

VESITALOUS

3 2002

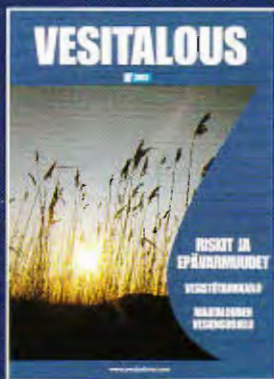


**RISKIT JA
EPÄVARMUUDET**

VESISTÖTARKKAILU

**MAATALOUDEN
VESIENSUOJELU**

www.vesitalous.com



VESITALOUS

2002

Vol. XLII

Julkaisija
YMPÄRISTÖVIESTINTÄ YVT Oy
(omistajat:
Maa- ja vesitekniiikan tuki ry ja
Vesi- ja viemärilaitosyhdistys ry)

Päätoimittaja
TIMO MAASILTA, dipl.ins.
E-mail: timo.maasilta@mvtt.fi

Toimitus, talous ja tilaukset
MARJA-LEENA JÄRVI
toimitussihteeri

Tontunmäentie 33 D
02200 Espoo
Puhelin (09) 412 5530
Faksi (09) 412 5207
E-mail: vesitalous@mvtt.fi
Merita 120030-29108

Ilmoitukset
JUKKA NIEMINEN
Linkkipari Oy
Hämeenkatu 25 B 5. krs
33200 Tampere
puh/faksi (03) 222 3968
GSM 0+00 234 748
E-mail: linkkipari@yritys.tpo.fi

Kannen kuva
OLLI VARIS

Painopaikka
FORSSAN KIRJAPAINO Oy
ISO 9002

ISSN 0505-3838

Ilmestyy kuusi kertaa vuodessa.
Vuosikerran hinta 40 €.

www.vesitalous.com

*Tämän numeron kokosi
ja toimitti*
MATTI ETTALA
E-mail: matti.ettala@co.inet.fi

2 VESITALOUS 3 2002

SISÄLTÖ

Vahingosta viisastuu

Matti Ettala

5

Töölönlahden kunnostushanke ennen ja nyt

Pekka Kansanen

Huonokuntoisen Töölönlahden kunnostamiseksi on esitetty lisäveden johtamista merestä tai vesijohdosta, ruoppaamista tai pohjan käsittelyä tai peittämistä. 100 vuoden odotus on viimein päättymässä kaupungin hyväksytyä meriveden johtamiseen perustuvan suunnitelman.

6

Päijänne-tunnelin geologinen ympäristö ja ympäristöriskit

Annukka Lipponen

Pääkaupunkiseudun talousvesi täydentyy Päijänne-tunnelissa pohjavedellä, jonka mukana voi myös kulkeutua haitta-aineita. Tunnelivyöhykkeen geologiaa ja riskitoimintoja on tarkasteltu paikkatietomuodossa arkojen alueiden paikantamiseksi ja maankäytön suunnittelun tukemiseksi.

10

Ovatko Suomen padot turvallisia?

Risto Kuusiniemi ja Timo Majjala

Suomessa patoturvallisuutta on kehitetty järjestelmällisesti vuodesta 1978 lähtien. Työn tuloksena voidaan arvioida Suomen patojen turvallisuuden olevan kansainvälisesti hyväksyttävällä tasolla huolimatta muutamista sattuneista patovaurioista.

14

Valokaapeli valvoo rakenteiden kuntoa

Marja Englund

Valokaapeli on osoittautunut monipuoliseksi kunnonvalvonta-meneteknikaksi, joka paikantaa rakenteiden lämpötila- ja kosteuserot sekä kehittyvät lämpö-, neste- ja kaasuvuodot.

20

TOIMITUSKUNTA

MATTI ETTALA
tekn.tri, dosentti
Matti Ettala Oy
Kuopion yliopisto

JUHANI KETTUNEN
tekn.tri, dosentti
tutkimusjohtaja, professori
Riista- ja kalatalouden
tutkimuslaitos
Teknillinen korkeakoulu

ESKO KUUSISTO
fil.tri, hydrologi
Suomen ympäristökeskus,
ympäristövaikutusyksikkö

MARKKU MAUNULA
dipl.ins., vesiylijohtaja
maa- ja metsätalousministeriö,
maaseutu- ja luonnonvaraosasto,
vesivarayksikkö

MARJA LUNTAMO
dipl.ins., johtaja
Porin Vesi

RAUNO PIIPPO
dipl.ins., toimitusjohtaja
Vesi- ja viemärilaitosyhdistys

LEA SIIVOLA
dipl.ins., ympäristöneuvos
Länsi-Suomen ympäristöupavirasto

RIKU VAHALA
dipl.ins.
Vesi- ja viemärilaitosyhdistys

OLLI VARIS
tekn.tri, dosentti, akatemiattutkija
Teknillinen korkeakoulu

ERKKI VUORI
lääket.kir.tri, oikeuskemian professori
Helsingin yliopisto,
oikeuslääketieteen laitos

Erikoistoimittajat

HARALD VELNER
professori

PIPSA POIKOLAINEN
dipl.ins., maat.metsät.kand

Kaatopaikan pintarakenteen toimivuus

Matti Ettala, Pertti Hyvänen ja Erkki Pesonen

Kaatopaikkojen pintakerrosten rakentamisen kustannusarvio Suomessa on kuluva vuosikymmenen ajan 30–50 Meuroa vuodessa. Toistaiseksi rakenteille asetetut vaatimukset eivät ole vakiintuneet ja niiden toimivuuden valvonta on ollut puutteellista. Investoinneilla saavutetun hyödyn ja rakenteiden toimivuuden selvittämiseksi on tarpeen mitata pintavalunnan ja kuivatuskerroksesta puhtaana ympäristöön johdettavan veden määrä.

26

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinarviointi

Esko Rossi

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinarviointia varten on kehitetty laskentamalleja, jotka ottavat huomioon haitta-aineiden kulkeutumisen ympäristön eri osien kautta. Mallit toimivat hyvinä apuvälineinä kohdekohtaisissa riskien arvioinneissa, mutta mallien virheellinen käyttö voi tuottaa kovasti harhaisia tuloksia.

30

Ravinnetase maatalouden vesiensuojelun apuvälineenä

Irmeli Ahtela ja Eija Lehtonen

Ravinnetaselaskelmat antavat arvokasta tietoa maatalon ja sen tuotannon eri osien ravinteiden käytön tehokkuudesta. Kehittämistoimia voidaan kohdentaa taseiden antaman tiedon avulla ympäristön kannalta edullisella tavalla.

34

Säilörehun puristeneste on edelleen todellinen uhka vesistöille

Kirsi Järvenranta, Perttu Virkajärvi, Helvi Heinonen-Tanski ja Irmeli Taipainen

Säilörehun puristenesteen kerääminen on pakollista, mutta puristenestettä saattaa silti joskus päästä vuotamaan

pohjaveteen ja vesistöihin. Puristeneste järkyttää sekä maaperän että pintavesien ekosysteemiä merkittävästi ja vaikutus voi olla yllättävän pitkäaikainen.

39

Velvoitetarkkailu ja järvien ekologisen tilan arviointi

Heidi Vuoristo

Vesistöjen velvoitetarkkailuohjelmiin kuuluu jossain määrin biologisia muuttujia. Artikkelissa tarkastellaan vesipolitiikan puitedirektiivin aiheuttamia lisäys- ja muutostarpeita nykyisiin vesistö tarkkailuihin biologisten muuttujien osalta.

43

Kasviplankton tutkimusten laadunvarmistuksen ongelmista

Johanna Hakala, Heidi Vuoristo, Liisa Lepistö

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää, että vesistöseurantojen kasviplankton tutkimusten laadunvarmistukseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Vain keskenään vertailukelpoisista tuloksista on hyötyä vesien ekologisen luokittelun suunnittelussa.

46

Liikihakemisto

49

Uutisia

55

Abstracts

57

Onko ympäristövaatimusten alueellisiin eroihin enää perusteita?

Esa Tommila

58

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.

VESITALOUS 4/2002

ilmestyy 10.9., siinä julkaitaan Valtakunnallisten vesihuoltopäivien esitelmiä. Numeron kokoa ja toimittaa Rauno Piippo.

Ilmoitusvaraukset 13.8. mennessä.

www.vesitalous.com

Pyydä vesihuollon tarviketarjous Vesitalouden markkinapaikan kautta!





KUKA MUU TARJOAISI YHTÄ HYVÄÄ JA PUHDASTA LAATUA?

Kemwaterin vedenpuhdistuskemikaalit ovat jatkuvasti niin puhtaita, pysyviä ja tasalaatuisia, että tuotantomme on saanut ISO 9002 -sertifiointin.

PIX ferrikoagulantit • FERROSUL ja COP ferrosulfaattit • FIN ferrinitraatti • FERIX rakeinen ferrisulfaatti • PAX polyalumiinikoagulantit • PAX-XL erikoistuotteet • ALS alumiinisulfaatti • ALG rakeinen alumiinisulfaatti • AVR rakeinen ferrialumiinisulfaatti • FENNOPOL polymeerit • Rikkihappo • Hiililähteet • Ammoniakkivesi • Sooda

KEMIRA

Kemira Chemicals Oy Kemwater
PL 330, 00101 HELSINKI
Puh. 010 86 1211, Fax 010 862 1968
<http://kemwater-fi.kemira.com>

VAHINGOSTA VIISASTUU

 **Matti Ettala**

E-mail: matti.ettala@co.inet.fi

Ympäristövahingot ovat päivittäisiä uutisia. Ympäristön kuormitus kokonaisuutena kuitenkin samanaikaisesti pienenee. Vahinkojen lukumäärä kasvaa, koska entistä tehokkaampien ympäristönsuojelutoimenpiteiden takia poikkeukselliset tilanteet määritellään aiempaa herkemmin vahingoksi. Aiemmin normaaliin toimintaan kuuluvaksi käsitetty poikkeama on tänään ympäristövahinko. Suunnitellun puhdistustehon ollessa 98 % savukaasujen tai jätevesien käsittelylaitos ei kestä viikon toimintahäiriötä, ja lyhyetkin poikkeukselliset päästöt voivat jättää jäljet puhdistuneeseen ympäristöön. Ympäristölupiin kirjatut ilmoittamisveloitteet ja teollisuuden laatujärjestelmät


ovat myös tuoneet poikkeukselliset tilanteet seurannan ja tilastoinnin piiriin.

Kokemuksia ympäristövahingoista tai vähältä piti -tilanteista on Suomessa riittämiin. Vastikään suuri joukko kaupunkilaisia joutui kantoveden varaan vesilaitoksella tapahtuneen häiriön vuoksi. Vahinkojen perimmäiset syyt ovat moninaisia, ja inhimillisten virheiden kitkentä on haasteista epäilemättä vaikeimpia. Tuskinpa vahingot ovat kokonaan vältettävissä, mutta riskien arvioinnilla ja niihin perustuvilla varojärjestelmillä poikkeuksellisiin tilanteisiin voidaan varautua ja vahinkojen määrää vähentää. Riskianalyseistä ei saa kuitenkaan tulla välineitä, joilla tekemättömyys perustellaan ja vaikutuksia vähätellään. Riskianalyysien perusteena olevaa lähtöaineistoa ja menetelmiä on tarkasteltava kriittisesti. Pohjavesikerroksessa orgaanisen hiilen määrän vaihtelu voi johtaa riskitarkastelua harhaan, ja vesien kulkeutuminen kalliorakoihin on syytä ottaa nykyistä painokkaammin huomioon. Voipa riskianalyysi tuudittaa toiminnanharjoittajat perusteettomaan turvallisuudentunteeseen.

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostushankkeissa on todellinen yllätys ellei alueelta löydy mitään ennakkotutkimuksista poikkeavaa. Tällöinkin mieltä jää kalvamaan, että onko valvonta ollut riittävän valpasta. Innostus loppusijoittaa pilaantuneet maat tai teollisuuden sivutuotteet kaatopaikkojen pintarakenteisiin tiivistyskerroksen yläpuolelle voi aiheuttaa yllätyksen, joka on ennakoitavissa jo tänään.

Valtioneuvoston päätöksessä (861/1997) on mainiosti edellytetty val-

vonnalla ja tarkkailulla selvitettäväksi, että kaatopaikan "ympäristönsuojelujärjestelmät toimivat täysin tarkoitetulla tavalla". Tällä määräyksellä ei ole vielä todellista sisältöä käytännössä. Rakennusaikaisen työn valvonta on välttämätöntä, mutta rakenteille ja laitoksille on syytä asettaa myös toiminnallisia takuuvaatimuksia. Kaatopaikkarakenteiden ohella toiminnalliset takuut ovat tarpeen myös esimerkiksi jätteen käsittelylaitoksille, ja moni kesämökkiläinenkin on todennut markkinointipuheet kompostoreista ja kompostikäymälöistä vähintäänkin silotelluiksi. Myös teiden pohjavesisuojausten toimivuudesta on hiipinyt epäily mieleen. Rakenteiden on pysyttävä toimintakunnossa vuosikymmeniä. Rakenteiden korjaaminen ja ympäristön kunnostaminen jälkikäteen on tyypillisesti hidasta ja kallista. Ympäristönsuojelujärjestelmien toiminnalliset tavoitteet, mahdollisuudet ja rajoitukset on tunnistettava ja tunnustettava jo suunnitteluvaiheessa.

Viisastummeko vasta vahingon sattuttua? Onko vahinko koettava itse vai voisimmeko ottaa opiksi jo muiden tekemistä virheistä? Hollannissa esimerkiksi pilaantuneiden maiden "spagettisijoitus" ympäri maata tierakenteisiin on herättänyt epäileviä arvioita, ja Suomessakin on syytä pysähtyä miettimään hajasijoituksen ja keskittämisen etuja ja haittoja. Vahingot jalostuvat parhaimmillaan liiketoiminnaksi. Vesi- ja ympäristötekniikan osaamiseen liittyvä mittalaitteiden ja informaatiotekniikan tietämys antaa edellytykset paitsi vientituotteiden kehittämiseen myös ympäristövahinkojen torjuntaan. 



Pekka Kansanen

ympäristöjohtaja, fil.tri, dosentti
Helsingin kaupunki,
ympäristökeskus

E-mail: pekka.kansanen@hel.fi

Kirjoittaja toimii Helsingin kaupungin ympäristöjohtajana. Hänen erikoisalansa on sedimenttitutkimus ja vesistöjen kunnostus.

TÖÖLÖNLAHDEN KUNNOSTUSHANKE ENNEN JA NYT

Vesistöjen kunnostuksella on Suomessa tarpeeseen nähden niukat resurssit. Töölönlahden historia osoittaa, kuinka vaikea on ollut toteutus silloinkin, kun kohde käytettävissä oleviin voimavaroihin nähden on ollut realistinen. Töölönlahdella ei ongelmana ole ollut ideoiden puute, vaan niiden runsaus. Täyttämisen sijaan on viimein alkamassa kunnostus ja Helsingillä on mahdollisuus ottaa kaikki imagohyöty kaupungin sydämessä sijaitsevasta uimakelpoisesta kaupunkilaisten virkistyskeitaasta.

Helsingin sydämessä sijaitsevan pikkuisen (20,8 ha) ja matalan (max. 2,5 m) Töölönlahden tila on ollut helsinkiläisten huolen aiheena ainakin 1800-luvun lopulta saakka (Laakkonen & Laurila 2001). Lahden tila heikkeni aikanaan kahdesta syystä. Toisaalta Kluuvin alueen maantäytöt olivat johtaneet lahden pinta-alan huomattavaan supistumiseen aina 1700-luvun lopulta alkaen. Lahdesta muodostui rautatiepenkereen valmistuttua 1860-luvulla varsinainen pussinperä, jonka henkireikänä mereen toimi vain 5 m leveä penkereen alittava kanava. Toisaalta kaupunki ja lahden rannan yritykset ja asukkaat kohtelivat kaltoin lahtea laskemalla sinne surutta jätevesiä. Lahden tila olikin jo 1800-luvun lopulta alkaen surkea veden muistuttaessa ajoittain aikalaisten havaintojen mukaan vihreää velliä. Myös hajuhaitat ja erityisesti massiiviset kala-kuolemat 1910-luvulla nostivat lahden tilan yleiseksi puheenaiheeksi.

Kunnostusideoita

Ajatus Töölönlahden kunnostamisesta eri toimenpitein ei suinkaan ole nousut esiin vasta viime vuosikymmeninä. Idea veden vaihtuvuuden parantamisesta kaivamalla kanava Helsingin niemien poikki Taivallahdesta tai Humallahdesta Töölönlahteen esitettiin jo 1900-luvun vaihteessa (Laakkonen & Laurila 2001). Myös rautatien alittavan aukon leventämistä suunniteltiin. Kokonaan toisenlainen lähestymistapa pilaantumisongelmaan oli niillä, jotka esittivät haisevan lahden täyttämistä kokonaan. Onneksi löytyi kuitenkin myös runsaasti täyttämisen vastustajia. Kolmas vaihtoehto oli lahden ruoppaaminen joko osittain tai kokonaan. Järkevimmät ymmärsivät myös, että lahteen tulevaa jätevesikuormaa tulisi pienentää rakentamalla puhdistamoja ja johtamalla parhaassa tapauksessa kaikki viemärit pois lahdesta. Näin siis jo 1900-

luvun vaihteessa oli esillä lähes kaikki perusratkaisut, jotka tänäkin päivänä ovat suunnitelmien pohjana. Pohjan käsittelyä kemikaalein tai sen peittämistä hiekkakerroksella ei sentään vielä esitetty näin varhain. Idea nousi esiin kuitenkin jo 1930-luvulla.

Puhdistamoita

Kaupunki aloitti kunnostamisen päättämällä rakentaa jäteveden puhdistamoja, joista ensimmäinen ja samalla koko maan ensimmäinen biologinen puhdistamo valmistui v. 1910, toinen Savijalan puhdistamo v. 1914. Pää oli näin saatu auki, mutta edessä oli kuitenkin vielä vuosikymmenien ajanjakso, jolloin Töölönlahden vesi kuului selkeästi huonoimpaan käyttökelpoisuusluokkaan. Kuormituksen vähittäinen pienentyminen johti vain hyvin hitaasti lahden tilan paranemiseen. Viimeiset suuret kala-kuolemat sattuivat ilmeisesti vuonna

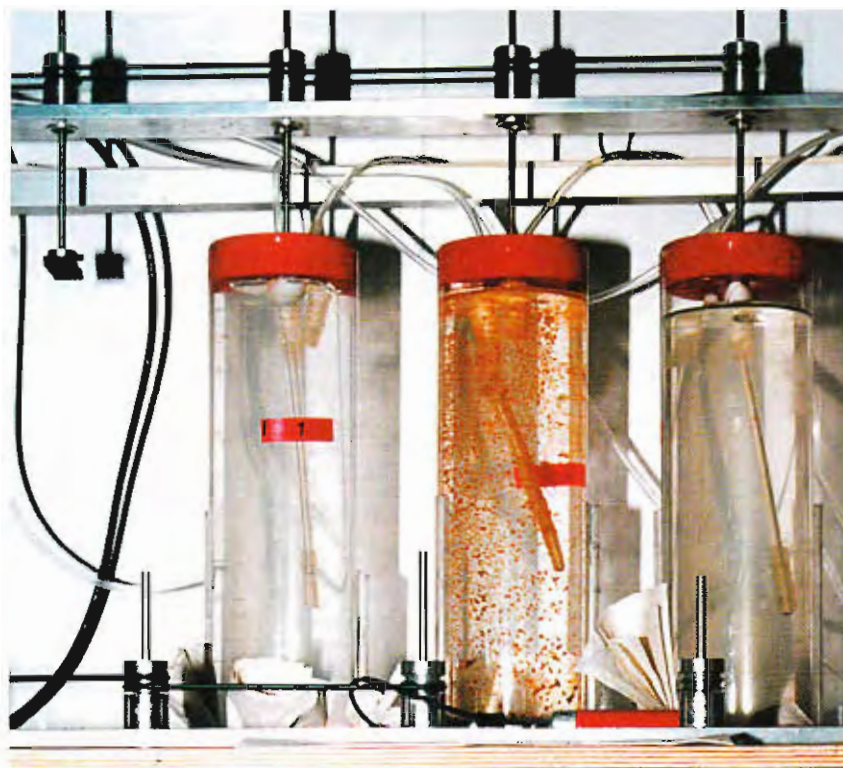
1938 (Laakkonen & Laurila 2001). Lahden kuormitus laski merkittävästi v. 1936 jälkeen, kun Alppilan pieni puhdistamo uusittiin ja Savilan tehoton puhdistamo muutettiin pumppaamoksi, jonka avulla saatiin johdetuksi suurin osa aiemmin lahteen johdetuista jätevesistä Rajasaaren uudelle jätevedenpuhdistamolle ja sitä kautta Laajalahteen. Töölönlahden tilan vähittäinen paraneminen vaiensikin aina 1950-luvulle saakka käydyn täyttämiskeskustelun viimein kokonaan.

Töölönlahti uimakelpoiseksi

Vuonna 1977 teki 46 kaupunginvaltuutettua aloitteen Töölönlahden kunnostamisesta uimakelpoiseksi. Monella taholla aloite otettiin innostuneesti vastaan, mutta vastustajiaakin löytyi lähinnä hankkeen korkeina pidettyjen kustannusten vuoksi. Kunnostamishanke nousi uudelleen entistä voimakkaammin keskusteluun 1990-luvulla, kun kaupungin eri hallintokunnat vuorollaan teettivät asiasta tutkimuksia ja suunnitelmia.

Kaupunkisuunnittelulautakunnassa kunnostushanke nähtiin tärkeänä osana Kampin-Töölönlahden alueen maankäytön kehittämistä. Perusratkaisuksi esitettiin v. 1989 valmistuneessa konsulttiselvityksessä lisäveden johtamista Seurasaarenselältä viemäriputkitunnelia pitkin. Myös vesi- ja viemärilaitos oli asiassa aktiivinen. Se teetti v. 1992 Töölönlahden kuormitusselvityksen, jossa arvioitiin myös vedenvaihdon lisäämistä päätyen suosittelemaan vesi-johtoveden käyttöä laimennusvetenä. Tuolloin nähtiin toisaalta tarvetta huuhtoa verkostoa ajoittain erityisesti vähentyneen vedenkulutuksen vuoksi. Toisaalta laskelmat osoittivat hankkeen merivesivaihtoehtoa teknis-taloudellisesti edullisemmaksi.

Myös ympäristölautakunta otti Töölönlahden kunnostamisen keskeiseksi tavoitteekseen. Hanke sisältyi sen aloitteesta kaupunginvaltuuston hyväksymään ympäristönsuojeluohjelmaan vuosille 1994–1998. Ympäristökeskus lähestyi ongelmaa pohjasta käsin tutkimalla sedimentin kerrospaksuuksia ja kuntoa sekä ravinteiden vapautumista ja sedimentaatiota (Kansanen et al. 1995,



Kuva 1. Töölönlahden pohjasedimentin inkubointia läpivirtauskoelaitteistossa Helsingin ympäristökeskuksen vesilaboratoriossa (Kansanen et al. 1995).

kuva 1). Merkittävää lisätietoa tuottivat myös Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen sedimenttitutkimukset Töölönlahdella, joiden avulla voitiin saada käsitys lahden historiasta paleolimnologisin menetelmin (Tikkanen et al. 1997, Tikkanen 2001). Tutkijat painottivat kunnostusvaihtoehtona erityisesti ruoppaamista perusteena lahden nopea sedimentaatio ja madaltuminen. Jatko-tutkimuksissa tehtiin allaskokeita laimennusvesillä ja erilaisilla pohjan ke-

mikaalikäsittelyillä (Kansanen & Norha 1996). Johtopäätöksenä oli se, että lisäveden johtamisen lisäksi tarvitaan pohjasedimentin pinnan ravinteiden sitomista esim. ferrisulfaatilla, joka nopeuttaa mereltä johdettavan lisäveden vaikutusta lahden tilaan. Lahden ruoppaamista mahdollisesti eräitä ranta-alueita lukuun ottamatta ei nähty tarpeellisenä ainakaan muutamaa kymmentä vuotta. Ruoppaus arvioitiin hyvin hankalaksi ja kalliiksi toteuttaa



Kuva 2. Meriveden johtamisen yleiskartta (SCC Viatek Oy).

sedimentin raskasmetallien ja pelkistyneisyyden vuoksi. Läjittäminen maalle nostaisi kustannuksia merkittävästi.

Ympäristölautakunnan esityksestä kaupunginhallitus tekikin periaatepäätöksen lahden kunnostamiseksi vuonna 1996. Lautakunnan esityksestä poiketen kaupunginhallitus päätyi Helsingin Veden esittämän vesijohtovesivaihtoehdon kannalle. Periaatepäätöksen toteuttaminen viivästyi kuitenkin suunnitellusta. Tavoite oli saada hanke toteutetuksi Helsingin juhlavuodeksi 2000. Viivästyksen eräänä tärkeimpänä syynä oli samaan aikaan käynnissä ollut Töölönlahden eteläpään maankäytön suunnittelu, johon kuului osana Töölönlahden puisto ja siihen kuuluvan laaja vesiaihe. Rakennusviraston johdolla jatkettiin kuitenkin kunnostushankkeen yksityiskohtaista teknistä suunnittelua. Uusi tarkennettu hankesuunnitelma valmistui v. 2000–2001. Vihdoin kaupunginhallitus otti suunnitelman käsittelynsä yleisten töiden ja ympäristölautakunnan esityksestä ja muutti aiempaa päätöstään ja päätyi merivesivaihtoehdon kannalle.

Töölönlahden kunnostushankkeen moninaiset vaiheet osoittavat asian ol-

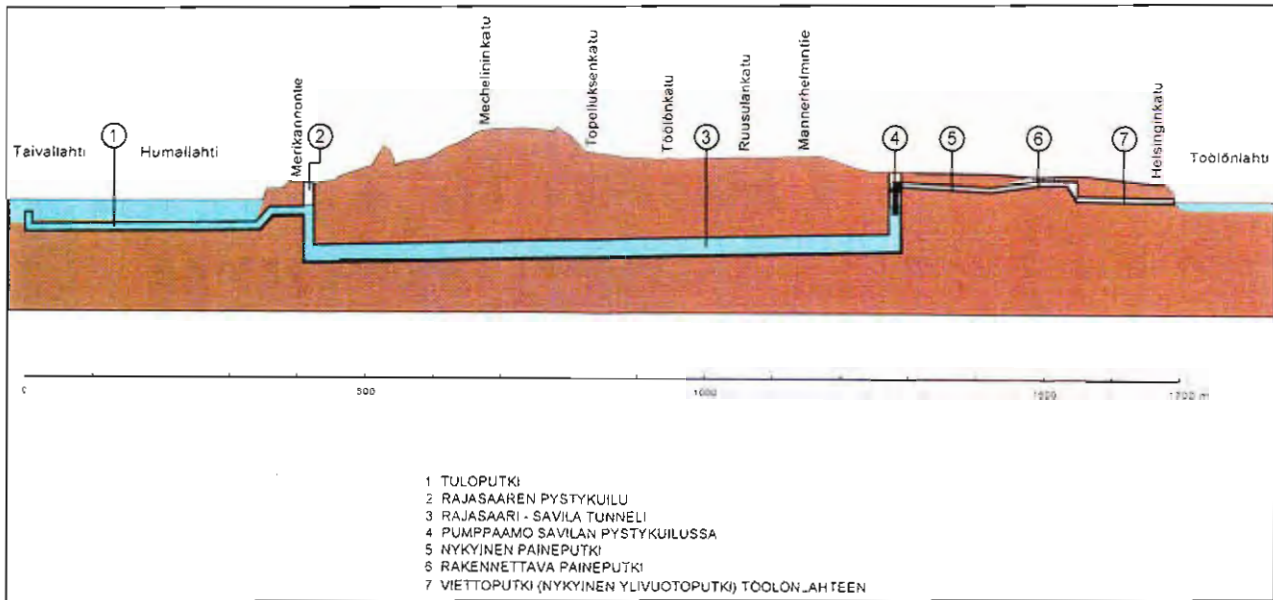
leen ilmeisen vaikeasti ratkaistava asia. Jokaisella helsinkiläissukupolvella on ollut viimeisen 200 vuoden aikana suunnilleen samanlainen keskustelu Töölönlahden tilan parantamiseksi. Jokainen sukupolvi on näyttänyt toimineen itsenäisesti oppimatta mitään edellisiltä (Laakkonen & Laurila 2001). Kovin vähän on saatu aikaan kuormituksen vähentämistä lukuun ottamatta. Ongelmana ei ole ollut ehdotusten puute, vaan niiden runsaus. Yhtenäistä näkemystä on ollut todella vaikea saada aikaan. Toinen viivästyistä aiheuttanut tekijä on ollut hankkeen kytkeytyminen Töölönlahden-Kampin alueen ratkaisemattomiin maankäyttökysymyksiin.

Töölönlahden kunnostuksen perusteet

Kunnostuksen tilatavoitteeksi määriteltiin kaupunginhallituksen viimevuotisessa päätöksessä vedenlaatuluokituksen luokka III (tydyttävä). Tähän päästään johtamalla merivettä viemäriputkea pitkin Seurasaarenselältä ja kemikaloimalla pintasedimenttiä tarvittaessa. Tavoite on pyritty arvioimaan realistisesti. Ratkaisevasti tämän saa-

vuttamiseen vaikuttaa laimennusveden laatu. Vaihtoehtoisina vedenottoaikoina arvioitiin Seurasaarenselän koillisosassa olevia Taivallahtea ja Humallahtea sekä kauempana olevaa keskistä Seurasaarenselkää (Ahonen 2001). Veden laatu on jonkin verran parempilaatuista keskellä selkää, mutta toisaalta pitempi ottoputki nostaa kustannuksia. Kompromissina valittiin vedenottoaikaiksi Taivallahden ja Humallahden välinen salmi. Vedenotto todennäköisesti parantaa veden vaihtoa muutenkin näissä lahdissa ja laskelmissa arvioitiin veden laadun yhdessä pohjan kemikaalikäsittelyn kanssa riittävän tavoitteen saavuttamiseksi. Kemikaalikäsittelyn arvioitiin aputoimenpiteenä tehostavan ja nopeuttavan vedenvaihdon positiivista vaikutusta lahden tilaan. Töölönlahden läpivirtaus parantaa meren tilaa mahdollisesti myös Eläintarhan ja Kaisaniemenlahdessa.

Toinen tärkeä tekijä on johdettavan meriveden määrä. Vettä johdetaan Töölönlahteen sulan veden aikaan touku-kuusta lokakuuhun pumppausvirtaaman ollessa $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Mitoituksessa on otettu huomioon myös mahdollisuus kasvattaa virtaamaa $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ saakka ja



Kuva 3. Merivesikierrätyksen periaatepiirustus (SCC Viatek Oy).

toisaalta johtaa 0,5 m³/s virtaama myös kauempaa Taivalluodon kaakkoispuolelta asti (Ahonen 2001).

Merivesilinjan suunnittelussa on hyödynnetty mahdollisimman paljon olemassa olevia rakenteita. Helsingin Vesi aikoo korvata nykyisin käytössä olevan Rajasaari-Savila viemäritunnelin uudella vuoteen 2005 mennessä. Tällöin tunneli vapautuu meriveden johtamiseen. Vanhoista rakenteista käytetään sellaisenaan tai muutostöiden jälkeen tunnelin lisäksi paineviemäriä Savilan pystykylästä stadionin etukentän itäreunalle (130 m) ja ylivuotoviemäriä Mäntymäestä Töölönlahteen (160 m). Tärkeimmät uudet rakenteet ovat merivedenottoputki Taivallahdesta (410 m), uusi maanalainen pumppaamo Savilaan, paineviemäriä 90 m ja eroosiosuojaus Töölönlahden pohjaan veden purkupaikalle.

Merivesilinjan rakentamisen kustannukset ovat noin 1,1 milj. €. Korvaavan jätevesitunnelin investointikustannus Helsingin Vedelle on n. 2,5 milj. €. Käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat n. 170 000 €/a. Meriveden johtaminen voitaisiin suunnitelman mukaan aloittaa vuoden 2005 aikana.

Hankkeeseen liittyy, kuten kunnostushankkeeseen aina, epävarmuustekijöitä. Pohjalietteen huono kunto voi hidastaa odotettua enemmän kunnostustavoitteen, tyydyttävä veden laatu, saavuttamista. Tämän vuoksi on syytä

varautua toistamaan pohjan kemikaalikäsitteily riittävän monta kertaa. Myös vedenoton paikkaa voidaan joutua vaihtamaan, jos ottopaikan veden laatu ei osoittaudu riittävän hyväksi. Pitkällä aikavälillä on selvää, että lahden madaltuminen ja mahdollisesti kiihtyvä umpeenkasvu edellyttävät pohjalietteen laajamittaista ruoppausta. Arvioiden mukaan tätä ei kuitenkaan tarvittaisi vielä pariinkymmeneen vuoteen. Meriveden pumppauksen vaikutus mahdolliseen pohjaveden alenemiseen tunnelilinjalla on arvioitu hyvin pieneksi riskiksi. Tunneli tullaan tiivistämään hyvin tämän estämiseksi.

Suunnitelman toteutuminen on nyt siis lähempänä kuin koskaan. Suuri yksimielisyys vallitsee nyt perusratkaisusta. Töölönlahden säilyminen merenlahtena näyttää turvatulta vesijohdotvesiratkaisun tultua haudatuksi. Otsonoidun ja aktiivihiihuosodatetun juomaveden käyttöä pidettiinkin useilla tahoilla kestävästä kehityksen periaatteiden vastaisena. Ilmeisesti myös tarve huuhtoa verkostoa oli poistunut vedenpuhdistuksen edistyttyä 1990-luvun lopulla. Aiemmat täyttösuunnitelmat kaatuivat aikanaan kaupunkilaisten vastustukseen. Töölönlahden maankäyttösuunnitelmien selkiytyminen poistaa loputkin esteet, jotka ovat olleet viime vaiheessa viivyttyä hanketta. Aikataulun suhteen ainoalta ongelmalta näyttää nyt kaupungin tulossa

olevat taloudelliset vaikeudet, jotka uhkaavat viivästyttää useita investointihankkeita. Toivottavasti Töölönlahti ei kuulu näihin hankkeisiin, onhan se ollut "jonossa" keskimääräistä pidempään.

Kirjallisuus

- Ahonen, J. 2001. Töölönlahden kunnostaminen. Kuntatekniikka 5: 9–12.
- Kansanen, P., Norha, T., Pesonen, L. & Riiheläinen, T. 1995. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 1/95 22 s.
- Kansanen, P. & Norha, T. 1996. Sedimentin kemikaloinnin ja lisaveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/96, 14 s. + 14 liit.
- Laakkonen, S. & Laurila, S. 2001. Vihreä keidas? Töölönlahden pilaantumisen ja suojelun yhteiskuntahistoriaa 1700-luvun lopulta vuoteen 2000. Laakkonen, S., Laurila, S., Kansanen, P. & Schulman, H. (toim.). Näkökulmia Helsingin ympäristöhistoriaan. Helsingin kaupungin tietokeskus/ Edita, 256–271.
- Tikkanen, M., Korhola, A., Seppä, H. & Virkanen, J. 1997. A long-term record of human impacts on an urban ecosystem in the sediments of Töölönlahti Bay in Helsinki, Finland. *Env. Conservation* 24 (4): 326–337.
- Tikkanen, M. 2001. Töölönlahti. Ikkuna kaupunkiympäristön menneisyyteen. Laakkonen, S., Laurila, S., Kansanen, P. & Schulman, H. (toim.). Näkökulmia Helsingin ympäristöhistoriaan. Helsingin kaupungin tietokeskus/ Edita, 240–253.

