi uutiskynnyksen hienosti. Painetut Pytty- esitteet olivat jakelussa ja Pthyi- juliste esillä Kuopion Veden omassa asiakaspalvelussa sekä muissa kaupungin asiointipisteissä.

Sähköisesti Pytty- aineistoa levitettiin sähköpostin ja internetsivujen välityksellä. Sähköpostilla jaettiin VVY:n materiaaliin kuuluvan isännöitsijäesitteen kieliversioita. Jakelulistalla olivat muun muassa Kuopion kiinteistöisännöitsijät, siivous- ja huoltotilat, suurimmat julkiset laitokset ja oppilaitokset, kaupungin henkilökunta sekä maahanmuuttajatahojen yhteyshenkilö.

Kuopion Veden omilla internetsivuilla oli kampanjakuukauden ajan lyhyt Pytty- info sekä banneri ja linkki kampanjasivuille. Myös kaupungin internetsivuilla oli kampanjan aloitusviikolla Pytty- uutinen sekä kampanjan puolivälissä Pytty- aiheinen gallupkysymys.

Kuopion valtuusto-virastotalolle pystytettiin lisäksi pieni Pytty- näyttely ja Kuopion torilla sijaitsevaan kaupungin infotauluun saatiin syyskuussa päivittäinen Pytty- muistutus: ”Älä ole pönttö: pönttöön vain sitä itseään!”

Kampanja päätettiin Pytty- jutulla, joka julkaistiin jokaiseen kuopiolaiseen kotiin jaettavassa Kuopio-lehdessä.

VVY:n toteuttamaa Pytty-kampanjan materiaalia voi vapaasti ottaa käyttöön osoitteesta www.pytty.fi. ♦

KWH – 80 VUOTTA SUOMALAISTA YRITTÄJYYTTÄ

Emil Höglund ja Edvin Wiik perustivat elokuussa 1929 puutavaraliike Wiik & Höglundin. Liiketoiminnan painopiste siirtyi 1950-luvulla puusta muoviin. Oy KWH Pipe Ab syntyi vuonna 1984, kun Keppo ja Wiik & Höglund yhdistyivät.

Wiik & Höglundin perustaminen tapahtui varsin epäsuotuisalla hetkellä. Noin kaksi kuukautta perustamisen jälkeen New Yorkissa tapahtui historiallinen pörssiromahdus, joka merkitsi lähtölaukausta modernin taloushistorian pahimmalle lamakaudelle. Yritys kuitenkin selviytyi vaikeista ajoista ja kasvoi 1930-luvun lopulla nopeasti nouden Suomen suurimmaksi puutavaraviejäksi.

Sota-aikana puun vienti pysähtyi lähes kokonaan, mutta vuosikymmenen loppupuolella toiminta palasi ennalleen. Vuonna 1951 Wiik & Höglund teki uuden avauksen, joka merkitsi suurta käännettä koko yrityksen historiassa. Toimintaa laajennettiin muovialalle, kun alettiin valmistaa muovisia lattialaattoja. Muutaman vuoden kuluessa aloitettiin myös polyeteeniputkien ja polystyreenilevyjen valmistus, jolloin syntyi klassikkotuotemerkki Styrox.

Uusia tuotteita ja kansainvälistymistä

1960-luku oli voimakasta kasvun ja tuotekehityksen aikaa. Putkien valmistustekniikka kehittyi niin, että pystyttiin valmistamaan yhä suurempia ja kestävämpiä muoviputkia. Vuosikymmenen kuluessa Wiik & Höglund perusti useita tytäryhtiöitä ulkomaille ja laajensi myös tuotantoa Saksaan ja Kanadaan. Yritysostojen kautta yhtiö nousi Suomen suurimmaksi muovialan toimijaksi, ja puutavarakaupasta luovuttiin kokonaan.

Vuonna 1984 syntyi KWH- yhtiö, kun monialayritys Keppo ja Wiik & Höglund yhdistyivät. Yhtiön suurimmaksi liiketoimintaryhmäksi muodostui Oy KWH Pipe Ab. Vuosikymmenen lopulla kasvu jatkui uusien yrityskauppojen avulla ja myös uusia muoviputkijärjestelmiä lanseerat-

tiin. Esimerkiksi PVC- muoviputket tuli uutena alueena mukaan, ja kehitettiin uusia kerrosrakenteisia järjestelmiä kuten Weholite.

KWH Pipe kansainvälistyi 1990-luvulla voimakkaasti. Uusia tehtaita avattiin muun muassa Malesiaan, Portugaliin, Puolaan ja Kiinaan. Vuosituhannen vaihteen jälkeen tuotekehitystä on jatkettu ja toimintaa laajennettu uusille markkina-alueille ja tuoteryhmiin. Esimerkiksi WehoPuts- pienpuhdistamot tuotiin markkinoille vuonna 2002.

Tekninen osaaminen vahvuutena

Tänä päivänä KWH Pipe on yksi maailman johtavista muovisten putkijärjestelmien valmistajia ja kehittäjiä. Yhtiö toimii kahdessatoista maassa ja työllistää yli 1400 ihmistä. Oy KWH Pipe Ab:n maajohtaja Juha Kainulainen suhtautuu luottavaisesti yhtiön tulevaisuuteen vaikeista taloudellisista ajoista huolimatta.

”Meillä on pitkä historia ja vakaa markkina-asema sekä pitkäjänteisesti liiketoiminnan kehittämiseen sitoutuneet omistajat. Yhtiö on seilannut monissa myrskyissä ennenkin ja myös tästä taantuman aiheuttamasta haasteesta tuleamme selviämään. Jatkamme vahvaa tuotekehitystämme ja tuomme uusia tuotteita ja ratkaisuja markkinoille vastaamaan asiakkaidemme jatkuvasti kehittyviä tarpeita”, Kainulainen sanoo. ♦



Helsingin keskustan putkirikosta miljoonavahingot

Helsingin päärautatieaseman edustalla 8. marraskuuta tapahtunut vesijohtoputken rikkoutuminen katkaisi Rautatien metroaseman toiminnan kuukausiksi ja aiheutti miljoonien eurojen aineelliset vahingot. Tuhansia kuutiometrejä vettä tulvi metroasemalle, laituritasolle, asematunneliin ja liikekiinteistöihin.

