

MTT RAPORTTI 1

Maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset ja hyödyt

Menetelmäkuvaus ja alustavia arvioita

Heini Ahtiainen, Kari Hyytiäinen ja Antti Iho



MTT | **RAPORTTI₁**

Maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset ja hyödyt

Menetelmäkuvaus ja alustavia arvioita

Heini Ahtiainen, Kari Hyytiäinen ja Antti Iho

ISBN: 978-952-487-262-1

ISSN: 1798-6419

www-osoite: www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti1.pdf

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Heini Ahtiainen, Kari Hyytiäinen ja Antti Iho

Julkaisija ja kustantaja: MTT, 31600 Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2010

Kannen kuva: Janne Vesterinen

Maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset ja hyödyt – menetelmäkuvaus ja alustavia arvioita

Ahtiainen, Heini, Hyytiäinen, Kari & Iho, Antti

MTT, Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Euroopan unionin vuonna 2000 voimaan astunut vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää taloudellisten tarkasteluiden sisällyttämistä vesienhoidon suunnitteluun. Osa taloudellisia tarkasteluita on kustannusten kohtuuttomuuden arviointi, joka on yksi perustelutavoista vesipuitedirektiivin tavoitteista poikkeamisessa. Kustannusten kohtuuttomuutta voidaan arvioida vertaamalla vesien tilan parantamisen kustannuksia ja hyötyjä toisiinsa kustannus-hyötyanalyysin tarkastelukehikossa.

Tämän selvityksen tavoitteen on esitellä mallintamistyökalu, jolla voidaan arvioida vesiensuojelun pitkän aikavälin kustannuksia ja hyötyjä vesipuitedirektiivin viitekehityksen mukaisessa kustannusten kohtuuttomuuden tarkastelussa. Raportissa esitellään mallin nykyinen kehitysversio. Mallin toimintaidean, vahvuuksien ja kehittämistarpeiden havainnollistamiseksi tarkastellaan esimerkinomaisesti maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannuksia ja hyötyjä Suomen merialueilla ja sisävesissä. Ravinnepäästövähennysten suuruudeksi on määritelty 30 % typelle ja fosforille erikseen. Hyötyjen osalta on tarkasteltu virkistyskäyttöön ja kansalaisten maksuhalukkuuteen perustuvia hyötyjä. Tarkastelu on alun perin rajattu Suomea ympäröiviin Itämeren altaisiin, mutta sisävesien tilan parantamisen hyödyt otetaan huomioon karkealla tasolla kasvattamalla merialueille tehtyjä hyötyarvioita. Alustavien tulosten mukaan hyötyjen ja kustannusten erotus eli nettonykyarvo on joissakin tapauksissa negatiivinen ja joissakin positiivinen riippuen tarkasteltavasta ravinteesta, käytetystä hyötyjen arvottamismenetelmästä ja siitä, otetaanko sisävesien tilan parantamisen hyödyt huomioon.

Malli tarjoaa systemaattisen kuvauksen ravinnekuormituksen, meriveden laadun ja sen hyvinvointivaikutusten välisistä vuorovaikutuksista. Kaiken kaikkiaan tarkastelu toteuttaa vesipuitedirektiivin toimeenpanemisen taloudellisten tarkastelujen ohjeistuksen henkeä. Sen mukaan analyysityökalujen tulee lähteä liikkeelle menetelmällisesti oikeaoppisista, mutta yksinkertaistavista malleista, joita tarkennetaan ja kehitetään vesiensuojelutyön edetessä.

Tuloksia tarkasteltaessa tulee huomioida mallin varhainen kehitysaste sekä siinä tehdyt oletukset ja rajaukset. Mallissa rannikkovesiä ja avomerta ei ole eroteltu toisistaan. Näkösyvyyttä käytetään rehevöitymisen indikaattorina. Mallissa on tarkasteltu ainoastaan maataloudessa tehtäviä toimenpiteitä. Kuormituksen vähentämisen kustannukset on määritelty staattisessa viitekehityksessä ja ne ovat vakioita ajassa ja identtiset eri valuma-alueiden välillä. Mallissa on tarkasteltu kokonaisfosforia eikä sitä ole jaoteltu erikseen liukoiseen ja partikkeli-fosforiin. Osa vedenlaadun parantamiseen liittyvistä hyödyistä on jouduttu jättämään huomiotta luotettavien rahallisten arvioiden puuttuessa. Sisävesien tilan paranemisen hyödyt on otettu vain karkealla tasolla huomioon. Tämänhetkisen malliversion tuloksia ei voida vielä käyttää politiikanteon tukena muuten kuin suuntaa-antavina.

Mallia voidaan kehittää parantamalla niin mallin luonnontieteellistä kuin taloustieteellistäkin tarkkuutta ja ulottuvuutta. Myös hyötyjen arvioinnin kehittäminen on tärkeää erityisesti sisävesien osalta. Yksi lupaava mahdollisuus olisi liittää hyötyjen arviointi Suomen ympäristökeskuksen kehittämään vesistömallijärjestelmään. Joka tapauksessa tutkimuksen työkalujen kehittäminen vesienhoidon kustannusten ja hyötyjen arvioimiseksi sekä sisävesillä että rannikkovesillä vaatii lisäpanostusta, jotta Suomi kykenee vastaamaan EU:n vesipolitiikan haasteisiin.

Avainsanat:

Vesipolitiikan puitedirektiivi, kohtuuttomat kustannukset, kustannus-hyötyanalyysi, maatalouden ravinnepäästöt, vesiensuojelu

Assessing the costs and benefits of agricultural nutrient abatement – description of a tool and preliminary results

Ahtiainen, Heini, Hyytiäinen, Kari and Iho, Antti

MTT Agrifood Research Finland, Economic Research, Luutnantintie 13, FI-00410 Helsinki, Finland,
firstname.lastname@mtt.fi

Abstract

The Water Framework Directive of the European Union requires using economic analyses in various phases of water quality management. One such analysis is the assessment of the disproportionality of costs. It can be used as means to justify derogations from the water quality targets. Disproportionate costs can be assessed by comparing the costs and benefits of measures to improve the status of the water bodies.

This report presents a current version of a modelling tool for evaluating the long-term costs and benefits of water protection. To illustrate how the model operates and to highlight its strengths and areas of future development, we examine the costs and benefits of nutrient abatement from agricultural runoff to inland lakes and sea areas adjacent to Finland. The exemplifying nutrient abatement targets are set to 30 per cent, separately for nitrogen and phosphorus. The benefits are based on recreational value estimates and people's willingness to pay from improved water quality. The analysis is initially restricted to the sea basins surrounding Finland. However, also the potential additive benefits occurring to inland waters are acknowledged by linearly increasing the marginal benefits from water quality improvements. The preliminary results indicate that the net present value is in some cases positive and in some cases negative, depending on the nutrient, the valuation method used and whether the benefits due to the improvements in the inland waters are taken into account or not.

The model provides a systematic tool for analyzing the interaction between external nutrient loads, water quality and social welfare. The development of the model is done in the spirit of the economic guidance document for implementing the Water Framework Directive (WATECO 2003). It starts from methodologically sound but simple models that can be developed further as the implementation of the directive proceeds.

One should pay attention to the early development stage of the model, its current limitations and modelling assumptions when interpreting the results. For instance, the current version of the model does not distinguish coastal areas and open sea areas. The indicator for eutrophication is sight depth. The model includes only measures taken in the agricultural sector. The costs of nutrient abatement have been determined in a static framework and they are constant in time and identical between river basins. Total phosphorus has not been divided into dissolved and particulate phosphorus. Parts of the benefits of improving water quality have been left out due to unavailability of reliable monetary estimates. The benefit estimates for improving water quality in inland waters are derived with an extremely simplifying fashion. Altogether, the results should be viewed as indicative at best, and they should not be used as such for policy recommendations.