PÄIJÄNNE-TUNNELIN GEOLOGINEN YMPÄRISTÖ JA YMPÄRISTÖRISKIT

Pääkaupunkiseudun talousvesi ja teollisuuden käyttämä vesi virtaa 120 km matkan Asikkalasta Silvolaan kallioon louhitussa Päijänne-tunnelissa. Virtausyhteys pohjaveteen kallion rakojen kautta voi toimia mahdollisesti myös kulkeutumisväylänä haitta-aineille. Pääkaupunkiseudun Vesi Oy:lle tehdysä selvityksessä on tarkasteltu Päijänne-tunnelia suhteessa geologiseen ympäristöön ja potentiaaliin riskitoimintoihin. Tietokoneavusteisesti on mahdollista tehokkaasti yhdistää paikkatietomuodossa eri aineistoja. Tunnelivyoähykkeen maapeitteen, kallion rikkonaisuuden ja hydrogeologian kuvaus palvelee maankäytön suunnittelua ja riskinarviointia. Paikannetut haitta-aineiden kulkeutumiselle geologian ja hydrogeologian perusteella aroiksi arvioidut tunnelivyoähykkeet on hyvä huomioida maankäytössä vesihuollon turvaamiseksi.



Annukka Lipponen

fi. maist.

Suomen ympäristökeskus

E-mail: annukka.lipponen@ymparisto.fi

Kirjoittaja on vanhempi tutkija pohjavesiryhmässä alanaan kalliopohjavesi.

Selvityksessä on koottu ja muokattu paikkatietomuotoon Päijänne-tunnelin suunnittelun ja rakentamisen 1967–1982 tuottamaa geologista (Niini 1968) ja teknistä aineistoa Pääkaupunkiseudun Vesi Oy:n lisäksi konsultteita, kaupungeilta, ympäristöhallinnosta, tutkimuslaitoksista ja korkeakouluista. Tietoa maapeitteestä, kallion rikkonai-

suudesta ja pohjaveden virtauksesta on yhdistetty tunnelivyoähykkeen geologian ja hydrogeologian kuvaamiseksi sekä tunnelin vaikutusalueen arvioimiseksi.

Aiemmassa kartoituksessa (Haavisto 1998) tunnistettuja riskitoimintoja on geologista taustaa vasten arvioitu uudelleen. Paikkatietomuotoinen aineisto

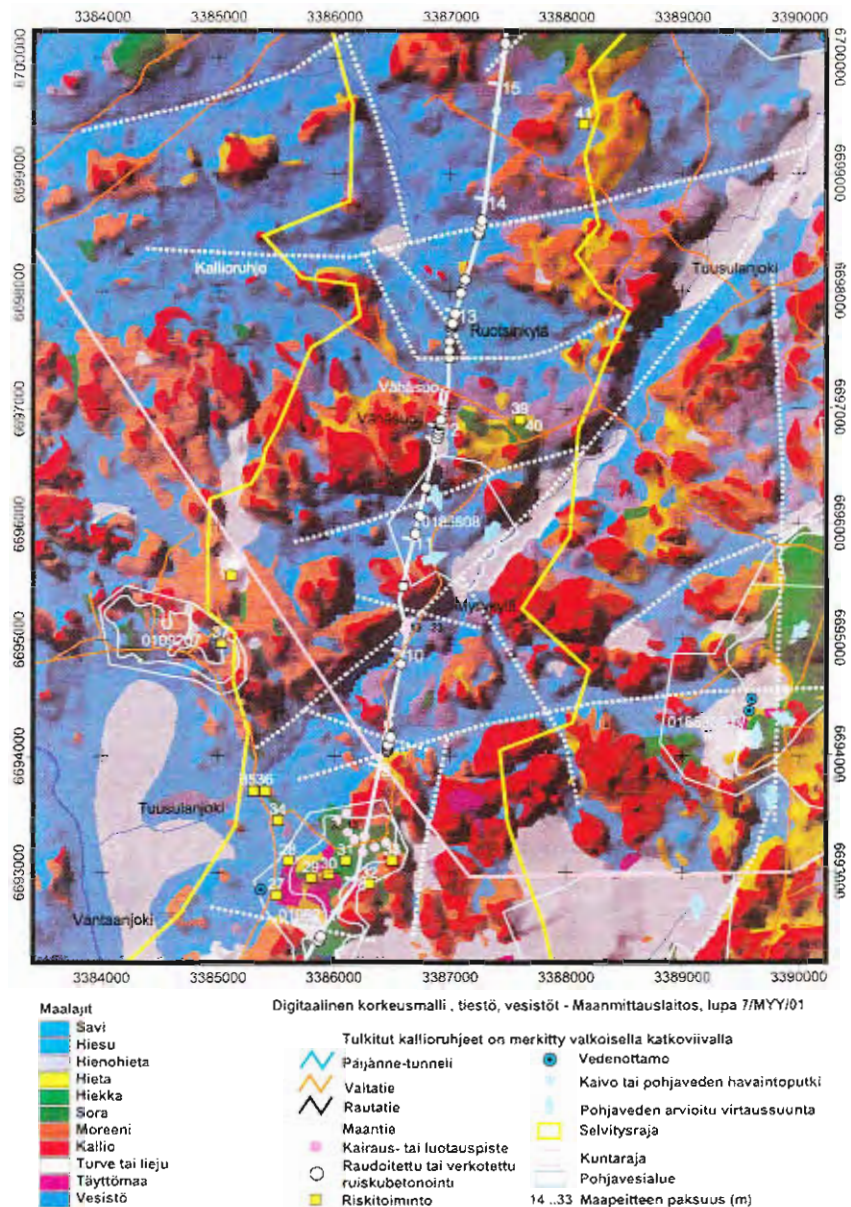
helpottaa riskitoimintojen, liikenneväylien, geologisten olosuhteiden ja Päijänne-tunnelin keskinäisten suhteiden analysointia sekä havainnollista visualisointia (kuva 1). Menetelmä mahdollistaa myös yhdistelyn ympäristöhallinnon, Geologian tutkimuskeskuksen ja Maanmittauslaitoksen alueellisiin maankäyttö-, maaperä- ja topografia-aineistoihin. Pohjaveden mahdollisina virtauskanavina tunneliin toimivat kallion rikkonaisuusvyöhykkeet on paikannettu geologian perusteella. Ruhjevyyöhykkeiden vedenjohto-ominaisuuksien huomattavan vaihtelun takia maanpintatieto on pyritty yhdistämään tunnelissa tehtyihin havaintoihin kallion rikkonaisuudesta (tai välillisesti lujuudesta) ja vesivuodosta tunneliin.

Kunkin tunneliosuuden maastoa, maapeitteen laatua ja paksuutta, kallioperää, topografiaa ja pohjavesiolosuhteita on kuvattu raportissa (Lipponen 2001). Erityistä huomiota on kiinnitetty hydrogeologisesti herkkiin kohtiin, joista voi olla virtausyhteys tunneliin, sekä mahdollisiin riskitoimintoihin. Tunnelinjalta saatavilla olevan tiedon epätasainen jakaantuminen on vaikuttanut osaltaan kuvausten yksityiskoh-taisuuteen.

Pohjaveden virtaus kalliossa

Kallioon louhittu Päijänne-tunneli on paineellinen vesitunneli, joka on ruiskubetonoituja rikkonaisuusvyöhykkeitä lukuun ottamatta verhoilematon. Suurin luonnollinen haitta-aineen kulkeutumisen riski on niissä kallion rikkonaisuusvyöhykkeissä, joihin on Päijänne-tunnelin rakennusaikana mitattu liittyvän selvä vesivuoto. Kallioruhje voi kuljettaa vettä kauempaakin kuin aivan tunnelin yläpuolelta. Kulkeutumista pohjaveden kautta voi todennäköisemmin tapahtua rinteiltä ruhjeen reunamilla, missä pohjavettä muodostuu, kuin paksuimman ja tiiveimmän maapeitteen läpi varsinaisen syvään rapautuneen kallioruhjeen kohdalla.

Vaikka pohjaveden virtaus kalliossa on kanavoitunut lähinnä ruhjevyyöhykkeisiin, voi paikallisesti merkittävää vesivuotoa liittyä myös erityisesti karkearakeisten graniittien vaakarakoi-luun. Esimerkiksi Punakallion ja Ron-



Kuva 1. Reliefimaastokartta Päijänne-tunnelivyöhykkeestä Vantaan ja Tuusulan rajalla, missä maisemaa hallitsee lounas-kaakkosuuntainen Tuusulanjärven kallioruhje (Lipponen 2001). Korkeusmalli – Maanmittauslaitos (lupa 7/MYY/02), maaperäaineisto – Geologian tutkimuskeskus.

konkallion tunneliosuuksilla Hyvin-käällä vuotovesimäärät ovat suhteellisen korkeat, vaikka kallio ei olekaan erityisen rikkonaista.

Useimmilla tunnelin pohjoisilla tunneliosuuksilla on lokakuussa 2001 tehdyissä mittauksissa havaittavissa, että vuotoveden määrä on pienempi kuin rakennusaikana. Tämä johtuu lähinnä paine-eron vähenemisestä aiheuttamasta hydraulisen gradientin pienene-misestä käyttöönoton jälkeen. Syksyllä 2001 tehty korjaus tunnelin pohjois-

osassa (Hirsto 2001) on myös tiivistänyt tunnelia vähäisessä määrin.

Täsmällisempää tietoa tunnelin vaikutusalueen laajuudesta on saatavissa rakentamisen ja tunnelin tyhjennyksen yhteydessä tehdystä pohjavesiseurannasta. Pohjaveden pinnan aleneminen antaa viitteitä virtausyhteyden laadusta ja ulottuvuudesta. Tunnelin korjaus ja siihen liittyvä seuranta syksyllä 2001 ovat tuottaneet uutta tietoa tunnelista ympäristössä. Aineiden kulkeutumisen riskin arviointia vaikeuttaa tiedon vä-

häisyys kulkeutumismatkoista ja -ajoista erityisesti kallio pohjaveden osalta.

Maapeliteen merkitys virtausyhteydelle

Riippuu maapeliteen läpäisevyydestä, saavuttaako haitta-aine mahdollisessa onnettomuustapauksessa maaperän pohjaveden. Tiiviin, hienorakeisen pintamaan alla voi olla vettä paremmin johtavia maakerroksia, joiden paikantamiseen tarvitaan kairaustietoja. Kallion rakoihin verrattuna lajittuneet maaperämuodostumat ovat merkittävämpiä pohjaveden varastoja. Maapeliteen laatu kallion päällä ja kallion pinnan rikkonaisuus vaikuttavat siihen, missä määrin pohjavettä painuu kallion rakoihin maaperästä. Tiukka pohjamooreeni tiivistää rajapintaa, mutta jäätikkökijokimuodostumien kuten harjujen alla lajittuneet, hyvin vettä läpäisevät maakerrokset voivat jatkua kallion pintaan asti. Harjujen ydinosa pohjavettä virtaa varsin kaukaa, suhteellisen suurella nopeudella ja maaperään joutuneet haitta-aineet voivat pohjaveden saavuttaessaan edetä nopeasti. Hiekka- ja sorakerrokset ovat hyvin vettä läpäiseviä ja tietyt haitta-aineet voivat omalla painollaan painua syvälle varsin lyhyessä ajassa. Harjut liittyvät myös usein kallion rikkonaisuusvyöhykkeisiin.

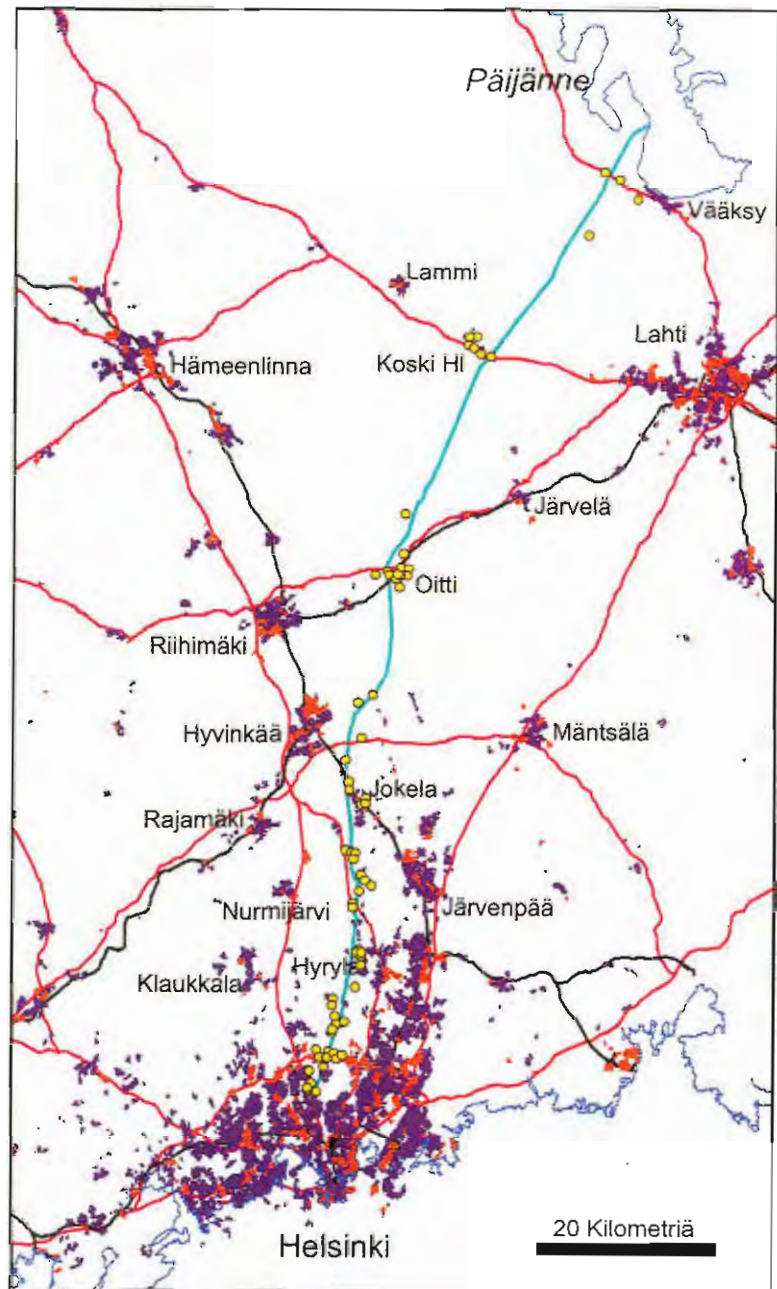
Arat tunneliväyhykkeet

Tunnelin veden painetasen muutos Kalliomäen voimalan kohdalla vaikuttaa merkittävästi ympäristön pohjaveden tason ja tunnelin väliseen hydrauliseen gradienttiin. Tunnelilinjalta pohjaveden ja tunnelin painetasen välinen ero on suurimmillaan Kalliomäen voimalan eteläpuolella, Tuusulan, Hyvinkään ja Hausjärven kuntien alueilla. Tunnelin ollessa käytössä painetaso eteläisimmillä 15 kilometrillä on monin paikoin lähellä maan pinnan tasoa, mikä heikentää virtausta kohti tunnelia kääntäen virtaussuunnan jopa ulospäin tunnelista.

Haitta-aineiden kulkeutumiselle aroiksi arvioiduissa tunneliväyhykkeissä yhdistyy useita seuraavista ominaisuuksista: 1) tunnelista todettu huo-

mattavan rikkonainen kallio (tai tästä välillisesti kertova raudoitettu tai verkotettu ruiskubetonointi), varsinkin jos rikkonaisuuteen on mittauksin tai havainnoin todettu liittyvän pohjaveden vuotoa tunneliin; 2) ohut tai hyvin vettä läpäisevä, karkeista lajittuneista maa-

lajeista koostuva maapeite tai vettä johtava maakerros; 3) suhteellisen ohut kalliokatto; 4) potentiaalisia riskitoimintoja kuten teollisuutta, huoltamo, kaato- paikka tai liikenteen valtavyylä sijaitsee tunnelin välittömässä läheisyydessä. Tunneliväyhykkeeseen kohdistuvat



Kuva 2. Potentiaalinen riskitoiminta Päijänne-tunneliväyhykkeellä on painottunut sen eteläosaan ja valtavyyliin varten (Lipponen 2001). Tiestö, vesistöt, teollisuus- ja asuinalueet – Maanmittauslaitos (lupa 7/MYY/02).

maankäytön paineet vaihtelevat Päijänne-tunnelin lähes 120 km pituisella linjalla huomattavasti (kuva 2). Lisäantyneen teollisen toiminnan ja rakentamisen takia maankäyttö tunnelin eteläpäässä muuttuu nopeimmin. Liikenteen valtaväyliä ja näiden läheisyyteen keskittyntä potentiaalista riskitoimintaa on erityisesti Vantaan Kehä III-tien ympäristössä, Helsinki-Vantaan lentoaseman läheisyydessä ja Oitissa, sekä vähäisemmässä määrin Jokelassa, Hämeenkosken Valkjärven ympäristössä ja 24-tien varressa Asikkalassa. Erityistä huomiota tulee valvonnassa ja suojauksessa kiinnittää alueisiin, joilla on sekä kuormittavaa toimintaa että luontainen pohjaveden virtausyhteydestä aiheutuva kulkeutumiskriisi.

Viime vuosina ilmennyt korjaustarve Päijänne-tunnelissa osoittaa tunnelisysteemin dynaamisuutta (Mikkola & Viitala 1999, Manninen 2001). Tunneli kiihdyttää pohjaveden virtausta kallion raoissa nopeuttaen kallion rapautumista ja kuluttaen lujitusrakenteita. Rakenteet ikääntyvät ja voivat vaatia korjausta. Tunnelin tyhjennys vedestä voimistaa tilapäisesti virtausta ympäristöstä kohti tunnelia. Vinot ajotiet alas tunneliin ovat potentiaalisia virtauskanavia pintavedelle.

Toimenpiteet

Tunneliosuuskittain koottu geologisen ympäristön kuvaus palvelee lähinnä rakentamista, tunnelin korjausten suunnittelua, riskinarviointia tai onnettomuustapauksissa toimenpidetarpeen arviointia. Koska hydrogeologiset ominaisuudet yksittäisissä kohteissa ovat ainutlaatuiset, vaatii määrällinen haitta-aineiden kulkeutumiskriisin arviointi yksityiskohtaisempaa tietoa ja mallinnusta. Tämä voi olla perusteltua siellä, missä potentiaalisia riskitoimintoja jo sijaitsee paikannetuilla rikkonaisen kallion tai läpäisevän maapeitteen alueilla tunnelivyohtyhykkeellä.

Uusien pohjavettä tai maaperää mahdollisesti uhkaavien toimintojen sijoittamista aroille alueille tunnelin välittömään läheisyyteen tulisi välttää, tai huolehtia ainakin riittävästä pohjavesisuojauksesta ja valvonnasta. Tunneliin allittamalla pohjavesialueilla maankäy-

tön suositellut rajoitukset tukevat myös tunnelin veden suojelua. Tutkimuksessa rajatun selvitysalueen sisäpuolella toimittaessa on hyvä tietää tunnelin asema maastossa ja tarvittaessa arvioida mahdollista virtausyhteyttä.

Rakentaminen ja maankäytön muuttuminen voivat vaikuttaa pohjavesiolosuhteisiin. Kallion louhinta tunnelivyohtyhykkeen läheisyydessä aiheuttaa lisärikkonaisuutta ja voi rakojen kautta synnyttää uusia virtausreittejä tunneliin. Tämä tulee erityisesti ottaa huomioon Helsinki-Vantaan lentoaseman ja Kehä III:n läheisyyteen tunnelivyohtyhykkeelle suunnitelluissa mittavissa kallionrakennushankkeissa.

Säännöllinen pohjavesiseuranta on perusteltua Päijänne-tunnelin eteläosan kaltaisilla alueilla, joilla rakennetaan runsaasti ja joilla maankäyttö muuttuu suhteellisen nopeasti. Ajan tasalla oleva ympäristöhavaintojen tietokanta toimii vertailukohtana mahdollisten muutosten havaitsemisessa (pohjaveden pinnan lasku, sortuma tunnelissa, maan pinnan vajoaminen tms.).

Kirjallisuus

Haavisto, T. 1998. Likaantumiskriisiä aiheuttavat toiminnot Päijänne-tunnelin läheisyydessä. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristökeskuksen moniste 138. 58 s. ISBN 952-11-0392-2. ISSN 1455-0792.

Hirsto, I. 2001. Päijänne-tunnelin pohjoisosan korjaustyö. Tekniikka ja kunta 25(7): 52–53. ISSN 0357-7953.

Lipponen, A. 2001. Päijänne-tunnelin ympäristögeologia ja -riskit. Helsinki, Suomen ympäristökeskus & Pääkaupunkiseudun Vesi Oy. Suomen ympäristö 525. 137s. ISBN 952-11-1033-3, ISSN 1238-7312.

Manninen, S. 2001. Vesitunnelien vaurioitumisprosessit. Espoo, Teknillinen korkeakoulu. 134 s. [Diplomityö.]

Mikkola, J. & Viitala, R. 1999. Pitkien vesitunnelien sortumat ja lujitus. Helsinki, Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. Geoteknisen osaston tiedote 80. 103 s + 5 liitettä. ISBN 951-718-402-6 ISSN 0788-6209.

Niini, H. 1968. Päijänne-Helsinki tunnelitutkimukset. Helsingin alueen vedenhankinnan yleissuunnitelma, liite E. Rakennusgeologisen yhdistyksen julkaisu 2 (20), 28 s.+ liitteet.

OIKAISUJA

Vesitalouden edellisessä numerossa 2/02 sivulla 36 oli virhe: hallintoneuvos Pekka Vihervuoren toimipaikka ei ole Pirkanmaan ympäristökeskus, vaan hän on **korkeimman hallinto-oikeuden jäsen**. Hänen sähköpostiosoitteensa oli myös virheellinen, oikea on **pekkavih@dlc.fi**

Tero Kärkkäisen artikkelissa sivulla 33 olleen tietolaatikon viimeisen linkin olisi pitänyt olla:
<http://www.water.hut.fi/~tskarkka/Work/Work.htm>

Jussi Uotilan et al. artikkelista sivulla 21 oli jäänyt pois ingressin viimeinen sana **”typenpoistotasoon”**.

Valitamme tapahtuneita virheitä.

FORSSAN KIRJAPAINO Oy

OVATKO SUOMEN PADOT TURVALLISIA?



Risto Kuusiniemi

tutkimusinsinööri, tekn.lis.
Suomen ympäristökeskus
risto.kuusiniemi@ymparisto.fi



Timo Maijala

kehitysinsinööri, dipl.ins.
Suomen ympäristökeskus
timo.maijala@ymparisto.fi

Kirjoittajat toimivat Suomen ympäristökeskuksessa patoturvallisuuden kehittämis- ja asiantuntijatehtävissä. Tehtäviin kuuluvat asiantuntijapalvelut alueellisille ympäristökeskuksille, erilaiset patoturvallisuuden kehitysprojektit sekä patoturvallisuuslain nojalla annettavien maa- ja metsätalousministeriön ohjeiden valmistelu.

Suomessa patoturvallisuuslain piiriin kuuluu lähes 500 patoa. Padot ovat jatkuvan turvallisuustarkkailun sekä määrävlein tehtävien tarkastusten kohteena. Kuitenkin patosortuman riski on – vaikkakin pieni – aina olemassa. Artikkelissa tarkastellaan Suomen patoturvallisuuskäytäntöä sekä vuosina 1970 ja 1990 sattuneita Uljuan patovaurioita.

Vuonna 1978 maa- ja metsätalousministeriö asetti patoturvallisuustoimikunnan tekemään ehdotuksen Suomen patoturvallisuuslainsäädännöksi. Patoturvallisuuslaki ja -asetus tulivat voimaan vuonna 1984. Ensimmäiset patoturvallisuusohjeet annettiin vuonna 1985 vesihallituksen toimesta. Nykyisin voimassa olevat ohjeet antoi maa- ja metsätalousministeriö vuonna 1997 (MMM:n julkaisuja 7/1997, <http://www.ymparisto.fi/hoito/pato/pato.htm>). Patoturvallisuusohjeet on tarkoitettu patoturvallisuuslain ja -asetuksen täytäntöönpanoa ja valvontaa varten.

Laissa padolla tarkoitetaan pysyvään käyttöön tarkoitettua patoa siihen kuuluvine rakennelmineen ja laitteineen, riippumatta siitä, mistä aineesta tai millä tavalla pato on rakennettu tai mitä ainetta padotusaltaassa padotetaan. Siten vesistöpatojen lisäksi myös jätepadot kuuluvat lain piiriin. Laki ei kuitenkaan koske sellaisia patoja, joihin sovelletaan kaivoslain määräyksiä. Kaivoslaissa esitetty turvallisuusvaatimus vastaa pato-

turvallisuuslain vaatimuksia. Kaivospatojen (12 kpl) valvonta kuuluu Turvatekniikan keskukselle. Patoturvallisuussäädöksiä sovelletaan patoon, jonka korkeus on vähintään kolme metriä (laskettuna patorakennelman ulkorajan alimman kohdan ja padotun aineen ylimmän pinnan välisenä korkeuserona). Suomessa patoturvallisuuslain piiriin kuuluu 476 patoa, joista vesistöpatoja on 418 kpl ja jätepatoja 58 kpl.

Patoturvallisuuslain sekä sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten noudattamisen valvonta kuuluu pelastustoiminta lukuun ottamatta alueellisille ympäristökeskuksille sekä ylin valvonta ja ohjaus maa- ja metsätalousministeriölle. Pelastustoimi kuuluu sisäasiainministeriölle ja sen hallinnonalan viranomaisille (lääninhallitukset, kuntien pelastusviranomaiset). Suomen ympäristökeskuksen tehtävänä on kehittää patoturvallisuutta ja osallistua patoturvallisuuslain nojalla annettavien maa- ja metsätalousministeriön ohjeiden valmisteluun sekä antaa tarvittavat asiantuntijalausunnot.



Kuva 1. Voimalaitoksen alakanavaan purkautuvaa sameaa vettä 15.5.1990. (Kuva: R. Kuusiniemi)

Yhteenveto patoturvallisuusmenettelyistä

Padot luokitellaan padosta onnettomuuden sattuessa aiheutuvan vaaran laadun tai padon väliaikaisuuden (työpato) perusteella:

- P-padoksi luokitellaan pato, joka onnettomuuden sattuessa saattaa aiheuttaa ilmeisen vaaran ihmiselle tai terveydelle taikka ilmeisen huomattavan vaaran ympäristölle tai omaisuudelle. P-pato voi olla matalampikin kuin em. kolme metriä.
- N-padoksi luokitellaan pato, joka onnettomuuden sattuessa saattaa aiheuttaa vähäisempää vaaraa kuin P-pato, mutta jota ei kuitenkaan voi pitää O-patona.
- O-padoksi luokitellaan pato, joka onnettomuuden sattuessa saattaa aiheuttaa vain vähäistä vaaraa.
- T-padoksi luokitellaan väliaikainen pato (työpato).

Padon luokittelu P-padoksi määritetään vahingonvaaraselvityksellä, jonka alueellinen ympäristökeskus voi tarvittaessa määrätä padon omistajan tai hal-

tijan tekemään. Vahingonvaaraselvitys koostuu patomurtuman tulva-aaltolaskennasta ja sen avulla tehtävästä vahingonvaaran arvioinnista padon alapuolella asuvalle väestölle ja siellä olevalle omaisuudelle.

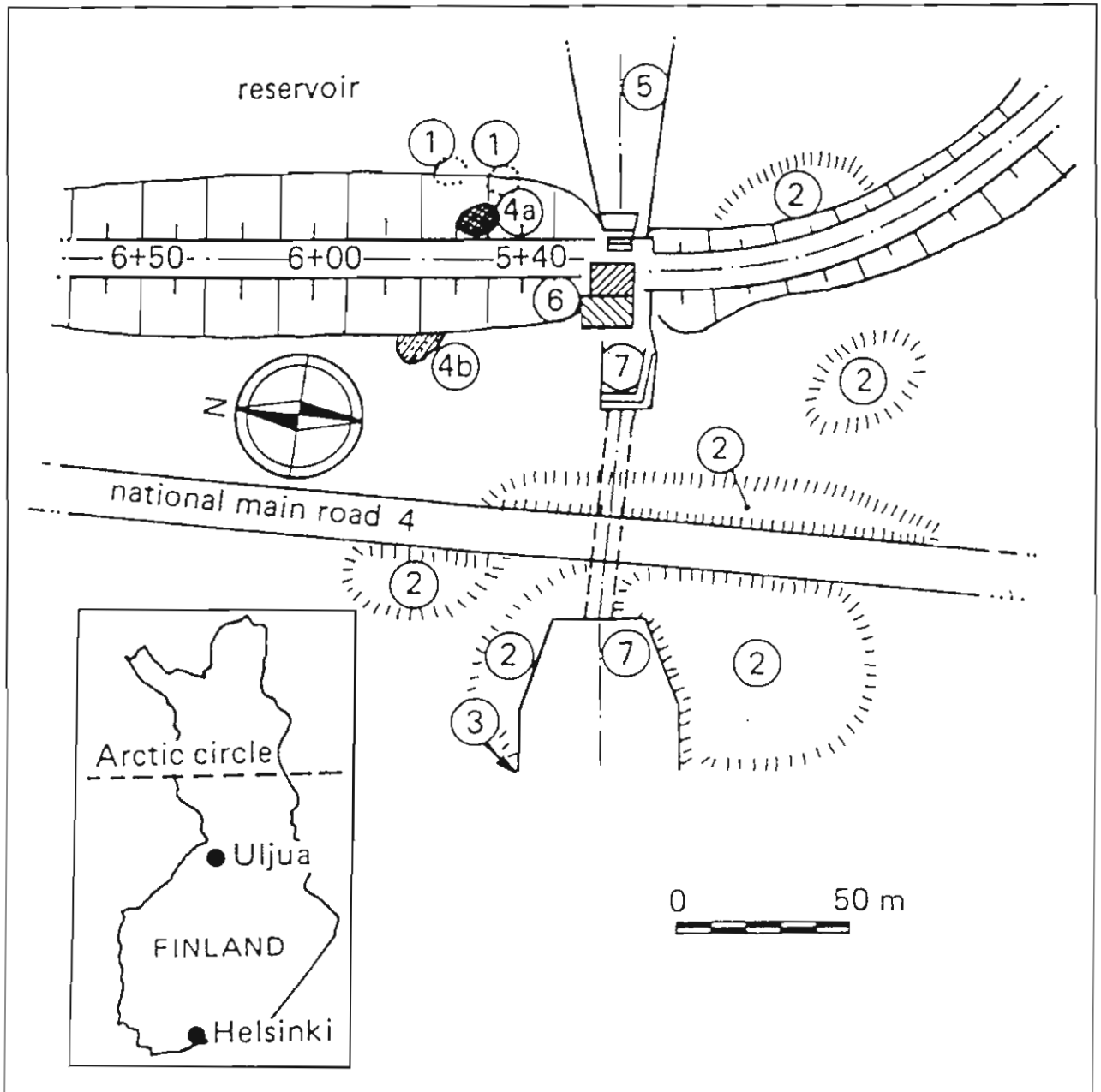
Patoturvallisuutta koskeva lainsäädäntö ja patoturvallisuusohjeet määrittelevät patojen omistajien tai haltijoiden velvollisuudet. Padon rakennuttaja vastaa, että padon suunnittelu tapahtuu riittävän pätevän ja kokeneen henkilön johdolla ja vastuulla. Padon rakennustyö on toteutettava siten, että rakennelma kestävyydeltään ja rakenteeltaan täyttää sellaiset vaatimukset, ettei siitä tai sen käyttämisestä aiheudu vaaraa turvallisuudelle.

Ennen padon käyttöönottoa on pidettävä käyttöönottotarkastus, johon osallistuvat padon suunnittelija tai muu pätevä henkilö, alueellisen ympäristökeskuksen patoturvallisuusvastaava ja ainakin P-patojen osalta pelastusviranomaiset sekä Suomen ympäristökeskuksen asiantuntija.

Ennen padon käyttöönottoa on jokaiselle lain piiriin kuuluvalla padolle

padon omistajan tai haltijan laadittava turvallisuustarkkailuohjelma, jonka alueellinen ympäristökeskus hyväksyy. P-padon tarkkailuohjelmasta aluekeskuksen on kuitenkin ensin hankittava Suomen ympäristökeskuksen asiantuntijalausunto. Ohjelma voi sisältää varsinaista tarkkailua, vuositarkastuksia ja määräaikaistarkastuksia enintään viiden vuoden välein. Tarkkailuohjelmaa voidaan myöhemmin muuttaa tarpeen mukaan tai erityisestä syystä aluekeskus voi myöntää osittain tai kokonaan vapautuksen tarkkailuvelvollisuudesta.

Jokaiselle P-padolle on onnettomuustilanteiden varalle laadittava turvallisuussuunnitelma, jonka laativat pelastusviranomaiset padon omistajan tai haltijan avustamana. Suunnitelma käsittelee pelastusviranomaisten hälyttämisen, padon alapuolisen väestön varoitamisen, evakuoinnin ja pelastustoimenpiteet sekä selvityksen padon omistajan tai haltijan varautumisesta pato-onnettomuuden varalta. Suunnitelma on pidettävä ajan tasalla ja sitä voidaan testata erillisillä harjoituksilla.



Kuva 2. Uljuan padon ja vauriokohdan sijainti. 1 = kraatereita altaan pohjalla, 2 = avokallio, 3 = samea vuotokohta, 4a = sortuma, 4b = painuma, 5 = yläkanava, 6 = voimalaitos, ja 7 = alakanavan tunneli ja avouoma. (Kuva: R. Kuusiniemi)

Padon omistaja on velvollinen pitämään padon sellaisessa kunnossa, että se on turvallinen ja ettei siitä aiheudu vaaraa. Patoturvallisuuden kannalta merkityksellinen aineisto on säilytettävä erityisessä turvallisuuskansiossa.

Uljuan patovauriot

Uljuan tekoallas sijaitsee Pulkkilan ja Kestilän kuntien alueella valtatie n:o 4 varrella Oulusta noin 80 km etelään. Altaan rakentaminen alkoi syksyllä 1965

ja työt saatiin päätökseen kesällä 1970. Altaan pinta-ala on 28 km² ylimmällä vedenpinnan tasolla HW +79,00 ja tilavuus 150 milj. m³. Altaan pääasiallinen merkitys on tulvasuojelussa ja sen säännöstelyväli on 8 metriä, mutta sillä on myös kalastus- ja virkistyskäyttöä.

Maapatoja on rakennettu kaikkiaan lähes 10 km ja patoihin on tarvittu maa-ainetta kaikkiaan 13 milj. m³. Tulisaaren pato on louhospato, jonka keskeinen tiivistesydän on rakennettu moreenista ja sen molemmiin puoliin ovat

suodatinkerrokset sorasta sekä uloimpana tukiosa louhoksesta. Tulisaaren padon suurin korkeus on 13 m. Arkkuosaaren pato on homogeeninen moreenipato. Padot on perustettu pääosin pohjamoreenille ja vain voimalaitoksen kohdalla peruskalliolle.

Altaan ensimmäisen täytön jälkeen kesällä 1970 havaittiin Tulisaaren padossa, Uljuanojan kohdalla, vähäistä suotoa. Kuukauden kuluttua havaittiin äkillinen, paikallinen vuoto, joka havaittiin Uljuanojan veden sementumi-



Kuva 3. Uljuan patovuodon röstäytyminen estettiin toukokuussa 1990 nopein korjaustoimenpitein.

sena. Vuoto korjattiin injektoimalla sementillä ennen kuin mitään suurempia vahinkoja ehti tapahtua. Todennäköisenä syynä oli karkeampi tai löyhäksi tiivistämisen yhteydessä jäänyt maakerros kapean tiivistesydämen alla. Ensimmäisen käyttövuoden aikana suotovesimääriä ja huokosvedenpaineita havaittiin lähes päivittäin. Padon tustalla, kuivalla puolella, olevien suotovesiputkien havaintojen perusteella, maanpinta korotettiin soralla samalle tasolle kuin ylin vesipinta ko. putkissa.

Patojen tarkkailussa noudatettiin hyväksyttyä tarkkailuohjelmaa ilman suurempia muutoksia lähes 20 vuoden ajan.

Viikonloppuna 12.–13.5.1990 havaittiin ensi kerran samentunutta vuotoa voimalaitoksen alakanavan kallio-osuuden päättymiskohdassa tunnelinosuuden jälkeen alavirtaan katsottuna oikealla puolella, noin 100 metriä voimalaitoksesta ja Tulisaaressa maapadosta. Samassa kohdassa esiintynyttä kirkasta vuotoa, n. 5 l/min, oli tarkkailtu koko altaan 20 vuotisen olemassaolon ajan.