Helsingin Veden mukaan rikkoutunut putki oli valmistettu vuonna 1967 ja valurautaisen putken käyttöikä on normaalisti 60...70 vuotta. Putken käyttöikä on arvion mukaan lyhentänyt vuotokohdan päällä kulkeva raitiotieliikenne.

Vahinko on konkreettinen muistutus vesihuoltoverkoston kasvavasta korjausvelasta. Ellei lähivuosina saada verkostojen saneeraus- ja kunnossapitotoimintaan riittäviä resursseja, tällaiset vesivuodot voivat muuttua arkipäiväisiksi uutisiksi Suomessa. Suunnitelmallinen rakennetun omaisuuden vaaliminen tulee aina edullisemmaksi kuin pelkkä reagoiminen tapahtuneisiin vaurioihin.

Vesihuoltoverkostojen tilaa käsiteltiin viimeksi Vesitalous-lehdessä tämän vuoden numerossa 3, johon muun muassa Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:n toimitusjohtaja Timo Heinonen kirjoitti artikkelin ”Rakennetun omaisuuden tila – yhdyskuntatekniset järjestelmät”. Saman lehden pääkir-



joituksessa Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen toimitusjohtajan paikalta eläkkeelle jäänyt Rauno Piippo puolestaan kehotti: ”On aika panostaa vesihuollon saneerauksiin”.

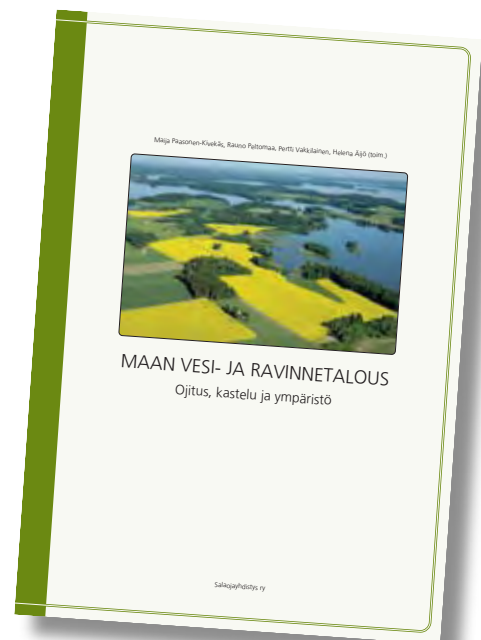
KIRJAESITTELY

Uusi oppikirja maan vesi- ja ravinnetaloudesta

Suomessa toimiva kuivatus on peltoviljelyn ehdoton edellytys. Kastelua käytetään lähinnä Etelä- ja Lounais-Suomessa, mutta sen merkitys saattaa kasvaa ilmaston muuttumisen myötä. Maankuivatuksessa ja kastelussa oli aiemmin pelkästään kyse maaperän vesisuhteiden järjestämisestä kasvien kasvun ja maan kantavuuden kannalta mahdollisimman suotuisiksi. Nykyään toisena, yhtä tärkeänä lähtökohdana on pellon optimaalinen ravinnetalous kasvien ja ympäristön kannalta. Oikein suunnitellulla maankuivatuksella ja kastelulla voidaan sekä edistää kasvien ravinteiden saantia että vähentää vesistökuormitusta.

Salaojayhdistys ry on marraskuussa julkaissut maan vesi- ja ravinnetaloutta käsittelevän oppikirjan. Kirja käsittelee ojitusta ja kastelua ja niiden ympäristövaikutuksia. Kirja koostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa kuvataan maaperän ominaisuuksia, hydrologian perusteita sekä maaperässä tapahtuvia reaktioita ja aineiden kulkeutumista. Toisessa osassa esitetään maan vesitalouden järjestelyn menetelmät, ojitushankkeiden kustannus-hyötyanalyysin perusteet ja maan vesi- ja ravinnetalouden säädön nykyaikaiset apuvälineet, materiaattiset mallit. Pääpaino on peltojen kuivatuksessa ja kastelussa. Lisäksi käsitellään lyhyesti metsä- ja turvetuotantoalueiden ojitusta ja vesiensuojelua.

Oppikirjan kirjoittamiseen on osallistunut 21 eri alojen asiantuntijaa. Kirjan ovat toimittaneet Maija Paasonen-Kivekäs, Rauno Peltomaa, Pertti Vakkilainen ja Helena Äijö.



KIRJA VEDESTÄ

Julian Caldecott: *Vesi. Maailmanlaajuisen kriisin syyt, seuraukset ja kustannukset.* Suomenos Markku Myllyoja. HS-kirjat 2009. 241 sivua. Ovh 34 euroa.



Caldecottin *Vesi*-teoksen aihepiiri on tärkeä. Kirjoittajan into aiheeseen tarttuu. Olisi kuitenkin toivonut pienen osan kirjan massiivisista mainosrahoista käytetyn sen tarkistuttamiseen eri asiantuntijoilla.

Elämän ehto

Vesi-kirja on eloisa matkakirja maapallon vesien luo, tietokirja ja pamfletti. Lukija saa aluksi kuvan veden alkuperästä ja sen ominaisuuksista. Vesimolekyylin muotopuoli rakenne ja veden runsaus ovat olleet tärkeä tekijä elämän syntymiselle ja ovat sen yllä pysymiselle maapallolla. Veden merkitys ihmisen kulttuureissa ja uskomuksissa kuvataan kirjassa laajalti. Toisaalta esimerkiksi latentin lämmön osuus veden globaalissa kiertokulussa ja energiataseessa jää kuvaamatta.

Ihmiskunta on ajanut valuma-alueita ja vesiluontoa eri tavoin väärin käyttämällä itse veden, sen antimet, biosfäärin ja itsensä kriiseihin. Jo IHD:tä käynnistettäessä vuonna 1965 suuri osa Caldecottin nyt luetteloiduista ongelmista oli tiedossa - eroosiosta pohjaveden liikakäyttöön. Harva ongelmista on väistynyt. Vuoden 2004 tsunami tuli ennakoimatta; se olisi tappanut vähemmän ihmisiä, jos hyökyjä vaimentavia rantojen mangrovemetsiä ei olisi hakattu asuttamisen ja turismin tarpeisiin.