The model can be developed by improving both its ecological and economic accuracy and scope. In addition, it is important to obtain more reliable benefit estimates especially for the inland waters. One promising opportunity is to connect the valuation of the benefits to the Watershed Simulation and Forecasting System maintained by the Finnish Environment Institute. In any case, the development of the tools for evaluating the costs and benefits of water protection presented in this study requires additional investments, so that Finland is able to answer to the challenges of the water policy in the EU.

Keywords:

Water Framework Directive, disproportionate costs, cost-benefit analysis, agricultural runoff, water protection

Alkusanat

Tämä selvitys on laadittu MTT taloustutkimuksessa Suomen ympäristökeskuksen tilauksesta. Työ voidaan nähdä osana kehitystyötä, jota EU:n vesipuitedirektiivin taloudellisten analyysien toteuttaminen jäsenmailta edellyttää. Tässä selvityksessä esitellään menetelmä, jolla voidaan tarkastella puitedirektiivin määrittelemää vesiensuojelun kustannusten kohtuuttomuutta.

Selvitys on laadittu tiiviissä yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen ja ympäristöministeriön virkamiesten ja asiantuntijoiden kanssa. Työn on rahoittanut ympäristöministeriö.

Haluamme kiittää Markku Maunulaa, Mika Marttusta, Mikko Dufvaa ja Seppo Rekolaista Suomen ympäristökeskuksesta, Liisa Rautiota Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta sekä Hannele Nyroosia ja Tarja Haarasta ympäristöministeriöstä. Lisäksi haluamme kiittää Anita Ojalaa ja Jaana Ahlstedtia julkaisuteknisestä avusta.

Helsingissä joulukuussa 2009

Heini Ahtiainen

Kari Hyytiäinen

Antti Iho

Sisällysluettelo

1 Johdanto	7
2 Poikkeamat ja kustannusten kohtuuttomuus	8
3 Kustannus-hyötyanalyysi	10
4 Maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset ja hyödyt	11
4.1 Ravinnedynamiikka ja ravinnekuormitus	11
4.2 Kustannukset	12
4.3 Hyödyt	13
4.4 Kustannus-hyötyanalyysi	14
4.5 Mallin rajaukset, oletukset ja epävarmuudet	14
4.6 Tulokset	16
4.7 Sisävesien huomiointi	18
5 Jatkotyö	20
5.1 Hyödyt	20
5.2 Kustannukset	21
6 Johtopäätökset ja keskustelua	22
Kirjallisuus	23
Liitteet	25

1 Johdanto

Euroopan unionin vuonna 2000 voimaan astunut vesipolitiikan puitedirektiivi (2000/60/EY) muodostaa yhtenäisen kehyksen vesistöjen suojelulle Euroopassa. Laki vesienhoidon järjestämisestä Suomessa astui voimaan vuonna 2004. Vesienhoidon yleisenä tavoitteena on, että kaikissa pinta- ja pohjavesissä saavutetaan hyvä tila vuoteen 2015 mennessä. Vesienhoitoa suunnitellaan alueittain. Manner-Suomi on jaettu viiteen vesienhoitoalueeseen. Lisäksi on muodostettu kaksi kansainvälistä vesienhoitoaluetta, ja Ahvenanmaa on oma vesienhoitoalueensa.

Vesipuitedirektiivi (VPD) edellyttää taloudellisten tarkastelujen sisällyttämistä vesienhoidon suunnitteluun. Taloudellisia tarkasteluja tarvitaan muun muassa vesistökuormituksen vähentämisen kustannustehokkaiden toimenpiteiden valinnassa toimenpideohjelmiin ja veden käyttötarkoitusten taloudellisen merkittävyyden arvioimisessa. Lisäksi tarpeen vaatiessa poikkeamista vesien hyvän tilan tavoitteesta voidaan perustella taloudellisilla seikoilla.

Direktiivien edellyttämiä taloudellisia tarkasteluja ei ole jäsenvaltioissa aiemmin järjestelmällisesti sovellettu vesiensuojelutyöhön. Tästä johtuen direktiivin toimeenpanemisen yhteydessä laadittiin kattava taloudellisten analyysien ohjeistusdokumentti, ns. Wateco-dokumentti (Wateco 2003). Dokumentti ohjeistaa ennen kaikkea sitä, *millä tavalla VPD:n edellyttämien tarkastelujen menetelmiä ja työkaluja tulee kehittää*. Yleisenä ohjeena on tarkastelutapojen asteittainen kehittäminen. Liikkeelle tulee lähteä yksinkertaisista, perusrakenteiltaan oikeaoppisista malleista. Ajan mittaan malleja tulee tuoda yhä lähemmäs reaali maailmaa, esimerkiksi sisällyttämällä niihin useampia toimenpiteitä ja kuvaamalla yhä tarkemmin taloudellisia ja ympäristövaikutuksia.

Watecon hengessä MTT Taloustutkimus on yhteistyössä ympäristöhallinnon kanssa kehittänyt mallintamistyökalua, jolla voidaan arvioida vesiensuojelun pitkän aikavälin kustannuksia ja hyötyjä VPD:n viitekehyksen mukaisessa kustannusten kohtuullisuuden arvioinnissa. Tässä raportissa esitellään mallin nykyinen kehitysversio. Mallin toimintaidean, vahvuuksien ja kehittämistarpeiden havainnollistamiseksi tarkastellaan esimerkinomaisesti maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannuksia ja hyötyjä Suomen rannikkoalueilla. Tämänkaltaisen kustannus-hyötyanalyysin tuloksia voidaan käyttää tukena arvioitaessa, ovatko maataloudelle koituvat kustannukset kohtuuttomia ja voidaanko siten perustella vesipuitedirektiivin tavoitteista poikkeamista.

Selvitys etenee seuraavasti. Toisessa kappaleessa tarkastellaan poikkeamista vesistöjen hyvän tilan tavoitteen saavuttamisesta vuoteen 2015 mennessä ja keskustellaan kustannusten kohtuuttomuuden arvioinnissa huomioitavista seikoista. Kolmannessa kappaleessa esitellään tarkastelukehikkona käytettävä menetelmä eli kustannus-hyötyanalyysi yleisellä tasolla. Neljännessä kappaleessa esitetään itse kehiteltävä malli, joka kattaa tässä vaiheessa maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisestä koituvat kustannukset ja hyödyt Suomen rannikkoalueilla valuma-alueineen. Samassa kappaleessa esitellään myös analyysin lähtötiedot, oletukset, epävarmuudet ja rajaukset sekä käytetyt menetelmät, analyysin tulokset ja herkkyystarkastelu. Viidennessä kappaleessa keskustellaan kustannusten ja hyötyjen arvioinnin kehittämistarpeista. Viimeinen kappale sisältää selvityksen johtopäätökset ja keskustelua.

2 Poikkeamat ja kustannusten kohtuuttomuus

Jo tällä hetkellä on selvää, että kaikissa Suomen vesistöissä ei saavuteta hyvän tilan tavoitetta vuoteen 2015 mennessä. Tavoitteesta on mahdollista poiketa kahdella tavalla: määräaika voidaan pidentää vuoteen 2021 tai 2027 tai hyvän tilan tavoitetta voidaan alentaa. Poikkeamia voidaan perustella kolmella tavalla: luonnonolosuhteilla, toimenpiteiden teknisen toteuttamiskelpoisuuden puutteella ja kustannusten kohtuuttomuudella. Tässä selvityksessä tarkastellaan ensisijaisesti kustannusten kohtuuttomuuteen perustuvia poikkeamia ja niiden perustelemista.

Poikkeamista ja kustannusten kohtuuttomuudesta on tällä hetkellä olemassa jo varsin runsaasti ohjeistoa. Wateco (2003) oli yksi varhaisimmista ohjeistuksista vesipuitedirektiivin taloudellisiin tarkasteluihin. Tämän jälkeen kustannusten kohtuuttomuutta on käsitelty muun muassa vesijohtajien (Conclusions on Exemptions and Disproportionate Costs 2008) ja Euroopan komission (European Commission 2009) toimesta. Lisäksi on ilmestynyt erilaisia selvityksiä ja artikkeleita kohtuuttomiin kustannuksiin liittyen (esim. Görlach & Pielen 2007 ja Brouwer 2008).