Tutkimukset vuodon paikantamiseksi

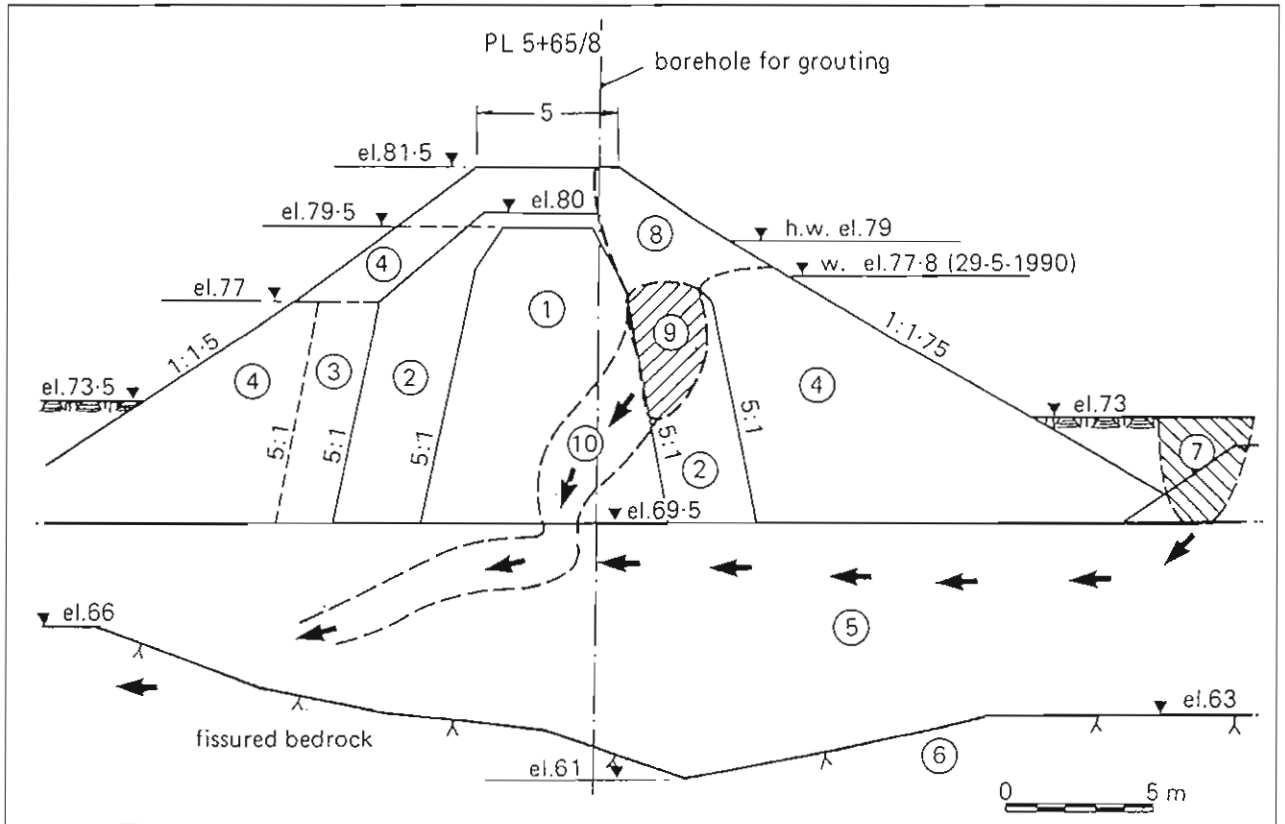
si patolinjalta aloitettiin heti ja samalla aloitettiin myös patopohjan kallion injektointi voimalaitoksesta Ouluun päin.

Tutkimuksissa sukeltajat löysivät altaan pohjalta läheltä maapatoa kolmen metrin läpimittaisia ja usean metrin syvyisiä "kraatereita", joiden arveltiin syntyneen sen seurauksena, että maaines oli kulkeutunut padon alitse syvällä olevien kalliorakojen kautta. Väriainekokeilla todettiin sekä injektointirei'istä että "kraatereista" olevan suora yhteys havaintopaikkaan, sillä merkkiaineen kulkunopeus oli nopeimmillaan 7 m/min. Tilannetta pidettiin vakavana ja altaan vesipinta alennettiin tasolle +75,00 mahdollisimman nopeasti. "Kraatereiden" täytteeksi ajettiin maainmassoja 2000 m³. Injektointityön aikana ilmeni, että tavanomainen sementti-injektointi ei yksinään tule onnistumaan kallion runsaan rikkonaisuuden ja altaan vesipaineesta johtuvan kallioraoissa tapahtuvan veden virtauksen vuoksi. Tämän johdosta päädyttiin soveltamaan erikoismenettelyä, jossa injektointi tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa syötetään porareikään

polyuretaania, joka veden kanssa reagoiessaan laajenee nopeasti tilavuudeltaan 6–7-kertaiseksi ja tukkii isonkin kallioraon. Tämän jälkeen voidaan jatkaa normaalilla sementti-injektoinnilla.

Tiistai-iltana 29.5.1990 klo 6.05 injektointitöitä padoilla aloittanut porari huomasi, että altaanpuoleinen louheverhous vajosi yllättäen kolme metriä noin seitsemän metrin matkalla noin 50 metrin etäisyydellä voimalaitoksesta. Padon harjalla olleet injektointivälineet ja useita tonneja sementtiä säkeissä vajosivat padon sisään. Samanaikaisesti vuotoveden määrä kasvoi 100 litraan sekunnissa ja vain nopea toiminta esti padon murtumisen. Työmaapäällikkö käynnisti moreenin ajon ja ensimmäinen kuorma moreenia kipattiin vaurio-kohtaan jo klo 6.45.

Padon määrän luiskan liikkuminen saatiin pysähtymään muutamassa tunnissa ja tilanne rauhoittui. Varmistustoimenpiteenä ajettiin määrälle puolelle tukipenkereeksi 20 000 m³ moreenia 200 metrin matkalle ja kuivalle puolelle 2000 m³ louhosta 100 metrin matkalle. Vuotovesimäärä oli päivän aikana pie-



Kuva 4. Vauriokohdan poikkileikkaus. 1 = tiivistesydän, moreenia, 2 = suodatin, hiekkainen sora, 3 = karkeampi suodatin, 4 = tukiosa, louhosta, 5 = pohjamoreeni, 6 = rapautunut kallio, 7 = kraateri, 8 = sortuma, 9 = sementtisäkkejä ja injektointikalusto, ja 10 = soran täyttämä eroosiokanava.

mentynyt 30 litraan sekunnissa.

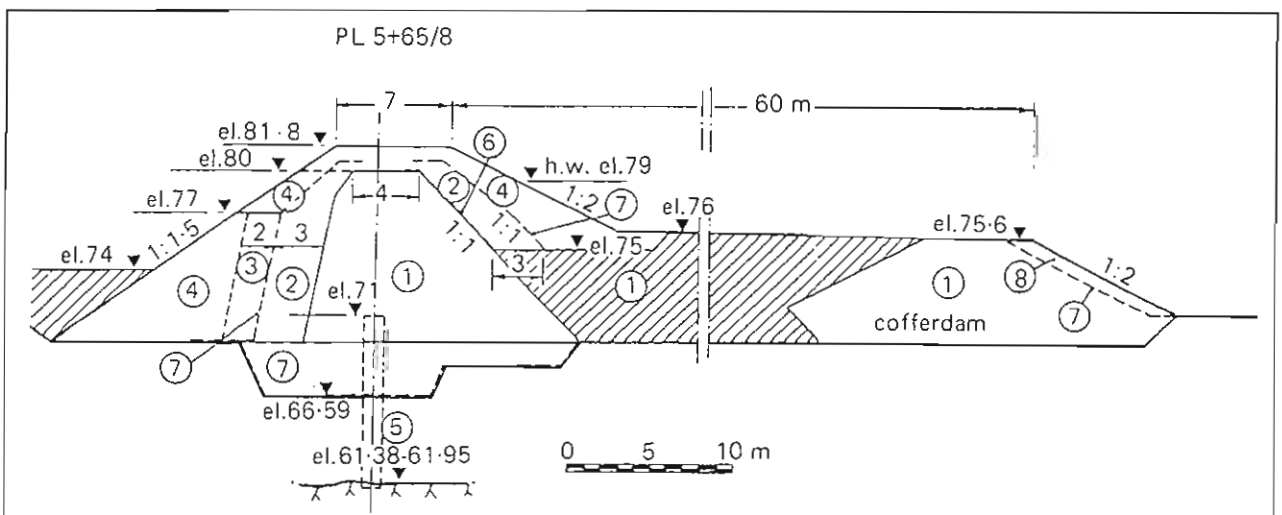
Patomurtuman varalta pelastusviranomaiset varoittivat alapuolista väestöä ja olivat varautuneet myös väestön evakuointiin.

Silloisen vesi- ja ympäristöhallituksen korjaustyötä varten asettama suun-

nitteluryhmä päätyi 13. 7.1990 kallioinjektioon lisäksi padon osittaiseen uudelleen rakentamiseen noin 200 metrin matkalla voimalaitokselta alkaen. Päätös osoittautui myöhemmin aivan oikeaksi, sillä padon purkutyön aikana löydettiin vauriokohdalta vinosti alas-

päin tiivistesydämen läpi kulkeva suodatinsoran täyttämä eroosiokanava. Korjaustöiden pääsuunnittelijana toimi VTT, koska alkuperäisenkin padon suunnitelmat oli laadittu siellä.

Korjaustyön toteuttaminen ns. kuivatyönä edellytti työpadon rakenta-



Kuva 5. Uudelleen rakennetun pato-osan poikkileikkaus. 1 = tiivistesydän, moreenia, 2 = suodatin, hiekkainen sora, 3 = karkeampi suodatin, 4 = tukiosa, louhosta, 5 = kaivnopaaluseinä, 6 = bentoniittimatto, 7 = suodatinkangas ja 8 = louhosverho.

mista, joka tehtiin päätypengerryksenä noin 60 metrin päähän varsinaisesta padosta riittävän työtilan takaamiseksi.

Vauriokohtaan, noin 10 metrin matkalle, rakennettiin kaivinpaaluseinä tukkimaan mahdollisen suotoreitin kallion päällä olevassa pohjamoreenissa. Kallio ja kallion ja kaivinpaaluseinän liitoskohta varmistettiin injektoinnilla. Maapadon rakentamisessa kriittisin kohta on yleensä se, missä kallio painuu syvemmälle ja padon perusta muuttuu kalliolta perusmaalle eikä kalliota enää tiivistetä injektioimalla.

Uudelleen rakennetulla pato-osuudella tiivistesydän rakennettiin lisävarmuuden saamiseksi alkuperäistä leveämmäksi eikä työpatoa purettu vaan välialue täytettiin tasoon + 76,00 moreenilla ja muilla kaivumassoilla.

Vauriokohdalla peruskallio oli rikko-naista ja rapautunutta ja pohjamoreeni osoittautui laboratoriotutkimuksissa erittäin herkäksi sisäiselle eroosiolle.

Yhtenä syynä patovauriolle voidaan pitää voimallituksen juoksutusten aiheuttamaa vedenpinnan nopeaa vaihtelua alapuolisessa tunnelissa (alakanavassa). Tämä on puolestaan saanut aikaan pumppausilmion, joka 20 vuoden aikana on huuhtonut padon alapuolisesta kalliosta hienoaineksen täyttämät kallioraot ja sisäinen eroosio on päässyt kehittymään. Tästä syystä tunnelista louhittiin vuonna 1992 katto pois ja rakennettiin siltä 4-tielle, koska tunnelin juoksutuskapasiteetti oli riittävä-

tön. Samalla alakanavan seinät tiivistettiin ruiskubetonoinnilla. Altaan tyhjennyskapasiteettia lisättiin rakentamalla lisäluukut välittömästi voimallituksen eteläpuolelle. Korjaustyön jälkeen patoon asennettiin uusia mittalaitteita padon kunnon seuraamiseksi. Korjaustöiden kustannukset olivat kaikkiaan noin 3 milj. €. Tulisaaren pato on toiminut kuluneet 10 vuotta suunnitelmien mukaisesti.

Ajankohtaisia kehityshankkeita


Syyskuussa 2001 valmistui EU-projekti RESCDAM, jonka loppuraportti ja muut tulokset ovat verkossa (<http://www.ymparisto.fi/eng/research/euproj/rescdam/rescdam.htm>). Projektin pilottikohteena oli Seinäjoella sijaitseva Kyrkösjärven altaan pato. RESCDAMin päätavoite oli kehittää varautumista pato-onnettomuuksiin vahingonvaaraselvitysten pohjalta.

Kyrkösjärven padolle tehtiin riskianalyysi, patomurtuman 1- ja 2-dimensionaalinen tulva-aaltolaskenta, ihmishengelle ja omaisuudelle aiheutuvan vahingonvaaran arviointi, tehtiin kyselytutkimus padon alapuoliselle väestölle sekä laadittiin turvallisuus-suunnitelma pato-onnettomuuden varalle. Projektissa laadittiin myös ehdotukset patoturvallisuusohjeiden tarkistamiseksi.

Meneillään olevia hankkeita ovat mm. patoturvallisuusohjeiden tarkista-

minen, missä hyödynnetään RESCDAM-projektin tuloksia. Jo osittain käytössä oleva patoturvallisuuden tietojärjestelmä PATO toteutetaan valmiiksi sekä laaditaan vertaileva selvitys 1- ja 2-dimensioisten virtausmallien käyttökelpoisuudesta patomurtuma-aallon laskennassa. Jatketaan sisäisen eroosion arviointiin liittyviä laboratoriotutkimuksia ja selvitetään valtion maapatojen herkkyyttä sisäiselle eroosiolle sekä selvitetään patojen tarkkailumenetelmiä nopean hälyttämisen kehittämiseksi mm. Uljuan patojen turvallisuustarkkailun automatisoinnin yhteydessä.

Patojen turvallisuus hallinnassa

Uljuan patovauriot vuosina 1970 ja 1990 ja muutamat pienempien patojen sortumat ja läheltä piti tilanteet 90-luvulla ovat muistuttaneet, ettei patojen turvallisuus ole itsestäänselvyys, vaan turvallisuuden eteen on tehtävä jatkuvaa työtä. Patoja on tarkkailtava hyväksytyjen tarkkailuohjelmien mukaisesti, niitä on käytettävä huolellisesti ja havaitut puutteet patojen kunnossa ja niiden käytössä on viipymättä korjattava. Suomen patoturvallisuuskäytännön ansiosta patojemme turvallisuus on hyväksyttävällä tasolla. Koska pieni riski patojen sortumisesta on aina olemassa, tulee onnettomuustilanteisiin varautua ennakolta ja noudattaa omaksuttua käytäntöä ja kehittää sitä edelleen. 

HOH Water Technology www.separtec.fi

Water Technology

<i>Talousvesisuodattimet</i>	<i>Käänteisosmoosi ja nanosuodatus</i>
<i>Teollisuussuodattimet</i>	<i>UV-sterilisaattorit</i>
<i>Kemikaalien annostelulaitteet</i>	<i>Uraanin ja radonin poistolaitteet</i>
<i>Ultrapuhtaan veden laitokset</i>	<i>Uima-allaslaitteet</i>

HOH Separtec oy **Orwa** Insinööritoimisto VARTIAINEN

Varpeenkatu 28 PL19 21201 Raisio puh. (02) 4367 300 fax (02) 4367 311 e-mail separtec@separtec.fi

VALOKAAPELI VALVOO RAKENTEIDEN KUNTOA

Tietoliikenteestä tuttu valokaapeli mahdollistaa rakenteiden lämpötilan ja tiiviyyden valvonnan sekä rakenteessa olevan lämpö- tai nestevuodon paikantamisen 25 cm tarkkuudella. Menetelmää voidaan soveltaa monipuolisesti erilaisten rakenteiden valvontaan. Alkavat vuodot voidaan havaita jo hyvin varhaisessa vaiheessa, jolloin vaurion eteneminen voidaan estää tai rajoittaa pienelle alueelle.



Marja Englund

kehityspäällikkö, fil. iis (fysiikka)
Fortum Service Oy
E-mail: marja.englund@fortum.com

Kirjoittaja on toiminut vuodesta 1988 lähtien Fortumissa kuituoptisten valvontamenetelmien tutkimus- ja kehitystyöstä vastaavana ja vuodesta 2001 lähtien erikoisteknologioihin perustuvien palveluiden kehityspäällikkönä.

Kaatopaikkojen valvontaa ja tarkkailua koskevat uudet ohjeet sekä ympäristön valvontaan ja turvallisuuteen tehtävät investoinnit luovat tarvetta uusille monitorointijärjestelmille. Näiden rakenteiden kunnonvalvontaan ja vianpaikannukseen tarvitaan tehokkaita menetelmiä, jotta vuoto tai vaurio saadaan nopeasti paikannettua ja vältetään turhalta kaivamiselta sekä saadaan korjauskustannukset pidettyä mahdollisimman pieninä.

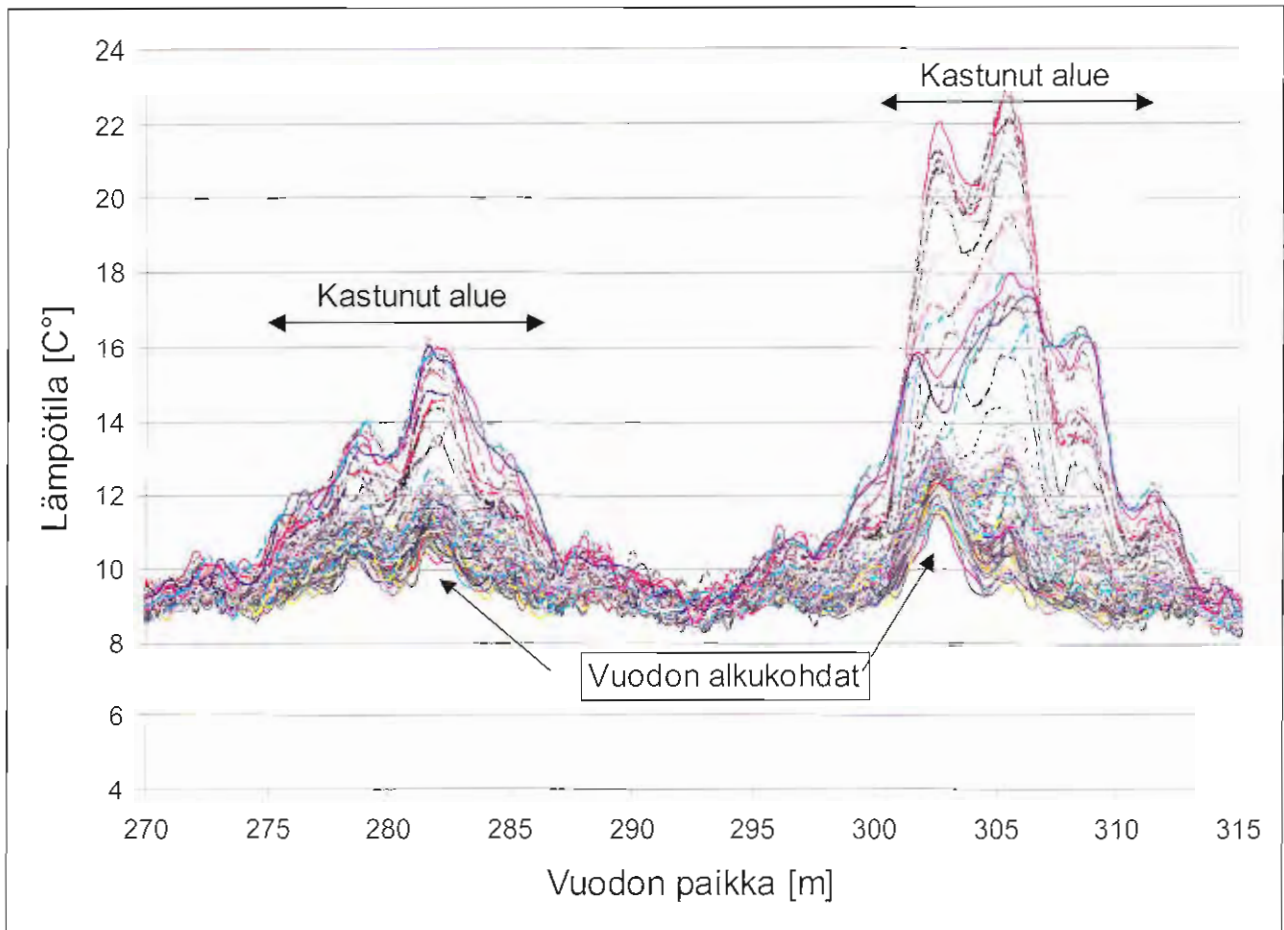
Vastaavasti tiheä kaupunkirakentaminen lisää kaukolämpöverkkojen, maahan asennettavien sähkönsiirto-kaapeleiden, vesijohtojen, viemäreiden ja tiedonsiirtoverkkojen rakentamista. Toisiaan lähellä olevien rakenteiden kunnossapidon tueksi kaivataan kattavia ja nopeasti vauriokohdan osoittavia menetelmiä.

Valokaapeliin perustuvan monitorointimenetelmän vahvuus on siinä, et-

tä valokaapelia pystytään käyttämään satoja metrejä tai jopa kymmeniä kilometrejä pitkänä rakenteen lämpötilaprofiilia, liikkeitä tai tiiviyyttä mittaavana anturina. Valokaapelin avulla voidaan valvoa laajoja kohteita sekä paikantaa putkien ja maarakenteiden vaurio- tai vuotokohdat (kuva 1). Se soveltuu myös sähkösiirtokaapeleiden kuormitettavuuden ja kuumien kohtien valvontaan sekä vian paikantamiseen. Tiheässä kaupunkirakentamisessa ja laajoissa maarakenteissa yksi valokaapeli voi toimia monipuolisena rakenteen kunnosta tietoa välittävänä anturina. Samanaikaisesti se voi olla osana nopeaa tiedonsiirtoverkkoa.

Valo kertoo lämpötilan

Uuden valvontamenetelmän peruskomponentti, tiedonsiirrossa käytetty valokaapeli, on korkealaatuinen ja edul-



Kuva 1. Valokaapeli paikantaa maarakenteessa olevan vaurio- ja vuotokohdan. Noin viikon aikana vuodon havaitsemisesta alkaen rakenne oli kastunut noin 10 metrin matkalta kummassakin vuotokohdassa.

linen massatuote, jota on saatavilla suoraan maa-asennukseen sopivana. Mittaustarkoitukseen valittu valokaapeli voi sisältää yhden tai useamman optisen kuidun. Valokaapelin käyttö vuodon valvonnassa perustuu ajatukseen, että syntyneet tai alkavat vuodot voidaan havaita rakenteen lämpötilaeroja tai lämpötilamuutoksia mittaamalla. Valokaapelia anturina käyttävä lämpötilamittauslaite mittaa valon takaisinsirontaa. Mittauslaite lähettää lyhyen valopulssin optiseen kuituun. Pieni osa kuidussa etenevästä valosta siroaa takaisin kuidun alkupäähän. Tämä takaisin siroannut valosignaali riippuu optisen kuidun lämpötilasta. Tarkka sirontapaikka määritetään valopulssin kulkuajan perusteella.

Valokaapelin pituus voi olla useita kilometrejä. Lämpötilan mittaustarkkuus on 0,5°C. Mittauslaitteen lämpötilan paikan erottelukyky kertoo kuinka pal-

jon optista kuitua pitää olla kahden mittauspisteen välillä, jotta laite pystyy erottamaan mittauspisteet toisistaan. Lämpötilan mittaamiseen käytettävän laitteen paikan erottelukyky voi olla esimerkiksi metri. Mittauslaitteen näytteenottoväliksi voidaan kuitenkin usein valita 25 cm, jolloin lämpötilatietoa saadaan kuidusta 25 cm välein.

Lämpötilaerot kertovat vaurioista

Valokaapeli soveltuu rakenteiden sisään asennettavaksi tai pintaan kiinnitettäväksi anturiksi tarjoten mahdollisuuden koko rakenteen samanaikaiseen valvontaan. Tyypillisiä valvottavia asioita ovat rakenteiden lämpötilaerot, kehittyvät lämpö-, neste- ja kaasuvuodot ja kuumat tai kylmät kohdat. Menetelmää voidaan käyttää paikallisten vuotojen etsintään ja seurantaan. Lisäksi valokaapelilla voidaan mitata

maarakenteen lämmönjohtavuuden ja kosteuden muutoksia sekä putken päällä olevan eristeen kastumista. Näin päästään rakenteiden ennakoivaan kunnonvalvontaan.

Yhdistämällä optinen lämpötilamittaus rakenteille ominaisiin ja ympäristökijöistä riippuviin lämpötilatietoihin voidaan valvontalaitteelle asettaa ennakkoon hälytysrajat poikkeavista tilanteista tai ennakoida kunnossapitotarpeita seuraamalla vaurion kehittymistä.

Monta tapaa asentaa

Vuodon valvontaan voidaan käyttää erilaisia ulko- ja sisäkäyttöön tarkoitettuja valokaapeleita. Valokaapelit poikkeavat toisistaan muun muassa dimensioidensa, painonsa, optisten kuitujen tyypin, kuitujen lukumäärän ja sisäisen rakenteen puolesta. Kaapeli-

tyyppi valitaan asennuskohteen mukaan. Maa- ja vesistöasennuksiin tarkoitetut metallirakenteella vahvistetut valokaapelit sopivat hyvin vaativiin asennuskohteisiin. Mittaustarkoituksiin käytettävät valokaapelit voivat sisältää kunnonvalvontamittauksia varten tarvittavien optisten kuitujen lisäksi tiedonsiirtoon käytettäviä kuituja.

Valvontakaapelin asennustapa riippuu kohteesta ja mittaustarpeesta. Mahdollisia asennustapoja anturikaapelille esimerkiksi muovisuojakuorellisia kaukolämpöjohtoja valvottaessa ovat suojakuoren päälle kiinnittäminen tai vapaasti samaan kaivantoon laittaminen (kuva 2). Valokaapeli voidaan asentaa myös kaapeliaurauksena, jolloin valokaapeli mittaa maakerroksessa tapahtuvia lämpötilan muutoksia.

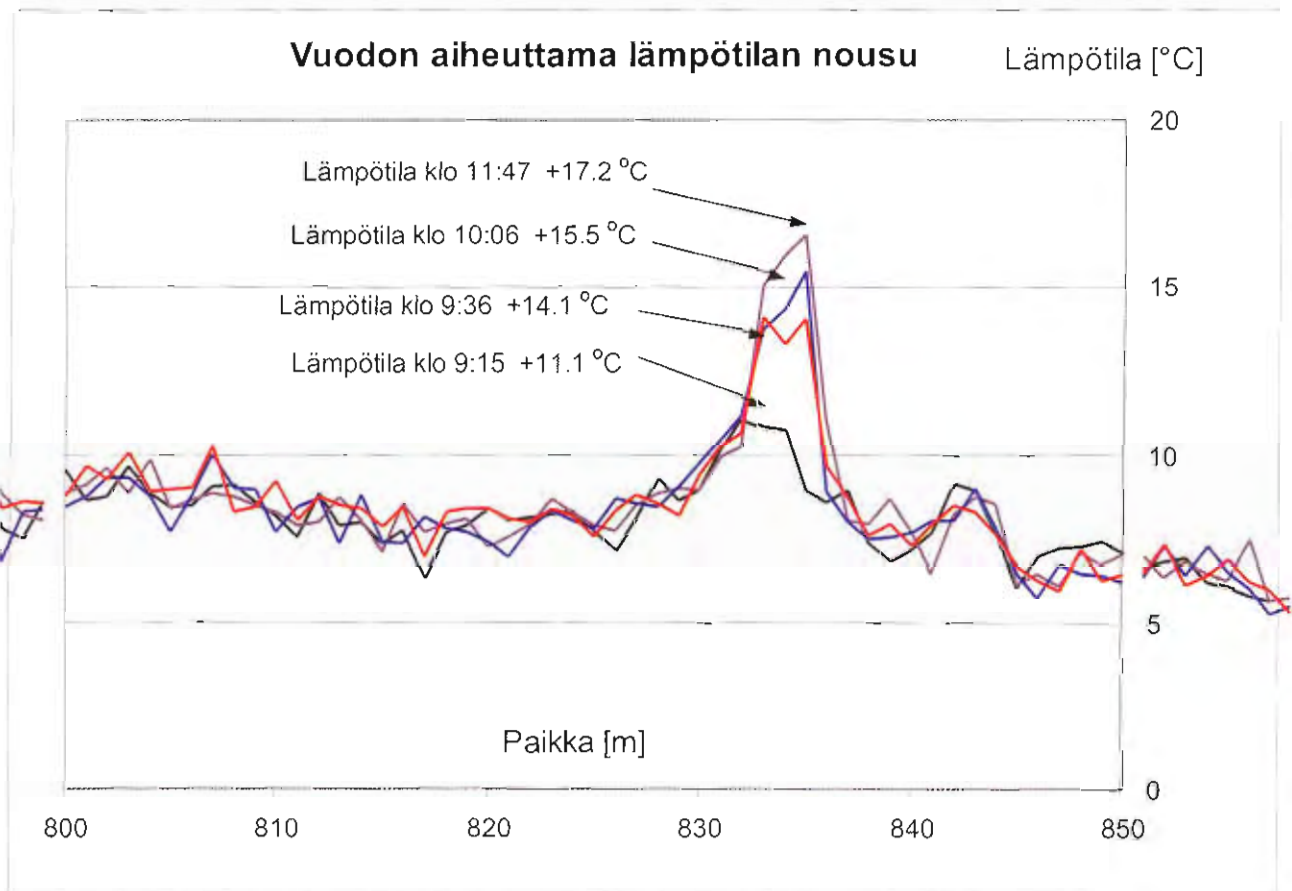
Maarakenteen valvonnassa valokaapelin on kestävä muun muassa normaalia maantäyttötöitä, kosteutta ja roudan aiheuttamia maaperän liikkeitä, joten luonnollinen valinta kaapelin



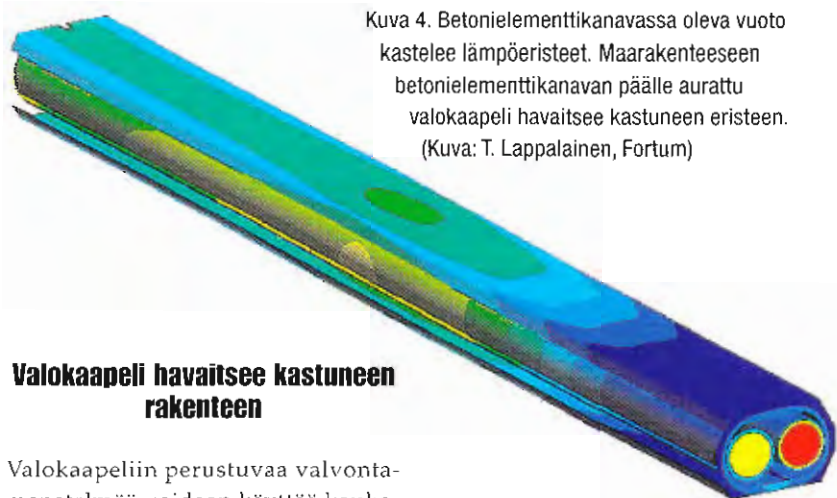
Kuva 2. Valokaapeli asennetaan muovisuojakuorellisen johtorakenteen pinnalle tai samaan kaivantoon johtorakenteen viereen.

kestävyyden kannalta on vedeneristyskerroksin suojattu maakaapeli. Myös

mittausmenetelmä asettaa vaatimuksia kaapelin valinnalle.



Kuva 3. Kaukolämpöverkon vuoto aiheuttaa ympäröivässä maarakenteessa lämpötilan nousun. Valvottavan johtorakenteen kokonaispituus oli 2 km. Vuotokohta paikannettiin 0,5 m tarkkuudella



Kuva 4. Betonielementtikanaavassa oleva vuoto kastelee lämpöeristeet. Maarakenteeseen betonielementtikanaavan päälle aurattu valokaapeli havaitsee kastuneen eristeen. (Kuva: T. Lappalainen, Fortum)

Valokaapeli havaitsee kastuneen rakenteen

Valokaapeliin perustuvaa valvontamenetelmää voidaan käyttää kaukolämpöverkon asennuksen laadun tai johtorakenteen tarkastamiseen. Uusissa johtorakenteissa vaurioita aiheuttavat useimmiten huono muovisuojakuoriliitos tai jokin ulkopuolinen syy, kuten kaivinkoneen kauhan kolhaisu. Muita tyypillisiä vauriosyitä ovat virtausputken hitsausvirhe ja puutteellinen liitoseristys. Lämpötilaprofilia mittaamalla voidaan varmistaa liitoskoh- tien eristyksen onnistuminen. Mittaus-

paikantaa myös kastuneen lämpöeristeen (kuva 4). Rakentamisen jälkeisellä mittauksella ja välittömällä korjauksella voidaan estää myöhemmin syntyviä vaurioita ja saada etukäteen tietoa johtorakenteen elinikään vaikuttavista tekijöistä.

Nopea vuodon paikannus

Valokaapelilla tehtävä vuodonvalvon-

ta soveltuu myös vanhoissa betonikanavissa olevien johtorakenteiden valvontaan. Betonikanavajohdoissa yleisimmät vauriot aiheutuvat vuotavista elementtisaumoista tai maanpainaumasta, jotka estävät kanavarakenteen sisälle kertyneen veden poistumisen rakenteesta. Elementin sisälle jäänyt vesi kastelee lämpöeristeet ja aiheuttaa korroosiota virtausputkissa. Yleensä vauriot syntyvät useamman syyn seurauksena. Tällaisia syy-yhdistelmiä ovat mm. virheellisten pohjatöiden tai maan painauman aiheuttama johdon virheellinen kaltevuus tai kondenssiveden ja riittämätön tuuletuksen aiheuttama korroosio. Sama valokaapeli, joka havaitsee kastuneen lämpöeristeen, voi mitata myös rakenteiden liikkumista ja maan painumista.

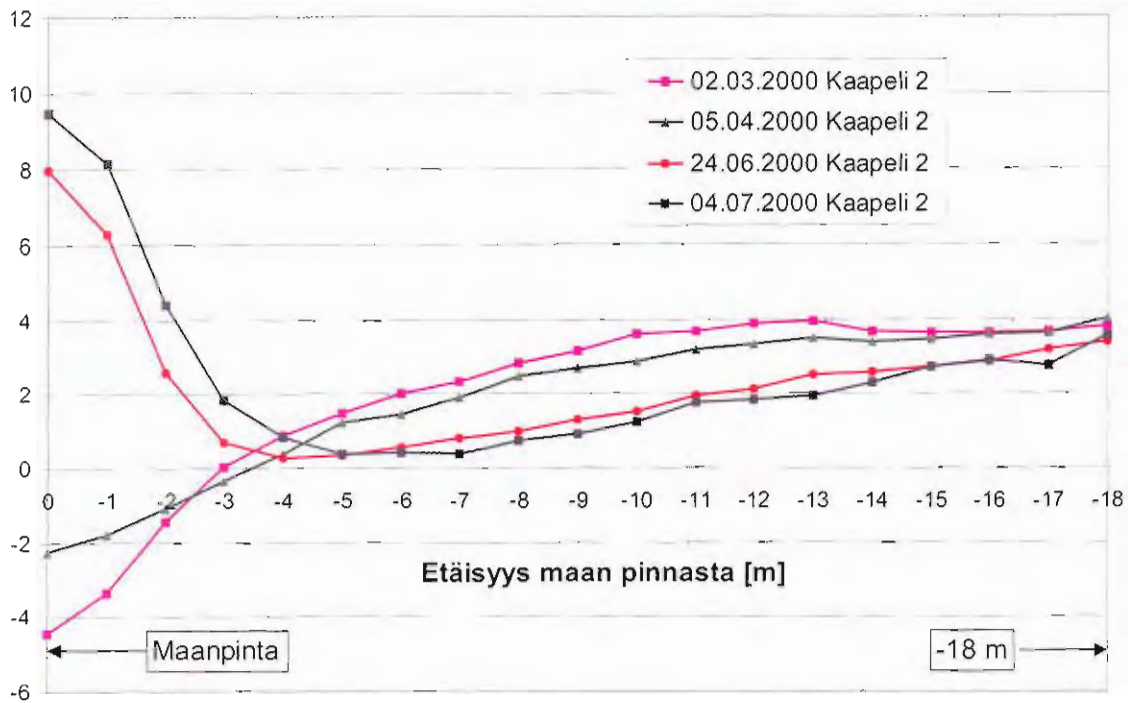
Kaukolämpöverkon valvontaan kehitettyä menetelmää voidaan käyttää myös erilaisten rakenteiden valvontaan (kuva 5). Tutkimuskohteina ovat olleet maarakenteiden jäätyminen ja sulamisen seuranta (kuva 6). Vesivoimalaitoksen maapadon valvonnassa sään-



Kuva 5. Valokaapelin asentaminen vesivoimalaitoksen maapadon painuman valvontaan. (Kuva: Kemijoki Oy)

Lämpötila [°C]

MAAPADON LÄMPÖTILAT (keväällä ja kesällä 2000)



Kuva 6. Valokaapelilla mitattu maapadon lämpötilajakauma syvyysuunnassa. Pohjois-Suomessa oleva maapatorakenne on 5–18 m syvyydessä kylmimmillään kesällä.

nöllisillä mittauksilla löydetään rakenteen vaurioista kertovat paikalliset lämpötilaerot. Valokaapelin avulla voidaan seurata veden virtaamista rakenteessa ja arvioida mahdollisen vuodon ja vauriokohdan laajuutta (kuva 1). Valvonnan edellytyksenä on, että virtaavan veden lämpötila poikkeaa rakenteen lämpötilasta tai, että rakenteeseen pystytään synnyttämään hallitusti lämpötilaeroja.