Ilmastonmuutos kuivattanee muun muassa Euroopan eteläosia. Siellä missä vesivarat ja maataloustuotanto eivät ole uhattuina, väestöpaine kasvaa ja tulvat voimistuvat.

Olisiko toivoa?

Esimerkkejä. Suomea Caldecott pitää makean veden paratiisina. Afrikassa naisten yhteisöt istuttavat puita ja järjestävät vettä kyliin, jotta tytöille jäisi aikaa koulunkäyntiin. EU:n vesipuitedirektiivi on Caldecottin mielestä esimerkillinen. Maapallon valtiot ovat hitaasti heräämässä ilmastonmuutoksen uhkien edessä. YK on ilmaissut halunsa saattaa puhtaasta vedestä nyt vailla olevista ihmisistä puolet puhtaana hana- tai kaivoveden piiriin vuoteen 2015 mennessä. Se vaatisi vuosittain vain 15 miljardin dollarin lisäpanostuksen. Epäekologista pullovetta näet myydään noin 100 miljardilla dollarilla vuodessa. (Mm. Suomessa pullovesi on huonompaa ja 100 kertaa kalliimpaa kuin hanavesi.)

Caldecott painottaa valuma-alueiden suojelun merkitystä. (Moskovan yliopiston eräs professori sanoi Unescon kursilla 1972: *Vesistö valuma-alueineen on käsitettävä elävän olenon kaltaiseksi.*)

Mitä voimme tehdä?

Maapallon vesi on ihmiskunnan yhteinen asia, ja kansainväliset toimet ovat tärkeitä. ”Virtuaalivesi” kuvaa sitä miten paljon jokin tuote tai palvelu on vaatinut vettä. Tavarat, energia, vesi ja ilmasto ovat aina kytköksissä toisiinsa. Pienikin, mutta miljardeja kertoja toistettu tavaroiden tai energian tuhlauksen vaikuttaa varmasti myös vesiin. Toisaalta voidaan kehittää vettä säästäviä tekniikoita, kuivuutta ja suolaisuutta kestäviä kasvilajikkeita.

Häkellyttävää

Sivu 11: ”... 1970-luvulla Suomessa saastuttivat enenevässä määrin maatilojen päästöt ja ulkomaisen teollisuuden laskeumat. Ryhdyttiin rivakoihin toimenpiteisiin, joihin kuului myös yhteistyötä pohjoismaiden kanssa. Tästä on ollut paljon apua, mutta maailman sitkeimpien orgaanisten saastuttajien eli raskasmetallien ja radionuklidien takia...”

1970-luvulla Suomen sisävesiä pilasivat eniten yhdyskunnat ja teollisuus. Eivätkä kai raskasmetallit ja radionuklidit liene orgaanisia!

Sivu 37: ”Maapallo muodostui avaruusromupilvestä... Koska kappaleen paino riippuu sen massasta, raudan ja muiden metallien tapaiset molekyylit kasautuvat keskelle palloa.”

Lienee tarkoitettu avaruustomua. Ja aineet kerrostuvat painovoimakentässä tiheyden, eivät massan mukaisesti.

”Muta” ja ”mutainen” esiintyvät kirjassa paikoissa, joissa pitäisi puhua kurasta, liejusta tms. *Akviferi* selitetään hiukan väärin: ”Veden kantaja, pohjavesivarasto eli maanalainen kerros märkää ja huokoista kiviainesta”. Myös kasvihuonekaasun selitys on hiukan outo. *El Niño* sanotaan olevan *eteläinen värähtely!* – Valtameri lienee liian iso ”värähdelläkseen”!

Sivulla 49 väitetään pohjaveden käytön lisäävän kasvihuoneilmiötä. – Uusiutumaton pohjavettä käyttäessä tulee tietenkin ennen pitkää pää vetävän käteen. Mutta vesihöyry palaa keskimäärin viikossa sateena maahan!

Teoria vesiapinasta ja esoteeriset teoriat veden energiasta, taikavarvusta ja Gaiasta ovat todistamattomia. Matti Wäre osoitti jo 1940-luvulla taikavarvun hölynpölyksi.

Vesi-kirjassa on vain kaksi kaavakuvaa, ei yhtäkään valokuvaa eikä taulukkoa lukijan avuksi.

VELI HYVÄRINEN

SATA VUOTTA VESIALAN YHTEISTYÖTÄ

TEKSTI: TIMO MAASILTA
KUVAT: HARRI MATTILA

Maa- ja vesiteknikan tuki ry ja Suomen Vesiyhdistys ry viettivät yhdessä syntymäpäiviä 23.9.2009. Maa- ja vesiteknikan tuki täytti tänä vuonna 60 vuotta ja Vesiyhdistys 40 vuotta.

Juhlapäivä alkoi juhlaseminaarilla Säätytalossa, jossa Euroopan vesijärjestön presidentti Jean Philippe Torterotot, dosentti Esko Kuusisto, meriohjelman päällikkö Anita Mäkinen sekä professorit Riku Vahala ja Pertti Eloranta esitelivät ajankohtaisista aiheista.

Iltajuhlissa Maa- ja vesiteknikan tuki myönsi seuraavat tunnustuspalkinnot:

- Dosentti Esko Kuusistolle 15 000 euroa hänen laajasta tuotannostaan vesialan julkaisuja
- Hämeen ja Turun Ammattikorkeakouluille kummallekin 15 000 euroa käytettäväksi vesiteknikan opiskelijoiden tukemiseen
- Teknillisen korkeakoulun vesiteknikan ammattiainekerho Akvalle 10 000 euroa tieteen kansanomaistamisesta ja erityisesti sen luomasta vesijalanjälki.org sivustosta.

Vesiyhdistys antoi viiden vuoden välein myönnettävän Pro Aqua palkinnon professori Pertti Seunalle, joka on toiminut pitkään Vesiyhdistyksen puheenjohtajana ja yhdistyksen ja Suomen edustajana kansainvälisissä järjestöissä. Tällä hetkellä hän on Euroopan vesijärjestön (EWA) varapresidentti. Lisäksi Vesiyhdistys antoi yhdistyksen viirin Maa- ja vesiteknikan tuelle, joka on kuusikymmentä vuotta edistänyt Suomen vesialaa ja tukenut myös lukuisia Vesiyhdistyksen hankkeita. ♦



▲ Pertti Seuna (vasemmalla) ja Vesiyhdistyksen puheenjohtaja Tapio Kovanen.