Kustannusten kohtuuttomuutta voidaan arvioida kahdella tavalla: ensinnäkin suhteessa (rahamääräisiin) hyötyihin ja toiseksi suhteessa maksukykyyn. Kustannusten kohtuuttomuuden arviointi kustannuksia ja hyötyjä vertaamalla on läheisessä yhteydessä kustannus-hyötyanalyysiin. Kustannuksia voidaankin pitää kohtuuttomina, jos ne ylittävät hyödyt (mahdollisesti jollakin marginaalilla) (Görlach & Pielen 2007). Watecon (2003) ja myöhempien ohjeistusten mukaan kustannusten tulisi ylittää hyödyt merkittäväällä erotuksella, mutta tarkemmin kustannusten ja hyötyjen vertailuun perustuvaa kohtuuttomuutta ei ole määritetty. Arvioinnissa täytyy olla mukana sekä laadullisia että määrällisiä kustannuksia ja hyötyjä.

Vesienhoidon investointien rahallisten kustannusten ja hyötyjen ennustettujen aikaurien vertaaminen on teoreettisesti perusteltua. Ainoastaan siten voidaan todentaa, onko valittu toimenpide yhteiskunnallisesti suotava ja tehokas siinä mielessä, että yhteiskunnalliset hyödyt ylittävät yhteiskunnalliset kustannukset. Yleinen vesienhoidon kustannus-hyötyanalyysin ongelma on kuitenkin se, että kaikkien vaikutusten rahamääräistämisen voi olla vaikeaa.

Kustannusten ja hyötyjen vertaamisen lisäksi voidaan tarkastella kustannusten jakautumista eri kohderyhmien välillä ja kohderyhmien maksukykyä. Euroopan komission (2009) mukaan maksukyky voi olla yksi peruste määräaikojen pidentämisestä. Käytettäessä maksukykyä perusteena pitää tarkastella kattavasti vaihtoehtoisia rahoitusmekanismeja. Maksukykyargumenttien käytöstä tavoitteiden alentamisen perusteluun ei ole tällä hetkellä olemassa ohjeistusta, sillä vesijohtajat eivät ole yksimielisiä asiasta (European Commission 2009). Maksukyvyn arviointi on tärkeää erityisesti sidosryhmäneuvottelujen kannalta (Görlach & Pielen 2007).

Ohjeistusten mukaan viime kädessä päätös kustannusten kohtuuttomuudesta on poliittinen, mutta päätöksen perustelemiseksi on välttämätöntä tarkastella toimenpiteiden kustannuksia ja hyötyjä (European Commission 2009). Läpinäkyvyyden periaate on kustannusten kohtuuttomuutta arvioitaessa tärkeä. Päätöksenteon perusteet ja siinä käytetyt tiedot ja menetelmät tulee tehdä julkisiksi (Conclusions on Exemptions and Disproportionate Costs 2008). Päätöksenteon tukena voidaan käyttää valikoimaa eri analyysitapoja, esimerkiksi kustannus-hyötyanalyysia, hyötyjen arviointia, kustannusten jakautumisen tarkastelua ja kustannustehokkuusanalyysia.

On syytä huomioida, että poikkeamien tulee itsessään olla poikkeustapauksia eikä säännönmukaisia (European Commission 2009). Tästä huolimatta poikkeamiin liittyvä analyysi on olennainen osa vesienhoidon suunnitteluprosessia (Conclusions on Exemptions and Disproportionate Costs 2008). Yleinen näkemys on, että tavoitteiden lieventäminen vaatii perusteellisempaa analyysia ja perusteluja kuin määräaikojen pidentäminen (Görlach & Pielen 2007).

Mikäli poikkeamia esitetään vesienhoitosuunnitelmissa, tulee esittää seuraavat tiedot (European Commission 2009):

- syyt poikkeamiin
- poikkeamien perustelemissa käytetyt tarkoituksenmukaiset ja selkeät kriteerit
- yhteenveto toimenpiteistä, joilla vesistöt saatetaan vähitellen vaadittuun tilaan
- syyt mahdollisiin merkittäviin viivästyksiin toimenpiteiden toteuttamisessa
- aikataulu viivästyneiden toimenpiteiden toteuttamiseksi.

3 Kustannus-hyötyanalyysi

Kustannusten kohtuuttomuuden arvioimisen viitekehyksenä toimii kustannus-hyötyanalyysi. Kustannus-hyötyanalyysin avulla voidaan määrittää projektien tai toimenpideyhdistelmien taloudellinen kannattavuus. Kustannus-hyötyanalyysi voidaan tehdä yksityistaloudellisesta tai yhteiskunnan näkökulmasta. Yhteiskunnallisissa analyysissä on olennaista ottaa mukaan kaikki toimenpiteen vaikutukset, jotka vaikuttavat ihmisten hyvinvointiin.

Kustannus-hyötyanalyysin vaiheet ovat seuraavat (Boardman ym. 2006):

- määritetään arvioitavat investoinnit, projektit tai politiikat
- tunnistetaan toimenpiteistä hyötyvät ja haittaa kärsivät tahot, joille vaikutukset arvioidaan
- listataan kaikki toimenpiteiden mahdolliset vaikutukset
- ennustetaan vaikutukset koko projektin kestolle
- lasketaan kaikille vaikutuksille (hyödyille ja kustannuksille) rahallinen arvo
- lasketaan tulevaisuuden hyötyjen ja kustannusten nykyarvot diskonttaamalla ne nykyhetkeen
- lasketaan kullekin projektille nettonykyarvo, eli kokonaishyötyjen ja -kustannusten erotus
- tehdään herkkyysanalyysi tulosten johdonmukaisuuden arvioimiseksi.

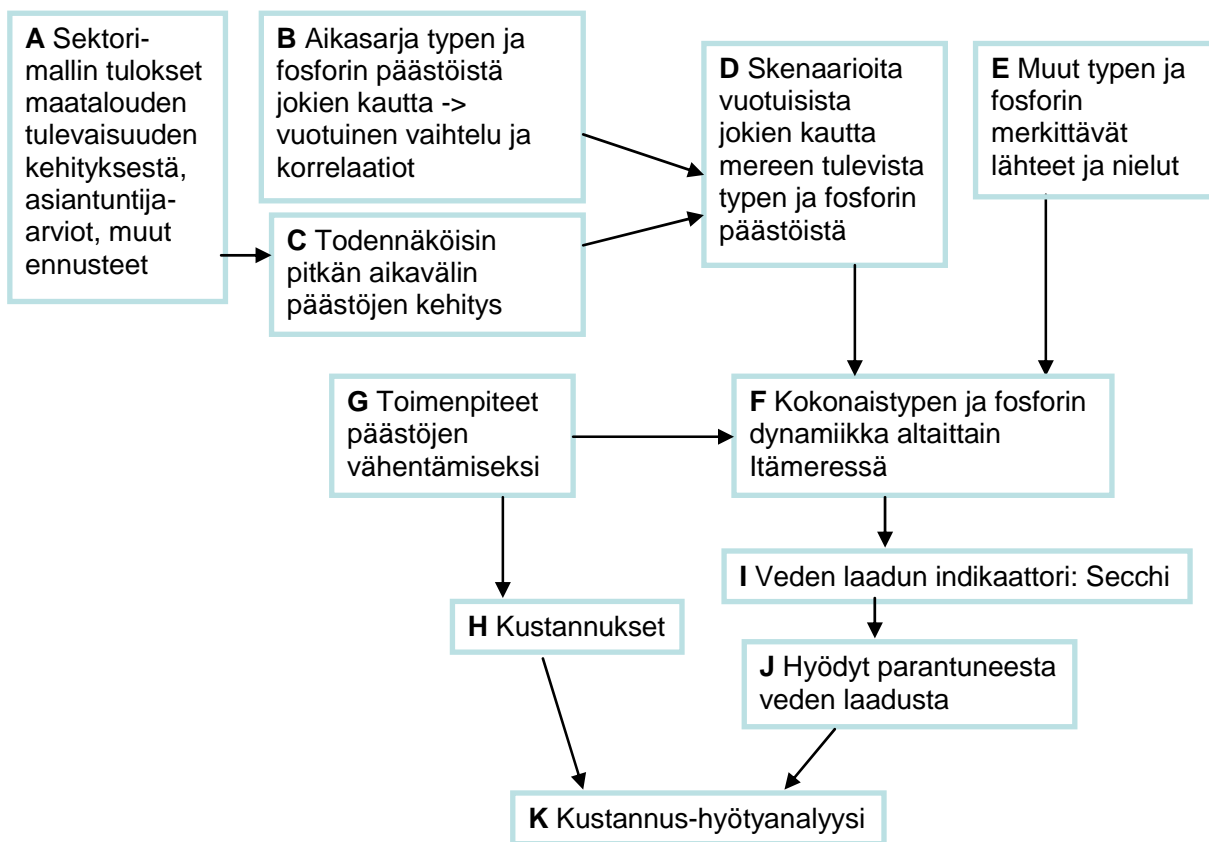
Mikäli nettonykyarvo on positiivinen, eli hyötyjen nykyarvo ylittää kustannusten nykyarvon, projektia tai politiikkaa voidaan pitää kannattavana ja taloudellisen tehokkuuden kannalta suositeltavana. Nettonykyarvon lisäksi voidaan tarkastella hyöty-kustannussuhdetta, eli hyötyjen nykyarvoa jaettuna kustannusten nykyarvolla. Jos hyöty-kustannussuhde on yli 1, projekti on kannattava.