Elinkaaren aikainen valvonta

Valokaapeli soveltuu monipuolisesti kaatopaikan valvontaan koko sen elinkaaren ajaksi. Kaatopaikan täyttövaiheessa sade- ja sulamisvedet imeytyvät jätteeseen. Tiiviin pohjaeristeen tarkoituksena on estää suotoveden pääsy ympäristöön. Suotovedet ohjataan esimerkiksi salaojituskerrosta pitkin ympärysojaan, josta ne johdetaan jätevedenpuhdistamolle. Valokaapeliin perustuvalla lämpötilamittauksella voidaan seurata suotoveden virtaamista rakenteessa, valvoa pohjan tiivistysrakenteen mahdollista jäätymistä, sulamista ja

vuotoja (kuva 7). Epähomogeenisissa rakenteissa ja rakenteissa, joiden lämmönjohtavuusominaisuuksia ei tunneta, on erityisen tärkeää suunnitella huolella valvontakaapeleiden asennukset.

Kaatopaikan saavutettua lopullisen korkeutensa jätepengeri peitetään tiiviillä pintarakenteella. Sade- ja sulamisvedet ohjataan pintavaluntana kaatopaikan ulkopuolelle. Jätetäytöstä tulevat suotovedet ohjataan edelleen salaojituksen kautta jätevedenpuhdistamolle. Valokaapeliin perustuvaa valvontamenetelmää voidaan käyttää seuraamalla suotovesien kulkeutumista sekä valvomassa pintarakenteen ja salaojituksen toimintaa. Valokaapelista muodostettu mittausverkko antaa tie-

toa rakenteiden kunnosta ja mahdollisten vaurioiden laajuudesta ja sijainnista.

Muita tulevaisuuden käyttökohteita kattavalle lämpötilavalvonnalle ovat jätepenkereiden prosessinohjaus sekä biokaasun hallitun keräyksen ja hyötykäytön tarkkailu ja valvonta kaatopaikalla. Kaatopaikalla kaasun muodostumiseen vaikuttaa jätteen koostumus, jätepenkereen ja jätteen rakenne, kosteus sekä yhtenä tärkeänä tekijänä lämpötila. Eri kaatopaikoilla olosuhteet voivat olla hyvinkin erilaiset. Varsinkin matlat kaatopaikat saattavat olla vuosikausia sellaisessa tilassa, jossa biokaasun muodostuminen on vähäistä. Useita kilometrejä pitkään valokaapeliin pe-

☛ Takaisin sironnut valo kertoo lämpötilan

Optinen kuitu on ohutta, halkaisijaltaan 0,1–1 mm vahvuista lasi- tai muovikuitua. Valo etenee heijastumalla ja taittumalla optisen kuidun sisäisistä rajapinnoista. Kuituun kohdistuvat ulkoiset tekijät, kuten lämpötila, kosteus, paine ja venymä, vaikuttavat valon etenemiseen. Mittaamalla esimerkiksi takaisin sironnan valon voimakkuutta saadaan selville lämpötila.



Kuva 7. Valokaapelin asentaminen kaatopaikan pohjarakenteen valvontaan.
(Kuva: Ekokem Palvelu Oy)

rustuvan lämpötilamittausmenetelmän vahvuus on siinä, että sillä saadaan kattavaa tietoa kaatopaikan lämpötilajakaumasta. Tiedon avulla voidaan kohdistaa toimenpiteet kuten kaatopaikkavesien kierrätys sinne, missä kaasun muodostuminen on vähäistä. Lisäksi kattavalla lämpötilan mittauksella voidaan valvoa kaatopaikkojen paloturvallisuutta.

Valokaapeli on osoittautunut monipuoliseksi valvontamenetelmäksi. Valokaapeliin perustuvalla vuodon valvonnalla on myös muita käyttösovellutuksia, joilla on ympäristön ja yhteisön turvallisuuden kannalta laajempi merkitys, esimerkiksi tärkeiden pohjaviesialueiden, öljysäiliöiden- ja putkien, huoltoasemien maaperän ja kaasuputkien valvonta.

Artikkelissa esitetyt tutkimustulokset ovat syntyneet Fortumin toteuttamassa monivuotisessa tutkimusohjelmassa, jossa yhteistyökumppaneina ovat olleet muun muassa Suomen kaukolämpöyhdistys ry:n jäsenyritykset, Kemijoki Oy, Tiehallinto ja Contesta Oy.

Kirjallisuus

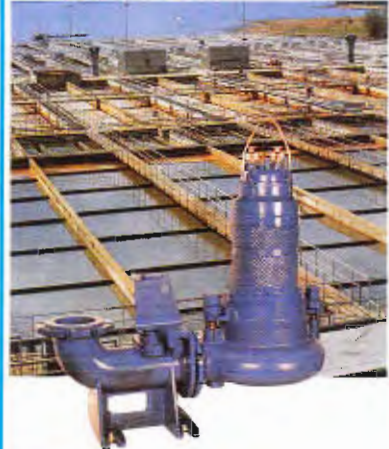
Englund, M. 1999. Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik. Svenska Fjärrvärmeföreningens Sverige AB. FOU 1999:3. 30 s.

Ipatti, A. & Englund, M. 2002. Optinen kuitu ottaa mittaa betonista. *Betoni* 72(1): 50-53.

Englund, M., Ipatti, A. et al. 2000. Dam monitoring using fibre optic temperature sensor. International seminar and workshop on the RESCDAM project. Seinäjoki. 7p.

VÄKIVAHVAT PUMPEX-PUMPUT

jätevesille, lietteille, hiekanerotukseen ja kuivatukseen



SEPTEK OY

kuuluu HyXo-yhtiöihin

Pajapellonkuja 5

04200 KERAVA

Puh. (09) 294 4949

Faksi (09) 294 1797

HyXo Oy

www.hyxo.fi • hyxo@hyxo.fi

Filter-jauheannostimet



- Parhaat ratkaisut
- Edulliset hinnat
- Erinomaiset lisälaitteet ja -varusteet

Ota yhteyttä, kerromme lisää!
Puh. (09) 417 4500

KAATOPAIKAN PINTARAKENTEEN TOIMIVUUS

Ympäristökuormituksen minimoimiseksi satoja kaatopaikkoja on suljettu valtioneuvoston päätöksen tultua voimaan vuonna 1997 ja suljetaan kaikkien määräysten tullessa voimaan vuonna 2007. Jätepenkereiden pintakerrosten rakentamisen kustannusarvio on 30–50 Meuroa vuodessa. Jätepenkereen pintakerroksen vesitaseen osien mittaukseen perustuva järjestelmä osoittautui toimivaksi tavaksi varmistaa investoinneilla saavutettu hyöty ja rakenteiden toimivuus.

Matti Ettala

tekn.tri, dosentti

E-mail: matti.ettala@co.inet.fi

Kirjoittaja on tutkinut ja suunnitellut kaatopaikkoja yli 20 vuoden ajan.

Pertti Hyvönen

dipl.ins.

E-mail: perthi.hyvonen@pythagoras.fi

Kirjoittaja on erikoistunut anturitekniikkaan ja säätöjärjestelmiin.

Erkki Pesonen

fil.lis., lutkija

E-mail: erkki.pesonen@metla.fi

Kirjoittaja on fyysikko erikoisalanaan ympäristömittausmenetelmät.

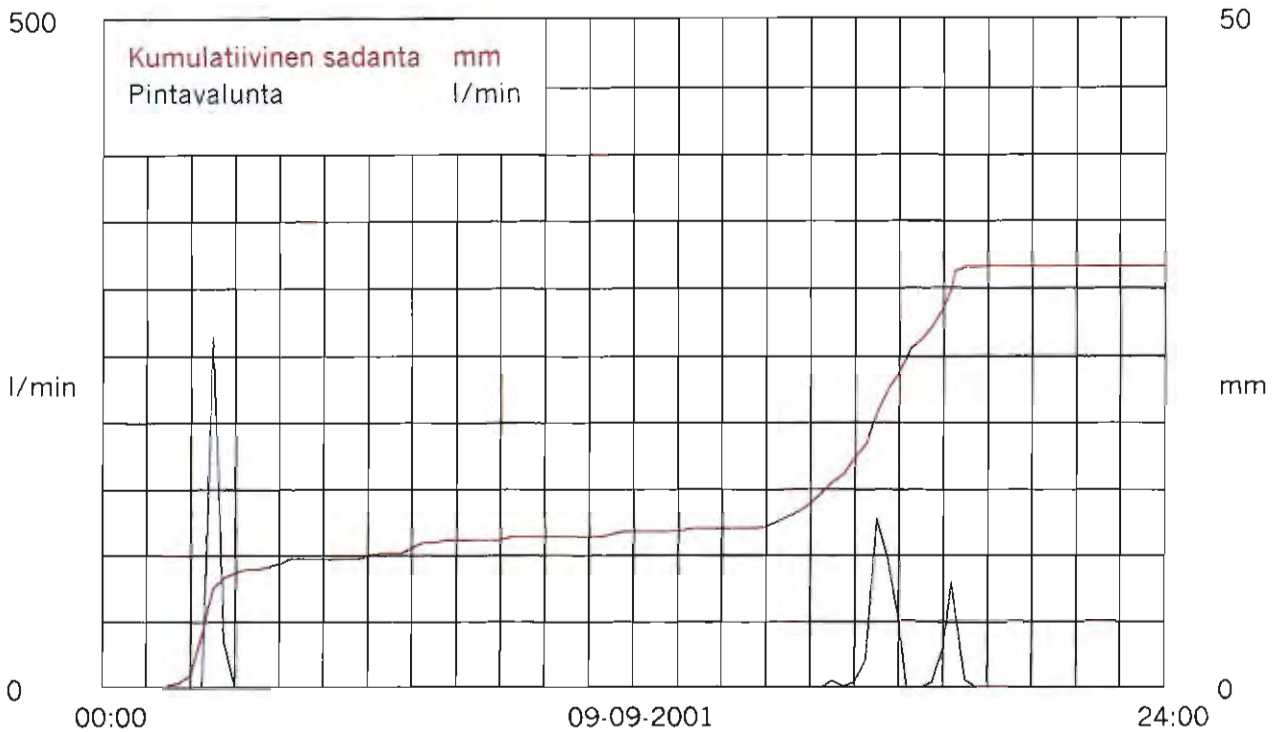
Kirjoittajat työskentelevät EHP-Tekniikka Oy:ssä.

Valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista (861/1997, muutos 1049/1999) edellytetään valvonnalla ja tarkkailulla selvitettäväksi, että "kaatopaikan ympäristönsuojelujärjestelmät toimivat täysin tarkoitetulla tavalla". Päätöksessä on määritelty pinta-, kuivatus- ja tiivistyskerroksen paksuus sekä keinotekoisien eristeen ja kaasunkehäskerroksen tarve, mutta rakenteiden toiminnallisia tavoitteita ei ole esitetty.

Kaatopaikan pintarakenteen tarkoitus on arvioitava tapauskohtaisesti. Jätepenkereiden aiheuttamien hajuhaittojen vuoksi pinnan tiivistys jopa keinotekoisella eristeellä voi osoittautua tarpeelliseksi. Tyypillisesti määräävä tekijä on kuitenkin vesiensuojelu, ja kaatopaikkojen lopettamisoppaassa (Suomen ympäristökeskus 2001) on tarkasteltu teknisiä vaihtoehtoja imeynnän rajoittamiseksi 5–25 %:iin sadannasta. Ti-

vistyskerroksen vedenläpäisevyyden rakennusaikainen valvonta on tarpeen, mutta rakenteen toimivuus vuosikymmenien ajan on varmistettava vesitasemittauksin ja -laskelmin. Pintarakenteen tarkoitus ei toteudu, ellei pintavaluntaa ja kuivatuskerroksesta purkautuvaa vettä saada puhtaana kaatopaikkavesien käsittelyjärjestelmän ulkopuolelle.

Seuraavassa on esitetty M-real Oyj:n Simpeleen tehtaan Konkamäen kaatopaikan pintarakenteen toimivuuden seurantajärjestelmän ensimmäisen mittausvuoden 1.12.2000–31.11.2001 tulokset. Koerakenteen (0,5 ha) toteutti syksyllä 2000 Ekokem-Palvelu Oy, ja seurantajärjestelmän toimitti ja tulokset käsittelee EHP-Tekniikka Oy. Jätepenkereen jyrkkä luiska ja heikko kantavuus huomioon ottaen pintarakenteen tiivistyskerroksena käytettiin bentoniittimattoa,



Kuva 1. Kumulatiivinen sadanta ja pintavalunnan hetkellisarvot.

jonka laskennallinen yhdistetty tiivistysvaikutus vastaa lupamääräyksen vaatimuksia. Pintarakenteelle asetettiin tavoitteeksi, että imeyntä jätepenkereeseen on enintään 20 % sadannasta.

Vesitasemittaukset tarpeen

Konkamäen kaatopaikan pintarakenteen toimivuuden varmistaminen perustuu imeynnän (I) arviointiin sadannan (P) ja haihdunnan (E) sekä pintavalunnan (S) ja kuivatuskerroksesta (D) purkautuvan vesimäärän mittauksiin seuraavasti: $I = P - E - S - D$ (mm/a). Pintakerroksen vesivaraston muutosta ei oteta huomioon, sillä pitkällä aikavälillä se on merkityksetön.

Konkamäen kaatopaikalla mittauslaitteistoon kuuluu sademittari, pintavalunnan ja kuivatuskerroksen valunnan virtaamamittaus erikseen lämpöeristetyillä sylinterimäisillä säiliöillä sekä lämpötilan mittaus, mittauksien tallennus ja tiedonsiirto GSM-yhteyttä käyttäen. Mittaussäiliö on varustettu V-aukolla ja paineanturilla. Kalibrointia ja pienten virtaamien mittaamista varten säiliö on varustettu uppopumpulla. Mittaus tehdään 15 minuutin välein. Laitteiston toiminnan varmistamiseksi myös talviolosuhteissa säiliön sisällä mi-

tataan lämpötilaa, jotta veden jäätyminen ei vahingoita pumppauskalustoa. Laitteiston käyttöenergia otetaan akuista, joita ladataan aurinkokennoilla.

Vesitasen hallitsemiseksi säätiedot ovat tärkeitä. Maa-alueelta tapahtuvan todellisen haihdunnan suora mittaus ei ollut teknis-taloudellisesti mahdollista. Haihdunta-arvoina on käytetty Lappeenrannan lentokentän säähavaintojen perusteella ilmatieteen laitoksen laskemia ruohopintaa vastaavia arvoja.

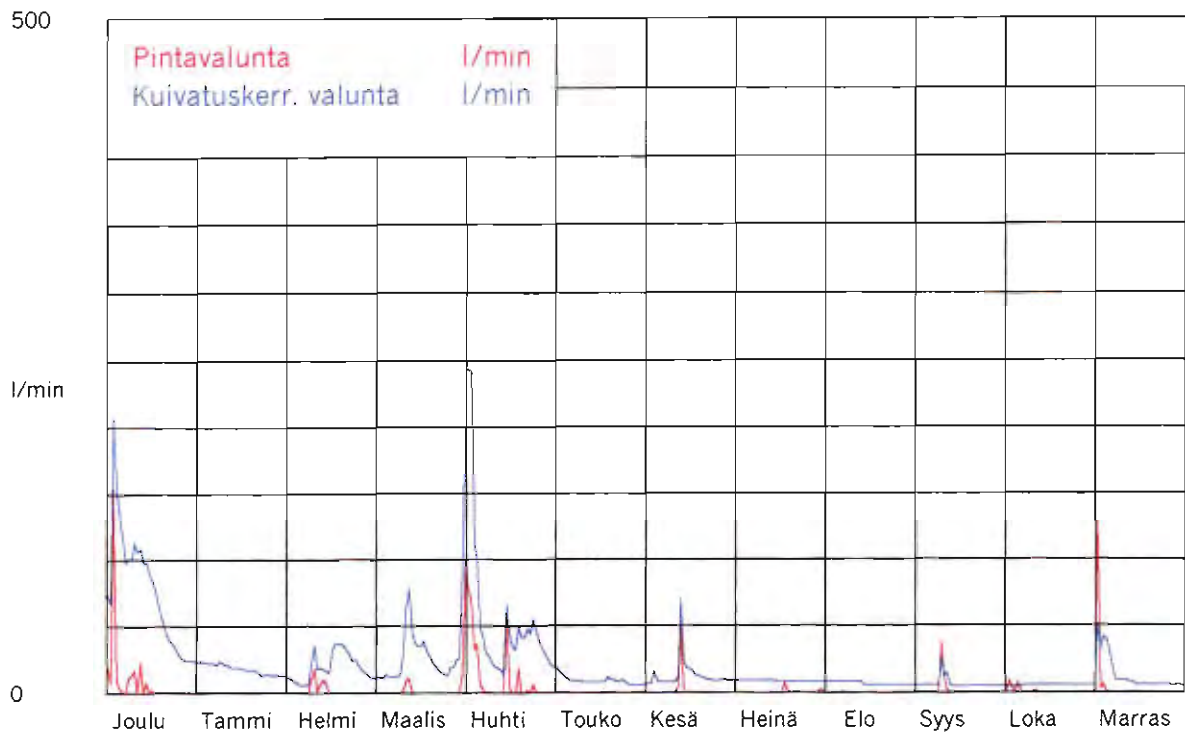
Tiivistyskerroksen yläpuolelta puhdasta vettä

Pintavalunnan määrä vaihtelee voimakkaasti sääolosuhteiden mukaan (kuva 1). Esimerkiksi 9.9.2001 sade aamuyöllä ja illalla aiheutti suuren (150–300 l/min) valunnan. Mittausten mukaan pintavalunnan luotettava arviointi ei ole mahdollista manuaalisesti kerran vuorokaudessa tehtyjen mitausten perusteella. Kuivatuskerroksesta purkautuva vesimäärä vaihtelee vähemmän kuin pintavalunta (kuva 2). Kuivatuskerroksen valunta oli tyypillisesti 3–5 l/min. Kumulatiivisesti pintavalunta on vain 15 % kuivatuskerroksen valunnasta (kuva 3). Pintavalunnan ja kuivatuskerroksesta purkautuvan veden yhteis-

määrä on 274 mm/a, joka on 54 % sadannasta 505 mm/a (taulukko 1).

Haihdunnan täsmällinen arviointi koealueella on ongelmallista. Potentiaalista haihduntaa koskeva arvo ei sovellu pintarakenteen toimivuuden arviointiin, koska koealueella ei ole jatkuvasti alttiina kosteutta kuten vapaassa vesipinnassa. Myöskään ruohopinnalta tapahtuva potentiaalinen haihdunta (357 mm/a) ei sovellu vesitasen laskentaan, ja laskennalliset haihdunnat ylittävät kesäkuukausilta sadannan. Taulukossa 1 pintarakenteen koealueen toimivuuden arvioimiseksi haihdunnan arvoksi on arvioitu enintään kuukausisadanta, jolloin haihduntamääräksi saadaan 154 mm/a (taulukko 1). Pintavalunnan, kuivatuskerroksen valunnan ja haihdunnan summa on 429 mm/a eli 85 % sadannasta. Imeyntä määräksi voidaan arvioida 76 mm/a eli 15 % sadannasta, joka täyttää pintarakenteelle asetetut vaatimukset.

Konkamäen kaatopaikalle rakennettu mittausjärjestelmä on Suomessa ensimmäinen pintarakenteen toimivuuden varmistamiseen tarkoitettu. Syksyllä valmistuneella pintakerroksella ei ollut kasvillisuutta, ja rankkasateiden aiheuttama eroosio aiheutti hienoa-aineksen kerääntymistä pintavalunnan



Kuva 2. Pintavalunnan ja kuivatuskerroksen valunnan päiväkeskiarvot.

mittauskaivoon. Ongelma on vältettävissä varustamalla pintavalunnan mittausjärjestelmä hiekkanerotuksella tai huolellisella kunnossapidolla. Pintavalunnan mittakaivon vesipinta jäätynä talvella, mikä aiheutui mittakaivoa lämmittävän virtaaman loppumisesta kokonaan sekä kylmästä ilmavirrasta V-

aukosta säiliön kautta luiskan alareunan pintavaluntaojoaan. Aurinkokennot ja akut riittivät täyttämään mittausjärjestelmän energiatarpeen.

Johtopäätökset

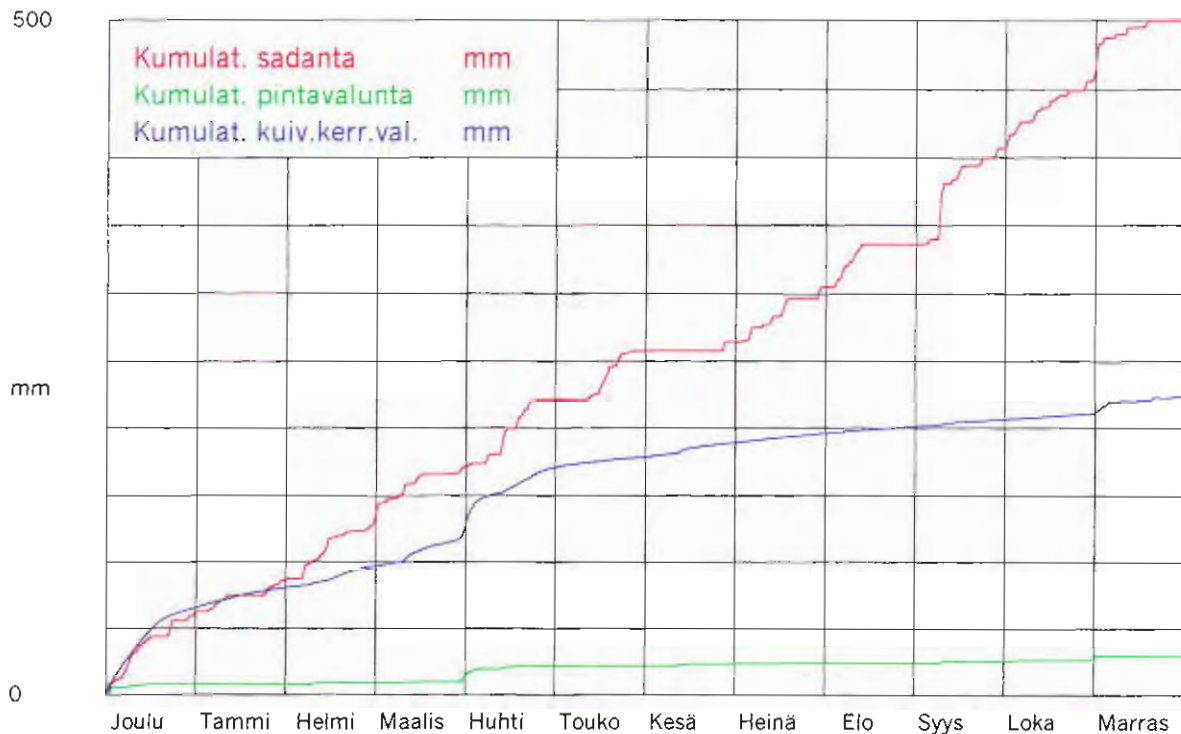
Konkamäen kaatopaikan pintaraken-

teen koalueen toiminnan varmistamiseen tarkoitettu mittausjärjestelmä toimi 1.12.2000–31.11.2001 mittaustehävään nähden riittävän luotettavasti. Mittaustulosten perusteella pintakerroksen läpi imeytyvän veden määrä on noin 15 % sadannasta, joka täyttää rakenteen tiiveydelle asetetut vaatimuk-

Taulukko 1. Sadanta, pintavalunta, kuivatuskerroksen valunta ja haihdunta Konkamäen kaatopaikalla kuukausittain 1.12.2000–31.11.2001 (mm/kk).

Kuukausi	Sadanta	pintavalunta	Kuivatuskerros	Haihdunta ¹⁾	Haihdunta ruohopinnalta
Joulukuu 2000	62,7	8,2	68	0	0
Tammikuu 2001	24,7	0	16	0	0
Helmikuu 2001	40,9	1,6	17	0	0
Maaliskuu 2001	42,7	1,7	23,4	0	0
Huhtikuu 2001	52,1	12,3	58,6	0	0
Toukokuu 2001	36,9	4	8,4	18	18
Kesäkuu 2001	11,7	1,5	11,2	11,7	87
Heinäkuu 2001	40,1	0,3	9,5	40,1	112
Elokuu 2001	31,4	0	10,5	31,4	87
Syyskuu 2001	70,5	1,5	7,7	43	43
Lokakuu 2001	55,6	0,6	6,7	10	10
Marraskuu 2001	35,8	4	9,4	0	0
Yhteensä	505,1	35,7	238,7	154,2	357

1) kuukausittainen haihdunta on oletettu olevan enintään kuukausisadanta



Kuva 3. Kumulatiivinen sadanta, pintavalunta ja kuivatuskerroksen valunta.

set. Mittausjakso on kuitenkin liian lyhyt rakenteen lopullisen toimivuuden arviointiin, koska esimerkiksi jätepenkereen mahdolliset epätasaiset painumiset voivat aiheuttaa tiivistysrakenteen rikkoontumisen vuosien kuluttua rakentamisesta. Lisäksi vesivaraston muutokset ovat suurimmillaan heti rakenteen valmistuttua.

Kirjallisuus

Suomen ympäristökeskus 2001. Kaatopaikkojen lojottamisopas. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 89. Helsinki. 109 s.

Valtioneuvoston päätösten määräyksiä

1. kaatopaikka-alueen puhtaat pintavedet pidettävä erillään jätteestä ja kaatopaikkavesistä
2. kaatopaikan ulkopuolelle johdettavien kaatopaikkavesien määrä ja niistä aiheutuva kuormitus minimoitava
3. täyttöalueen saavutettua lopullisen korkeutensa on sen päälle rakennettava pintakerros, jossa on vähintään 0,5 m tiivistyskerros ja ongelmajätteen kaatopaikalla myös keinotekoinen eriste
4. routimisesta johtuva kaatopaikkarakenteiden vaurioituminen estettävä
5. ympäristönsuojelujärjestelmien toimiminen täysin tarkoitetulla tavalla selvitettävä.

Investoinneilla saavutettava hyöty varmistettava

1. 1.10.1997 käytettyihin kaatopaikkoihin sovelletaan valtioneuvoston päätöksiä (861/1997 ja 1049/1999)
2. teknisten määräysten soveltaminen 1.11.2007 alkaen kaikkiin käytössä oleviin kaatopaikkoihin merkitsee vuonna 1998 käytössä olleiden 366 jätepenkereen sulkemista
3. kaatopaikkojen tyyppikuormitus vesistöihin on valtakunnallisesti merkittävä
4. vesistökuormitus jatkuu vuosikymmeniä tai -satoja jätepenkereen sulkemisen jälkeen
5. valtioneuvoston päätösten mukaiset pintakerrokset merkitsevät 30–50 Meuron vuosi-investointia
6. rakenteita koskevien vaatimusten tulkinnat eivät ole vakiintuneet, ja rakennevaihtoehtojen yhdenmukainen arviointi edellyttää luotettavia mittauksia
7. pintakerrosten rakentamisen työnaikaiset vedenläpäisevyyssmittaukset eivät osoita rakenteiden toimivuutta
8. pintarakenteiden pitkäaikaisen toimivuuden seurantajärjestelmät perustuvat pintavalunnan ja kuivatuskerroksen purkautuvan puhtaan veden mittaamiseen.



Esko Rossi

fil. tri, dosentti

Esko Rossi Oy

E-mail: erossi@co.jyu.fi

Kirjoittaja on ympäristö- ja turvallisuusriskien arviointiin erikoistunut konsultti.

Vaikka riskinarviointimalleissa käytetään laajasti hyväksytyjä kemikaalien kulkeutumisen ja hajoamisen sekä altistumisen laskentaperiaatteita, eri malleilla lasketut tulokset voivat poiketa toisistaan huomattavasti (esim. Mills ym. 1997). Tämän selvityksen tavoitteena oli verrata kolmea eri mallia, testata niiden käyttäytymistä ja soveltuvuutta suomalaisiin olosuhteisiin ja antaa suosituksia mallien soveltamisesta pilaantuneiden maiden riskinarvioinneissa. Vertailtaviksi valittiin kolme yleisesti käytettyä ja helposti saatavilla olevaa mallia: MMSOILS 4.0, Multimed 2.0 ja CalTOX 2.3. Jotta tulokset olisivat mahdollisimman hyvin käytäntöön sovellettavia, malleja testattiin todellisissa kohteissa. Tutkimuksen tavoitteena ei ollut esittää mallien paremmuusjärjestystä, koska tällainen olisi mahdollista esittää vain tarkasti rajatuille kohteille.

Testatut mallit

MMSOILS 4.0 (The Multimedia Contaminant Fate, Transport, and Exposure Model, EPA 1996) ja Multimed 2.0 (Multimedia assessment model, Sharp-Han-

PILAANTUNEIDEN MAA-ALUEIDEN RISKINARVIOINTI

Pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnassa on tarpeen tarkastella kaikkia mahdollisia leviämisen ja altistumisreittejä kokonaisaltistumisen määrittämiseksi. Kemikaalien käyttäytymistä ympäristössä, altistumista ja haittojen muodostumista pyritään ennustamaan tietokonemalleilla. Vanhimmat mallit on kehitetty yksittäisiä ympäristönosia varten, mutta viime aikoina on kehitetty laaja-alaisempia monireitti- eli ns. multimedia-malleja. Multimedia-mallit laskevat kemikaalien pitoisuudet ympäristön eri osissa ja käyttävät laskettuja pitoisuuksia kokonaisaltistuksen ja terveystarpeiden määrittämiseen. Laskettuja pitoisuuksia voidaan käyttää myös ekologisten riskien arviointiin. Malleja on useita ja ne poikkeavat toisistaan kattavuuden, vaadittavien lähtötietojen sekä käytettyjen laskentamenetelmien suhteen.

sen ym. 1995) ovat DOS-pohjaisia malleja, jotka on kehitetty Yhdysvaltain ympäristöviranomaisen (EPA) toimesta. Niissä käytetään sekä numeerisesti että yleisessä muodossa ratkaistuja virtaus- ja kulkeutumisyhtälöitä. Kulkeutuminen vajovesivyöhykkeessä lasketaan 1-ulotteisella elementtimallilla, joka ratkaistaan numeerisesti. Numeerisen laskennan käyttö antaa mahdollisuuden ottaa huomioon esimerkiksi erilaiset vaakasuuntaiset maakerrokset. Vajovesivyöhykkeen laskentamalli on 1-ulotteinen eli veden ja haitta-aineen liikettä oletetaan tapahtuvan vain syvyys suunnassa. Veden virtauksen mukana kulkeutumisen

(advektio) lisäksi laskelmassa otetaan huomioon syvyys suuntainen leviäminen eli dispersio. Pohjavesimalli on 1-ulotteinen, jossa 3-ulotteinen leviäminen otetaan mukaan dispersiokertoimilla. CalTOX 2.3 (University of California 1993 ja 1997) on rakennettu Excel-tilukoon ja siinä kemikaalien jakautuminen ympäristön eri osien kesken ennustetaan ns. fugasiiteetti periaatteella. MMSOILS ja CalTOX laskevat massataseen, joten esimerkiksi kemikaalin kulkeutuminen vesien mukana, haihtuminen ja hajoaminen pienentävät pitoisuutta pilaantuneessa maassa.

Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto

mallien perusominaisuuksista. Kaikkis-
sa vertailtavissa malleissa on satun-
naisotannan simuloinnin (Monte Car-
lo) mahdollisuus, jota käyttäen voidaan
analysoida lähtötietojen epävarmuuden
vaikutusta tuloksiin. Monet Carlo-si-
mulointia käytettäessä tulokseksi saa-
daan todennäköisyysjakaumat esimer-
kiksi haitta-aineiden pitoisuuksille ym-
päristön eri osissa. Testatut mallit ovat
ns. seulontatason (screening level) työ-
kaluja eli niissä käytetään pääasiassa ta-
salaatuisia ominaisuuksia ympäristön
eri osille.

Testauskohteet ja menetelmät

Malleja vertailtiin neljässä esimerkki-
kohteessa, joista kaksi oli kloori-
fenoleilla sekä dioksiineilla ja furaa-
neilla pilaantuneita entisten sahojen
alueita, yksi oli polttoainepäästöllä li-
kaantunut pohjavesialue ja yksi jäteöl-
jyn puhdistuslaitoksen kaatopaikka.
Toinen saha-alueista sijaitsi hiekka-
maalla kun toisen saha-alueen maape-
rä oli silttiä. Mallintamista varten esi-
merkkikohteista määritettiin haitta-ai-
neiden kulkeutumiseen vaikuttavia
muuttujia kuten eri maakerrosten ven-
denläpäisevyydet, pH-arvot, orgaanin-
sen hiilen pitoisuudet ja kosteudet sekä

pohjaveden pinnan gradientti ja pinta-
vesiuomien virtaamat.

Mallien soveltamista varten jokaises-
ta kohteesta muodostettiin käsitteelli-
nen malli. Aluksi kuvattiin kohteen pää-
piirteet (likaantumalan laajuus, haitta-ai-
neet, pohja- ja pintavesiolosuhteet, maa-
perän laatu jne.). Sen jälkeen määritet-
tiin mahdolliset altistumisreitit ja altis-
tuvat kohteet. Käsitteellisen mallin pe-
rusteella koottiin luettelot eri laskenta-
malleissa tarvittavista lähtötiedoista.
Suurin osa lähtötiedoista, kuten pääs-
tölähdettä, maaperää, pohjavettä, pin-
tavesiä ja kasvillisuutta koskevat tiedot,
koottiin kohdekohtaisten tutkimusten
tuloksista. Laskelmissa tarvittavat säätie-
dot määritettiin lähimpien havainto-
asemien pitkäaikaiskeskiarvoista.

Tuloksissa paljon eroja

Lasketut haitta-aineiden keskimääräiset
pitoisuudet ilmassa vaihtelivat malleit-
tain huomattavasti. Pitoisuusero oli suu-
rimmillaan noin kolme kertaluokkaa. Tu-
loksat vaihtelivat eri kohteiden välillä si-
ten, että mikään malleista ei tuottanut
järjestelmällisesti pienimpiä tai suurim-
pia pitoisuuksia. Tulosten herkkyyden eri
lähtötiedoille vaihteli eri aineiden, koh-
teiden ja mallien kesken. Vaikka laskel-

mien lähtötiedot pyrittiin antamaan
mahdollisimman hyvin toisiaan vastaa-
vina, ne eivät olleet identtisiä, koska eri
malleissa tarvittavat lähtötiedot poikke-
sivat toisistaan. Esimerkiksi CalTOX'illa
laskettaessa ilman dioksiinipitoisuuteen
vaikutti eniten orgaaniseen hiileen si-
toutumista kuvaava kerroin. MMSOILS-
mallilla laskettaessa ilman dioksiinipi-
toisuuteen vaikutti orgaaniseen hiileen
sitoutumiskertoimen lisäksi voimak-
kaasti pintamaan sekoittumisvyvyys. Tä-
tä parametria ei ole CalTOX'issa ollen-
kaan, koska siinä sovelletaan täyssekoit-
usperiaatetta.