▲ Akvan puheenjohtaja Tiia Vento, Pekka Österlund ja Timo Maasilta.



▲ Juba Kääriä Turun AMK:sta sekä Harri Mattila ja Markku Raimovaara Hämeen AMK:sta vastaanottamassa palkintoa Timo Maasilalta.

Vasemmalta Esko Kuusisto, Maa- ja vesiteknikan tuen varapuheenjohtaja Pekka Österlund ja puheenjohtaja Timo Maasilta.

Vesitalous 1/09

Björn Klöve:

Tutkimustiedolla kohti tehokkaampaa turvetuotannon vesiensuojelua

Kaisa Heikkinen, Satu Maaria Karjalainen ja Raimo Ihme:

Turvetuotannon vesistövaikutukset ja vesiensuojelu

Kirsi Kalliokoski:

Turvetuotannon tulevat haasteet vesiensuojelussa

Heini Postila, Kaisa Heikkinen, Satu Maaria Karjalainen,

Raimo Ihme ja Björn Klöve:

Uudet vesiensuojeluratkaisut

Anna-Kaisa Ronkanen:

Missä vesi suolla virtaa? Utta pintavalutuksesta

Hannu Salo:

Turvetuotanto osana energiahuoltoa

Sinikka Pärnänen:

Turvetuotannon vesiensuojelu – lainsäädäntö ja oikeuskäytäntö

Hanna Melkko:

Veden tarve liikenteen biopolttoainien tuotannossa

Esko Kuusisto:

Trasimeno – oikutteleva järvi

Marja Palmroth:

Lietteiden kosteuden ja ravinnepitoisuuksien mittaus

Paula Muukkonen, Helinä Hartikainen ja Laura Alakukku:

Liukoinen fosforikuormitus kuriin suorakylvöpellolla

Roger Bergström:

Vesialan strategia kysymyksiä Ruotsissa

Anita Mäkinen:

Yksi meri – monta käyttäjää

Vesitalous 2/2009

Hannele Pokka:

Suomen vedet saataa hyvään tilaan

Heikki Teräsvirta:

Vesien käytön kokonaissuunnittelusta vesien hoidon suunnitteluun

Hannele Nyroos:

Paraneeko vesien tila vesienhoitosuunnitelmilla?

Kari-Matti Vuori:

Pintavesiemme tila uusien luokitteluperusteiden valossa

Liisa Maria Rautio:

Toimenpideohjelman avulla kohti Kyrönjoen hyvää tilaa

Pekka Räinen:

Vesienhoitosuunnitelmat kansainvälisillä vesienhoitoalueilla

Minna Hanski:

Tulvariskit hallintaan

Tapani Eskola:

Kenestä vesienhoitosuunnitelmien maksumies?

Ville Hokka ja Janne Alahuhta:

Maankäytön suunnittelusta keinoja vesienhoidon tueksi

Jorma Niemi ja Seppo Rekolainen:

Pohjanmaan jokien orgaanisen aineen pitoisuuksista vuosina 1913–1931 ja 1962–2006

Kirsti Lahti:

Kokemuksia ensimmäisen vesienhoitosuunnitelman laadinnasta

Vesitalous 3/09

Rauno Piippo:

On aika panostaa vesihuollon saneerauksiin

Reija Kolehmainen:

Tekopohjaveden tuotannon optimointi perustutkimuksen avulla

Pekka Pesonen ja Anne-Mari Aurola:

Pirkanmaan keskuspuhdistamon yleissuunnitelma ja YVA

Timo Heinonen:

Rakennetun omaisuuden tila – yhdyskuntatekniset järjestelmät

Anna Mikola:

Kalkkistabiloinnin kehittäminen lisälnessä

Henri Haimi:

Automaatio ja ohjaus suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla

Pekka Pietilä ja Tapio Katko:

Vesihuollon ylikunnallisen yhteistyön tulevaisuus

Jukka Piekkari:

Pääkaupunkiseudun vesihuoltolaitokset yhdistyvät

Katriina Etholén:

Pietarin Vodokanal panostaa lapsiin

Olli Orkoneva:

Salon suurkunta keskittää yhdeksän puhdistamon toiminnot

An Thu Tran Minh:

Maailman paras vesihuolto, kenelle kelpaa?

Petri Juuti ja Riikka Rajala:

”Miksi te haluatte tehdä Espoosta jätevesikaupungin?”

Vesitalous 4/09

Raini Kiukas:

Kuivakäymälä tulee sisälle Suomessakin

Raimo Lilja ja Marianne Hyttinen-Lilja:

Kompostikäymälä varustettuna omakotitalolla

Minna Paavola:

Mitä huomioitava huussin muuttuessa sisäkuivakäymäläksi?

Pia Engström:

Sisäkuivakäymälän hankinta on ostotapahtumaa isompi juttu

Sari Hautakangas:

Kuivakäymälä Villa Sävelniemeen

Eeva-Liisa Viskari:

Käymäläjätteen turvallinen lannoitekäyttö ennen ja nyt

Susanna Pakula:

Karjalan kyltien sanitaation kehittäminen

Kia Aksela:

Viemäriverkoston alueellisen kunnan arviointi

Reijo Solantie:

Maatalous ja hydrologia rannikon jokivesien fosforipitoisuuksien selittäjinä

Pekka Hänninen, Antti Ristolainen ja Laura Alakukku:

Savipeltöjen sadevesi saavuttaa nopeasti salaajan

Miina Porkka ja Matti Kummus:

www.waterclock.org – tietoa vedestä sekunti sekunnilla

Mikko Paunio:

Veden kulutus on yhteydessä kansanterveyteen

Vesitalous 5/09

Timo Maasilta:

Vettä tarvitaan aina

Esko Kuusisto:

Suomen vedet vuonna 2069

Erkki Vuori:

Voiko talousvesi olla liian puhdasta?