Kustannus-hyötyanalyysin tekeminen voi olla hyödyllistä kahdella eri tavalla. Tuloksena saatavien nettonykyarvojen lisäksi analyysin tekoprosessi pakottaa arvioimaan perusteellisesti projektin kaikkia vaikutuksia, vaikutustahoja ja hyötyjen ja kustannusten suhteellista suuruutta, ja tarjoaa siten hyvän tavan jäsentää ja dokumentoida tietoa. Toisaalta kustannus-hyötyanalyysin haasteita ovat kaikkien vaikutusten rahallisen arvon määrittäminen, diskonttokoron valinta ja peruuttamattomien ympäristövaikutusten huomioonottaminen. (Hanley & Black 2006.)

Vesienhoidon suunnittelun ja toimenpideyhdistelmien kustannusten ja hyötyjen arvioimista vaikeuttaa se, että olemassa olevaa tietoa toimenpiteiden rahallisista vaikutuksista on Suomessa toistaiseksi vähän. Erityisesti rahamääräisten arvioiden puute vesiensuojelun hyödyistä vaikeuttaa kustannusten ja hyötyjen vertaamista. Vesipuitteidirektiivin toteuttamiseen suoranaisesti liittyviä arvottamistutkimuksia ei ole tehty, joten hyötyjen arvottamisessa täytyy käyttää muihin tarkoituksiin tehtyjä hyötyarvioita. Lisäksi osa vesiensuojelun hyödyistä täytyy esittää laadullisesta, koska niitä koskevia rahamääräisiä arvioita ei ole.

4 Maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset ja hyödyt

Tässä kappaleessa tehdään alustava tarkastelu maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannuksista ja hyödyistä Suomen kannalta. Tarkastelu pohjautuu malliin, joka kehitettiin maatalouden ravinnepäästöjen vähentämisen pitkän aikavälin kustannusten ja hyötyjen vertaamiseen (Hyytiäinen ym. 2009). Tutkimuksessa hyödynnettiin stokastista simulointimallia typen ja fosforin ravinnedynamiikan, maatalouden ravinnekuormituksen ja ravinnepäästöjen vähentämisen kustannusten ja hyötyjen yhdistämiseksi. Kuvassa 1 on esitetty mallin osatekijät (A-K) ja rakenne. Osatekijöitä kuvataan seuraavassa tarkemmin.



Kuva 1. Mallin osatekijät ja rakenne.

Maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen tarkastelukehikkona oli kustannus-hyötyanalyysi. Analyysi tehtiin erikseen kolmelle Suomea ympäröivälle Itämeren altaalle, eli maantieteellinen mittakaava oli alueellinen. Kustannukset ja hyödyt laskettiin pitkällä aikavälillä nykyhetkestä ikuisuuteen. Mallissa tarkasteltiin kahta eri politiikkaa, joiden tavoitteena oli vähentää maatalouden ravinnepäästöjä 30 % joko typen tai fosforin osalta. Näitä verrattiin perusskenaarioon, jossa maatalouden ravinnepäästöjä ei vähennettäisi.

4.1 Ravinnedynamiikka ja ravinnekuormitus

Itämeren alueet Suomen rannikolla jaettiin kolmeen altaaseen: Perämereen, Selkämereen (mukaan lukien Saaristomeri) ja Suomenlahteen. Mallissa vesi ja ravinteet vaihtuivat altaiden välillä ja ns. varsinaisen Itäme-

ren (Baltic Proper) kanssa. Tutkimuksessa tarkasteltiin fosforia ja typpeä, joiden kuormitukset laskettiin kullekin altaalle. Vuotuinen vaihtelu maatalouden kuormituksessa oli stokastista johtuen säävaihteluista (B). Ravinnepitoisuudet altaissa puolestaan vaihtelivat johtuen maalta tulevasta stokastisesta kuormituksesta ja ravinnepitoisuuksien vuotuisesta vaihtelusta varsinaisessa Itämeressä (F). Mallissa otettiin maatalouden päästöjen lisäksi huomioon myös muut typen ja fosforin merkittävät lähteet ja nielut (E). Tuleva kehitys ravinnekuormituksessa ennustettiin kirjallisuuden ja asiantuntija-arvioiden perusteella (A, C), ja tulevasta kehityksestä muodostettiin perusskenaario, johon ravinteiden vähentämiskenaarioita verrattiin (D). Liitteessä 1 on piirretty kolme mahdollista kehitysuraa Suomen jokien kautta Suomenlahteen tulevan fosforikuormituksen kehityksestä.

4.2 Kustannukset

Ravinnepäästöjen vähentämisen kustannukset perustuivat staattiseen malliin, jossa maksimoitiin edustavien vilja- ja maitotilojen voittoa (Helin 2009). Kuormitusta vähentäviin toimenpiteisiin kuuluivat lannoitteiden käytön vähentäminen, muutokset viljelyssä kasveissa ja viljelymenetelmissä, vähennykset lypsykarjan määrässä, muutokset karjan ruokavaliolla ja maan siirtäminen kesannolle (G).

Typpi ja fosfori ovat maanviljelijälle kalliita tuotantopanoksia, joiden käytön vähentäminen vähentää myös viljelyn kustannuksia. Kuormituksen vähentäminen lannoitusta vähentämällä voi parhaassa tapauksessa olla kustannuksetonta tai voittoa tuottavaa toimintaa. Ravinteet ovat kuitenkin tärkeitä maatalousmaan sadontuotokyvyn kannalta ja vähentynyt sato voi johtaa sekä huonompaan viljelyn nettotuottoon että lisääntyneeseen kuormitukseen. Muiden toimenpiteiden kuin lannoituksen vähentämisen osalta kustannukset laskettiin vertaamalla vallitsevan käytännön ja vähemmän kuormittavan käytännön taloudellisia tuloksia.