Myös haitta-aineiden pitoisuudet poh-
javedessä vaihtelivat huomattavasti eri
mallien kesken. Erityisesti CalTOX'illa
lasketut pitoisuudet poikkesivat muilla
malleilla lasketuista pitoisuuksista.
MMSOILS- ja Multimed-mallit laskevat
elementtimenetelmää soveltaen kemi-
kaalin kulkeutumisen vajovesivyöhyk-
keessä ja sen perusteella aikasarjan poh-
javedeen siirtymälle kemikaalivirralle. Cal-
TOX käyttää täyssekoitusperiaatetta, jol-
loin vajovesivyöhykkeeseen tulevan ke-
mikaalin oletetaan sekoittuvan välittö-
mästi ja tasaisesti koko kerroksen mas-
saan. Täyssekoitusperiaatteen takia Cal-
TOX laskee hyvin hitaasti kulkeutuville
kemikaaleille (esimerkiksi dioksiinit, PCB

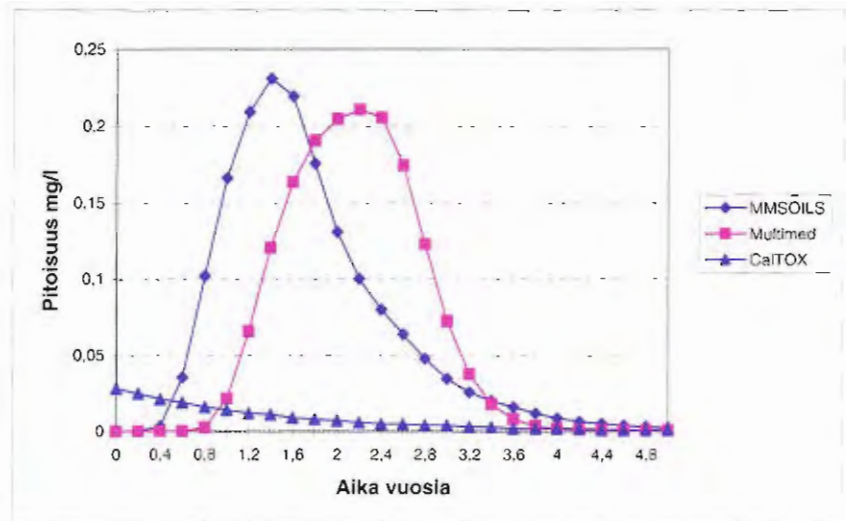
Taulukko 1. Vertailtavien mallien perusominaisuuksia.

OMINAISUUS	MALLI		
	MMSOILS	Multimed	CalTOX
Ohjelmointikieli	Fortran 77	Fortran 77	Excel-taulukko
Monte-Carlo simulointi	Mallin aliohjelma	Mallin aliohjelma	Eriillisellä ohjelmalla
Kemikaalin kulkeutumisen laskentaperiaate	Analyttiset ja numeeriset advektio- ja dispersioyhtälöt	Analyttiset ja numeeriset advektio- ja dispersioyhtälöt	Fugasiteettiperiaate sekä analyttiset advektio- ja dispersioyhtälöt
Mahdolliset päästölähteet	Kaatopaikka, jätealue, lammiikko, imeytyskaivo, säiliö, suora päästö pintaveteen tai ilmaan	Kaatopaikka, likaantunut maa (annetaan suotoveden pilsuutensa)	Likaantunut maa, suora päästö pintamaahan, juuristovyöhykkeeseen, pintaveteen tai ilmaan
Vajovesivyöhykkeen laskentamenetelmä	Numeerinen	Valittavissa analyttinen tai numeerinen	Analyttinen
Pintavesireitin laskenta	Joki (pohjavesi, pintavalunta, eroosio) + pieni järvi (eroosio)	Joki (pohjaveden gurkautuminen jokeen)	Pieni vesistö (virtaama voidaan antaa), eroosio, pintavalunta+fugasiteetti/tasapaino
Haittumisen laskentamenetelmän valintamahdollisuus	2 - vaihtoehtoa	Yksi malli, korjauskertoimien käyttömahdollisuus	Ei, soveltaa fugasiteettiperiaatetta
Ilmankulkeutumisen laskentaperiaate	Laatikkomalli + gaussilainen	Gaussilainen	Laatikkomalli + yksinkertaistettu gaussilainen
Säätilan vaihtelu ilman mukana kulkeutumisen laskennassa	Tuulen nopeuden, suunnan ja stabiileetin vaihtelu	Tuulen nopeuden, suunnan ja stabiileetin vaihtelu	Ei

ja lyijy) suhteellisen korkean pitoisuuden pohjavedessä jo lyhyelläkin aikajaksolla. CalTOX ei laske pohjaveden pitoisuuden aikasarjaa, joten ajallinen muutos jouduttiin laskemaan epäsuorasti muuntelemalla altistumisjakson alkamisajan kohtaa. Esimerkiksi lyijyn pitoisuus pohjavedessä 100 m:n päässä öljynpuhdistamon kaatopaikasta nousi MMSOILS- ja Multimed-malleilla laskettuna vähitellen noin 0,1 mg/l tasolle ja pitoisuushuippu saavutettiin noin 2000 vuoden kuluttua päästön alkamisesta. CalTOX laskee pitoisuushuipuksi vain 1.1×10^{-4} mg/l ja se esiintyi noin 50 vuoden kuluttua päästön alkamisesta. CalTOX'illa laskettu enimmäispitoisuus jäi pieneksi, koska malli laskee lyijyn sekoittuvan tasaisesti vajovesi- ja pohjavesivyöhykkeisiin. Lyijyä alkoi siksi poistua kohteen ulkopuolelle heti päästön alkamisen jälkeen. MMSOILS- ja Multimed-mallit laskivat lyijyn kulkeutuvan päästölähteestä etenevänä aaltona, jossa enimmäispitoisuus oli suuri verrattuna koko alueen keskimääräiseen pitoisuuteen.

Mallien väliset erot osoittautuivat samantyyppisiksi myös laskettaessa herkästi kulkeutuvan ja nopeasti hajoavan tolueenin pitoisuuksia pohjavesialueella. CalTOX'illa laskettu pitoisuushuippu jäi pieneksi ja se esiintyi lähes välittömästi päästön alkamisen jälkeen (kuva 1). MMSOILS- ja Multimed-malleissa käytettiin pientä syvyysuuntaisen dispersion kerrointa, koska käytännön kokemusten mukaan polttoaineperäiset päästöt sekoittuvat huonosti syvyysuunnassa. CalTOX'issa tähän ei ollut mahdollisuutta, koska siinä käytetään dispersiokerrointa pelkästään vaakasuuntaisen leviämisen laskentaan ja pohjavesivyöhykkeen syvyysuunnassa sekoittumisen oletetaan tapahtuvan täydellisesti.

Pintavesireitin laskentatulosten vertailu on vaikeaa, koska mallien laskentamahdollisuudet ja lähtötiedot poikkeavat toisistaan paljon. Merkittävimpiä eroja ovat, että Multimed laskee pintaveden pitoisuuden vain pohjaveden perusteella kun taas CalTOX ei ota pintaveden pitoisuudessa ollenkaan huomioon purkautuvan pohjaveden vaikutusta. MMSOILS voi ottaa huomioon sekä eroosion että pintavedeksi purkautuvan pohjaveden.



Kuva 1. Eri malleilla lasketut tolueenin pitoisuudet pohjavedessä ajan suhteen

Testattujen mallien käyttökelpoisuus erilaisissa kohteissa

Testauskohteista saatujen kokemusten perusteella ATK-malleista on paljon hyötyä pilaantuneiden maa-alueiden kohdekohtaisissa riskinarvioinneissa. Malleilla saadut tulokset voivat poiketa huomattavasti ennakkokäsityksistä, koska mallit pystyvät ottamaan huomioon hyvin suuren joukon erilaisia riskin suuruteen vaikuttavia tekijöitä. Toisaalta eri malleilla saadut tulokset voivat poiketa samassa kohteessa toisistaan useita kertaluokkia. Erot aiheutuvat malleihin sisältyvistä erilaisista kohteen laatua koskevista oletamuksista, erilaisista laskentatavoista ja mallien epätäydellisyydestä. Taulukossa 2 on esitetty yleispiirteinen arvio testattujen mallien soveltuvuudesta eri tyyppisiin kohdekohtaisiin riskinarviointeihin.

MMSOILS on vertailussa mukana oleista malleista laajin ja soveltuu monenlaisten kohteiden ja tilanteiden laskentaan. Malli soveltuu hyvin myös ajallisten muutosten tarkasteluun. Koska päästölähteen laskennassa on monia eri mahdollisuuksia, malli soveltuu erilaisten kunnostustoimenpiteiden vaikutusten laskentaan. Altistumisen laskennassa on puutteita, jotka voivat vaatia täydentäviä laskelmia muilla menetelmillä. MMSOILS on suhteellisen hankala käyttää, koska ohjelmistoon ei sisälly lähtötiedostojen muokkausohjel-

maa. Malli käyttää vajovesivyöhykkeen laskennassa aina numeerista menetelmää ja joissakin tilanteissa Fortran-ohjelman taulukkovaraukset voivat ylittyä, mikä keskeyttää ajon. Monte Carlo-simuloinnissa numeerinen laskentamenetelmä lisää ajoaikaa ja laskenta voi kestää useita tunteja.

Multimed on vertailuista malleista suppein, koska siinä ei ole pintavesireittiä lukuun ottamatta ravintoketjujen laskentaosaa eikä ollenkaan altistumisen laskentaa. Multimed-malli soveltuu pohjavesivaikutuksen laskentaan monenlaisissa tilanteissa. Mallin erityisominaisuuksiin kuuluvat epälineaarisen pidättymisen sekä kemiallisen hajoamisen laskentamahdollisuudet. Malliin sisältyy lähtötietojen muokkausohjelma sekä kemikaalien tietokanta.

CalTOX-malli on helppokäyttöinen ja se soveltuu hyvin alustavan näkemyksen hankkimiseen. Mallin vahvin puoli on kattava ja monipuolinen altistumisen laskentaosuus. Fugasiteettimalli soveltuu periaatteessa huonosti metallien kulkeutumisen laskentaan, mutta CalTOX-mallia on muokattu siten, että sen pitäisi soveltua ei-haittuvien raskasmetallien laskentaan. Lyijyllä lasketut tulokset osoittavat kuitenkin, että CalTOX'in käyttö raskasmetallien muodostaman riskin laskentaan on kyseenalaista. CalTOX soveltuu huonosti myös pohjavesivaikutusten laskentaan eikä sitä voida käyttää pitkällä aikavälillä tapahtuvien muutosten ennustamiseen. Mallin

Taulukko 2. Yleisarvio vertaillujen mallien soveltuvuudesta (+ = soveltuu hyvin, - = soveltuu heikosti).

Kohteen erityispiirteet ja arvioinnin tavoitteet	MMSOILS	Multimed1	CalTOX
Keskeisiä haitta-aineita ovat:			
• Orgaaniset haihtuvat kemikaalit	+	+	+
• orgaaniset heikosti haihtuvat kemikaalit	+	+	+
• epäorgaaniset	+	+	-
Haitta-aineiden pidättyminen maaperässä on epälineaarista	+/-	+	+/-
Keskeisin laskentakohde on:			
• pohjavesireitti	+	+	-
• ilmareitti	+	+/-	+
• pintavesireitti	+	+/-	+/-
• ravintoketjut	+	-	+
• altistuminen	+/-	-	+
• vaaraosamäärä+/-	-	+	
• syöpäriski	+	-	+
Arvioinnin tavoitteena on:			
• nopea alustavan näkemyksen hankinta	+/-	+	+
• pitkän aikavälin muutosten tarkastelu	+	+/-	-
• kunnostustoimenpiteiden vaikutuksen testaus	+	+/-	+/-
1) Edellyttäen, että tavoitteena on pitoisuuksien laskenta			

soveltamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että ympäristön osien ja altistuvan kohteen väliset yhteydet ja etäisyydet vastaavat mallin oletuksia.

Epävarmuustekijöiden takia mallit soveltuvat huonosti absoluuttisen riskin laskentaan silloin, kun kohdekohtaisia pitoisuus- ym. mittaustietoja on niukasti tai mallien perusoletukset toteutuvat kohteessa huonosti. Parhaiten mallit soveltuvat:

- eri kohteiden välisten suhteellisten riskien arviointiin,
- eri aineiden suhteellisen merkityksen arviointiin samassa kohteessa,
- eri altistumisreittien merkityksen arviointiin sekä
- erilaisten kunnostusratkaisujen vaikutusten arviointiin.

Malleja voidaan kalibroida tarkentavien kenttätutkimustulosten perusteella, mikä lisää laskennan tarkkuutta huomattavasti. Esimerkiksi pintaveden pitoisuuksien laskenta on ilman kohdekohtaisia analyysejä erittäin epävarmaa. Kun käytettävissä on muutamia analyytituloksia esimerkiksi sedimentin pi-

toisuudesta, mallilaskelmilla voidaan arvioida puuttuvat tiedot suhteellisen tarkasti.

ATK-malleja käytettäessä on tärkeää, että käyttäjä tuntee malleihin sisältyvät oletukset, mallien käyttämät laskenta-periaatteet sekä mallien kattavuuden. Ainoastaan silloin voidaan varmistaa, että käytettävän mallin perusoletukset toteutuvat kyseessä olevassa kohteessa. Mallien käyttö tulisi suunnitella riittävän aikaisessa vaiheessa kenttätutkimuksiin nähden, jotta kohdekohtaiset tiedot olisivat mahdollisimman laajat. Mallin käyttäjällä tulee olla riittävä kenttäkokemus, jotta teoreettisten laskelmien ja käytännön tapahtumien väliset yhteydet ymmärretään kunnolla. On tärkeää muistaa, että mallit ovat työkaluja ja käyttäjä määrää lopputuloksen laadun suurelta osin.

Kirjallisuus

EPA 1996. MMSOILS: Multimedia Contaminant Fate, Transport and Exposure Model. Documentation and User's Manual, Version 4.0. Office of Research

and Development. Washington D.C.

Mills, W., Cheng, J., Droppo, J., Faillace, E., Gnana-pragasam, E., Johns, R., Laniak, G., Lew, C., Strenge, D., Sutherland, J., Whelan, G. & Yu, C. 1997. Multimedia Benchmarking Analysis for Three Risk Assessment Models: RESRAD, MMSOILS, and MEPAS. Risk Analysis 17: 187-201. ISSN 0272-4332.

Sharp-Hansen, S., Travers, C., Hummel, P., Allison, T., Johns, R. & Mills, W. 1995: A Subtitle D Application Manual for the Multimedia Exposure Assessment Model (Multimed 2.0). Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development. U.S Environmental Protection Agency. 223 pp+app.

University of California 1993. CalTOX (TM), A multimedia total exposure model for hazardous-waste sites: spreadsheet user's guide version 1.5. The University of California, Berkley, Ca. . Springfield, Virginia. U.S. Department of Commerce, National Information Service. PB95-100467

University of California 1997. CalTOX Version 2.3. University of California, Berkley, Ca. . Springfield, Virginia. U.S. Department of Commerce, National Information Service. PB97-185060



RAVINNETASE MAATALOUDEN VESIENSUOJELUN APUVÄLINEENÄ

Ravinnetase on laskelma, jossa pellolle tai maatilalle lannoitteiden ja rehujen mukana tulevien ravinteiden määrästä vähennetään tuotteissa poistuvat ravinnemäärät. Vesien suojelun kannalta on edullista, jos pelloille jää mahdollisimman vähän typpeä ja fosforia kasvukauden jälkeen. Lohkokohtaisten ravinnetaselaskelmien avulla viljelijä voi arvioida ja seurata ravinnehuuhtoumien riskin suuruutta.

Irmeli Ahtela

maat.metsät.maist., ylitarkastaja
Uudenmaan ympäristökeskus
E-mail: irmeli.ahtela@ymparisto.fi

Eija Lehtonen

dipl.ins., ympäristöinsinööri,
Uudenmaan ympäristökeskus
E-mail: eija.lehtonen@ymparisto.fi

Eija Lehtonen toimi projektinjohtajana ja Irmeli Ahtela projektisihteerinä Kestävä maatalous Vantaanjoella - Life -projektissa vuosina 1998–2001.

Maatalouden ympäristönsuojelu tehostui Suomessa merkittävästi vuonna 1995, kun viljelijöille alettiin maksaa tukea ympäristön hoitoon ja erityisesti vesien suojeluun liittyvistä toimenpiteistä. Yli 90 % viljelijöistä on tehnyt ympäristösitoumuksen, jossa he ovat sitoutuneet mm. suojakaistojen perustamiseen ja lannoitusrajoituksiin. Ympäristötuen on todettu merkittävästi muuttaneen viljelymenetelmiä ympäristön kannalta parempaan suuntaan (Palva ym. 2001). Vesistöjen tila ei kuitenkaan ole parantunut odotetusti ja pelloilta vesistöihin tulevan ravinnekuormituksen osuus on edelleenkin usein noin puolet kokonaiskuormituksesta.

Pelloilta valuvien ravinteiden ja maan aineksen pääsyä vesistöihin voidaan vähentää perustamalla kosteikkoja ja kaltevälle rantapelloille suojavyöhykkeitä. Näihin toimenpiteisiin viljelijä voi saada maatalouden ympäristötuen erityistukia. Ravinteiden pitäisi kuitenkin

poistua pelloilta pääasiassa sadon mukana. Hyväkuntoisilla pelloilla lannoitteiden ravinteet sitoutuvat varmimmin satoon ja huuhtoutumisriski pienenee. Viljelijä voi arvioida ja seurata ravinteiden hyväksikäyttöä tilallaan ja pelloillaan ravinnetaselaskelmien avulla. Laskelmissa tarvittavat tiedot löytyvät tilan kirjanpidosta ja ympäristötuen saannin edellyttämästä lohkokirjanpidosta.

Ravinnetase on monen tekijän summa

Kestävä maatalous Vantaanjoella -Life -projektissa (<http://www.ymparisto.fi/ympsuo/projekti/lifeuyk/kemava/kemava.htm>) laskettiin ravinnetaseita 129 maatilalle ja kaikkiaan 3 700 peltolohkolle vuosien 1997 - 2000 aikana (Ahtela 2002). Peltoja tiloilla oli yhteensä 7 000 ha, joka on noin viidennes Vantaanjoen valuma-alueen kokonaispeltoalasta. Pääosa laskentaan osallistuneista tiloista oli kasvinviljelytiloja.

Taulukko 1. Typpi- ja fosforitaseiden tulkinta-avain viljoille, rypsilille ja nurmille. Vantaanjoen tulokset sääoloiltaan normaalivuosilta 1997 ja 2000. Peltoala yhteensä noin 7 000 ha.

	TYPPI				FOSFORI			
	Hyväksikäyttö-%	Tase kg/ha	Lohkoja Vantaanjoella		Hyväksikäyttö-%	Tase kg/ha	Lohkoja Vantaanjoella	
			%	kpl			%	kpl
KORKEA	>130	-53 ¹⁾ -26 ²⁾	4	0	>300	-11 ¹⁾ -9 ²⁾	2	34
HYVÄ	85	1 14	18	368	120	-4 -2	15	294
TYDYTTÄVÄ	70	22 30	30	603	80	0 2	26	519
VÄLTTÄVÄ	55	38 49	28	563	50	6 10	37	735
HUONONLAINEN	45	54 61	10	194	40	12 17	8	165
HUONO	<45	75	10	210	<40	21	11	225
Keskimäärin	73	28			74	4		
Yhteensä			100	2017			100	1972

1) Tase luokassa keskimäärin kg/ha

2) Tase luokan alarajalla kg/ha

Viljelykasvit käyttivät keskimäärin 70 % fosforista ja tyydestä hyväkseen sääoloiltaan normaaleina vuosina. Keskimääräinen typen ylijäämä pelloilla oli 28 kg/ha/v ja fosforin ylijäämä 4 kg/ha/v (taulukko 1). Vuosien väliset erot olivat kuitenkin suuria (taulukko 2). Alkukesän sääolot (taulukossa 2 sadanta touko-kesäkuu) vaikuttivat olennaisesti sadon määrään ja ravinnetaiseisiin. Sadot olivat pieniä ja ravinteiden ylijäämä pelloilla suuri niin runsassateisena vuonna 1998 kuin seuraavan vuoden poikkeuksellisen kuivan alkukesän jälkeen.

Hankkeessa laadittiin ravinnetaseiden tulkinta-avain (Rajala 2001), joka perustuu pääosin voimassa oleviin ympäristötuen sitoumuksiin (taulukko 1). Taseavain soveltuu tilakohtaisten peltotaseiden tulkintaan viljoilla, rypsilillä ja nurmilla. Sääoloiltaan normaaleina vuosina noin puolet Vantaanjoen valuma-alueen peltolohkoista sijoittui ravinteiden hyväksikäytössä luokkaan välttävä tai sen alle. Myös yksittäisellä

maatilalla taseet ja hyväksikäyttöprosentit voivat vaihdella merkittävästi lohkoittain sääoloiltaan hyvänäkin vuonna (kuva 1).

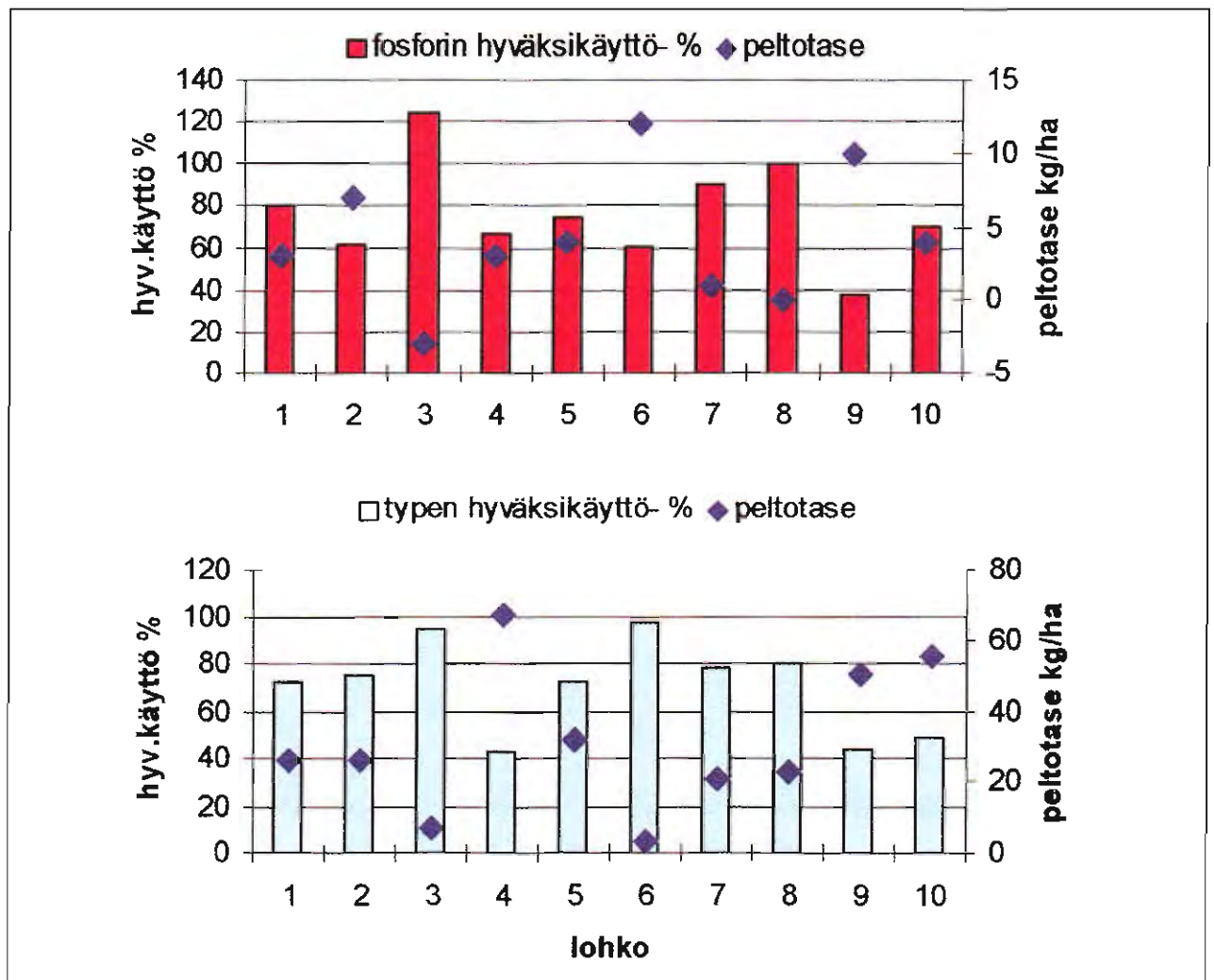
Sääolojen ohella ravinteiden hyväksikäyttöön vaikuttivat viljelykasvi, maan rakenne, kuivatustila ja happamuus. Lannoitus kannattaa suunnitella odotettavissa olevan satotason mukaan, jolloin pelloille jää mahdollisimman vähän ylijäämävainetta. Sadon määrän arvioiminen lohkoittain oli monelle viljelijälle hankalaa ja vaikeutti lohkojen välisten erojen havaitsemista.

Peltotase kuvaa hyvin kasvinviljelytilan ravinteiden käytön tehokkuutta. Suurin osa viljatilojen sadoista on kuitenkin rehuviljaa, joka menee karjanrehuksi. Karjatiloilta ravinteiden hävikit ovat suurimpia ruokinnassa ja lantaa pelolle levitettäessä. Karjatiloilta koko tilalla käytetyistä ravinteista hyödynnetään yleensä vain noin 25-35 %. Näillä tiloilla portti-, karjan- ja lantatase antavat tärkeää tietoa ravinnehävikkien suuruudesta ja niiden lähteistä.

Laskenta kehittyä ja yleistyy

Ravinnetaseita on Suomessa laskettu muutamissa hankkeissa, kuten esimerkiksi ISO-VILJA®-tutkimuksessa (Ah-tela 2000). Luonnonmukaisen tuotannon koulutuksessa ravinnetaseita on laskettu jo useiden vuosien ajan. Ravinnetaseiden tilakohtainen tulkinta viljelijälle on tärkeää. Vantaanjoella tulokista keskusteltiin neuvojan kanssa. Lappajärvi - Life -projektissa ja Siuruanjoki kuntoon -hankkeessa viljelijät ovat saaneet kirjallisia lohkokohtaisia arvioita ja toimenpide-ehdotuksia. Jatkossa taseiden tulkintaa tulee edelleen kehittää viljelijöille helposti ymmärrettävään muotoon. Toimenpiteiden suunnitteluun tulisi liittää myös taloudellinen tarkastelu.

Ympäristötuki- ja laatujärjestelmäkoulutuksissa sekä monissa maatalousalan oppilaitoksissa ja vesiensuojeluprojekteissa taselaskenta on havaittu hyödylliseksi tavaksi lähestyä ympäristöasioita. Vantaanjoen-hankkeessa



Kuva 1. Ravinteiden hyväksikäyttö-% ja tase Vantaanjoen alueen maatalon peltolohkoilla v. 2000.

valmistelluilla Ravinnetaselaskelmasitteellä (Uudenmaan ympäristökeskus 2001) ja Ravinnetaseoppaalla (Rajala 2001) on ollut laaja kysyntä. Sirku-la2.0-ravinnetaseiden laskentaohjelmaa kehitettiin hankkeen aikana eteenpäin ja sen päivitys jatkuu tarpeen mukaan. Ravinnetase on myös olennainen osa Aito ympäristö -hankkeen (Aito Ympäristö -hanke 2000) kokemusten pohjalta kehitetyssä ympäristömittarissa, jossa ympäristöasioita tarkastellaan laajana kokonaisuutena. Keväällä 2001 käynnistyi Karjaanjoki -Life -hanke (<http://www.karjaanjokilife.fi>), jossa ravinnetaselaskenta liitetään maatalousneuvonnalla yleisesti käytössä olevan viljelysuunnitteluohjelmistoon.

Tukea ravinnetaseille

Lohkokohtaisten ravinnetaseiden vuo-

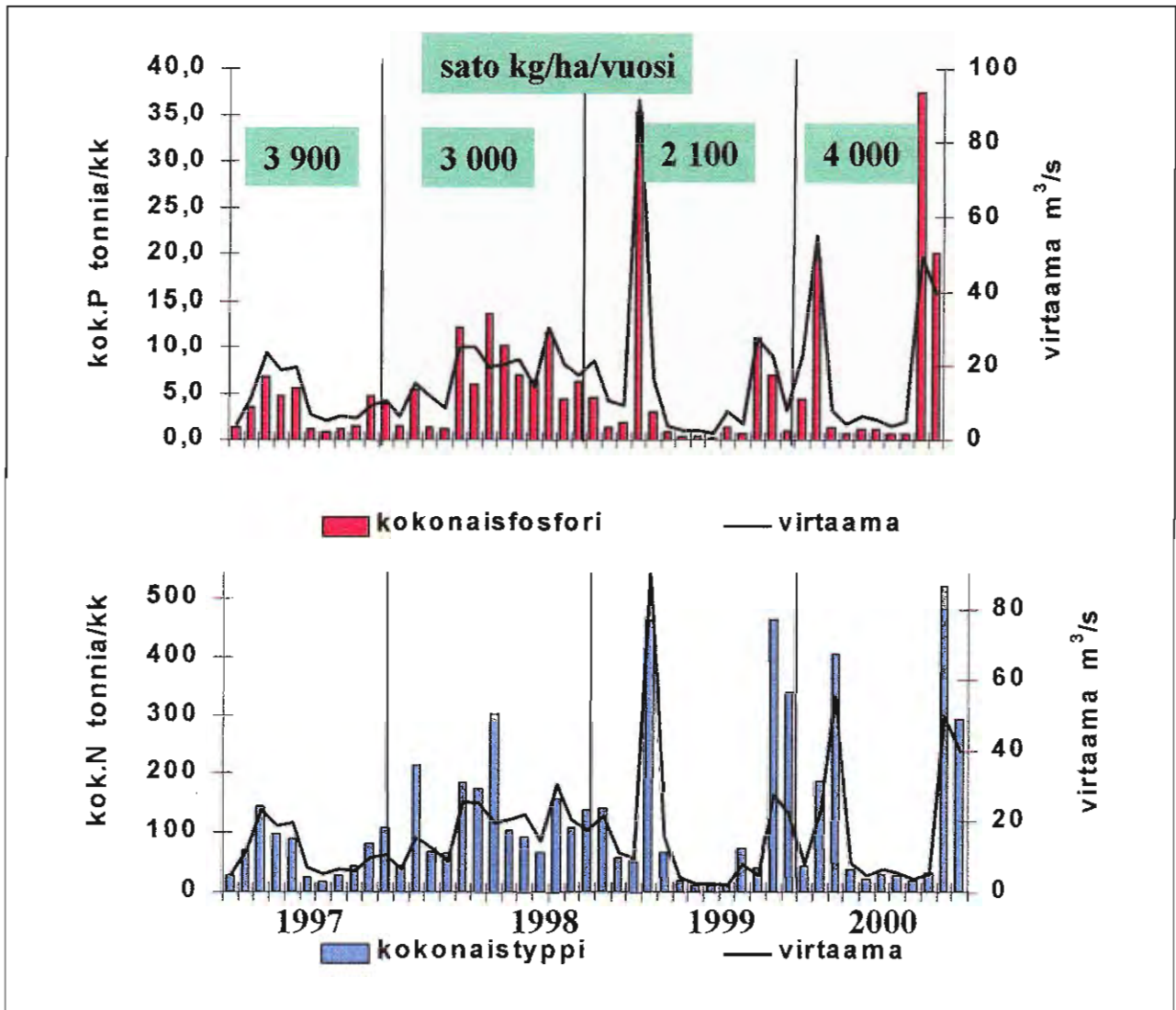
sittainen laskeminen ja tietojen hyödyntäminen viljelysuunnittelussa todennäköisesti tehostaisi merkittävästi ympäristötuen toimenpiteitä monella tilalla. Ravinnetaseet antavat viljelijälle hyödyllistä tietoa vuotuisen viljelysuunnitteluun, järkevään taloudenpitoon ja vesiensuojelua edistävien toimenpiteiden kohdentamiseen. Kainuun Aito Ympäristö -projektissa on jo saatu viitteitä siitä, että ravinteiden hyväksikäyttö paranee laskelmissa mukana olevilla maataloilla. Ravinnetaselaskenta soveltuisikin ympäristötukitoimenpiteeksi viljelysuunnitelman tueksi.

Ylijäämävainteiden merkitys vesistöjen kuormittajina?

Vantaanjoella tarkasteltiin virtaaman kuukausikeskiarvoja, mereen kulkeutuvia ravinteita ja keskimääräisiä sato-

ja (kuva 2). Jokeen tulevan valuman vaihtelut vaikuttivat tietenkin suuresti kulkeutuviin ainemääriin. Vuonna 1997 ei ollut voimakkaita sateita eikä paljoa lumen sulamisvesiä, jotka olisivat huuhdelleet ravinteita jokeen. Sato oli hyvä. Kesällä 1998 satoi poikkeuksellisen paljon ja sadot olivat heikkoja. Ravinteita huuhtoutui märiltä pelloilta koko kesän ajan. Seuraavana vuonna kärsittiin poikkeuksellisesta kuivuudesta ja sadot olivat erittäin alhaisia. Pelloille jäi paljon ylijäämävainteita alttiina huuhtoutumaan vielä seuraavanakin vuonna. Vuonna 2000 keväällä ja erityisesti syksyllä vettä oli paljon ja ravinteita huuhtoutui vesistöön suuria määriä. Mereen kulkeutuvat ainemäärät olivatkin vuosina 1997 ja 2000 aivan eri luokkaa, vaikka sadot ja taseet olivat hyviä (taulukko 2).

Valuma-alueetasolla ravinteiden hy-



Kuva 2. Vantaanjoen virtaaman kuukausikeskiarvot, mereen kulkeutuvien ravinteiden määrä ja keskimääräiset viljasadot vuosina

väksikäytön tehostamisen vaikutukset vesistöjen potentiaaliseen kuormitukseen voivat olla merkittäviä. Vantaanjoella arvioitiin vuoden 1997 taselaskelmien perusteella muutosten suuruutta (Rajala 2001). Tavoitteeksi asetettiin kaikille alueen pelloille tyydyttävä ravinteiden hyväksikäytön taso. Typen hyväksikäyttö olisi siten vähintään 70 % ja fosforin hyväksikäyttö vähintään 80 % (taulukko 1). Kiloissa typpiyli jäämä pelloilla olisi vähentynyt 270 t/v ja fosforiyljäämä 90 t/v. Vantaanjoen valuma-alueella se olisi merkinnyt potentiaalisen typpikuormituksen vähentymistä neljäsosalla ja fosforikuormituksen puolella aiemmasta. Näiden edellä mainittujen ravinneylijäämien hinta olisi yhteensä noin 0,3 milj. euroa vuodessa. Em. arvio tehtiin pelloilta,

joissa ravinteiden hyväksikäyttö vaihteli 1-100 %:n välillä. Typen peltotase oli näillä pelloilla keskimäärin 36 kg/ha ja fosforin tase 7 kg/ha. Ylijäämävaineteiden arvo oli noin 34 euroa/ha/v.

Mielenkiintoista olisi tietää, miten edellä kuvattu ravinteiden tehokkaampi hyväksikäyttö vaikuttaisi vesistöihin huuhtoutuvien ravinteiden määrään. Jääkö ravinnetase apuvälineeksi tilakohtaisen ravinnetalouden optimointiin vai syntyisikö siitä myös toimiva vesiensuojelun työkalu?