Ari Ekroos:

Ympäristölainsäädännön ja –hallinnon kehityksestä

Olli Varis, Matti Kummus ja Aura Salmivaara:

Aasian kymmenen suurta jokea muutosten ja kehityspaineiden kourissa

Riku Vahala:

Tulevaisuuden vesiosaajat

Björn Klöve, Erkki Alasaarela ja Riitta Kamula:

Vesialalle uusi tutkijakoulu – VALUE

Pertti Seuna ja Esko Kuusisto:

Suomen vesiyhdistyksen vaiheita

Rauni Nokela:

Pisaroista tiedon virtaa

Mare Pärnäpuu:

Suomalais-virolaista yhteistyötä

Laura Alakukku, Helinä Hartikainen ja Markku Puustinen:

Luonnonprosessien hallinta keskeistä maatalouden vesiensuojelussa

Juhani Kettunen:

Vesipihit

Vesitalous 6/09

Sajariina Toivikko:

Typpihaasteen jälkimainingit

Ari Niemelä:

Typpenpoisto jälkikäsitellyllä biologisilla suodattimilla

Laura Hienonen ja Mari Heinonen:

Rejektiveden erilliskäsittely osittaisella nitrifikaatiolla

Kristian Sahlstedt:

Typpenpoiston optimointi dynaamisen prosessimallinnuksella – simuloinnin avulla

Ahti Lepistö, Antti Räike ja Olli-Pekka Pietiläinen:

Typpikuormituksen kulkeutuminen ja pidättyminen sisävesialueella

Antti Räike, Katri Rankinen, Ahti Lepistö,

Olli-Pekka Pietiläinen ja Seppo Knuuttila:

Typpikuormitus Itämereen on kasvussa

Heikki Pitkänen, Päivi Korpinen ja Antti Räike:

Yhdyskuntajätevesien tyyppi Suomea ympäröivän Itämeren rehevöittäjänä

Aleksi Nummelin, Petra Roiha ja Tapani Stipa:

Ravinnevuot vesipuidedirektiivin rajojen poikki Suomenlahdella

Kirsti Korkka-Niemi, Anne Rautio, Marjo Tarvainen,

Anne-Mari Ventelä, Andrew Wiebe:

Menetelmiä pinta- ja pohjaveden vuorovaikutuksen selvittämiseksi

Esko Meloni:

Mitäs jos yrittäisimme tehdä hajajätevesiasetuksesta jotain järkevää!

Eeva Hörkkö, Tiina Niemi ja Kirsi Tähti:

Vesihuoltolaitosten Pytty- kampanja

Pertti Eloranta:

Yhdyskuntajätevesien typpenpoisto ei ratkaise Itämeren ongelmia

▶ AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT



MISO
MIPRO
Vesihuollon asiantuntija

Katso lisää osoitteessa www.mipro.fi



Vesihuollon
monipuolinen
yhteistyökumppani

SLATEK
www.slatek.fi



Liiketoimintaa
tehostavat
IT-kokonaisratkaisut
vesi- ja jätehuoltoon.

www.logica.fi

▶ JÄTEVESIEN- JA LIETTEENKÄSITTELY

Hydropress Huber Ab



Kaikki laitteet mekaaniseen jäteveden-
käsittelyyn:

ROTAMAT® ja **STEP SCREEN®** välpät
HUBER WAP välpeen pesu/puristus
COANDA hiekkapesuri
ROTAMAT® lietteenkäsittelylaitteet
CONTIFLOW hiekkasuodatin

Tulkinkuja 3, 02650 ESPOO,
puh. 0207 120 620, fax 0207 120 625
info@hydropresshuber.fi, www.hydropresshuber.fi



- KVR-, kokonais- ja koneistourakointi
- Laitetoimitukset: Porrasvälpät, bioroottorit etc.

T & A Mämmelä Oy
PL 85, 85101 KALAJOKI
Puh. 08 463 120, Fax. 08 462 720
info@tam.fi, www.tam.fi



OY SLAMEX AB
Malminkaari 5, 00700 Helsinki
Puh. (09) 3436 200 • Fax (09) 3436 2020
slamex@slamex.fi

www.slamex.fi – Puhdasta vettä kaikille



Eco Environment Ltd Oy
Malminkaari 5, 00700 Helsinki
info@ecoenvironment.fi

www.ecoenvironment.fi

► SUUNNITTELU JA TUTKIMUS

Kunnallistekniikan osaamista



SUUNNITTELU-TOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
www.aluetekniikka.com

Asemakatu 1
62100 Lapua
Puh. 06-4374 350
Fax 06-4374 351



SUOMEN SALAOJAKESKUS OY

Kiilakiventie 1, 90250 Oulu, Puh. (08) 534 9400

Minna Canthin katu 25, PL 1096, 70110 Kuopio
Puh. (017) 288 8130

POHJUSTAMME UNELMIA

WWW.SSKOY.FI

Veela.

Hitsaajankatu 4 c
00810 Helsinki
puh. 044 091 77 77
info@veela.fi
www.veela.fi

VESIHUOLTOPALVELUA

- vesihuollon projektinhoito
- palveluhankintojen kilpailutus
- ympäristölupapalvelut
- osuuskuntien isännöinti
- osaamistestaus

Vesi- ja ympäristötekniikan
asiantuntemusta ja suunnittelua

Tritonet Oy
Pinninkatu 53 C
33100 Tampere
Puh. (03) 3141 4100
Fax (03) 3141 4140
www.tritonet.fi

"Jos kaikki
Suomen järvet..."

VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HOITO

SUUNNITTELU JA TUTKIMUS	TOTEUTUS
-VE-LIMNO ravinnetasemallisto	MIXOX-häpätusurakointi
-VE-EKOSIMU happimalli	
-Kunnostussuunnitelmat	

VESI-EKO OY
WATER-ECO
www.vesieko.fi

Yrittäjätie 12
70150 Kuopio
Puh. (017) 279 8600
Fax (017) 279 8601
tiedustelut@vesieko.fi

LIMNOLOGIATOIMISTO-VESIEN HOIDON JA KUNNOSTUKSEN ASIAINTUNTLUA

Kiuru & Rautiainen Oy
Vesihuollon asiantuntijatoimisto

- Laitosten yleis- ja prosessisuunnittelu
- Vesihuollon kehittämissuunnitelmat
- Talous- ja organisaatioselvitykset
- Taksojen määrittysennusteet
- Ympäristölupahakemukset

SAVONLINNA puh. 010 387 2550 fax 010 387 2559
www.kiuru-rautiainen.fi

AIRIX Ympäristö
FMC GROUP

Teemme parempaa huomista.