Kustannusten suuruusluokkaa pyrittiin arvioimaan suhteuttamalla ravinnekuormitusta vähentävät toimenpiteet yksinkertaisten taloudellisten mallien antamaan parhaaseen mahdolliseen nettotuottoon ja sen mukaiseen ravinnekuormitukseen. Vähennystoimien teho perustui Suomen ympäristökeskuksen ravinnekuormitusta kuvaavaan malliin Kalajoen valuma-alueella. Myös maataloustuotanto mallinnettiin Kalajoen valuma-alueen olosuhteita mukaillen jolloin kotieläintalouden piirissä oleva tuotanto pelkistettiin lypsykarjaa kuvaavaksi malliksi. Lopuille tiloille ravinnekuormitusta vähentävän toiminnan katsottiin vastaavan joko viljaa tai muutamia erikoiskasveja tuottavaa tilaa. Näille tilatyypeille laskettiin kustannukset ravinnekuormituksen vähentämiseksi mahdollisimman edullisesti. Alueen kuormituksen vähennys kohdentui tilojen välillä kustannustehokkaasti. On syytä huomioida, että kuormituksen vähentämisen kustannukset ovat pikemminkin arvioita suuruusluokasta kuin tarkkoja euromääriä tietoja ravinnekiloa kohden.

Tilatazon optimointimallin avulla ratkaistiin kustannustehokas yhdistelmä ravinteiden vähentämistoimenpiteitä molemmille tilatyypeille (H). Mallista saatiin tuloksena kustannus (€/kg) vähennettävää fosfori- tai typpikiloa kohden sen mukaan, kumman ravinteiden päästöjä vesistöön pyritään ensisijaisesti vähentämään. Koko maata koskeva kustannus arvioitiin kertomalla ravinnepäästöjen vähentämisen yksikkökustannus (€/kg) koko maata koskevalla ravinnekuormituksen tavoitevähennyksellä (kg/vuosi). Ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset oletettiin samoiksi kaikille valuma-alueille. Yksikkökustannukset, eli keskimääräiset kustannukset yhden typpi- tai fosforikilon vähentämisestä oletettiin vakioiksi ajassa.

Ravinnepäästövähennysten suuruudeksi määritettiin 30 %, eli toisella politiikalla voitaisiin vähentää typen kuormitusta 30 % ja toisella puolestaan fosforin kuormitusta 30 %. Vähennystavoitteet olivat erillisiä, mutta toimenpiteet, jotka vaikuttavat molempien ravinteiden päästöihin otettiin huomioon siten, että typen (fosforin) 30 % vähentämisen oletettiin vähentävän samalla fosforin (typen) kuormitusta 3,5 (2) prosenttia. 30 % vähennysmäärille laskettiin kustannustehokkaiden toimenpiteiden kustannukset. Fosforikuormituksen 30 % vähentämisestä aiheutui noin 33 €/kg suuruinen keskiarvoinen kustannus, ja typpikuormituksen vähentämisestä 30 % puolestaan noin 14 €/kg suuruinen keskiarvoinen kustannus. Kustannukset oletettiin vakioiksi ajassa, ja niiden nykyarvo laskettiin kertomalla yksikkökustannukset ravinnepäästöjen vähentämisen kokonaisuudella ja jakamalla tulo korolla.

Esimerkki: Suomen jokien kautta Itämereen päätyvät fosforipäästöt ovat keskimäärin 3960 tonnia vuodessa, josta maatalouden osuus on 1575 tonnia. Jos maatalouden kuormitusta vähennetään 30 %, vähenee fosforin kokonaiskuormitus siis 473 tonnia. Fosforikuormituksen vähentämisen vuotuinen kustannus on siis 473 000 kg/vuosi x 32,91 €/kg = 15 567 000 €/vuosi, eli noin 15,6 miljoonaa euroa vuodessa.

4.3 Hyödyt

Ravinnekuormituksen vähentämisen rahallisten hyötyjen arvioimiseksi käytettiin kahden aiemman Suomessa tehdyn arvottamistutkimuksen tuloksia (J). Tutkimuksissa hyödynnettiin eri menetelmiä, matkakustannusmenetelmää ja meta-analyysia. Molemmista tutkimuksista saadut arvot liitettiin näkösyvyyden avulla ravinneiden pitoisuuksiin ja rehevöitymiseen. Näkösyvyys valittiin vedenlaadun indikaattoriksi mittaustietojen saatavuuden ja helpon havaittavuuden vuoksi (I). Näkösyvyys yhdistettiin ravinnepitoisuuksiin siirtofunktion kautta. Liitteestä 2 löytyy käytetty siirtofunktio parametreineen. Vedenlaatutiedot olivat peräisin Suomen ympäristökeskuksen Pivet-tietokannasta vuosilta 1998–2002 ja 2004.

Matkakustannusmenetelmällä (Vesterinen ym. 2009) analysoitiin vesistöjen virkistyskäyttöön, eli uimiseen, kalastukseen ja veneilyyn liittyviä arvoja. Tutkimuksessa arvioitiin veden näkösyvyyden vaikutusta kotikunnassa tapahtuvaan virkistyskäyttöön ja sen arvoon. Raportoidut kansalliset kokonaisarvot muunnettiin allas-kohtaisiksi käyttämällä rannikkoalueella asuvaa väestömäärää (2,15 miljoonaa). Tutkimuksen mukaan noin 30 % vesien virkistyskäytöstä tapahtuu sisävesissä, joten tämä väestömäärä vähennettiin rannikon aikuisväestöstä. Hyödyt laskettiin siis 1,53 miljoonalle ihmiselle. Muunnoksessa oletettiin, että virkistyskäyttäytyminen on samanlaista rannikkoväestön ja muun väestön välillä. Matkakustannustutkimuksen mukaan kotikunnan vedenlaatu vaikutti uimis- ja kalastuskäyttämiseen mutta ei veneilyyn. Matkakustannusmenetelmän mukaan merialueiden virkistyskäytön vuotuinen arvo on rannikon asukkaille 626 €/henkilö/vuosi. Meren virkistyskäytön arvo ei ole kovin herkkä muutoksille vedenlaadussa sovellettaessa matkakustannusmenetelmää ja tässä selvityksessä käytettyä aineistoa. Puolen metrin huonontuminen esimerkiksi Suomenlahden keskiarvoisessa näkösyvydessä pienensi veden virkistyskäyttöarvoa 23 €/henkilö/vuosi. Puolen metrin paraneminen näkösyvydessä puolestaan paransi veden virkistyskäyttöarvoa 20 €/henkilö/vuosi.

Toisena lähestymistapana hyötyjen arviointiin käytettiin meta-analyysia (Ahtiainen 2009), jossa tarkasteltiin sekä vesistöjen käyttöön liittyviä että käytöstä riippumattomia arvoja (ns. olemassaoloarvoja). Meta-analyysissa vedettiin yhteen aiemmin Itämerestä tehtyjen arvottamistutkimusten tuloksia ja ennustettiin niiden perusteella maksuhalukkuus muutoksille vedenlaadussa. Maksuhalukkuus liitettiin näkösyvyyteen olettamalla, että veden kirkkaus on indikaattori yleiselle vedenlaadulle. Meta-analyysin perusteella hyödyt laskettiin sekä rannikon aikuisväestölle (2,15 miljoonaa) että Suomen aikuisväestölle (4,2 miljoonaa). Meta-analyysin hyötyarvot parantuneelle vedenlaadulle ovat matkakustannusmenetelmän arvioita korkeampia, koska ne sisältävät virkistyskäytön lisäksi myös käytöstä riippumattomia arvoja. Meta-aineistoa sovellettaessa veden arvo oli herkempi muutoksille vedenlaadussa. Puolen metrin huononeminen näkösyvydessä aiheutti 96 €/henkilö/vuosi suuruisen vähenemisen meriluonnon käyttöön liittyvissä ja sen käytöstä riippumattomissa hyödyissä. Puolen metrin paraneminen näkösyvydessä puolestaan kasvatti hyötyjä 67 €/henkilö/vuosi. Taulukossa 1 on esitetty laskelmissa mukana olevat hyödyt kullekin arvottamismenetelmälle.

Taulukko 1. Arvioidut hyödyt.