Ravinnehuuhtoumia on arvioitu tilakohtaisten ravinnetaselaskelmien pohjalta verrattaessa tavanomaisesti ja luonnonmukaisesti tuotettujen maidon ja ruisleivän ympäristövaikutuksia (Grönroos & Seppälä 2000, Ekholm 2000). Ravinnetaseen osoittama typpiyli jäämä ja

ettiin pelloilta huuhtoutuvaan ja ilmaan haihtuvaan inerttiin ja 'vaikuttavaan' tyypeen. Fosforihuuhtouma arvioitiin mm. lisätyn fosforin maan fosforipitoisuutta kohottavan vaikutuksen perusteella. Arviointimenetelmien kehittäminen on todettu tarpeelliseksi ja työtä tehdään Suomen ympäristökeskuksessa ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa.

Ravinnetaselaskelmilla voisi olla käyttöä vesistöseurantojen tausta-aineistona ja apuvälineenä arvioitaessa maatalouden ravinnekuormituksen vuosittaista vaihtelua ja pidemmän aikavälin muutossuuntaa. Tietoja voitaisiin hyödyntää vesipuitedirektiivin toimeenpanoon liittyvien suunnitelmien ja ohjelmien tekemisessä. Ravinnetase on jo ainakin Uudenmaan ym-

päristökeskuksessa valittu yhdeksi seuranta-indikaattoriksi selvitettyä Uudenmaan ympäristön tilan muutoksia.

Kestävää maataloutta Vantaanjoella

Euroopan Unionin Life -ympäristörahan tukeman Kestävä maatalous Vantaanjoella -projektin tavoitteena oli vähentää maatalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta vesistöihin. Hanke toteutettiin vuosina 1998 - 2001. Ravinnetaseiden ohella hankkeessa valmistettiin kuntiin kestävän maatalouden ympäristöohjelmia ja tuettiin paikallisia hankkeita. Viljelijöiden kokemuksista rantapellojen suojavyöhykkeiden perustamisesta ja hoidosta laadittiin esite (Kärkkäinen 1998). Matemaattisten mallien käyttökelpoisuutta kokeiltiin arvioitaessa viljelytoimenpiteiden vaikutusta pelloilta huuhtoutuviin ravinteisiin ja maa-ainekseen (Bärlund et al. 2000). Ympäristötukiehtojen mukaisten toimenpiteiden kustannuksia ja hyötyjä arvioitiin maataloilla (Ollas 2000).

Projektialue käsitti Vantaanjoen valuma-alueen eteläisessä Suomessa. Alueen pinta-ala on 1 680 km², josta peltoa on 40 000 ha. Peltojen maalaji on pääosin savea. Maataloja alueella on noin 1 300, joista suurin osa harjoittaa kasvinviljelyä. Maatalouden osuus joen ravinnekuormituksesta luonnon huuhtouma mukaan lukien on typen osalta noin 40 % ja fosforin osalta noin 60 %. Joen veden laatu on pääosin välttävä.

Kirjallisuus

Ahtela, I. 2002. Kestävä maatalous Vantaanjoella -projekti. Loppuraportti. Helsinki, Uudenmaan ympäristökeskus. Uudenmaan ympäristökeskus - Monisteita 99. 48 s. ISBN 952-463-004-4 (nid.), ISSN 1238-7185.

Ahtela, I. (toim.) 2000: Kestävä maatalous Vantaanjoella -projekti: Ravinnetase-seminaari Helsingissä 26.9.2000. Helsinki, Uudenmaan ympäristökeskus. Uudenmaan ympäristökeskus - Monisteita 75. 48 s. ISBN 952-5237-58-3, ISSN 1238-7185. Aito Ympäristö -hanke. 2000. Tuloksia ympäristömittarista ja ravinnetaseista 1995-2000. Kainuun Maaseutukeskus. Kainuun Osuusmeijeri ja Kainuun ympäristökeskus.

Bärlund, I., Ahtela, I., Tuhkanen, H.-R. 2000. Matemaattisen simulointimallin avulla arvio tilan ra-

Taulukko 2. Perustietoja ravinnetaselaskelmiin osallistuneista maataloista, ravinteiden hyödyntäminen pelloilla ja maatalouden ravinnekuormitus Vantaanjoen vesistöalueella sääoloiltaan erilaisina vuosina 1997–2000.

Vuosi	1997	1998	1999	2000
Tilojen lkm	99	53	36	44
keskipinta-ala ha	52	42	42	52
Sato kg/ha	3 900	3 000	2 100	4 000
Lannoitus:				
Typpi kg/ha	99	109	97	97
Fosfori kg/ha	16	15	14	15
Pellotase:				
Typpi kg/ha	27	46	53	23
Typen hyödyntämis-%	71	56	45	75
Fosfori kg/ha	4	5	7	3
Fosforin hyödyntämis-%	72	61	47	79
Maatalouden ravinnekuormitus (Villa 2001):				
kokonaistyyppi t/a	300	760	620	920
kokonaisfosfori t/a	22	55	32	63
Sadanta mm touko-kesäkuu	80	170	35	98

'Kestävä maatalous Vantaanjoella' -projekti:

<http://www.vyh.fi/ympsuu/projekti/lifeuyk/kemava/kemava.htm>

Viljelijän ympäristötietosivut:

<http://www.vyh.fi/palvelut/maaseutu/maaseutu.htm>

vinnehuuhtoutumista. Tietoyhteys, 4(5): 18-20. ISSN 1239-9248

Ekholm, P. 2000. Fosforihuuhtoutumien arvioiminen: Leville käyttökelpoisen fosforin kuormitus - tavanomainen vs. luonnonmukainen viljely. Julk.: Grönroos & Seppälä (toim.). 2000. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 431. S. 191-196. ISBN 952-11-0771-5, ISSN 1238-7312.

Grönroos, J. & Seppälä, J. (toim.) 2000. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 431. 243 s. ISBN 952-11-0771-5, ISSN 1238-7312.

Kärkkäinen A. (toim.) 1998. Suojavyöhykkeet kotiutumassa jokivarsien tiloille. Helsinki; Uudenmaan ympäristökeskus. Esite. 16 s. (suomeksi, ruotsiksi, englanniksi)

Ollas, M. 2000. Maatalouden ympäristöhoito-toimenpiteiden taloudellinen vaikutus. Helsinki, Uudenmaan ympäristökeskus. Uudenmaan ympäristökeskus Monisteita 81. 58 s. ISBN 952-5237-65-6, ISSN 1238-7185.

Palva, R., Rankinen K., Granlund, K., Grönroos, J., Nikander A. & Rekolainen S. 2001. Maatalouden ympäristötoimenpiteiden toteutuminen ja vaikutukset vuosina 1995–1999: MYTVAS-projektin loppuraportti. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Suomen Ympäristö 478. 92 s. ISBN 952-11-0894-0. ISSN 1238-7312.

Rajala, J. 2001. Ravinnetaseopas. Helsinki, Uudenmaan ympäristökeskus. 32 s. ISBN 952-5237-71-0- Uudenmaan ympäristökeskus 2001. Ravinnetaselaskelma. Haitariesite.

Villa, L. 2001. Helsinki, Uudenmaan ympäristökeskus. [Kirjallinen tiedonanto.]

Säilörehun puristeneste on edelleen todellinen uhka vesistöille



Kirsi Järvenranta

tutkija, maat.metsät.maist.
MTT, Pohjois-Savon tutkimusasema, Maaninka
E-mail: kirsi.jarvenranta@mtt.fi
Kirjoittajan tekee väitöskirjaa aiheesta "Laitumen ravinnekierto ja ympäristövaikutukset".

Perttu Virkajärvi

vanhempi tutkija, maat.metsät.maist.
MTT, Pohjois-Savon tutkimusasema, Maaninka
E-mail: perttu.virkajarvi@mtt.fi

Helvi Heinonen-Tanski

lehtori, maat.metsät.tri
Kuopion yliopisto, ympäristötieteiden laitos
E-mail: helvi.heinonentanski@uku.fi

Irmeli Taipainen

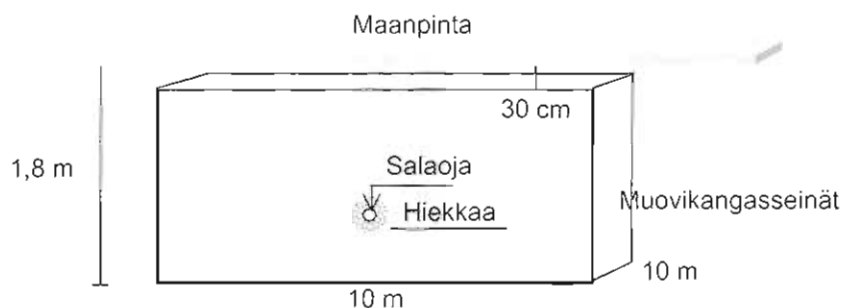
ylitarkastaja, maat.metsät.maist.
Pohjois-Savon ympäristökeskus, Kuopio
E-mail: irmeli.taipainen@ymparisto.fi

Rehuaumojen pohjan suojaaminen ja puristenesteen talteenotto on nykyisin pakollista ja kuuluu itsessään selvästi hyvään maatalouskäytäntöön. Vuoteen 1995 saakka rehuaumojen päästöt muodostivat kuitenkin merkittävän riskin sekä pohja- että pintavesien laadulle eikä vieläkaan ole kaikilta osin syytä huokaista helpotuksesta. Järvessä, jonka pinta-ala on 10 ha ja pintavesikerroksen paksuus kesäaikaan kolme metriä, puolet keskikokoisen (72 t) rehuauman puristenesteestä riittää nostamaan pintaveden P-pitoisuutta yli 10 µg l⁻¹! Vanhojen aumojen jäljet näkyvät maassa edelleen ja myös talteen kerättyä nestettä saattaa päästä vuotamaan ympäristöön.

Puristenestettä muodostuu, kun silputtuun ruohomassaan lisätään hapanta säilöntäainetta ja rehu puristetaan mahdollisimman tiiviiksi paakuksi. Hapan säilöntäaine saa aikaan silputun rehun solunesteen osmoottisen siirtymisen solujen ulkopuolelle väkevyyseron tasaamiseksi. Soluneste sisältää runsaasti helposti hajoavaa ja mikro-organismille käyttökelpoista ainesta kuten sokereita, proteiineja ja muita liukoisia ravinteita. Puristenesteen ravinnepitoisuus on esitetty ohcisessa taulukossa. Nesteen koostumukseen vaikuttavat kasvilaji, kasvuston kehitysvaihe niitohetkellä, säätila, lannoitustaso, säilöntäaine ja rehun silppukoko sekä rehuun kohdistuva paine.

Puristenesteen vaikutukset maaperään ja pohjaveteen

Puristenesteen huuhtoutumisreitti riippuu maaperän koostumuksesta, maan kosteudesta sekä kaltevuudesta. Tiiviillä savimailla pintavalunta muodostaa suuremman uhan kuin karkeilla kivennäismailla, missä suuri osa nesteestä imeytyy maaperään. MTT:n Pohjois-Savon tutkimusasemalla Maaningalla tehdyssä kokeessa neste imeytyi maahan. Asemalla sijaitsevalle lysimetrikentälle perustettiin pohjamuoviton säilörehuauma vuosina 1993 ja 1994 lysimetrin päälle (kuva 1). Vuonna 1993 aumaan ajettiin 12,8 ja vuonna 1994 60,1 tonnia rehua. Yhteensä määrä vastaa 30



Kuva 1. Pohjois-Savon tutkimusaseman lysimetrit ovat tiiviitä maan sisään muovikankaasta tehtyjä altaita, joista johtaa putki keräysrakennukseen. Lysimetrin päälle satava vesi suotautuu maakerrosten läpi, ja huuhtoo mukaansa maaperässä olevia liukoisia aineita. (Kuva P. Virkajärvi)

Taulukko. Säilörehun puristenesteen pitoisuudet.

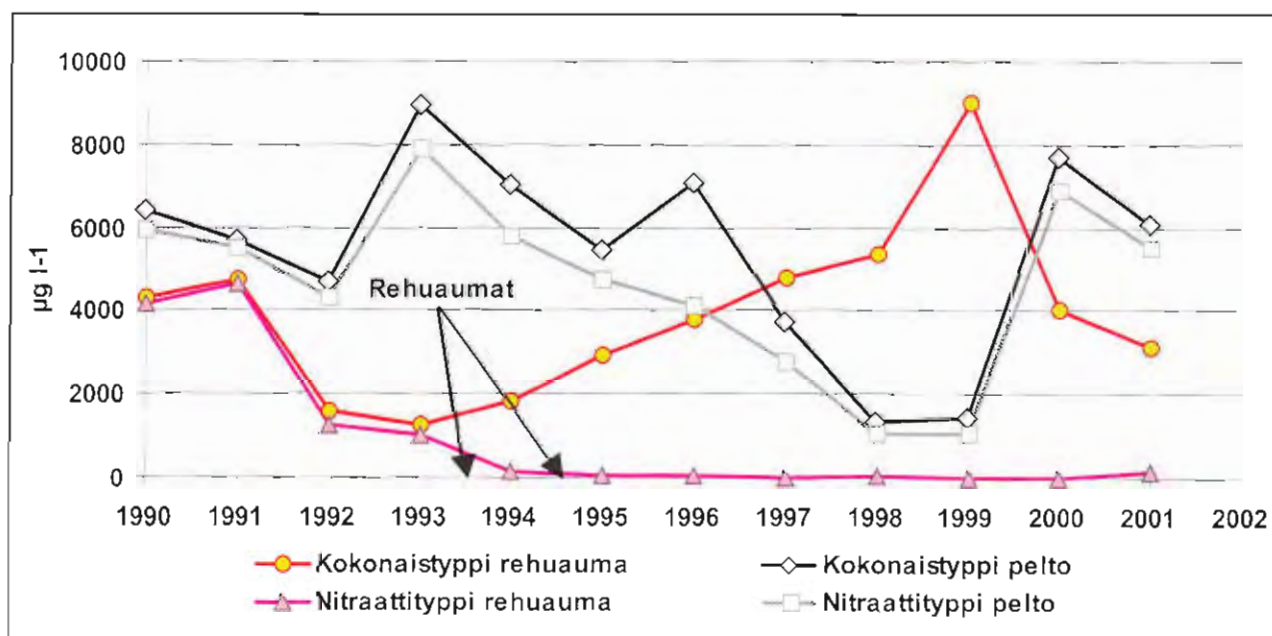
Kuiva-aine %	4,7
pH	4,3
BOD mg O ₂ l ⁻¹	90 000
Kokonaistyyppi g l ⁻¹	2,00
Liukoinen typpi g l ⁻¹	0,17
Fosfori g l ⁻¹	0,50
Kalium g l ⁻¹	0,50
Kalsium g l ⁻¹	0,65
Magnesium g l ⁻¹	0,33

lehmän karjassa noin yhden kuukauden rehuntarvetta. Keskimääräisillä puristenesteen pitoisuuksilla (taulukko) laskettuna ravinnekuormitus rehuauaman alla (pinta-ala 100 m²) oli n. 240 g m⁻² typpeä, 60 g m⁻² fosforia ja 670 g m⁻² kaliumia. Kalsiumia huuhtoutui maahan n. 80 g m⁻² ja magnesiumiakin yli 40 g m⁻². Maan läpi huuhtoutuva vesimäärä mitattiin vuosina 1993–2001 ja siitä kerättiin kokoomanäytteitä, joista analysoitiin mm. typpi- ja fosfori- rauta- ja mangaanipitoisuudet sekä mikrobien määrä.

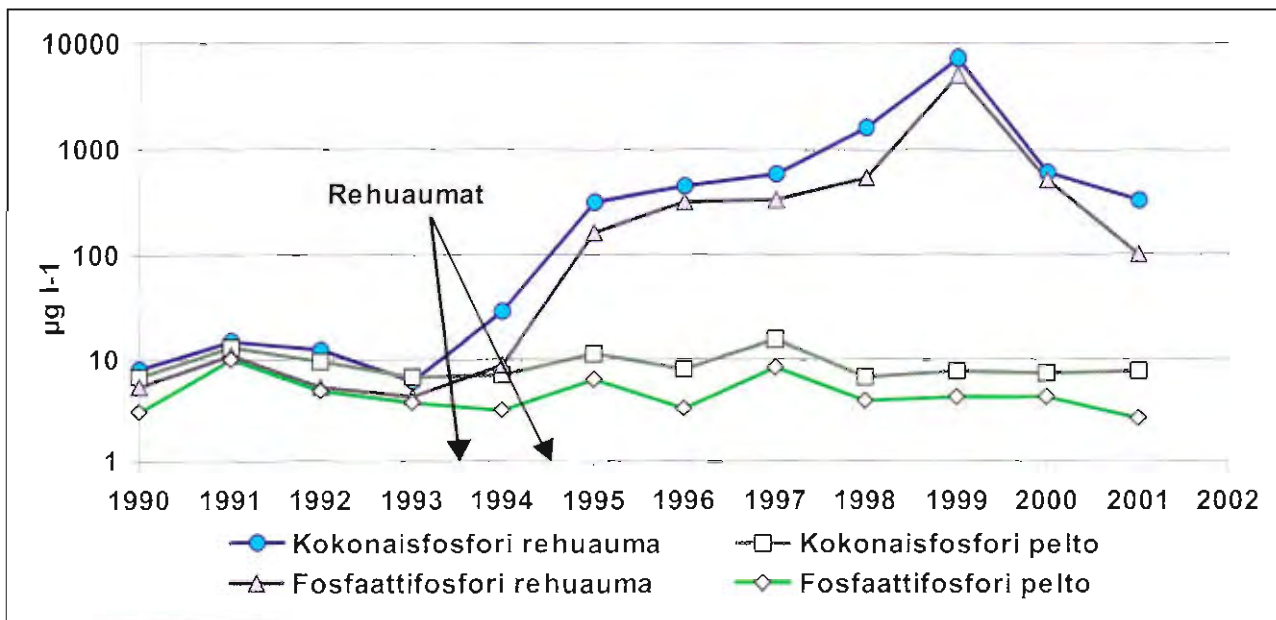
Ravinteikas neste kiihdyttää maaperän mikrobitoimintaa, mikä lisää nopeasti hapenkulutusta. Kun maaperän happi loppuu, anaerobiset ja fakultatiiviset mikrobit saavat kilpailuedun. Ne käyttävät energialähteenään maaperän orgaanista ainesta, jolloin mm. orgaaninen typpi mineralisoituu. Koska maassa ei ole happea, mineralisoitunut typpi jää ammoniumionimuotoon tai tulee käytettyä mikrobisolujen rakennusaineena. Maaninnan kokeessa maaperän hapettomuudesta kertoo se, että maaveden nitraattipitoisuus on re-

huaumojen jälkeen ollut jatkuvasti lähellä nollaa, vaikka kokonaistyyppiä tästä lysimetrinä huuhtoutunut enemmän kuin muista lysimetreistä (kuva 2). Lysimetriveden kokonaistyyppiluku on ollut hyvin korkea verrattuna tavallisessa peltoviljelyssä olleisiin lysimetreihin. Vuonna 2000 maavedessä oli bakteereita edelleen yli 100 000 kpl ml⁻¹ ja enimmillään yli 1 000 000 kpl ml⁻¹. Kunnollisen kaivoveden kokonaistyyppiluku on tasolla 100–1000 kpl ml⁻¹.

Anaerobisten mikrobien energia-ainevaihdunnan tuottamat vapaat



Kuva 2. Rehuaumat tehtiin lysimetrin päälle vuosina 1993 ja 1994. Maaperän olosuhteita rehuauman alla kuvastaa se, että nitraattityppi hävisi huuhtoumavedestä täysin, vaikka samalla kokonaistyyppipitoisuus alkoi nousta. Tavallisessa peltoviljelyssä olleilla lysimetreillä on ollut muita kokeita, joista riippuen niiden tyyppitaso vaihtelee jonkin verran, mutta lähes kaikki huuhtoutunut typpi on ollut nitraattimuodossa.



Kuva 3. Rehuauman alta on huuhtoutunut enimmillään yli tuhatkertaisia pitoisuuksia fosforia tavallisessa viljelyssä olleeseen peltoon verrattuna.

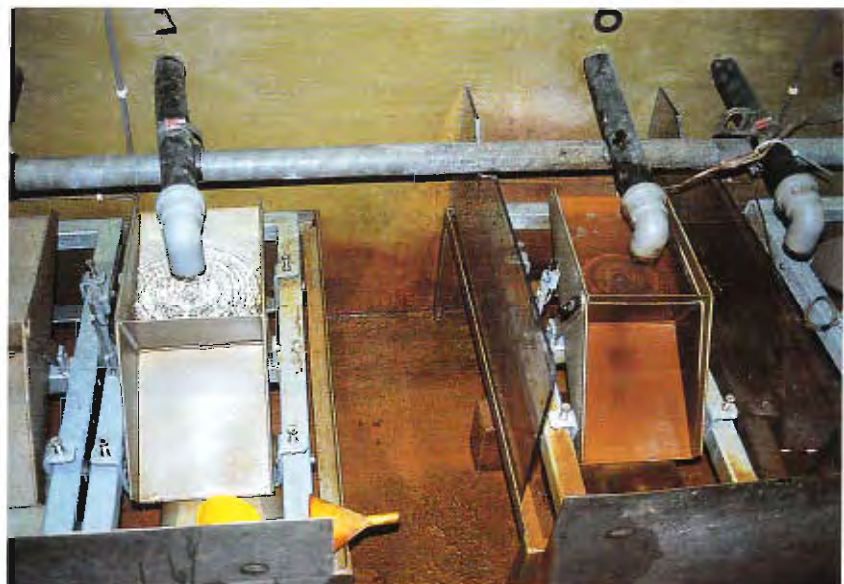
elektronit järkyttävät maaperän happo-emästasapainoa. Redox-potentialin laskeessa elektronien vastaanottajina alkavat toimia mm. Fe^{3+} ja Mn^{4+} , jotka pelkistyvät. Pelkistyessään rauta ja mangaani muuttuvat vesiliukoisiksi ioneiksi: Fe^{2+} ja Mn^{2+} . Samalla myös normaalitilanteessa näihin sitoutuneet aineet (esim. rautaan sitoutunut fosfori) vapautuvat liukoiseen muotoon. Enimmillään maaveden fosforipitoisuus nousikin rehuauman alla yli tuhatkertaiseksi verrattuna normaalissa peltoviljelyssä olleisiin lysimetriiruutuihin (kuva 3). Vuoden 2000 loppuun mennessä rehuauman alta on huuhtoutunut pohjaveteen n. 1 g P m^{-2} , kun tavallisessa viljelyssä olleista ruuduista on samana aikana kertynyt vain $0,002 \text{ g P m}^{-2}$.

Raudan ja mangaanin osalta kaivoveden enimmäispitoisuussuosituksen ylittivät kokeessa reilusti: rautaa huuhtoutui enimmillään yli 1000 mg l^{-1} , kun suositeltava enimmäispitoisuus on $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ ja mangaania 20 mg l^{-1} suosituksen ollessa alle $0,2 \text{ mg l}^{-1}$. Veteen liennut rauta saostui silmännähtävästi uudestaan keruuläitteistössä (kuva 4). Pohjaveden laadun kannalta rauta ja mangaani ovat haitallisia, rauta värjää veden ruskeaksi ja antaa sille metallisen maun ja mangaani saa veden maistumaan lantamai-

selta. Lisäksi osa bakteerien energia-ai-neenvaihdunnassa syntyvien elektronien vastaanottajista muuttuu selvästi haitallisemmiksi yhdisteiksi kuin normaalitilanteessa esim. nitraatista tulee nitriittiä ja sulfaattista rikkivetyä.

Bakteerien aineenvaihduntatuotteet saavat veden haisemaan ja maistumaan tympeältä. Jos puristonesteen saastut-

tamaa pohjavettä käytettäisiin talousvetenä, bakteerit aiheuttaisivat runsasta limanmuodostusta. Liman ja mm. rikkivedyn tähden metalliputket, pumput ja mm. pesukoneet syöpyisivät ja tukkeutuisivat. Maitotilalla tällaisen veden käyttäminen tilatankin tai lypsykoneen huuhteluvetenä voisi nopeuttaa maidon pilaantumista.



Kuva 4. Maaperästä huuhtoutunut liukoinen rauta saostuu uudelleen keruuläitteistössä. Kuvassa rehuaumalysimetrieräin sekä tavallisessa peltoviljelyssä olleen lysimetrin keräin. (Kuva: P. Virkajärvi)

Puristenesteen vaikutukset pintavesiin

Sisä-Suomen pintavesien levien kasvua rajoittava ravinne on tavallisesti fosfori, jota puristeneste sisältää runsaasti. Rehua tehdään yleensä kahdesti vuodessa, kesäkuussa ja elokuussa. Ensimmäisen rehuerän puristenestepulssi ajoittuu juhannuksen tienoille, jolloin varsinkin pienten järvien "fosforinsietokyky" on heikoimmillaan. Valoa ja lämpöä on tarjolla lähes rajattomasti ja järvi on yleensä jo lämpötilakerrostunut, mikä vähentää sen pintavesikerroksen tilavuutta, johon puristeneste sekoittuu. Vaikutusta tehostaa edelleen keskikesällä valuman vähentyessä pidentynyt viipymäaika. Toisaalta pulssi purkautuu yleensä pistemäisesti ja näin vaikutusalue ei ulotu kovin laajalle, mutta saattaa rasittaa esim. pussimaisista lahteista huomattavasti. Puristenesteen suuri hapenkulutuskkyky ei tosin kesällä ole vesistölle yhtä tuhoisaa kuin se olisi talvella jääpeitteen aikaan.

Puristenesteen vaikutusta voi arvioida laskemien avulla. Järvessä, jonka pinta-ala on 10 ha, fosforipitoisuus 20 $\mu\text{g l}^{-1}$ ja pintavesikerroksen paksuus kesäaikaan 3 m, puolet em. kokoisin (72 t) rehuauman puristenesteestä riittäisi nostamaan pintaveden fosforipitoisuuden jo yli 30 $\mu\text{g l}^{-1}$. Nurmilla tehdyissä lannoituskokeissa puristenesteen fosforin käyttökelpoisuus on ollut jopa parempi kuin väkilannoitefosforin (Kempainen ja Hakkola 1986), joten fosfori lienee täysin käyttökelpoista myös järvi-ekosysteemeissä. Tällainen pulssi lisääisi leväkukintojen mahdollisuutta ja saattaisi pahimmillaan laukaista pysyvän rehevöitymiskehityksen lisäämällä järven sisäistä kuormitusta yli kriittisen rajan. Vuodesta toiseen toistuvana päästö rehevöittäisi järven melko varmasti.

Myös virtaavassa vedessä puristenestepulssi saattaa aiheuttaa todella vakaviakin seurauksia ennen kuin sen vaikutus laimenee. Purossa tai pienessä joessa nesteen hapenkulutuskkyky saattaa kuluttaa kaiken hapen tietyllä matkalla ja kun tällainen tulppa etenee virtauksen mukana, se tappaa mennessään herkimpiä kaloja ja muita eliölajeja. Tästä on esimerkkejä mm. Isosta-Britanniasta, missä puristeneste on

1995–1998 aiheuttanut 1–6 hyvin vakavaksi luokiteltua saastumisonnettomuutta vuosittain. Myös Irlannissa puristenesteen vuotaminen vesistöihin aiheutti vuonna 1995 eriten vakavia onnettomuuksia verrattuna maatalouden muihin pistemäisiin kuormituslähteisiin. Vuotojen kokonaismäärä on kuitenkin ollut laskussa 90-luvun alusta saakka. Isossa-Britanniassa puristenesteen keräämistä valvotaan ympäristöviranomaisen toimesta ja maanviljelijät ovat joutuneet maksamaan sakkoja ja kulukorvauksia riittämättömästi järjestetyn talteenoton tai vuotavien säiliöiden takia aiheutuneista onnettomuuksista.

Lainsäädäntö Suomessa

Maa- ja metsätalousministeriön ohjeen mukaan säilörehun puristeneste voidaan johtaa lietelantasäiliöön tai virtsa-kaivoon, ei kuitenkaan lietteelle tai virtsalle varattujen kanavien kautta. Puristenesteen ja eläinten eritteiden anaerobisessa hajoamisessa syntyy eläimille vaarallista rikkivetyä, joka ei saa päästä eläinsuojaan. Puristenesteelle on varattava 0,15 m³ säiliötilaa tuoresäilöttyä rehutonnin kohti tai 0,05 m³ esikuivatua rehutonnin kohti.

Säilörehun puristenesteen talteenottoa säätelee nitraattiasetus (Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta, 931/2000, 7§ 3 mom.) sekä ympäristötuen ehdot. Jos talteenottoa ei ole asianmukaisesti järjestetty, TE-keskuksen tarkastaja voi tehdä tarkastuspyynnön kunnan ympäristöviranomaiselle, joka tarkastaa tapauksen vakavuuden. Kunnan ympäristöviranomaisen raportoi tapauksesta TE-keskuk-

selle, joka voi sanktiona leikata tilan ympäristötukea tai periä sitä takaisin. Vakavissa tapauksissa voidaan tehdä myös rikosilmoitus.

Lopuksi

Vaikka rehuauman peittämä pinta-ala on pieni, ja sen aiheuttama kuormitus laajassa mittakaavassa on melko merkityksetön, paikallisesti auma voi pilata sekä pohjaveden että pintavesistön useiden vuosien ajaksi. Vaikutusta tehostaa vielä se, että usein auma sijaitsee joka vuosi samassa paikassa ja yleensä lähellä navettarakennuksia ja kaivoja. Ehjän pohjamuovin käyttö ja puristenesteen huolellinen talteenotto ovatkin erittäin tärkeitä toimenpiteitä vesien suojelemiseksi paikallisesti. Tästä huolimatta suojattua aumaa ei kannata sijoittaa lähelle talousvesikaivoa tai rinteeseen pintavesistön läheisyyteen vuotovaaran takia

Kirjallisuus

Arnold, J.L., Knapp, J.S., and Johnson, C.L. 2000. The use of yeasts to reduce the polluting potential of silage effluent. *Water Research* 34: 3699–3708. ISSN 0043–1354.

Kempainen, E. and Hakkola, H. 1986. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteena. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 9/86. 43 s. ISSN 0359-7652.

Lennox, S.D., Foy, R.H., Smith, R.V., Unsworth, E.F., and Smyth, D.R. 1998. A comparison of agricultural water pollution incidents in Northern Ireland with those in England and Wales. *Water Research* 32: 649–656. ISSN 0043-1354.

Woolford, M.K. 1978. The problem of silage effluent. *Herbage Abstracts* 48: 397–403. ISSN 0018-0602.

Tuorehusta muodostuu eniten puristenestettä

Nykyään noin 60 % kaikesta säilörehusta tehdään esikuivatuna, jolloin puristenesteen muodostuminen on vähäistä tai sitä ei muodostu ollenkaan. Jos kuitenkin osa esikuivatusta rehusta on edelleen kuivatuksesta huolimatta liian kosteaa tai sade pääsee sitä kastelemaan, puristenestettä muodostuu jonkin verran. Tuoresäilönnässä, jonka osuus on edelleen 40 %, puristenestettä muodostuu rehun kuiva-ainepitoisuudesta riippuen 15–30 % rehun massasta. Näistä syistä säilörehunteon kanssa on edelleen syytä olla huolellinen, jottei nestettä pääsisi vuotamaan pohja- tai pintavesiin.

Velvoitetarkkailu ja järvien ekologisen tilan arviointi



Heidi Vuoristo

maat. metsät. maisteri
Suomen ympäristökeskus
e-mail: heidi.vuoristo@ymparisto.fi

Kirjoittajan tehtävänä on vesistöjen velvoitetarkkailujen koordinointi ja ohjaus. Hän osallistuu myös vesipolitiikan puitedirektiivin edellyttämän ekologisen luokituksen kehittämisen.

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi ([http://www.vyh.fi/ympsu/vesi/vesipuit\(index.htm\)](http://www.vyh.fi/ympsu/vesi/vesipuit(index.htm))) edellyttää, että pintavesien tila arvioidaan vuoteen 2009 mennessä ekologisin perustein. Ekologisen luokituksen kriteerit tullaan kehittämään kansallisesti. Tähän liittyen on parhailaan menossa useita tutkimusprojekteja. Vuoden 2002 lopulla tulisi olla valmiina periaatteet luokitukselle. Tähän asti maassamme on ollut yleisessä käytössä vain veden laadun käyttökelpoisuusluokituksen kriteerit (1).

Vesipolitiikan puitedirektiivin mukaan alueille, jotka eivät todennäköisesti saavuta hyvän ekologisen tilan tavoitetta, on järjestettävä ns. toiminnallinen seuranta. Suomessa ympäristö- ja vesilainsäädäntöön perustuva velvoitetark-

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin myötä pintavesiemme tilaa on ryhdyttävä arvioimaan biologisten tekijöiden avulla. Tähän saakka valtaosa vesien tilaa koskevista arvioista on tehty veden laatutietoihin perustuen. Vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpano merkinnee vesistötutkimuksissa huomattavaa biologisten muuttujien lisäystä erityisesti kuormitetuilla tai muuten muutetuilla vesialueilla. Näiden alueiden tilaa seurataan velvoitetarkkailujen avulla. Kirjoituksessa esitetään taustatietoja nykyistä tarkkailuista sekä suuntaviivoja järvien biologisiin tarkkailuihin mahdollisesti tarvittavista muutoksista.

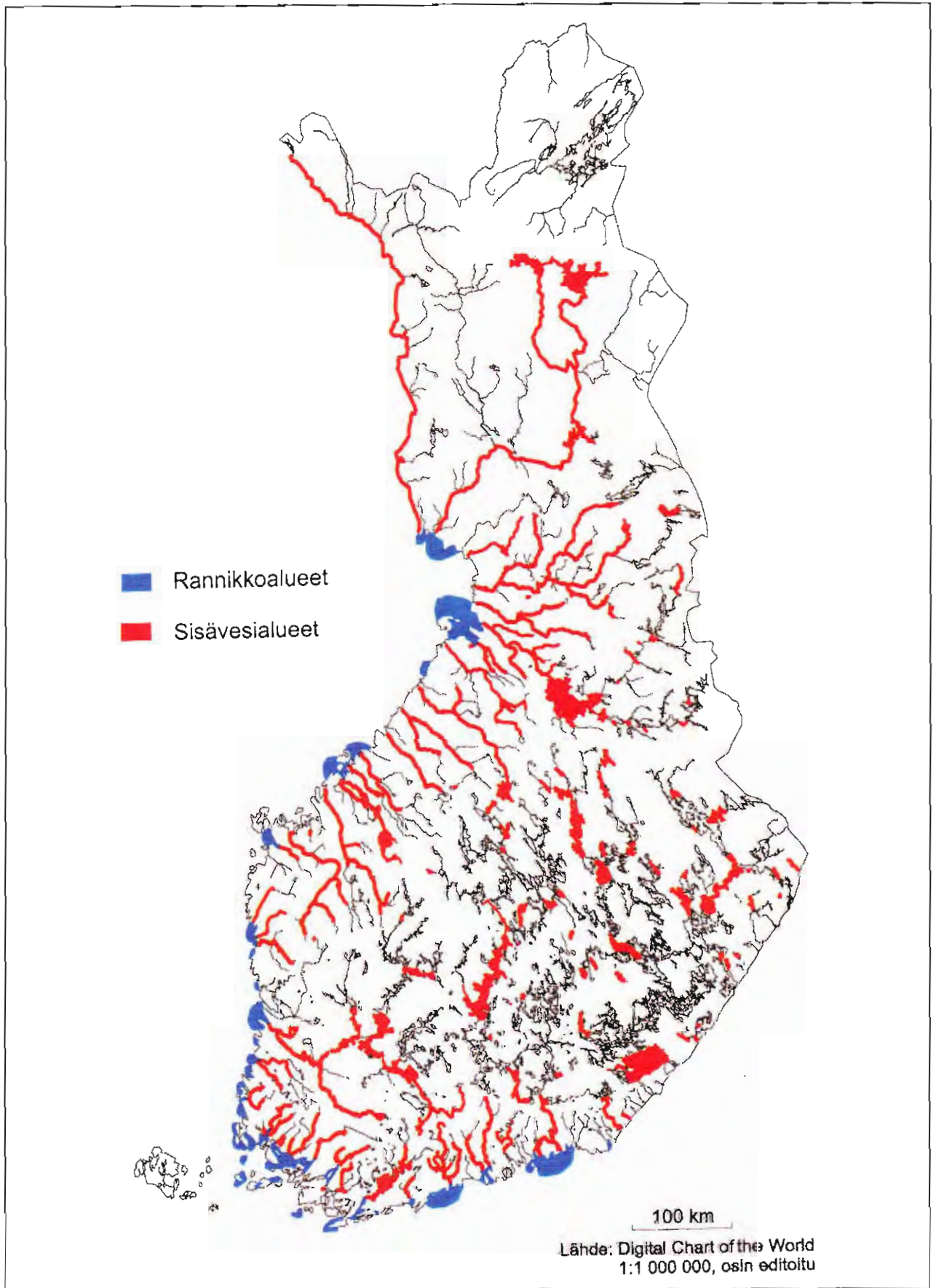
kailu vastanee suurelta osin toiminnallisen seurannan tarpeisiin. Velvoitetarkkailussa käytetään jo nykyisin sekä veden laatu- että biologisia muuttujia. Olennainen kysymys on tuottaako velvoitetarkkailu riittävästi tietoa ekologisen tilan arvioimiseksi? Ovatko tarkkailtavat biologiset muuttujat asianmukaisesti valittuja, tarkkaillaanko niitä tarpeeksi usein, riittävän monilla paikoilla ja ovatko näytteenottojärjestelyt, lajimääritykset, laadun varmistus ja tulosten käsittely kunnossa? Näihin kysymyksiin ei vielä ole selkeitä vastauksia, mutta asiaa valottanee katsaus tämän hetkiseen tilanteeseen. Tämä kirjoitus keskittyy järvien velvoitetarkkailuihin, mutta monet esille tulevista seikoista koskevat myös joki- ja rannikkoalueita.