AIRIX Ympäristö Oy | Puhelin 010 2414 000 | etunimi.sukunimi@airix.fi
PL 669, 20701 Turku | Telefax 010 2414 001 | www.airix.fi

Toimistot: Turku, Tampere, Espoo ja Oulu



Pöyry Environment Oy
PL 50, Jaakonkatu 3
01621 Vantaa
Puh. 010 3311
Faksi: 010 33 26600
www.environment.poyry.fi

VESIHUOLTORATKAISUT
YMPÄRISTÖÄ AJATELLEN

www.ramboll.fi

▶ VALURAUTAKANSISTOT

ULEFOS NV
 NV- JA ULEFOSKANSISTOTUOTTEITA
 SUOMESSA EDUSTAA ULEFOS NV OY
 www.ulefosnv.fi
 myynti@ulefosnv.com
 VALITSE
 LAADUKAS
 KOTIMAINEN

VALITSE
 LAADUKAS
 KOTIMAINEN
 TYÖLLISTÄÄ

NIEMISEN VALIMOLTA NV-KANSISTOT



▶ VEDENKÄSITTELYLAITTEET JA -LAITOKSET

Kaikki ominaisuudet yhdessä laitteessa – ProMinentilta
 Experts in Chem-Feed and Water Treatment

**DELTA® KALVOANNOSTELU-
 PUMPPU optoDrive® teknologialla**

- Laadukasta annostelua
- Lisää luotettavuutta
- Taloudellisuutta

www.prominent.fi/delta

ProMinent Finland Oy
 Orasiltajatie 39
 00320 Helsinki

www.prominent.fi
 puh. 09-4777 890
 fax 09-4777 8947

Dosfil oy – Vedenkäsittelyn hallintaa –

- Automaattiset suotimet vedenkäsittelyyn
- Erlaiset säiliöt vaihteleviin prosesseihin
- RO-laitteistot ja Nanosuodatuslaitteet
- UV-lamput ja Otsoninkehityslaitteistot
- pH-, Cl2- ja johtokykykysäätimet uima-allas- ja vesilaitoskäyttöön
- Vedenkäsittelyjärjestelmien komponentit
- Vedenkäsittelyn prosessisuunnittelu

Salpakuja 9, 01200 VANTAA, puh. 042 494 7800, fax 042 494 7801
 Email: dosfil@dosfil.com, internet: www.dosfil.com, Antti Jokinen GSM 0400 224777

Pyörreflotaatio
 Tehokain flotaatio maailmassa
 Flotaatiolaitossuunnittelua
 ja toimituksia yli 40 vuotta

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

SIBELIUKSENKATU 9 B 00250 HELSINKI
 PUH. 09-440 164 FAX 09-445 912

KAIKO
 www.kaiko.fi

- Vuodonetsintälaitteet
- Vesimittarit
- Annostelupumput
- Venttiilit
- Vedenkäsittelylaitteet

Kaiko Oy Puhelin (09) 684 1010
 Henry Fordin katu 5 C Faksi (09) 6841 0120
 00150 Helsinki S-posti: kaiko@kaiko.fi

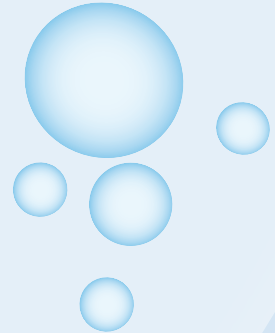
► VERKOSTOT JA VUOTOSELVITYKSET



**Viemärisaneeraukset
VPP SUJU –pätkäputkilla**

Vaakaporauspalvelu VPP Oy

Puhelin (02) 674 3240 ■ www.vppoy.com



► VESIHUOLLON KONEET JA LAITTEET



abs
We know how water works

- pumppaamot
- jätevesipumput
- kaukolämpöpumput
- ABS Nopon/Oki ilmastimet
- ABS HST turbokompressorit
- epäkeskoruuvipumput
- työmaauppopumput
- potkuripumput
- tyhjöpumput
- sekoittimet

ABS Finland Oy

Turvekuja 6, 00700 Helsinki
puh. 075 324 0300, fax (09) 558 053, www.absgroup.com

**EDULLISET JA LUOTETTAVAT
VENTTIILIT VEDENKÄSITTELYYN**

KEYFLOW Oy

Satamatie 25
53900 LAPPEENRANTA
Puh. 020 7191 200, fax. 020 7191 209
info@keyflow.fi • www.keyflow.fi

**Vesilaitokset, urakoitsijat,
vesiosuuskunnat**

PA-VE.fi

YHDYSKUNTATEKNIikka

- pumppaamot
- mittauskaiivot
- ilmanpoistokaiivot
- paineenkorotusasemat
- panospuhdistamot
- muut vesihuoltolaitteet

Paanutie 8, Keuruu p. 0207 199 700



**Meiltä kokonaisratkaisut
vesihuoltoon:**

Pumppaamot, uppopumput, upposekoittimet
kuiva-asenteiset pumput, venttiilit, käynnissäpito

KSB Finland Oy
Savirunninkatu 4, 04260 Kerava
Puh. 010 288 411, www.ksb.fi



HALLINTO JA MARKKINOINTI
Steniuksentie 11 B 25, 00320 Hki
Puh. 09 – 44 69 72
Fax. 09 – 44 69 73

SUUNNITTELU JA TUOTANTO
Kisällintie 2, 60100 Seinäjoki
Puh. 06 – 4144 580
Fax. 06 – 4144 581
www.fennowater.fi

TUOTTEITAMME:

Välppäysyksiköt
Hiekkanerotus- ja kuivausyksiköt
Lietekaapimet
Sekoittimet
Lietteentiivistys- ja kuivausyksiköt
Kemikaalinannostelulaitteet
Flotaatioyksiköt
Biologiset puhdistamot

JÄTEVESIEN ASIAANTUNTIJA



www.septek.fi

ITT Flygt 50 vuotta Suomessa!

www.flygt.fi

- Pumput
- Sekoittimet
- Ilmastimet
- Pumppaamot
- Myynti
- Vuokraus
- Huolto



ITT Water & Wastewater Suomi Oy
Mestarintie 8
01730 Vantaa
Puh (09) 849 4111
Fax (09) 852 4910