Menetelmä	Hyötykategoriat
Matkakustannusmenetelmä	virkistyskäyttöhyödyt (uiminen, kalastus, veneily)
Meta-analyysi	maksuhalukkuuteen perustuvat hyödyt (käyttö- ja ei-käyttöarvot, esim. virkistyskäyttö, olemassaoloarvo)

Vedenlaadun parantumisen hyötyjen nykyarvo laskettiin diskonttaamalla hyötyjen erotus perusskenaarion (ei toimenpiteitä) ja vähennysskenaarioiden välillä ensimmäisten 200 vuoden ajalta ja olettamalla, että ero hyödyissä pysyy samana sen jälkeen.

4.4 Kustannus-hyötyanalyysi

Mallin osatekijät, eli ravinnedynamiikka, ravinnekuormitus, kuormituksen vähentämisen kustannukset ja hyödyt yhdistettiin kustannus-hyötyanalyysissä, jossa laskettiin eri ravinnepestävähennyksille nettonykyarvot ja hyöty-kustannussuhteet Monte Carlo -simulointia käyttäen (K). Ensin simuloitiin rehevöitymisestä aiheutuva haitta oletetulle kehitysuralle ja kahdelle vaihtoehdoiselle ravinteiden vähentämiskenaariolle. Toisessa vaiheessa laskelmat toistettiin 500 kertaa nettonykyarvojen ja hyöty-kustannussuhteiden todennäköisyysjakaumien ja odotusarvojen arvioimiseksi. Kustannus-hyötyanalyysiin ja sen lähtötietoihin liittyvä epävarmuus huomioitiin tarkastelemalla, miten käytetty arvottamismenetelmä, kohteena olevan väestön määrä ja valittu korko vaikuttavat tuloksiin.

Mallin rakenteen, mittakaavan ja tuotosten havainnollistamiseksi liitteeseen 3 on koottu kuvia mallin osatekijöistä ja tietyillä lähtöarvoilla saatavista tuloksista. Liitteessä esitetään yksi mahdollinen kehityskulku jokien kautta Suomenlahteen tulevalle typpi- ja fosforikuormitukselle, fosforin keskiarvoiselle konsentraatiolle Suomenlahdella, keskiarvoiselle näkösyvyydelle, virkistyskäytön arvolle sekä hyödyille ja kustannuksille. Esimerkissä Suomi vähentää yksipuolisesti 30 % maatalouden fosforikuormituksestaan. Suomen osuus kokonaisuormituksesta on kuitenkin pieni (paneelit a ja b liitteessä 3). Lisäksi maatalouden osuus fosforin kokonaisuormituksesta on noin 44 % Suomenlahteen laskevissa joissa. Tämän takia 30 % fosforivähennyksellä on hyvin pieni vaikutus fosforipitoisuuden kehitykseen (paneeli c liitteessä 3), keskiarvoiseen näkösyvyyteen (paneeli d liitteessä 3) ja edelleen virkistyskäytön arvoon (paneeli e). Vuotuiset hyödyt lisäntyneestä virkistyskäytöstä ovat 0 – 300 000 €, kun taas vuotuiset kustannukset ovat n. 2,6 miljoonaa €. Nettotulojen nykyarvo ympäristöinvestoinnille on negatiivinen, ja hyötyjen ja kustannusten suhde on 0,085. Tämän havainnollistuksen perusteella maatalouden fosforikuormituksen vähentäminen ei olisi taloudellisesti kannattavaa. Huomionarvoista on se, kuinka pienen osan Suomen ravinnepestöt muodostavat kokonaispestöistä Suomenlahdella. Tilanne on tietysti erilainen rannikon läheisyydessä, jossa Suomen oma kuormitus vaikuttaa vedenlaatuun merkittävästi.

4.5 Mallin rajaukset, oletukset ja epävarmuudet

Tuloksia tarkasteltaessa tulee huomioida mallin varhainen kehitysaste sekä siinä esiintyvät epävarmuustekijät. Tähän kappaleeseen on koottu tietoja mallin rajauksista ja siinä tehdyistä oletuksista ja epävarmuuksista, ja tarkasteltu sitä, miten nämä vaikuttavat tuloksiin.

Mallin nykyversion aika-askel on yksi vuosi ja tulokset lasketaan allaskohtaisina keskiarvoina. Rehevöitymisen haitat jakautuvat kuitenkin varsin epätasaisesti vuoden aikana ja eri merialueilla. Mallia voitaisiin kehittää ainakin jakamalla altaat rannikkovesiin ja avomereen ja käyttämällä lyhyempää aika-askelta. Tämä mahdollistaisi myös sen huomioimisen, miten Suomesta tulevan kuormituksen vähentämisen vaikutus eroaa rannikko- ja avomerialueilla. Yksityiskohtaisimmat niin sanotut 3D-mallit kuvaavat veden kulun systemaattisesti eri alueilla ja veden syvyyksillä, mutta niiden soveltamiseen taloudellisessa analyysissä liittyy laskennallisia ongelmia. Missä, minä vuodenaikana ja kuinka voimakkaina haitat ilmenevät on lisäksi hyvin stokastista, eikä tätä vaihtelua kyetä mallin nykyversiossa kunnolla ottamaan huomioon.

Mallissa käytetään näkösyvyyttä indikaattorina vedenlaadusta ja rehevöitymisestä. Samalla oletetaan, että näkösyvyys korreloi negatiivisesti rehevöitymisen ensisijaisten haittojen (esimerkiksi sinileväkukintojen) kanssa. Veden ja ravinteiden liikkumisen sekä rehevöitymisen primääristen haittojen yksityiskohtaisempi ja realistisempi kuvaus todennäköisesti lisäisi vuosien välistä vaihtelua haitoissa. Mikäli biogeokemiallisen mallin kehittymisen myötä pystytään erittelemään ja kuvaamaan lisää toisistaan riippumattomia haittoja, voi myös haittojen rahassa ilmaistu kokonaissumma kasvaa.

Kustannus-hyötyanalyysi yhdistelee käytettävissä olevista toimenpiteistä tehokkaimman yhdistelmän ja vertaa saavutettuja kokonaishyötyjä kokonaiskustannuksiin. Mallin tämänhetkisessä versiossa tarkastellaan ai-noastaan maataloudessa tehtäviä toimenpiteitä. Vaikka malli valitseekin näistä kustannustehokkaan yhdistelmän, jää tarkastelun ulkopuolelle muilla toimialoilla mahdollisesti tehtävät toimenpiteet. Voidaan ajatella, että puhdistuksen kokonaiskustannukset ovat ylärajallaan: halvempien (tai kalliimpien) vaihtoehtojen mukaan tuominen ei ainakaan kustannuksia nostaisi. Tämän piirteen vaikutus tarkastelun tuloksiin riippuu alueesta. Alueilla, joilla maatalouden osuus kokonaisuormituksesta on merkittävä, tulokset eivät välttämättä muuttuisi kovin voimakkaasti. Toisaalta jos tarkastelussa olisi esimerkiksi typpihuuhtouman vähentäminen Päijänteen alueelta, vaikuttaisi Jyväskylän alueen yhdyskuntajäteveden puhdistuksen huomiotta jättäminen varsin radikaalisti tuloksiin.

Vesipuidedirektiivin hengen mukainen kustannustehokkuuden tavoittelu edellyttäisi kaikkien mahdollisten toimenpiteiden huomioimista. Toisaalta direktiivin ohjeistuksen mukaisesti analyysikehikoiden rakentamisessa tulee edetä vaiheittain. Maatalouden merkittävä rooli perustelee analyysin aloittamista sillä. Seuraavaksi tarkasteluun tulee lisätä toimialoja merkittävyysjärjestyksessä: yhdyskuntajätevedet, teollisuus, liikenne ja niin edelleen.

Tuloksia tulkittaessa tulee mallin kustannusrakenteesta ottaa huomioon ainakin seuraavat kolme yksinkertaistusta: puhdistuskustannukset ovat vakioita ajassa, ne ovat identtiset eri valuma-alueiden välillä ja määritelty staattisessa viitekehyksessä.