Vesistöjen velvoitetarkkailu

Ympäristölainsäädäntöön perustuvia tarkkailuvelvoitteita on annettu arviolta noin 1700 toiminnanharjoittajalle. Vesien tilaan liittyvän tarkkailun suorittavat yleensä aina julkisen valvonnan alaiset

vesitutkimuslaitokset alueellisten ympäristökeskusten hyväksymien ohjelmien mukaan. Tarkkailun koordinoimiseksi on annettu yleisiä ohjeita (2, 3, 4, 5). Verrattuna ympäristöviranomaisten ylläpitämiin seurantoihin on nykyisen velvoitetarkkailun laajuus huomattavan suuri: esim. veden laadun havaintopaikkoja on velvoitetarkkailussa noin 2 600 joki-, 1 700 järvi- ja 1 000 rannikkoalueen havaintopaikkaa, kun valtakunnallisissa perusseurannassa vastaavat luvut ovat 197, 253 (6) ja 100. Samalla alueella toimivat tarkkailuvelvolliset ovat useimmiten laadittaneet yhteisen tarkkailuohjelman. Laajimmat yhteistarkkailualueet on esitetty kuvassa 1.

Vesistötarkkailuissa on yleisimmin käytetty seuraavia biologisia tai niihin rinnastettavia muuttujia: pohjaeläimet, kasviplankton, eläinplankton, kasviplanktonin perustuotanto ja kyky, *a*-klorofylli, makrofytyt, perifyton, pohjalevästö, kalanpyydysten likaantuminen sekä rantojen limoittuminen ja liettyminen. Erittäin harvoin käytettyinä mainittakoon mm. vesistön vesiolosta riip-



Kuva 1. Laajimmat vesistöjen velvoitetarkkailun yhteistarkkailualueet

puvan rantakasvillisuuden selvittäminen tai vesilinnustolaskenta. Tarkkailuohjelmasta riippuen tutkimuksen tavoite, näytteenottomenetelmä, näytteenkäsittely, määritystarkkuus jne. ovat voineet vaihdella huomattavasti

Alla olevassa yhdistelmässä on kuvattu biologisten muuttujien yleisyyttä 1990-luvulla järvien velvoitetarkkailuohjelmissa. Tiedot on kerätty 25 yhteistarkkailuohjelmasta. Kaikkiin niistä sisältyy yksi tai useampia biologisia muuttujia. Enimmillään yhteen tarkkailuohjelmaan on sisällytetty neljä biologista muuttujaa.

Biologiset muuttujat	25 suuressa järvialueen velvoitetarkkailussa:	
Pohjaeläimet	20 ohjelmassa	80%:ssa ohjelmista
Kasviplankton	16 ohjelmassa	64%
Perifyton	13 ohjelmassa	52%
Eläinplankton	8 ohjelmassa	32%
Makrofyytit	4 ohjelmassa	16%

Näiden 25 tarkkailun lisäksi on useita alueellisesti suppeampia järvien tarkkailuohjelmia, joihin sisältyy biologisia muuttujia. Kaikkiaan järvien velvoitetarkkailuissa on noin 220 pohjaeläin-, 100 kasviplankton-, 50 eläinplankton- ja 90 perifytonhavaintopaikkaa. Vesikasvillisuutta on tarkkailtu muutamassa kymmenessä järvestä. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että valtakunnalliseen järvisyvänteiden pohjaeläinseurantaan kuuluu 15 kohdetta. Valtakunnallisen kasviplanktonseurannan havaintopaikkoja on vuodesta 2000 alkaen 253 havaintopaikkaa (näytteenotto joka 3. vuosi); sitä ennen paikkojen määrä oli vähäisempi. Valtakunnallisessa seurannassa kerätään myös eläinplankton- ja perifytonnäytteitä, mutta niiden määrittäminen on toistaiseksi ollut satunnaisista keskittyen muutama erilliseen tutkimukseen.

Biologisia muuttujia tarkkaillaan yleensä kolmen viiden vuoden välein. Useilla tarkkailualueilla biologiset selvitykset ovat alkaneet vasta 1980- tai 1990-luvulla. Monilta alueilta on käytettävissä vesioikeudellista hakemusta varten tehtyjä biologisia selvityksiä 1960- tai 1970-luvulta. Vanhempien aineistojen käytössä vertailtavuutta uu-

dempäin heikentävät kuitenkin monesti mm. näytteenottoaikojen vaihtuminen, erilainen määritystarkkuus sekä puutteellisesti kirjatut taustatiedot.

Biologisten selvitysten riittävyys ja kehittäminen

Alueellinen riittävyys

Biologisia selvityksiä on nyt tehty suurimmalla velvoitetarkkailualueilla. Riittääkö tämä vai onko biologisia selvityksiä lisättävä myös muilla alueilla? Vastausta voi etsiä arvioimalla, missä saattaisi olla vesialueita, joiden ekologinen tila todennäköisesti ei täytä hyvän tilan kriteereitä. Viimeisimmän vedenlaadun luokituskartoituksen (7) perusteella maamme sisävesien ongelmana on erityisesti laaja-alainen lievä rehevöityminen, mikä näkyy käyttökelpoisuusluokkien hyvällä ja tyydyttävällä suurena osuutena. Voidaan olettaa, että osa näistä alueista ei täytä hyvän ekologisen tilan kriteereitä. Maassamme on edelleen myös voimakkaasti muuttuneita alueita, joilla veden laatu on välttävää tai huonoa. Lisäksi on otettava huomioon, että esim. metsäojitusten vaikutukset eivät yleensä näy kovin selvinä veden laadussa, mutta voivat olla merkittäviä ekologisesti. Tällaisilta alueilta on hankittava ekologisen tilan arvioimiseen tarvittavaa biologista tietoa. Verrattuna nykytilanteeseen puutteita löytynee mm. hajakuormitettujen alueiden seurannasta sekä eräiden piennien, mutta ongelmallisten kuormitettujen tai muuten muutettujen vesialueiden seurannasta. Tarkemmin nämä alueet tullaan kartoittamaan direktiivissä mainitun vesipiirin ominaispiirteiden kartoituksen yhteydessä vuoteen 2004 mennessä.

Muuttujien riittävyys

Vesipolitiikan puitteiden direktiivissä mainitaan, että toiminnallisessa seurannassa on muutosten ilmaisemiseen käytettävä niitä biologisia laatutekijöitä, jotka ovat herkimpiä paineille, joita vesimuodostumiin kohdistuu. Tarvitaanko siis useampia biologisia muuttujia ja mitkä ovat kulloinkin herkimmat muutosten ilmaisijat? Kysymykseen ei ole yksiselitteistä ratkaisua, vaan jokainen tapaus on harkittava erikseen. Huo-

mioon otettavia seikkoja ovat mm. muutosta aiheuttava tekijä, vesistön ominaisuudet sekä sen käyttö. Esimerkiksi säännöstelyn vaikutukset kohdistuvat yleensä selvimmän rantavyöhykkeelle – on siis hankittava tietoa esim. kasvillisuuden muutoksista sekä ehkä myös rantavyöhykkeen eliöstöstä. Muutokset veden laadussa ja biologisissa muuttujissa voivat tapahtua eri aikaisesti. Esim. kasviplankton osoittaa usein alkavan rehevöitymisen merkit aikaisemmin kuin ne näkyvät veden laadussa. Toisaalta vesistön toipuinen saattaa jo näkyä vapaan veden eliössä ja veden laadussa kun pohjaeläimistö vielä osoittaa häiriintyneen tilan jatkuvan. Useimmiten onkin vaikea osoittaa yhtä ainoaa biologista laatutekijää, joka kuvaaisi muuttavan toiminnan vaikutuksia riittävästi. Vain yhdistämällä eri menetelmien avulla saatava informaatio muodostuu käsitys muutoksen voimakkuudesta ja muutossuunnasta.

Ekologisen tilan yhtenä kuvaajana käytetään myös kalastoa. Kalataloustarkkailut on hoidettu maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla ja vesistötarkkailut ympäristöministeriön alaisuudessa. Ohjelmien yhteensovittaminen ja tulosten käyttö kokonaiskuvan luomiseksi eivät ole olleet riittäviä. Vesipolitiikan puitteiden direktiivin myötä kalasto- ja vesistötiedon yhdistäminen tulee välttämättömäksi.

Menetelmien ja raportoinnin yhdenmukaisuus

Tarkkailusta annetuissa ohjeissa on korostettu tapauskohtaista harkintaa. Sen vuoksi vesistöoloiltaan ja kuormitukseltaan samankaltaisten alueiden tarkkailut saattavat poiketa huomattavastikin toisistaan. Taulukossa 1 on vertailtu muutamien järvialueella olevien suurten yhteistarkkailujen biologisissa selvityksissä käytettyjä menetelmiä. Vertailuun on valittu tarkkailuja kuuden eri alueellisen ympäristökeskuksen alueelta. Tarkkailujen suorittajina on kuusi vesitutkimuslaitosta.

Tarkkailujen yksityiskohdissa on eroja, jotka vaikeuttavat järvien tilan vertailua. Esimerkiksi haluttaessa vertailla kasviplanktonin kasvukauden keskimääräistä biomassaa on sen laskemista varten käytettävissä kolmesta seitse-

Taulukko 1. Biologisissa selvityksissä käytetyt menettelyt kahdeksassa suuressa järvialueen vesistötarkkailussa vuosina 1990–2000.

Tarkkailu	1	2	3	4	5	6	7	8
Konsultti	A/a	B/b	C/c	C/a	D/d	D/d	E/e	F/f
Ympäristökeskus								
Kasviplankton	92,95,98	–	vuosittain	–	97	97	95	98
Vuodet								
Kasviplankton	3	–	6	–	3	6	3	7
Näytteenottoja/a								
Kasviplankton	VI–VIII	–	V–IX	–	VII–IX	V–VIII	VII–IX	V–IX
Näytteenottokaudet								
Kasviplankton	kvalitatiivinen	–	kvantitatiivinen	–	kvantitatiivinen	kvantitatiivinen	kvantitatiivinen	kvantitatiivinen
Määrittystaso								
Pohjaeläimet	92,95,98	92, 96	90, 93,97,00	91, 94, 97	93, 98	92, 95, 98	–	–
Vuodet		94–00						
Pohjaeläimet	syksy	syksy	kevät ja	syksy	reitin alaosaa:	93: kevät	92 ja 95:	–
Näytteenottoaika			syksy		kevät	98: syksy	kevät	
					reitin yläosa:		98:	
					syksy		syksy	
Pohjaeläimet	lajitaso	lajitaso	lajitaso	lajitaso	lajitaso	lajitaso	lajitaso	–
Määrittystaso								
Perifyton	92, 98	vuosittain	vuosittain	98	–	97	–	97, 98
Vuodet								
Perifyton	3 x 2 vk.	2 x 3 vk.	2 x 3 vk.	3 x 3 vk.	–	2 x 3 vk.	–	2 x 2–3 vk.
Inkubointijaksot								
Perifyton	VI–IX	VII–VIII	VII–VIII	VII–IX	–	VI–VIII	–	VII–VIII
Inkubointiajat								
Perifyton	lasikuitu-	muovilevy	muovilevy	muovilevy	–	lasikuitu-	–	muovilevy
Menetelmä	suodatin					suodatin		

mään havaintoa, osalla alueita havainnot alkavat toukokuussa, osalla vasta heinäkuussa. Kaikissa tarkkailuissa ei ole ollut tavoitteena lajitason määrittystarkkuus. Biologisten näytteiden otossa ja lajimäärityksessä on monta teknistä seikkaa, joissa erilaiset menettelyt voivat aiheuttaa huomattavia vaihtelua lopputulokseen. Esimerkiksi kasviplanktonlaskennassa käytetyistä levätilavuuksista riippuen kokonaisbiomassa voi poiketa jopa useita kymmeniä prosentteja verrattuna arvoihin, jotka saataisiin käyttäen Suomen ympäristökeskuksen kasviplanktonrekisterissä olevia tilavuusarvoja (8). Ongelmana on myös ollut eräissä tapauksissa menetelmien muuttuminen vuosien välillä esim. jos tarkkailua suorittava tutkimuslaitos on vaihtunut. Tällaiset seikat tekevät tietojen yhdistämisen laajempia aluetarkasteluja varten vaikeaksi. Vaihtelevat menetelmät ja epäselvä tavoitteenasettelu tarkkailusuunnitelmassa voivat vaikeuttaa samankin alueen ajallisen kehi-

tyksen arvioimista.

Kun biologisten selvitysten frekvenssi on harva ja havaintopaikkojen sekä näytteiden määrätkin vähäisiä, on tutkimusten suorituksen yksityiskohdilla merkitystä tulosten tulkintaan. Tilastollisesti pätevän näytön saaminen muutoksista velvoitetarkkailuaineiston avulla onnistuu harvoin (9). Yhtenäisen kuvan luominen koko Suomen vesien tilasta tai esim. vesipuitedirektiivin mukaiselta vesienhoitoalueelta voi olla vaikeaa. Biologisten selvitysten yhtenäisyyttä on parannettava esim. tarkkailua koskevin ohjein ja koulutuksen keinoin.

Kirjallisuus

1 Vesi- ja ympäristöhallitus 1988. Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 20. Helsinki. 47 sivua.
2 Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. ja Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja B 10. Helsinki. 87 sivua.

3 Vuoristo, H. (toim.) 1992. Yleisohjeet velvoitetarkkailusta Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja B 12. Helsinki. 36 sivua.

4 Hakala, J., Hynninen, P., Kaukoranta, E., Selänne, A. ja Vuoristo, H. 1994. Velvoitetarkkailun yleisohjeen täydennys: Kalankasvatuksen velvoitetarkkailu. Vesi- ja ympäristöhallituksen moniste nro 586. Helsinki. 51 sivua.

5 Haaramo, H. ja Itkonen, J. (toim.) 1994. Jäte- ym. vesien virtaamamittaus teollisuus- ja kalankasvatustiluksilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon moniste nro 520. Helsinki. 75 sivua.

6 Niemi, J. ja Heinonen, P. (toim.) 2000. Ympäristön tilan seuranta Suomessa. Suomen ympäristö nro. 405. 102 sivua.

7 Antikainen, S., Joukola, M. ja Vuoristo, H. 2000. Suomen pintavesien laatu 1990-luvun puolivälissä. Vesitalous 2/2000: 47–53.

8 Hakala, J. 2002. Kasviplanktonyhteisöt kuormitettujen velvoitetarkkailujärvien tilan arvioinnissa. Pro gradu-tyo. Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. 107 sivua.

9 Honkanen, T., Helminen, H., Hänninen, J. ja Laihonon, P. 2001. Kalankasvatuksen tarkkailut remonttiin. Vesitalous 3/2001: 7–12.

Kasviplanktontutkimusten laadunvarmistuksen ongelmista



Johanna Hakala

fil.maist.
Helsingin yliopisto
biotieteiden laitos
E-mail: johanna.hakala@helsinki.fi

Kirjoittajan pääaine yliopistossa oli ympäristötiede. Hänen pro gradu -työnsä oli "Kasviplanktonyhteisöt kuormitettujen velvoitetarkkailujärvien tilan arvioinnissa".

Heidi Vuoristo

maat.metsät.maist.
Suomen ympäristökeskus
E-mail: heidi.vuoristo@ymparisto.fi

Liisa Lepistö

fil.tri, (hydrobiologi)
Suomen ympäristökeskus
E-mail: liisa.lepisto@ymparisto.fi

Biologiin tutkimuksiin liittyy monia ongelmia, jotka aiheuttavat suurta vaihtelua lopputuloksiin. Ennen kuin tutkimuksista saatuja tietoja voidaan luottavasti vertailla keskenään, tulisi tutkimusten laadunvarmistuksen olla kunnossa. Velvoitetarkkailujen kasviplanktontutkimusten laadunvarmistus ei toistaiseksi ole toteutunut, vaikka asia on tullut aikaisempaa tärkeämmäksi vesipolitiikan puitteidirektiivin astuttua voimaan vuonna 2000.

Kasviplanktontutkimukselle on asetettu suuria odotuksia Euroopan Unionin vesipolitiikan puitteidirektiivin mukaisessa vesien ekologisessa luokittelussa. Kasviplanktonisolut ovat pieniä ja nopeasti lisääntyviä, ja siksi kasviplankton ilmentää herkästi veden laadussa tapahtuvia muutoksia. Valtakunnallisessa seurannassa kasviplanktontutkimuksia tehtiin melko laajasti jo 1960-luvulla, mutta velvoitetarkkailuissa ne ovat yleistyneet vasta viime vuosina. Nykyään tutkitaan velvoitetarkkailun puitteissa kasviplanktonia noin 100 havaintopaikalta, joilta otetaan näytteitä tarkkailuohjelmien mukaisin väliajoin. Pääsääntöisesti tarkkailun toteuttaa julkisen valvonnan alainen vesientutkimuslaitos, vaikka tarkkailuohjelmissa sitä ei suoraan edellytetä. Varsinkin pienet vesientutkimuslaitokset joutuvat usein ostamaan biologiin tutkimuksiin vaadittavaa erityisosaamista ulkopuolisilta ympäristökonsulteilta, joiden ammattitaito ja kokemus saat-

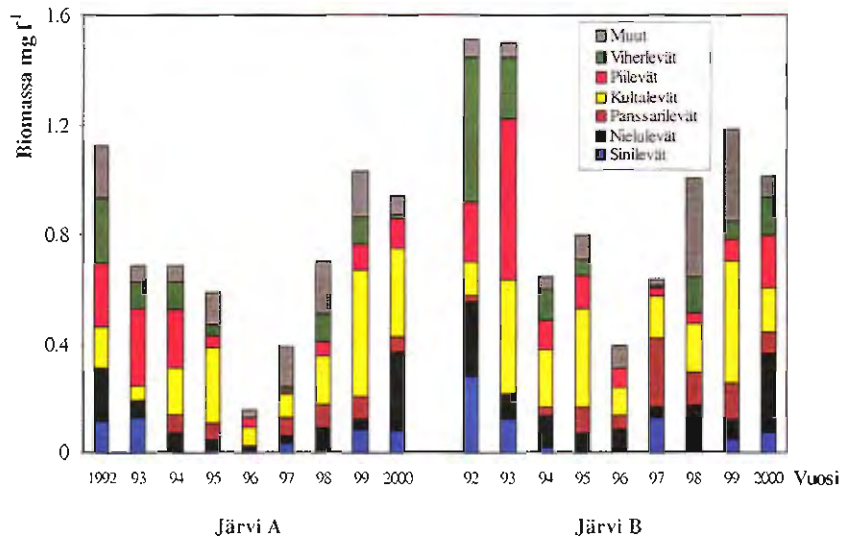
tavat vaihdella. Muutokset kasviplanktonin lajistossa ja kokonaisbiomassassa kertovat valitettavan usein vain tutkijan vaihtumisesta, eivätkä niinkään veden laadun muutoksista. Tutkijan vaihtumisen vaikutusta kasviplanktonlaskennan tuloksiin havainnollistetaan kuvassa 1, joka kuvaa kahden Etelä-Suomessa sijaitsevan velvoitetarkkailuun kuuluvan järven kasviplanktonnäytteiden tuloksia 1990-luvulla. Tutkija 1 on tehnyt kasviplanktonanalyyysin kaikkina tarkastelu vuosina paitsi vuosina 1992 ja 1996. Vuonna 1992 tutkija 2 mikroskoopi järvien näytteet ja näytteissä havaittiin runsaasti eläinkuntaan kuuluvia *Salpingoeca*-siimaeliöitä, joita ei huonoitukaan lainkaan muina vuosina. Vuonna 1996 puolestaan järven kasviplanktonin kokonaisbiomassa sekä havaittujen lajien lukumäärä olivat huomattavasti muita vuosia alhaisempia, mikä arvattavasti johtuu uudesta analysoijasta, tutkijasta 3.

Valtakunnallisen seurannan kasvi-

planktonnäytteitä on vuodesta 1963 alkaen mikroskopoinut viisi eri tutkijaa. Heidän analysoimansa näytteet ovat tiiviin yhteistyön ansiosta vertailukelpoisia keskenään. Velvoitetarkkailuun kuuluvien järvien kasviplanktonia analysoidaan useissa eri laitoksissa, mikä vaikeuttaa tutkijoiden välistä yhteydenpitoa. Asiaan voitaisiin vaikuttaa järjestämällä yhteisiä koulutustilaisuuksia kaikille kasviplanktonanalyysejä tekeville henkilöille aikaisempaa useammin. Mahdollisia lähitulevaisuuden haasteita velvoitetarkkailulle ovat tutkimuslaitosten pätevyyden osoitus tutkimuslaitosten akkreditoimilla ja näytteenottajien henkilösertifikaateilla. Ympäristöministeriössä on valmisteilla ympäristönsuojelulain 108 §:ään perustuva asetus, jossa tullaan asettamaan pätevyysvaatimukset vesiin liittyville tutkimuksille, mukaan lukien biologiset tutkimukset.

Valtakunnallisen seurannan kasviplanktonnäytteiden tulokset tallennetaan Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään kasviplanktonrekisteriin. Tallennustyön helpottamiseksi kirjallisuuteen ja Suomen ympäristökeskuksen tutkijoiden omiin levänmittaushavaintoihin perustuvat levien keskiarvotilavuudet on tallennettu kasviplanktonrekisteriin. Rekisteriin on tallennettu toistaiseksi vain muutamien velvoitetarkkailuun kuuluvien järvien kasviplanktonnäytteiden tuloksia. Ympäristöhallinnon ulkopuolisten tutkijoiden analysoimien kasviplanktonnäytteiden tulosten tallentamista rekisteriin vaikeuttaa tutkijoiden käyttämät erilaiset levätilavuusluettelot. Kun velvoitetarkkailuun kuuluvan järven kasviplanktonnäytteen tulokset tallennetaan rekisteriin, näytteen kokonaisbiomassa voi muuttua kymmeniä prosentteja verrattuna alkuperäiseen, kunkin tutkijan käyttämällä levätilavuuksilla laskettuun biomassatulokseen (kuva 2). Tulevaisuudessa levätilavuusluettelot tulisi yhtenäistää, varsinkin jos kasviplanktonrekisteristä aiotaan tehdä kaikki seurantaohjelmat kattava kokonaisuus.

Tarkkailuohjelmat vaihtelevat muun muassa kuormituksen määrän ja veden käyttötarkoituksen mukaan. Joissain tarkkailuohjelmissa edellytetään ainoastaan kasviplanktonin valtalajimääri-



Kuva 1. Kahden velvoitetarkkailujärven heinäkuun kasviplanktonin koostumus vuosina 1992–2000. Tutkija 1 on mikroskopoinut kaikki muut kasviplanktonnäytteet, paitsi vuoden 1992 näytteet, jotka tutkija 2 on mikroskopoinut ja vuoden 1996 näytteet, jotka tutkija 3 on mikroskopoinut.

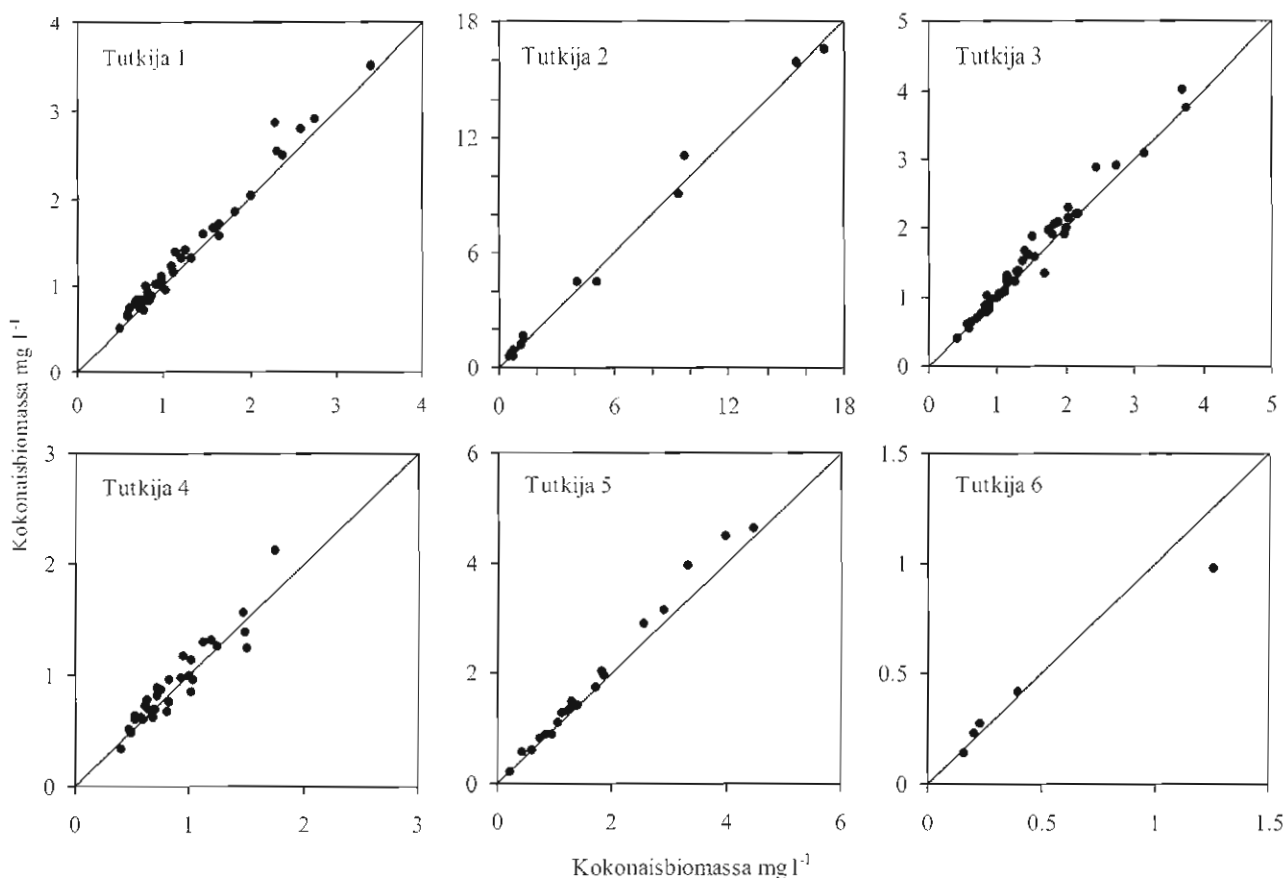
tystä. Esimerkiksi Lohjanjärven velvoitetarkkailuohjelmissa 1990-luvulla on mainittu vain kasviplanktonin valtalajimääritys. Valtalajien määrittämisellä saadaan vain suuntaa antavaa tietoa järven tilasta, sillä valtalajit ovat yleensä lajeja, jotka sopeutuvat parhaiten muuttuviin olosuhteisiin. Valtalajitarkastelu ei anna lainkaan tietoa harvinaisemmista lajeista, joiden lisääntyminen tai vähentyminen saattaa olla ensimmäinen merkki alkavasta muutoksesta.

Myös näytteenoton tiheys vaihtelee tarkkailuohjelmissa. Usein onkin mahdollista vertailla kasviplanktonin kasvukauden keskimääräistä biomassaa useissa eri velvoitetarkkailuun kuuluvissa havaintopaikoissa, sillä osalla paikoista havainnot alkavat toukokuussa, osalla vasta heinäkuussa.

Kaikkiin kasviplanktonitutkimuksiin liittyy monia ongelmia, jotka vaikeuttavat tulosten ajallista vertailua. 1970-luvun alussa velvoitetarkkailututkimusten alkaessa kasviplanktonnäytteet otettiin huomattavasti nykyistä syvemmästä vesipatsaasta. Kasviplanktonin tiheys eri syvyyksissä vaihtelee, koska kasviplankton kerääntyy hyvin valaistuun pintaveteen. Näytteenottosyvyyden muutos 0–2 metriin on luultavasti kasvattanut nykyisin mitattuja biomas-

soja 1970-luvun alun biomassoihin verrattuna. Näytteiden kestäväinnissä on siirrytty 1970-luvun lopussa käyttämään formaliinin tilalla hapanta Lugolliuosta, mikä on helpottanut useiden lajien tunnistusta. Esimerkiksi nieluleväsolut sekä *Gonyostomum semen*-limalevä hajosivat formaliinilla kestäväidyssä näytteessä. Leväsystematiikka kehittyi jatkuvasti, mikä sekkin vaikeuttaa tulosten tulkintaa. Monien lajien ilmestyminen kasviplanktonituloksiin saattaa johtua yksinomaan siitä, että uusia lajeja on opittu tunnistamaan tai niiden kohdalla on tehty taksonomisia muutoksia, eikä niinkään muutoksista ympäristössä.

Levätaksonien ja -lajien lukumäärä kuvaa järven kasviplanktonin ekologista monimuotoisuutta. Keskimäärin taksonien ja lajien lukumäärä suomalaisesta järvestä otetussa näytteessä on noin 70–120. Laajoissa kasviplanktonitutkimuksissa tunnistettujen taksonien lukumäärää ei kuitenkaan voida pitää luotettavana veden laadun indikaattorina. Tunnistettujen taksonien määrään saattaa vaikuttaa yhtä hyvin tutkijoiden ammattitaito, käytetyt tutkimusmenetelmät sekä noudatetut tarkkailuohjelmat kuin järven diversiteetti. Vasta kaikkien tutkimukseen liittyvien toi-



Kuva 2. Saman kasviplanktonnäytteen kokonaisbiomassa muuttuu käytettäessä erilaisia levätilavuusluetteloita. Kuvassa on esimerkkinä kuusi eri tutkijaa, jotka ovat mikroskopineet velvoitetarkkailujen kasviplanktonnäytteitä. Suora kuva Suomen ympäristökeskuksen levätilavuuksilla laskettua kokonaisbiomassaa, ja pisteet tutkijoiden omilla tai ympäristökeskuksen vanhoilla levätilavuuksilla laskettua kokonaisbiomassaa, jonka arvo luetaan y-akselilta. Huomaa osakuvien eri skaala.

menpiteiden, menetelmien, kirjallisuuden ja ammattitaidon yhdenmukais-taminen antaa vertailukelpoisia tuloksia.

Kirjallisuus

Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Vesientutkimuslaitosten julkaisuja 37. 91 s. ISBN 951-46-4612-6, ISSN 0355-0982.

Hutchinson, E. 1967. A Treatise on Limnology. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1115 s.

Huttunen, M. 1985. Kasviplanktonin interkalibrointi vuonna 1975. Vesihallituksen monistesarja 384. 27 s. ISBN 951-46-8956-9, ISSN 0358-7169.

Karttunen, K. (toim.) 2001. Monitoring and assessment of ecological status of aquatic environment. Nordic Council of ministers. TemaNord

2001:563. 81 s. ISSN 92-893-0667-X, ISSN 0908-6692.

Lepistö, L. 1999. Phytoplankton assemblages reflecting the ecological status of lakes in Finland. Monographs of the Boreal Environmental Research 16. 43 s. ISBN 952-11-0576-3, ISSN 1239-1875.

Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. Schweiz. Z. Hydrol. 43(1).

Vuoristo, H. & Ruoppa M. 1997. Massa- ja pape-riteollisuuslaitosten vesistö- ja kalataloustarkkailut. Suomen ympäristökeskuksen moniste 94. 67 s. ISBN 952-11-0180-6, ISSN 1455-0792.

Vuoristo, H. Velvoitetarkkailu ja järvien ekologisen tilan arviointi. Vesitalous 3/2000. ISSN 0505-3838.

Willén, E. 2000. Phytoplankton in Water Quality Assessment – An Indicator Concept. Teoksessa: Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A. (toim.). Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring. Chichester, John Wiley & Sons Ltd. 372 s. ISBN 0-471-89988-7.

VodaPro

kuuluu HyNo-yhtiöihin

DynaSand-suodatin ja muut ratkaisut mm:

- ☉ humuksen
- ☉ fosforin ja typen
- ☉ raudan ja mangaanin poistoon

Tuotteenamme puhdas vesi!

VodaPro Oy
 Nujamiestentie 3-B, 00400 HELSINKI
 Puh. (09) 4131 9300, faksi 4131 9350
www.vodapro.fi
etunimi.sukunimi@vodapro.fi

ABS

COST-EFFECTIVE PUMPING

- pumppaamot
- jätevesipumput
- kaukolämpöpumput
- biokaasukompressorit
- epäkeskoruuvipumput
- työmaappumput
 - potkuripumput
 - tyhjöpumput
 - sekoittimet

ABS Pumput Oy
 Höyläämötie 16, 00380 Helsinki
 puh. (09) 506 8890, fax (09) 558053, www.abspumps.com

AKVA FILTER - PUHTAAN VEDEN PUOLESTA!

-suunnittelua ja palvelua yli 35 vuoden kokemuksella.
 -vedenkäsittelyratkaisut ja suodatusmateriaalit raudan, mangaanin, orgaanisten aineiden, raskasmetallien ja kloorin poistoon sekä veden neutralointiin.
 -suodattimet manuaalisena tai moottoriventtiili-automatiikalla varustettuina.
 -vedenottoamolle 10-1000 m³/vrk.
 -omakotitalouksiin, maatiloille, laitoksiin.
 -myös vesipistekohtaiset suodattimet.



AKVA FILTER OY
 www.akvafilter.fi
 E-mail: akva.filter@co.inet.fi

PL 33,
 19650 Joutsa
 Puh. 014-883 521
 Fax 014-883 522



Clewer® Clean Water

Tunnettuun biofilmiin perustuvia jäteveden puhdistusjärjestelmiä teollisuudelle ja yhdyskunnille.

Clewer Oy Ltd., Raidetie 1, 96900 Saarenkylä
 puh. (016) 332 550, fax (016) 332 552
 info@clewer.com, www.clewer.com

Myyntikonttori: Koetilantie 7, 00710 Helsinki
 puh. (09) 35 05 960, 040 7033 294, fax (09) 35 05 9650



Dosfil oy
 - Vedenkäsittelyn hallintaa -

- Automaattiset suonimet vedenkäsittelyyn
- Erilaiset säiliöt vaihtelevan prosessin
- RO-laitteistot ja Nanosuodatuslaitteet
- UV-lamput ja Osoninkehityslaitteistot
- pH-, Cl₂- ja johtokykyantimet uima-allas- ja vesilaitoskäyttöön
- Vedenkäsittelyjärjestelmien komponentit
- Vedenkäsittelyn prosessisuunnittelu

Salpakuja 9, 01200 Vantaa, puh. 09 350 88 140, fax: 09 875 1478
 Email: dosfil@tuomilehto.fi Antti Jokinen GSM 0400 224777



LOKAPALVELU H. EEROLA OY

Monipuolista viemärihuollon palvelua kaivon tyhjennyksestä viemäreiden kuvauksiin ja saneerauksiin asianmukaisella erikoiskalustolla!