Engineered for life



**VENTTIILIT – KARANJATKOT – PUMPPAAMOT
KAIVOT-PALOPOSTIT-SÄHKÖHITSAUS**

ECCUA Oy, LAHTI • Puh. 010-424 4000
info@eccua.fi • www.eccua.fi

ILMOITUS VESITALOUS-LEHDEN LIKEHAKEMISTOSSA

- 💧 Ilmoitus liikehakemistossa 18 € / pmm tai pyydä tarjousta!
Ilmoitusmarkkinointi puh. 050 66 174 / Harri Mannila.
- 💧 Valitse osastosi ja nosta yrityksesi tunnettavuutta näkyvällä toistolla.
- 💧 Toista tai vaihda ilmoitusta numeroittain.
- 💧 Palstan leveys liikehakemistossa 80 mm, kaksi palstaa 170 mm.

ilmoitus.vesitalous@mvt.fi

► VESIKEMIKAALIT

VESIKEMIKAALIEN
YKKÖNEN

Kemira

Kemira Water
PL 330, 00101 HELSINKI
Puh. 010 861 211, fax. 010 862 1968
<http://www.kemira.com/water>



LAATUKEMIKAALEILLA
parhaisiin tuloksiin

Vedenkäsittelykemikaalit

- Polyalumiinikloridit • Natriumaluminaatti
- Natriumbhypokloriitti • Kloori • Natronlipeä

Eka Chemicals Oy, PL 198, 90101 Oulu
Puh. 0207 515 600, Faksi 0207 515 630

eka

www.nordkalk.com

Tunnetemme
veden.

 **Nordkalk**



ESIKÄSITTELYKEMIKAALIT • PINTAKÄSITTELYKEMIKAALIT • PERUSKEMIKAALIT
VEDENPUHDISTUSKEMIKAALIT • SAOSTUSKEMIKAALIT • RASKASMETALLIEN SAOSTUS

Algol Chemicals Oy • Karapellontie 6 • PL 13, 02611 Espoo • Puhelin (09) 50 991 • Faksi (09) 5099 254

www.algol.fi



ALGOL
CHEMICALS

Finnish journal for professionals in the water sector

Published six times annually

Editor-in-chief: Timo Maasilta

Address: Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki, Finland

ARI NIEMELÄ:

Nitrogen removal with tertiary treatment using biological filters

There are several alternative wastewater treatment processes for attaining more than 70-percent total nitrogen removal, depending on the case. In the best position are those plants whose wastewaters have such an advantageous nutrient ratio that merely cultivating biomass growth is enough. However, urban wastewaters often have such a poor nutrient ratio that various technological applications are needed to meet the target. The most efficient method today is a tertiary biological filter in which denitrification is achieved with growing biomass on the surface of the carrier and by adding methanol as carbon source.

LAURA HIENONEN AND MARI HEINONEN:

Separate treatment of reject water by partial nitrification

The processing of a wastewater treatment plant's digested sludge generates reject water rich in ammonium nitrate, which is in most cases pumped untreated back to the start of the treatment. Reject water represents an average of 15-30 percent of a plant's nitrogen load. Separate treatment for reject water can eliminate the plant's internal circulation of nitrogen and release extra treatment capacity of the water process's of the existing biological section's nitrogen removal process. Separate treatment of reject water with pilot equipment was studied at the Viikinmäki wastewater treatment plant.

KRISTIAN SAHLSTEDT:

Optimisation of nitrogen removal with the aid of dynamic process modelling and simulation

Dynamic process modelling and simulation of wastewater treatment plants offers many possibilities for tackling the challenges of nitrogen removal and takes process optimisation to a new level. The article examines the advantages of modelling in the design and operation of nitrogen removal and presents applications built in Finland.

AHTI LEPISTÖ, ANTTI RÄIKE AND OLLI-PEKKA

PIETILÄINEN:

Transport and retention of nitrogen load in the inland waterway area of Finland

Nitrogen has been shown to cause eutrophication, particularly in the Gulf of Finland, the Archipelago Sea and the Bothnian Sea. For this reason the nitrogen load reaching these sea areas should be reduced. In planning action to re-

duce nitrogen, the transport and retention of nitrogen load in inland waterway areas has to be taken into consideration, as part of the loading entering inland waters does not reach the sea. From the perspective of conserving the Baltic Sea, the main priority is on coastal drainage basins where there are few lakes, and on those parts of large watersheds downstream from large lakes.

ANTTI RÄIKE, KATRI RANKINEN, AHTI LEPISTÖ, OLLI-PEKKA PIETILÄINEN AND SEPPÖ KNUUTTILA:

Nitrogen loading reaching the Baltic Sea is on the rise

Nitrogen loading into the Baltic Sea from Finland is increasing even if point source nutrient loading has markedly decreased. Water protection targets of reduced nitrogen loading will not be achieved in the near future. Warm and rainy winters have increased nitrogen inputs from diffuse sources. Thus, extra effort should be aimed at reducing nitrogen leaching from agriculture and forestry. More resources should also be allocated to reduce nitrogen emissions of shipping.

Other articles:

SAIJARIINA TOIVIKKO:

Aftermath of the nitrogen lawsuit

HEIKKI PITKÄNEN, PÄIVI KORPINEN AND ANTTI RÄIKE:

Nitrogen from urban wastewater as a cause of eutrophication in the Baltic Sea around Finland

ALEKSI NUMMELIN, PETRA ROIHA AND TAPANI STIPA:

Nutrient leaks across the borders of the Water Framework Directive in the Gulf of Finland

KIRSTI KOROKKA-NIEMI, ANNE AUTIO, MARJO TARVAINEN, ANNE-MARI VENTELÄ AND ANDREW WIEBE:

Methods for Investigating Groundwater-Surface Water Interaction

ESKO MELONI:

How about doing something sensible about the Government Decree on Treating Domestic Wastewater in Areas Outside Sewer Networks?