Kustannusten muuttumattomuus ajassa ei ole radikaali oletus, vaan se on maatalouden tapauksessa järkevä lähtökohta. On totta, että tällöin jätetään mahdolliset innovaatiot ja niiden tuomat kustannussäästöt huomioidatta. Mutta on myös perusteltua olla huomioidatta määritelmällisesti tuntemattomia asioita. Toisaalta suojelun kustannukset saattaisivat myös nousta ajassa. Esimerkiksi ruuan globaali kallistuminen nostaisi maatalouden vaihtoehtokustannuksia ja tekisi suojelusta näin ollen kalliimpaa.

Kustannusten identtisyys eri valuma-alueiden välillä on selkeästi merkittävämpi yksinkertaistus. Karjavaltaisen tai viljanviljelyyn erikoistuneen alueen ympäristövaikutukset ja niiden syyt ovat erilaiset. Näin ollen niiden torjumiseen vaadittavat toimenpiteetkin poikkeavat ja niiden mukana kustannukset.

Mallin kustannusten tarkastelukehikko on staattinen, eli yksittäisen toimenpiteen kustannus ja vaikutus koituvat samassa aikayksikössä (on muistettava, että itse malli on kuitenkin dynaaminen). Fosforin suhteen tämä tarkastelu on puutteellinen. Fosforin vähentäminen aiheuttaa viljelijälle kustannuksia maaperän kasveille käyttökelpoisen fosforin vähittäisen alenemisen myötä. Samoin vaikutukset huuhtoumaan ilmenevät vasta viiveellä. Koska nimenomaan fosfori on etenkin sisävesien rehevöitymisen kannalta keskeinen ravinne, tämän kustannusosan muokkaaminen olisi tärkeää. Mikäli fosfori mallinnettaisiin dynaamisesti, vaikutusten aikajänne pitenis. Jopa fosforilannoituksen täydellisellä lopettamisella saavutettaisiin vähennyksiä huuhtoumissa vasta pikku hiljaa.

Kaksi luonnonprosessien mallintamisessa tehtyä keskeisintä yksinkertaistusta ovat ravinteiden liukoisuuden ja yllä sivutun maaperän fosforin hitaan sopeutumisen huomiotta jättäminen. Etenkin fosforin suhteen jako liukoiseen ja partikkelifosforiin olisi oleellista. Eri fosforityyppien huuhtouman vähentämiseksi tehtävät toimenpiteet ovat erilaisia. Esimerkiksi suojavyöhykkeitä perustamalla tai muokkausmenetelmiä keventämällä (ääritapauksessa suorakylvöön siirtymällä) voidaan vähentää partikkelimuotoisen fosforin kuormitusta. Toisaalta menetelmät saattavat lisätä liukoisen fosforin huuhtoumia. Liukoinen fosfori on suoraan vastaanottavien vesistöjen leville käyttökelpoisessa muodossa, kun taas partikkelifosforista vain osa tulee tällaiseksi muuttumaan. Tämän takia näiden erojen huomioiminen tulisi muuttamaan kustannustehokasta toimenpideyhdistelmää ja myös kustannushyötyanalyysin tulosta. Etukäteen on mahdoton arvioida, millä lailla sekä dynaamisuuden että eri fosforityyppien huomioiminen muuttaisivat suojelun kustannuksia.

Alkuperäisessä mallissa tarkastellaan ainoastaan Suomen ympäröiviä merialueita, eikä siinä oteta huomioon sisävesien tilan parantamisesta koituvia hyötyjä. Tässä selvityksessä sisävesien hyödyt on pyritty ottamaan huomioon karkealla tasolla korottamalla merialueille tehtyjä hyötyarvioita. Sisävesien huomiointi kasvattaa siis hyötyjä ja samalla kustannus-hyötyanalyysin nettonykyarvoja. Mallin laajentaminen sisävesille vaatii jatkokehitystä. Sisävesiä käsitellään edellä omassa kappaleessaan *Sisävesien huomiointi*.

Vain osa vesien tilan parantamisen hyödyistä otetaan mallissa huomioon. Vaikeutena on kaikkien hyötyjen rahamääräisen arvon selvittäminen, sillä hyötyarvioita ei ole tällä hetkellä olemassa kaikille vaikutuksille. Joidenkin vaikutusten osalta rahallista arviota ei ole edes mahdollista saada selville. Mallin hyötyarvioista puuttuvat muun muassa vedenottoon, vesiliikenteeseen, ammattikalastukseen, matkailuun, kiinteistöjen/maan arvoon ja ihmisten terveyteen liittyvät vaikutukset. Esimerkiksi kiinteistöjen arvo voi muodostaa merkittävänkin osan veden laadun parantumisen hyödyistä. Lisäksi Suomelle voi olla imagohyötyjä, jos se toimii edelläkävijänä ja parantaa vesistöjensä tilaa. Täydentävien hyötykategorioiden mukaan ottaminen kasvattaa hyötyarvioita ja kustannus-hyötyanalyysin nettonykyarvoja. Lisäksi hyötyarvioihin itsessään liittyy epävarmuutta, joka johtuu siitä, että tutkimuksia ei ole tehty varta vasten vesipuidedirektiivin tuomien hyötyjen arvottamiseen.

4.6 Tulokset

Tutkimuksen päätuloksen muodostavat eri ravinnekuormituksen vähennyksille lasketut nettonykyarvojen ja hyöty-kustannussuhteiden odotusarvot. Tulokset laskettiin eri koroille, väestömäärille ja arvottamismenetelmille tulosten johdonmukaisuuden arvioimiseksi.

Hyötyjen ja kustannusten suuruusluokan havainnollistamiseksi taulukossa 2 on esitetty keskiarvoiset vuotuiset kustannukset ja hyödyt henkilöä kohden typen (N) ja fosforin (P) 30 % ravinnepäästövähennyksille. N30 viittaa typen 30 % vähennykseen ja P30 fosforin 30 % vähennykseen. Laskelmissa on käytetty 5,1 % korkoa ja ne on tehty eri arvottamismenetelmille ja kohdeväestöille.

Taulukossa 3 on esitetty vuotuiset keskiarvoiset kokonaiskustannukset ja -hyödyt 30 % kuormitusvähennyksille. Kokonaiskustannukset ja -hyödyt saadaan, kun kerrotaan henkilöä kohden lasketut luvut kohdeväestön määrällä. Taulukoista 2 ja 3 voidaan havaita, että typen osalta kustannukset vaikuttavat selvästi hyötyjä suuremmilta, kun taas fosforilla ne ovat ainakin samaa suuruusluokkaa.

Taulukko 2. Vuotuiset henkeä kohti lasketut keskiarvoiset kustannukset ja hyödyt.

Arvottamis- menetelmä	Kohdeväestö, milj. ihmistä	Vuotuiset kustannukset, €/henkilö		Vuotuinen hyöty, €/henkilö	
		N30	P30	N30	P30
Matkakustannus rannikkoväestö	1,53	75,1	10,2	0,8	1,5
Meta-analyysi rannikkoväestö	2,15	53,4	7,3	1,8	3,9
Meta-analyysi koko väestö	4,2	27,4	3,7	1,8	3,9

Taulukko 3. Vuotuiset keskiarvoiset kustannukset ja hyödyt 30 % kuormitusvähennyksille.

Arvottamis- menetelmä	Vuotuiset kustannukset, M€		Vuotuinen hyöty, M€	
	N30	P30	N30	P30
Matkakustannus rannikkoväestö	115	16	1,2	2,3
Meta-analyysi rannikkoväestö	115	16	3,9	8,4
Meta-analyysi koko väestö	115	16	7,6	16,4

Taulukossa 4 on esitetty kustannus-hyötyanalyysin tulokset yhteenlaskettuna kaikille kolmelle altaalle. Taulukosta voi havaita, että alustavan tarkastelun perusteella ravinnekuormituksen vähentämisen kustannukset ylittävät pääosin siitä saatavat hyödyt. Typen vähentämisen (N30) kustannukset ovat taulukossa johdonmukaisesti hyötyjä suuremmat. Kuitenkin fosforin (P30) osalta hyödyt ylittävät kustannukset, jos tarkastellaan meta-analyysin tuloksia ja hyödyt on laskettu koko Suomen väestölle. Fosforin vähentämisen hyöty-kustannussuhteet ovat myös typen vähentämisen hyöty-kustannussuhteita suuremmat, eli se vaikuttaisi taloudellista tehokkuutta arvioitaessa kannattavammalta.