OTA YHTEYTTÄ!
 Puh. (09) 852 1600, (09) 852 1178
 Fax (09) 852 1616

**PÄIVYSTYS
24
h/vrk**



EKO FINN

- Jätevedenpuhdistamot
- FINN-CLEAN -rumpusivilat
- 1 perheestä 5 000 asukas-
- vastikkeeseen
- MEVA -porrasvälpät
- BIOTEK -biuroottorit
- myös elintarvikelaatu
- BIOCLERE -biosuodattimet
- DRAIMAD -sähkökuivaimet

OY EKOFINN AB
 Ruillakatu 6 C, 15900 LAHTI
 puh. (03) 751 3171, fax (03) 751 3306



Etelä-Pohjanmaan VESITUTKIJAT OY

PL 29 BUBBI ILMAUKSI

Puh. 964-424 7580, fax 424 7588

- Akkreditoitu testauslaboratorio T153
- Julkisen valvonnan alainen vesilaboratorio.
- EELA:n hyväksymä vesilaboratorio.
- Sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymä vesilaboratorio.

BIOPERT-ohjelmistot jätevedenkäsittelyn ohjaukseen sekä raportointiin. Myös erillisiä raportointijärjestelmiä lähinnä WINDOWS-ympäristöön.

Enviro Data Oy, Tekniikantie 21, 02150 Espoo,
 puh. 09-437 5246, fax 09-437 5247



FO BLUELINE CHEMICALS

**MEMBRAANITEKNOLOGIALLA VALMISTETUT
PUHTAAT TUOTTEEMME**

- ★ Natriumhypokloriitti
- ★ Natronilipeä
- ★ Suolahappo
- ★ Kloori

TEHOKKAASTI - JOSTAVASTI

FINNISH CHEMICALS OY

PL 7, 32741 AETSÄ
 Vaihde 0204 31 11
 Fax 0204 31 0431
 Email: info@finnishchemicals.com
 http://www.finnishchemicals.com



Jäteveden puhdistamot:

www.greenrock.fi



Green Rock Oy

Teollisuustie 2 Puh. +358 (0)8 8192 200
91100 Ii Fax: +358 (0)8 8192 211

E-mail: info@greenrock.fi
Internet: www.greenrock.fi

TURBO SUOMI

Oy HV-TURBO SUOMI Ab, PL 49, 02211 ESPOO
Puh (09) 884 5500, Faksi (09) 884 5600

HV-TURBO kompressorit
STAMO sekoittimet
LANDIA upposekoittimet ja pumput



Kala-ja Vesitutkimus Oy

- * kalatalous
- * vesistötkimus
- * vedenhankinta

Luotsikatu 8 00160 Helsinki
Puh. (09) 692 71 00 Fax (09) 692 71 24
www.silakka.pp.fi

KART OY KART AB

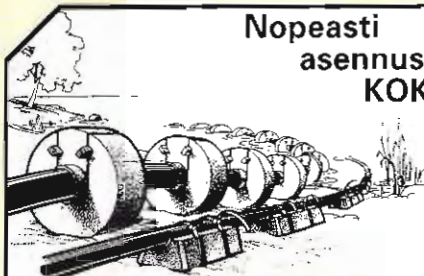
- urakoiva ja valmistava konepaja

Jätevedenpuhdistamot, -pumppaamot
Välpeenkäsittely

Raakavesipumppaamot
Kalkkirouhesäiliöt, -siilot, -suodattimet
Suodatussäiliöt

Kivenlahdenkatu 1, 02320 Espoo
puh. (09) 8190 440, fax (09) 8190 4410

Nopeasti
asennusvalmiit
KOKKO-painot



Malli: KOKKO S-10
Lukkopaino
90 mm:stä ylöspäin
Malli KOKKO S-20
Sidospaino
75 mm:stä alaspäin

KOKKOBE OY AB ☎ (06) 822 3123
fax (06) 882 5710

BETONITUOTETEHDAS
PL 202, 67101 KOKKOLA

E-mail: kokkobe@kokkola.kpnnet.com www.kokkobe.fi

VESIKEMIKAALIEN
YKKÖNEN



- Rauta- ja alumiinipohjaiset koagulantit, polymeerit, hiililähteet sekä näiden yhdistelmätuotteet
- Asiakaskohtaisesti räätälöidyt koagulantit
- Veden ja jäteveden käsittelyn tuotesovellutukset

KEMIRA

Kemira Chemicals Oy
Kemwater
PL 330, 00101 HELSINKI
Puh. 010 86 1211, Fax 010 862 1968
<http://kemwater-fi.kemira.com>



KMV-tuotteet

KAIKKEA VEDEN PUMPPAUKSEEN
JA SUODATUKSEEN.

Kirkkonummen Metallivalmiste Oy
Pippurintie 122
02400 KIRKKONUMMI
Puhelin: 09-298 2141
Fax: 09-298 5860

- Alitukset juntaamalla 50 mm – 2000 mm
- Alitukset kiveen ja kalliin 168 mm – 1020 mm
- Putkistosujutukset (Grundoc räck)

**LÄNNEN
ALITUSPALVELU OY**

Läpikäytäväntie 103 28400 Ulvila
puh. (02) 538 3655 GSM 0400-593928 fax (02) 5383093

NOPOL® DDS JA O.K.I.
ILMASTUSJÄRJESTELMÄT
YHDYSKUNTA- JA TEOLLISUUS JÄTEVESIEN
PUHDISTUKSEEN



NOPON OY
Turvekuja 6
00700 Helsinki
Puh. 09-351 730
Fax. 09-351 5620



**KALVOSUODATUS JÄTE- JA
RAAKAVEDEN PUHDISTUKSEEN**
- rauta, mangaani, humus, COD, BOD, typpi jne.

OY METALCITY AB LTD
PANSIONTIE 48-52 20240 TURKU FINLAND
PUH. (02) 4151 400 FAX (02) 4151 450



**Perintönä
puhdas vesi**

Nordkalkin jalostamat
tuotteet toimivat
ympäristön
elinvoimaisuuden
hyväksi.

Nordkalk Oyj Abp
21600 Parainen
Puh. 0204 55 6999
Fax 0204 55 6038
www.nordkalk.com






- * ROVATTI -vesilaitospumput
- * PUMPEX -tyhjennys- ja lietepumput
- * SPECK - keskipakopumput
- * Paineenkorotusasemat
- * Erikoissäiliöt

VEDEN JA JÄTEVEDEN
KÄSITTELYLAITTEET- JA LAITOKSET

- * kotitalouksille
- * kunnille
- * vesiosuuskunnille
- * teollisuudelle

Yrittäjätie 4, 09430 SAUKKOLA
puh. (019) 371 000 fax. (019) 371 011
www.pumppulohja.fi

Vesilaitokset
Jätevesilaitokset
Jäähdytysvesilaitokset
30 vuotta erikoisalana flotaatiotekniikka



INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

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



**PUHTAAN VEDEN PUOLESTA
INTERNATIONAL
POMILTEK**

**LUOTETTAVAA JÄTEVEDENKÄSITTELYÄ
YLI 15 VUODEN KOKEMUKSELLA**

**Puhdasvesi / jätevesilaitosurakoinnit
ja kattavat laitteistotoimitukset**

-hydrauliset porrasvälpät	-hiekkapesurit
-hydrauliset välpepuristimet	-liete-, kalkki- ja AVR siilot
-rumpusiivilät	-selk. laahakoneistot
-ruuvivälpät	-flotaatio laitteet
-suotonauhapuristimet	-ruuvikuljettimet
-polymeerilaitteistot	-typenpoistolaitteistot

Varikontie 1 www.pomiltek.fi puh: 06-4240 700
60800 Ilmajoki info@pomiltek.fi fax: 06-4240 750



RADIOMODEEMIT

SALMETEK OY TOIMITTAA:

Langattomaan tiedonsiirtoon laitteita, joilla voit siirtää RS 232- tai RS 485-tietoa, ON/OFF-tietoa, 4-20 mA- viestejä, pulsseja.

Langalliseen siirtoon modeemeja sekä valinnaiseen verkkoon että kiinteille yhteyksille, myös optiseen kuituun.

Kysy meiltä ELPRO- ja WESTERMO-tuotteita.

SALMETEK OY
PL 103, 01801
Klaaukka
Puh. 09-2766 250
Fax. 09-2766 2550

www.salmetek.fi
info@salmetek.fi



RUMPUSIIVILÄT	• SUOTONAUHAPURISTIMET
KONEVÄLPÄT	• NESTESUODATTIMET
RUUVIKULJETTIMET	• VÄLPEPURISTIMET
DEKANTTERILINGOT	• POLYMEERILAITTEET

OY SLAMEX AB

PL 20, 00981 HELSINKI
PUH. (09) 343 6200, TELEFAX (09) 3436 2020

ProMinent Finland Oy

Orapihlajantie 29, 00320 HELSINKI • Puh. (09) 4777 890, Fax. si. (09) 4777 8947
prominent@prominentfinland.fi • www.prominentfinland.fi

VARASTO MYYNTI HUOLTO

40 vuotta annostusta ja vedenkäsittelyä

* Otsonaattorit	* Annostuspumput
* UV-desinfiointi	* Kemikaalisäiliöt
* Klooridioksidilaitteet	* Polymeerilaitteet
* Käänteisosoosi (RO)	* Mittaus- ja säätötekniikka



MODERNIA TEKNIKKAA VESIHUOLTOON

- Automatisointi - sähköistys - valvomoratkaisut
- Paineenkorotusasemat
- Suunnittelu - asennus - huolto



SLATEK

PL 333, 90401 Oulu (Tuotekuja 4)
puh. (08) 5620 200, fax (08) 5620 220



SK-TRADE OY

PINNINKATU 53, FIN-33100 TAMPERE
☎ 03-211 0166 Fax 03-214 4315
www.sk-trade.com

UV-LAITTEET

- ◆ JUOMAVEDET
- ◆ PROSESSIVEDET
- ◆ JÄTEVEDET



WORLD LEADERS IN ULTRA VIOLET TECHNOLOGY

YIT

YIT ENVIRONMENT OY

PL 36, 00621 HELSINKI
Käyntiosoite: Panuntie 6
Puhelin 020 433 111
Faksi 020 433 2066
sähköposti etunimi.sukunimi@yit.fi

www.yit.fi

Yhteistyöllä luontoa säästäviin tuloksiin

- ◆ Laaja valikoima kiertomäntäpuhaltimia: Híbon, Hick Hargreaves, WKE ja Roots
- ◆ Elmacron-näytteenottimet ja pH-laitteet
- ◆ ProMinent-pumput, hoito- ja valvontavälineet
- ◆ Mukavat ja hajuttomat BioLet-kompostivessat

Kysy lisää! Meiltä saat asiantuntevaa palvelua!

Launeenkatu 67
15610 LAHTI

Y-LAITE OY

Puh. (03) 884 080
Fax (03) 884 0840

Internet: <http://www.y-laite.fi> Sähköposti: info@y-laite.fi

**"Jos kaikki
Suomen järvet..."**



VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HOITO

SUUNNITTELU JA TUTKIMUS

- VE-LIMNO ravinnetasemallisto
- VE-EKOSIMU happimalli
- Kunnostussuunnitelmat

TOTEUTUS

MIXOX-hapetusurakointi



**VESI-EKO OY
WATER-ECO**

www.vesieko.fi

Yrittäjätie 12
70150 Kuopio
Puh. 017-580 0050
Fax. 017-580 0051

tedustalut@vesieko.fi

LIMNOLOGITOMISTO-VESIEN HOIDON JA KUNNOSTUKSEN ASIAINTUNTIJA

NEUVOTTELEVIA INSINÖÖRITOIMISTOJA

Kiuru & Rautiainen Oy
Vesihuollon asiantuntijatoimisto

Olavinkatu 18 LH 21
57130 SAVONLINNA
Puh./fax: (015) 510 855 tai 0500-705 337

- Laitosten käytön optimointi
- Biologinen ravinteiden poisto
- Yleis- ja prosessi-suunnittelu

Vesi- ja ympäristötekniikan asiantuntemusta ja suunnittelua

TRITONET OY

Pinninkatu 53 C, 33100 Tampere
Puh. (03) 3141 4100, fax (03) 3141 4140
E-mail pertti.keskitalo@tritonet.fi

Vesitekniikka
Jätevesitekniikka
30 vuotta flotaatiotekniikkaa

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICSON AB

Sibeliuksenkatu 9 B 00250 HELSINKI
Puh. 09-447 161 Fax 09-445 912



• Vesihuolto, vesirakenteet
• Suunnittelu, työnjohto

oy vesirakentaja

INSINÖÖRITOIMISTO
Hiihtomäentie 39 A 1. 00800 Helsinki, puh. 09-7552 1100

SUOMEN KONSULTTITOIMISTOJEN LIITON JÄSENET

AIR-IX
SUUNNITTELU

VESIHUOLTO ★ YMPÄRISTÖNSUOJELU
MAANKÄYTTÖ ★ TIE- JA LIIKENNE
LVI ★ SÄHKÖ ★ AUTOMAATIO

PL 453, 33101 TAMPERE Puh. (03) 2442 111
PL 52, 20781 KAARINA Puh. (02) 515 9500
Sepänkatu 9 A 7, 90100 OULU Puh. (08) 883 030

**Ympäristö
Vesi
Infra**

• Jyväskylä • Kuopio • Lahti
• Lappeenranta • Lapua • Oulu
• Tampere • Turku • Vantaa

maajavesi.poyry.fi

JAAKKO PÖYRY INFRA

Maa ja Vesi

Maa ja Vesi Oy • PL 50 Jääkonkatu 3, 01621 Vantaa
• Puh. (09) 662 561 • e-mail: mvp@poyry.fi

VASTUULLISTA VESIALAN KORKEINTA KOULUTUSTA

Professori Heikki Kiuru TKK:sta esitti lehden numerossa 2/2002, että vesialan korkein koulutus tulisi keskittää Otaniemeen. Esitystään hän perusteli statuksensa huomioon ottaen vähintäänkin arveluttavin näkökohdin. Ensinnäkin hän kirjoituksessaan kuten aikaisemmin muissakin yhteyksissä pyrkii luomaan käsitystä, että muissa korkeakouluissa vesitekniikan opetus on toissijaista, sen antamiseen ei ole riittävän päteviä henkilöitä ja että ainoastaan TKK:ssa on "oikea perusta" alan opetukselle. Toisena perusteena hän käyttää TKK:hon valmistuvia uusia tiloja vesitekniikkaan. Hänen kolmas lempiajatuksensa on, että suomalaisen vesihuollon tulevaisuus voidaan turvata vain sellaisella opetuksen ja tutkimuksensa strategialla, joka johdetaan sanasta vesitekniikka ja sen historiallisesta kytkennästä rakennustekniikan koulutusohjelmaan. Muut korkeakoulut hän haluaisi poistaa markkinoilta myös siksi, kun ne ovat alueellisen koulutuspolitiikan ilmentymiä. Viimeksi mainittua perustetta voi pitää häpeämättömänä loukkauksena. Lisäksi hänen kirjoituksissaan esiintyy myös jatkuvasti suoranaisia virheitä muita korkeakouluja koskien.

TTKK:n bio- ja ympäristötekniikan laitos suoritti 1980–1990-lukujen vaihteessa arvion vesihuoltoalan opetuksen ja tutkimuksen kehittämistarpeista. Tarkastelun ensisijaisina lähtökohtina oli-

vat yhdyskuntien ja teollisuuden käyttöveden valmistuksen ja jakelun uudet haasteet sekä vastaavasti jätevesien käsittelyssä puhdistustehon nosto ja uusien haittakomponenttien poistaminen. Johtopäätöksemme oli, että uuden sukupolven akateemiset vesialan asiantuntijat tarvitsevat aiempaa huomattavasti tukevamman luonnontieteellisen perustan teknisten prosessien suunnittelun ja käytön ohjauksen perustaksi. Myöskään tieteen nimissä tapahtuvan tutkimus- ja kehitystyön jatkamista vain niin sanottuihin käyttöparametreihin pitäytyen ei nähty riittäväksi suomalaisen vesihuolto-osaamisen turvaamisessa. Osaajien on kyettävä myös ilmiötason teoreettisiin tarkasteluihin ja niistä saatavan tiedon siirtämiseen käytännön ratkaisuihin nykyajan matemaattisia ja tietoteknisiä menetelmiä soveltaen. Otimme myös huomioon jo tuolloin orastavan ammattikorkeakoulujärjestelmän, jolle luonnollisesti istuu paremmin puhdas praktinen soveltamis- ja testaustoiminta. Olimme myös käynnistämässä jätehuoltoalan opetusta ja tutkimusta, jonka osalta havaitsimme monen perustieteellisen ja järjestelmäosaamisen asian olevan yhteneväistä vesihuoltoalan kanssa. Siksi perustimme vesi- ja jätehuoltotekniikan pääaineen. Tällä tavoin varmistimme myös opiskelijoillemme riittävän tutkintolajisuuden ja tuen työmarkkinoita ajatellen.

Tänään TTKK:ssa voimme olla ylpeitä strategisista valinnoistamme. Olemme saaneet lahjakkaita ja motivoituneita opiskelijoita riittävästi. Valmistuttuaan he ovat sijoittuneet työmarkkinoille erittäin hyvin. Olemme valmiit kansainväliseen tai kansalliseen arviointiin, joka kohdistuisi sekä koulutettuihin asiantuntijoihin että opetuksen ja tutkimustoiminnan sisältöihin. Tämä olisi ainoa asiallinen menettely, jonka professori Kiuru ilmeisesti haluaa unohtaa. Otaniemeä emme koe uhkaksi, vaan olemme valmiit ilmoittamaan heidän puolestaan jokaisesta uudesta opiskelijasta, väitöskirjasta ja kansainvälisesti arvioidusta tutkimusartikkelista. Tilaa on kaikelle korkeatasoille tutkimus- ja opetustoiminnalle, jonka perustana on oma vahva ja ajanmukainen perusta laajoine kansainvälisine vuorovaikutuspintoineen. Suomen yliopistojärjestelmän autonomia on perustuslaillinen oikeus ja siitä voimme olla ylpeitä. Tämän oikeuden väisaus on siinä, että se vaatii tieteen objektiivisuutta ja ohjaa yliopistot kilpailemaan osaamiselle eikä sekundaarisilla olemisen perusteilla. Toivotan professori Kiurulle menestystä ja keskittymistä vesialan opetuksen ja tutkimuksen kehittämiseen Otaniemessä.

Simo Isoaho

Tampereen teknillinen korkeakoulu
bio- ja ympäristötekniikan laitos.

Ympäristölupien tarkkailumääräykset muuttuvat

EU:n komissio on esittänyt Suomelle huomautuksen IPPC-direktiivin täytäntöönpanon puutteista. Hallitus on siksi esittänyt ympäristönsuojelulaikiin muutoksia koskien päästöraja-arvoja, BAT:n käyttöä, lupien voimassaoloa ja tarkkailumääräyksiä (HE 51/2002).

Päästöraja-arvoja, BAT:n käyttöä, lupien voimassaoloa koskevat muutosesitykset (YSL 3, 43 ja 55 §) vastaavat nykyistä käytäntöä eivätkä vaikuta ympäristölupien lupamääräyksiin. Tark-

kailua koskeva YSL 46 §:n muutos sen sijaan tarkoittaa sitä, että ympäristöluvissa ainoastaan vaikutustarkkailua koskeva lupamääräys voi jäädä yleisluontoiseksi. Käyttö- ja päästötarkkailua koskeva lupamääräys on päätöksessä aina annettava yksityiskohtaisena siten, että luvassa määrätään mittausten menetelmästä, mittaustiheydestä ja tulosten arvioimisesta ja raportoinnista. Tämä puolestaan tarkoittaa, että hakijan on jo lupahakemuksessa esitettävä tarkkailusuunnitelma, joka sisältää

yksityiskohtaiset käyttö- ja päästötarkkailuesitykset sekä yleisluonteisen vaikutustarkkailuesityksen. Muuten tällaisten lupamääräysten antaminen luvassa ei ole mahdollista eli käytäntö muuttuu.

Muutos on ehdotettu tulevaksi voimaan 1.7.2002. Hallituksen esitys löytyy nettiosoitteesta <http://www.finlex.fi/esitykset/index.html> ja sieltä vuoden 2002 hakemistosta HE 51/2002.

Toimikuntien jatkoajat

Vesilain uudistamiseksi asetetun toimikunnan (OM:0191:00/06/06/2000) toimiaikaa on jatkettu 31.5.2004 asti.

Ympäristölainsäädännön muuttamiseksi vesipolitiikan puitteidirektiivin johdosta asetetun toimikunnan (14.2.2001, YM007:00/2001) toimiaikaa on jatkettu vuoden 2003 loppuun.

JUHLASEMINAARI

VESI, VOIMA JA VALTA

Vesioikeuslaki 100 vuotta, Vesilaki 40 vuotta

Paikka: Säätytalo, Snellmaninkatu 15–17, Helsinki

Aika: 17.10.2002

Järjestäjät: Vesiyhdistys, Tekniikan Historian Seura, Maa- ja vesitekniikan tuki

Turun seudun tekopohjavesihanketta koskeva tutkimusseminaari 28.8.2002

Turun seudun tekopohjavesihankkeeseen liittyy runsaasti poikkitieteellistä tutkimustoimintaa. Osa tutkimustyöstä esitellään Turun Seudun Vesi Oy:n järjestämässä tutkimusseminaarissa keskiviikkona 28 elokuuta 2002 kello 8.00–16.30 Liedon valtuustosalissa.

Seminaari on maksuton ja Turun Seudun Vesi Oy tarjoaa sekä aamu- että iltapäiväkahvit osanottajille. Liedon valtuustosalin yhteydessä toimiva ravintola tarjoaa merilohilounaan hintaan 7 € henkilöltä.

Ilmoittautumiset seminaariin 15.8. mennessä internetsivujen kautta (www.turunseudunvesi.fi), sähköpostitse eira.heikura@turunseudunvesi.fi tai puhelimitse 02-2 777 650. Lisätietoja seminaarista antaa tutkimuspäällikkö Juha Kääriä (juha.kaaria@turunseudunvesi.fi, 02-2 777 653).

Tervetuloa!

Seminaarin ohjelma:

- | | | | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.00– | Ilmoittautuminen ja kahvitarjoilu
Puheenjohtajat:
Aamupäivällä professori Veli-Pekka Salonen, Helsingin yliopisto
Iltapäivällä tutkimuspäällikkö Juha Kääriä, Turun Seudun Vesi Oy | 9.40–10.00 | Kolmiulotteinen mallinnus Virttaankankaalla
FM Aki Artimo, tutkija, Turun yliopisto, Geologian laitos |
| 9.00– 9.05 | Tervetuliaissanat
Jaakko Juntunen, Hallituksen puheenjohtaja, Turun Seudun Vesi Oy | 10.00–11.00 | Three-dimensional Geological Mapping for Groundwater Protection and Resource Evaluation
Ph. D Richard Berg, Senior Geologist, Illinois State Geological Survey |
| 9.05– 9.20 | Tutkimustoiminta Turun seudun tekopohjavesihankkeessa
FT Juha Kääriä, tutkimuspäällikkö, Turun Seudun Vesi Oy | 11.00–11.20 | Pohjavesimallinnus
FM Jukka Ikäheimo, hydrogeologi, Maa- ja Vesi Oy |
| 9.20– 9.40 | Virttaanharjun rakenteesta
FM Joni Mäkinen, tutkija, Turun yliopisto, Maantieteen laitos | 11.20–11.50 | Kokemäenjoen pohjasedimentit ja niiden laatu.
FT Veli-Pekka Salonen, professori, Helsingin yliopisto |
| | | 11.50–13.00 | Lounas |
| | | 13.00–13.20 | Kokemäenjoen vedenlaatu
FM Reijo Oravainen, toiminnanjohtaja, Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistys |
| | | 13.20–14.00 | TEMU-tutkimukset
FT Heljä-Sisko Helmisaari, erikoistutkija, Metsäntutkimuslaitos |
| | | 14.00–14.20 | Raakaveden esikäsittelytutkimukset vuosina 2000–2001
FM Jorma Pääkkönen, suunnittelupäällikkö, Suunnittelukeskus Oy |
| | | 14.20–14.40 | Luontoselvitykset
FM Jyrki Matikainen, toimitusjohtaja, Suomen Luontotieto Oy |
| | | 14.40–15.10 | Kahvitauko |
| | | 15.10–15.30 | Virttaankankaan maaperän karbonaattipitoisuus
FM Kristian Lindqvist, geologi, Geologian tutkimuskeskus |
| | | 15.30–15.50 | Isotooppitutkimukset Virttaankankaalla
FM Nina Kortelainen, tutkija, Geologian tutkimuskeskus |
| | | 15.50–16.20 | Loppukeskustelu |

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen levätiedottaminen alkaa pyöriä kesäkuun alusta.

Lisätietoja osoitteesta

<http://www.vyh.fi/Tila/los/levat/levat.htm>

Suomen ympäristökeskus vastaa valtakunnallisesta tiedottamisesta (lisätietoja SYKE:n sivuilta.

<http://www.vyh.fi/ajankoht/tiedote/leva/>)

ABSTRACTS

Environmental risks associated with the Päijänne tunnel by Annukka Lipponen

The potable water of the Helsinki metropolitan area is conducted along the 120-m-long Päijänne tunnel from Lake Päijänne. The water in this bedrock tunnel is in hydraulic connection with groundwater. Areas vulnerable to contamination and possibly connected to the tunnel were identified to support land-use planning. The voluminous geological and technical data gathered during the planning and construction stages of the tunnel were processed into GIS format in order to spatially analyse fracture zones as potential pathways, and overburden permeability in relation to the tunnel and risk activities. The risk of hazardous activities within the zone of influence of the tunnel should be minimised.

Are Finland's dams safe? by Risto Kuusiniemi and Timo Majjala

The Dam Safety Act, which together with the Dam Safety Decree entered into force in 1984, covers almost 500 dams in Finland. The first Dam Safety Code of Practice was issued by the National Board of Waters in 1985. The present Code of Practice was issued by the Ministry of Agriculture and Forestry in 1997 (Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 7b/1997, <http://www.vyh.fi/eng/orginfo/publica/electro/damsafet/damsafe.htm>). The Dam Safety Code of Practice serves the enforcement and monitoring of the Dam Safety Act and Dam Safety Decree.

In September 2001 the EU project RESCDAM was wound up. The final report and other findings can be accessed on the web at <http://www.ymparisto.fi/eng/research/euproj/rescdam/rescdam.htm>. The pilot project focused on the embankment dam of the Lake Kyrösjärvi reservoir at Seinäjoki. The main purpose of RESCDAM was to improve emergency action

planning on the basis of safety risk assessments.

The incidents at the Uljua dam in 1970 and 1990 together with a few breaks at smaller dams and close shaves in the 1990s have reminded us that dam safety is not something to be taken for granted, but calls for continuous work. Dams must be monitored according to approved inspection programmes; they must be used with care, and defects in their condition and use must be rectified immediately. Thanks to Finland's dam safety practice, the safety of dams in this country is satisfactory. Since, however, there is always a small risk of a dam breach, we must prepare for hazards in advance and follow and improve existing practice.

Controlling a landfill cap by Matti Ettala, Pertti Hyvönen and Erkki Pesonen

Hundreds of landfills have been closed since 1997, when the Council of State issued a decision on landfilling. Hundreds more sites will be closed before 2007, when all landfills in operation will have to meet certain technical specifications. Landfill caps will cause annual costs of EUR 30-50 million. Hydraulic conductivity measurements of the impermeable mineral layer during construction are not enough to guarantee that the targets of the layer have been achieved. The functioning of the landfill cap can be controlled by measuring the water balance of the landfill cover.

Problems related to quality assurance in phytoplankton research by Johanna Hakala, Heidi Vuoristo and Liisa Lepistö

The EU water framework directive has made quality assurance in hydrobiological studies an increasingly topical subject. Research results can be compared reliably only when sampling and research methods have been standardised.

The obligatory monitoring of phytoplankton provides us with information on the ecological state of contaminated waters, but studies are hampered by numerous problems that cause great variation in the final results.

Other articles:

Once bitten twice shy by Matti Ettala

The Töölölahti reconditioning project before and now by Pekka Kansanen

Optical cable monitors the condition of structures by Marja Englund

Assessing the risk of polluted soils by Esko Rossi

Nutrient balance as a tool in agricultural water protection by Irmeli Ahtela and Eija Lehtonen

Silage effluent still poses a real threat to waterways by Kirsi Järvenranta, Perttu Virkajärvi, Helvi Heinonen-Tanski and Irmeli Taipainen

Obligatory monitoring and assessment of the ecological state of lakes by Heidi Vuoristo

Are the regional differences in environmental requirements still justified? by Esa Tommila

Onko ympäristövaatimusten alueellisiin eroihin enää perusteita?



Esa Tommila

toimitusjohtaja
Oy Ekokem Ab
E-mail: esa.tommila@ekokem.fi

Tunnetusti jo 1970-luvulla keskusteltiin siitä, millä tavoin ympäristövaatimuksia asetettaessa tulisi painottaa luonnonympäristön paikallisia piirteitä, kuormittavan laitoksen tai muun yksikön teknisiä mahdollisuuksia ja yleistä tasapuolisuutta. Kun vanhoihin laitoksiin ja niiden kuormittuneeseen ympäristöön oli ryhdytty soveltamaan uusia ympäristövaatimuksia, nämä olivat keskeisiä kysymyksiä.

Sittemmin ympäristönsuojelussa on edistytty useimmilla sektorilla lyhyesti sanottuna valtavasti. Siinä missä pienikin vanha teollisuuslaitos ennen saattoi olla suuri kuormituslähde, aiheuttaa uusi todella suuri prosessiteollisuuslaitos nykyään yleensä vain muutaman prosentin epäpuhtauskuormituksen verrattuna 1970-luvun alun laitoksiin.

Uudet ympäristövaatimukset asetetaankin paljon aikaisempaa tasaveroistemistä lähtökohdista. Toisaalta useimmat nykyiset ympäristövaatimukset seuraavat suoraan tai sovellettuina EU:n yhteisistä määräyksistä. Ajan hengen ja komission tarkoituksen mukaan kaikilta toimijoilta eri puolilla EU:ta tulisi vaatia jotakuinkin samantasoista ympäristönsuojelua. Muuten sisämarkkinatkin vinoutuisivat.

Miltä sitten näyttää suomalainen nykykäytäntö? Seuraavassa muutamia esimerkkejä, joita ei häiritse sidonnaisuus erikäisiin päästölähteisiin tai tuotantolaitosten teknologiaeroihin. Näissä suojelutason

määrittely liittyy näet ilmiötason soveltamiseen eli lähinnä epäpuhtauksien liukenemisen, uuttumisen ja kemiallisen muuttumisen välittömien ympäristöriskien ehkäisyyn. Pohjana olevat luonnonlait toteutuvat tunnetusti kaikkialla samoin.

Tutulta tuntuu, että kaatopaikalle olisi aihetta hyväksyä öljyisiä jätteitä vain tiukan kriteerin perusteella ja että kloorifenolipitoiselle puujätteelle vaadittaisiin myrkyä tuhoava poltto. Kuitenkin vahvasti öljypitoisia jätteitä kelpuutetaan kaatopaikalle ainakin erään ympäristökeskuksen alueella, ja eräällä naapurialueella voidaan kloorifenolipitoista puujätettä sijoittaa surutta tavallisen jätteen kaatopaikalle.

Kaatopaikkojen rakentamiselle on EU:n kaatopaikkadirektiivin ja valtioneuvoston kaatopaikka-asetuksen pohjalta yksikäsitteiset kriteerit. Niinpä esimerkiksi Outokummun kaupunki on rakennuttanut kaupallisen ongelmajätteenkaatopaikan, ja sinne saa sijoittaa vain tämän luokituksen mukaisen kaatopaikkakelpoisuuden omaavia jätteitä. Periaatteessa siis asianmukainen tilanne. Toisaalta Suomesta taas löytyy tavanomaisen jätteen kaatopaikkaksi luokiteltu paikka, jolle sallitaan mm. PCB:llä pilaantuneita maita sijoitettaviksi rakennekerroksiin epäorgaanisen jätteen stabilointitekniikoilla käsiteltynä. Kaatopaikan rakenteet tosin eivät täytä aivan kaikkia tavallisen jätteen kaatopaikkana määrääksiä. Tälle kaatopaikalle sallitaan syanideillakin saastuneita maita pysyvästi sijoitettaviksi.

Uudenmaan ja Lounais-Suomen ympäristökeskusten alueella käytetään öljyyn tyneen maan kaatopaikkakelpoisuuden rajana ainakin enimmäkseen öljypitoisuutta 300–1000 mg/kg; bensiinipitoisia ei kelpuuteta. Löytyy kuitenkin toinen alue, jolla sallitaan melko yleisesti noin 1000 mg/kg öljypitoisuus bensiinistä riippumatta. Erään toisen ympäristökeskuksen alueella käytetään raja-arvona jo 5000 mg öljyä kiloa kohti.

Myös hallinnolliseen harkintaan liittyviä eroja ilmenee. Siinä missä vakiintunut maamassojen terminen käsittelijä on saanut luvan käsittelymäärille 6000–9000 tonnia vuodessa tiukoin päästörajojen, voi toisen keskuksen myöntämällä koetointiluvalla käsitellä polttorummussa 20 000

tonnia kahdeksan kuukauden aikana ilman minkäänlaisia päästörajoja.

Tarkkailuvelvoite näkyy eräissä tapauksissa riippuvan siitä, onko hakija sellaista esittänyt: eräät suurehkot päästölähteet selviävät ympäristöluvassaan ilman tarkkailuvelvoitetta, kun eivät ole sellaista esittäneet. Huolellisesti hakemuksensa laativa vakiintunut käsittelijä taas esittää tarkkailuvelvoitteen ja myös saa sellaiseen.

Tässä kuvattujen esimerkkien mukaisia alueellisia eroja ympäristövaatimuksissa ei siis ole perusteltu esimerkiksi kuormittavan toiminnan iällä tai taloudellisella kestävyvyyllä. Toisaalta nykyisen ympäristönsuojelulain mukaan päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan.

Nämä esimerkit varsin olennaisista alueellisista vaatimuseroista merkitsevät myös olennaisia kustannuseroja. Ne panevat vastuuta tuntevan ympäristöyrityksen johdon niittämään lujasti sitä, millaiseen liiketoimintaan on aihetta panostaa. Onhan niin, että ympäristöriskin lisäksi liiketoimintariski nousee suureksi, jos kilpailijat voivat saada vastaaviin toimintoihin ympäristölupansa olennaisesti lievemmin määräyksiin.

Näissä oloissa kehitysnäkömä on ympäristön kannalta varsin kielteinen: Uudet toiminnot painottuvat ajan mittaan niille alueille, joilla selviää lievimmin lupamääräyksiin. Vanhat toiminnot tuskin mihinkään siirtyvät, mutta niiden kehittämispainokset ohjautuvat samaan tapaan kuin uudet toiminnot. Tiukasta omasta vaatimustasostaan kiinni pitävä yritys taas ei investoi juurikaan toimintoihin, joiden ympäristövaatimuksissa jokin toinen tai toisen alueen yritys voi selvitä kevyin velvoittein. Näin vastuullisimman toiminnan suhteellinen osuus ajan mittaan vähenee.

Jos ongelman taustana oleva lupakäytäntöjen ero aiheuttaa ympäristönsuojelulain sellaisista kohdista, joiden katsotaan rajoittavan ympäristöministeriön tai valtioneuvoston mahdollisuuksia antaa yleisiä ohjeita tai määräyksiä, on aihetta lain tarkistamiseen kiireellisesti. Muuten ympäristö kärsii varmasti. Jos taas asia on oikaistavissa sopivin yleisin ohjein jo nyt, kirjavuuden korjaus on parasta tehdä pian.