PERTTI ELORANTA:

Nitrogen removal from municipal wastewater will not solve the problems of the Baltic Sea

YHDYSKUNTAJÄTEVESIEN TYPENPOISTO EI RATKAISE ITÄMEREN ONGELMIA

Suomessa on viime vuosikymmeninä edistytty suurin askelin sekä taajamien että teollisuuden jätevesien käsittelyssä. Enää ei teollisuudesta päästetä suoranaisia myrkyjä tai hyvin happamia jätevesiä käsittelemättöminä vesistöihin. Taajamien jätevesien käsittelyssä on käytössä korkeatasoista tekniikkaa, mikä takaa erinomaisen puhdistustehon vesistöjen kannalta ongelmallisimpien tekijöiden suhteen.

Vielä 1970-luvulla laskettiin kaupunkien jätevesiä sellaisenaan lähijärviin ja muistampa kokouksen, jossa pienen kunnan kunnanisät esittelivät suunnitelmiaan rakentaa kunnan jätevesille kemiallista saostusta käyttävä puhdistamo. Tilaisuudessa olleet vesiviranomaiset esittivät kuitenkin ponnekkaasti, että kunnalle riittää mainiosti jo silloin huonosti toimiviksi todetut lammikkopuhdistamot. Lisäksi vielä asian vakuudeksi kunnansiä valistettiin, ettei vesiviranomainen tule puoltamaan rahoitustukea kemialliselle ravinteiden saostukselle, jos suunnitelmia aletaan toteuttaa. Onneksi noista ajoista ja lammikkopuhdistamoista on jo päästy ja kemiallisia ravinteiden saostuslaitoksia on jopa haja-asutusalueiden yksityistalouksillakin.

Kun 1980-luvun puolivälin jälkeen todettiin erään sinileväkannan olevan myrkyllinen, se sai aikaan laajan tutkimusohjelman syanoprokaryootti- eli sinilevükukintojen myrkyllisyyksien selvittämiseksi. Kun toksisuuksia todettiin, alkoi pohdinta kyseisten esiintymien syistä ja torjunnasta. Vaikka massaesiintymiä oli ollut tietyissä vesistöissä ja rannikkollakin niin kauan kuin muistetaan, nyt asiassa nähtiin uusi uhka ja tiedotusvälineille kehittyi jokakesäinen puheenaihe. Erilaisia selityksiä esitettiin esiintymien syistä. Yksi selitys oli vesien typpitalous. Oli tiedossa, että juuri näissä vaikeimmissa tapauksissa typpi oli kasvun minimitekijä, eli typen ja fosforin suhde oli alhainen suhteessa levien tarpeeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että levien kasvu lisääntyy, kun näissä oloissa typen määrä kasvaa. Tämä johti ajatukseen, että typen päästöjä tulisi vahvasti rajoittaa. Ajatus olisi saattanut toimiakin, jos ongelmalevinä olisivat olleet muut kuin sinilevät, joista monilla on kyky sitoa vedestä molekulaarista typpeä, ja jatkavat kasvua kunnes fosforista tulee puute. Siten meidän vesissämme, niin sisävesissä kuin rannikkovesissämme, typen poisto vain vahvistaisi sinilevien asemaa koska N_2 -typpä on vesissä aina yllin kyllin ja sinilevien kasvua rajoittaa pääravinteista vain fosfori.

Typenpoisto nähtiin 1990-luvulla merkittävänä jätevesien käsittelyn uutena tehtävänä, minkä jopa uskottiin olevan yksi suuri askel muun muassa Itämeren suojelussa. Tähän liittyi niin sanottu Helsingin sopimus vuodelta 1992. Typenpoiston tehostuksen kannatuksen tueksi tuli EY-direktiivejä (mm. 91/271). Kun huomattiin, mitä typenpoiston tehostaminen käytännössä Suomen oloissa merkitsisi ja minkälaisia kustannuksia siitä seuraisi, alkoi toteuttamisessa jarrutusvaihe. Sen seurauksena Euroopan komissio nosti kanteen vuonna 2007 mainitun direktiivin toteuttamatta jättämisestä. Kanteessa ja koko käsittelyssä peruslähtökohtana oli Itämeren suojelu, mihin edellä kerrotuista syistä juuri typpikysymyksestä ei ole odotettavissa apua. Itämeren levämassojen vähentämisessä auttaa vain erityisen tehokas, kaikkien Itämeren rantavaltioiden alueella toteutettu fosforikuormituksen vähennys. Tässäkin kuormituksessa asumajätevedet edustavat selvästi pienempää osaa kuin esimerkiksi maataloudesta tuleva kuormitus.

Mainitun kanteen komissio kuitenkin juuri lokakuun alussa tulleen tuomion mukaan hävisi eli sen mukaan Suomessa ei tarvitse tehostaa jätevesien käsittelyä typen osalta kaikilla yli 10 000 asukkaan puhdistamoilla. Tämä merkitsee sitä, että Suomessa voidaan jatkossa kehittää ja tehostaa jätevesien käsittelyä hyviksi koetuin menetelmin, ilman suuria typenpoiston edellyttämiä teknisiä muutoksia.



PERTTI ELORANTA
professori (emer.)
E-mail: pertti.eloranta@elisanet.fi

Soita ajoissa! Saneerausapu on lähellä!

KWH Pipe on määrätietoisesti jo vuosikymmeniä kehittänyt menetelmiä vanhojen vuotavien viemäreiden ja vesijohtojen kunnostamiseen. Tulokse-
na voimme tarjota useita vaihtoehtoja rakennusten ulkopuolisten putkilinjojen saneeraukseen, oli kyseessä sitten jätevesi- tai sadevesiviemäri, paineellinen putkilinja, pohjaviemäri tai vuotavat kaivot.

KWH Pipen saneerausmenetelmät:

- VipLiner-pätkäsujutus
- VipPeh-muotoputkisujutus
- Weholite-sujutus
- Pitkäsujutus
- Kaivosaneeraukset
- Teollisuuden putkistosaneeraukset

Merkittäviä etuja:

- kustannukset pysyvät kurissa – saneeraus toteutetaan ilman aukikaivamista
- viemärit voivat olla koko ajan käytössä
- saneeraustyö ei häiritse liikkumista

Ota yhteyttä ja pyydä tarjous. Kerromme mielellämme lisää saneerausmenetelmistämme.

Oy KWH Pipe Ab
PL 21, 65101 Vaasa

Puhelin 06 326 5511
Telefax 06 315 3088

www.kwhpipe.fi



Member of the KWH Group