Taulukko 4. Kustannus-hyötyanalyysin tulokset eri ravinnevähennyksille, arvottamismenetelmille, koroille ja kansainväliselle osallistumiselle.

Arvottamis- menetelmä	Väestö	Korko	Odotettu nettonykyar- vo, M€		Odotettu H/K-suhde	
			N30	P30	N30	P30
Matkakustannus	Rannikkoväestö	0,1 %	-113305	-12918	0,01	0,17
Matkakustannus	Rannikkoväestö	2,6 %	-4366	-503	0,01	0,16
Matkakustannus	Rannikkoväestö	5,1 %	-2229	-261	0,01	0,14
Meta-analyysi	Rannikkoväestö	0,1 %	-112424	-9628	0,02	0,38
Meta-analyysi	Rannikkoväestö	2,6 %	-4273	-276	0,03	0,54
Meta-analyysi	Rannikkoväestö	5,1 %	-2175	-140	0,03	0,54
Meta-analyysi	Kokonaisväestö	0,1 %	-110170	-4094	0,04	0,74
Meta-analyysi	Kokonaisväestö	2,6 %	-4137	31	0,06	1,05
Meta-analyysi	Kokonaisväestö	5,1 %	-2104	18	0,07	1,06

Laskentakoron pienentäminen kasvattaa yhteenlaskettuja diskontattuja hyötyjä ja kustannuksia. Nettotulojen nykyarvo (NPV) joko pienenee tai suurenee sen mukaan ovatko kokonaiskustannukset hyötyjä suuremmat vai pienemmät. Investoinnin kannattavuuteen korkokannan valinnalla ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta. Erot hyöty-kustannussuhteessa kahden eri arvottamismenetelmän välillä aiheutuivat hyötyjen ja kustannusten erilaisesta ajallisesta jakautumisesta.

Taulukossa 5 on esitetty maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kustannus-hyötyanalyysin tulokset Itämeren eri alueille. Hyödyt on laskettu vain rannikkoväestölle ja 5,1 % korolla. Alustavien tulosten mukaan ravinnekuormituksen vähentäminen Perämerellä olisi kannattavinta. Perämerellä Suomen kuormitus edustaa suurta osaa ravinnepäästöistä, vaikka alueen väestömäärä onkin suhteellisen pieni. Typen vähentämisen kustannukset ylittävät kaikissa altaissa hyödyt.

Taulukko 5. Kustannus-hyötyanalyysin tulokset eri altaille (rannikkoväestö, korko 5,1 %).

Arvottamis- menetelmä	Allas	Odotettu nettonykyarvo, M€		Odotettu H/K-suhde	
		N30	P30	N30	P30
Matkakustannus rannikkoväestö	Perämeri	-983	-101	0,01	0,24
Matkakustannus rannikkoväestö	Selkämeri	-869	-112	0,01	0,06
Matkakustannus rannikkoväestö	Suomenlahti	-377	-48	0,01	0,08
Meta-analyysi rannikkoväestö	Perämeri	-958	-5	0,03	0,95
Meta-analyysi rannikkoväestö	Selkämeri	-850	-95	0,03	0,20
Meta-analyysi rannikkoväestö	Suomenlahti	-366	-37	0,04	0,29
Meta-analyysi koko väestö	Perämeri	-918	110	0,07	1,81
Meta-analyysi koko väestö	Selkämeri	-776	-70	0,06	0,40
Meta-analyysi koko väestö	Suomenlahti	-410	-16	0,07	0,66

4.7 Sisävesien huomiointi

Maatalouden ravinnekuormitusta vähentävät toimenpiteet tapahtuvat valuma-alueen pelloilla ja tuotantolaitoksissa. Niiden vaikutukset kohdistuvat ensimmäisenä ja voimakkaimpina sisävesistöihin. Valuma-alueilla tapahtuva vesien tilan paraneminen voi aiheuttaa suurelle joukolle ihmisiä hyötyjä, joita ei ole huomioitu aiemmin esitellyissä hyötylaskelmissa. Sen vuoksi seuraavassa on tehty esimerkinomainen laskelma siitä, miten maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisen kannattavuus paranee, kun huomioidaan myös sisävesien tilan parantamisen hyödyt.

Alkuperäisiä hyötyarvioita (Hyytiäinen ym. 2009) tarkistetaan joko kasvattamalla kohteena olevan väestön määrää tai kasvattamalla hyötyjä tietyllä prosentilla. Tavoitteena on osoittaa, miten hyötyjen suuruusluokka ja hyötyjen ja kustannusten suhde muuttuu, jos sisävesien tilan paranemisen oletetaan tuovan tietynsuuruisia hyötyjä.

On syytä huomioida, että Suomessa tapahtuva ravinnekuormituksen vähentäminen vaikuttaa vesistöjen tilaan eri tavalla sisävesissä ja merialueilla, koska Suomen osuus merialueiden päästöistä on melko vähäinen. Esimerkiksi 30 % vähennys Suomen maatalouden Itämereen kohdistuvista fosforipäästöissä ei juurikaan vaikuta meriveden laatuun (katso liite 3, kuva a). Sisävesialueella vastaavalla päästövähennyksellä voisi olla huomattava vaikutus, jolloin toimenpiteestä aiheutuvat hyödyt kasvaisivat myös merkittävästi. Tästäkin syystä sisävesien huomioiminen lineaarisella haitan ylöspäin skaalaamisella on yksinkertaistus. Suomen päästövähennysten vaikutukset kohdistuvat sisävesien lisäksi voimakkaammin myös rannikkovesiin, jotka ovat virkistyskäytön kannalta tärkeitä.

Matkakustannusmenetelmän (Vesterinen ym. 2009) hyötyarvioiden siirtäminen sisävesille on suhteellisen suoraviivaista, sillä tutkimuksen arvioita voidaan hyödyntää sekä rannikkoalueille että sisävesille. Sisävesien tilan parantumisen virkistyshyötyjen huomioonottaminen vaatiikin yksinkertaisimmillaan kohteena olevan väestön määrän kasvattamista koko Suomen aikuisväestöön. Matkakustannusmenetelmällä arvioitujen hyötyjen voidaan ajatella edustavan hyötyjen alarajaa, sillä se ottaa huomioon vain virkistyskäyttöhyödyt.

Meta-analyysin tapauksessa hyödyt on jo laskettu sekä rannikkoväestölle että koko Suomen aikuisväestölle. Sisävesien hyötyjen arvioimiseksi meta-analyysin hyötyarvioita on korotettu puolitoista- ja kolminkertaisiksi. Meta-analyysiin perustuvia lukuja voidaan ajatella varsin korkeina arvioina hyödyistä.

Taulukossa 6 on esitetty kustannus-hyötyanalyysin tulokset, kun on pyritty huomioimaan myös sisävesien tilan parantamisen hyödyt. Molemmilla menetelmillä hyödyt on laskettu koko Suomen aikuisväestölle, ja meta-analyysin tapauksessa Itämerelle tehdyt hyötyarviot on vielä kerrottu joko 1,5:lla tai 3:lla.

Taulukko 6. Kustannus-hyötyanalyysin tulokset, kun sisävedet otetaan huomioon (koko Suomen väestö).

Arvottamis- menetelmä	Kerroin	Korko	Odotettu nettonykyarvo, M€		Odotettu H/K-suhde	
			N30	P30	N30	P30
Matkakustannus	1	0,1 %	-110647	-8300	0,04	0,47
Matkakustannus	1	2,6 %	-4278	-336	0,03	0,44
Matkakustannus	1	5,1 %	-2190	-184	0,03	0,40
Meta-analyysi	1,5	0,1 %	-107939	1357	0,06	1,09
Meta-analyysi	1,5	2,6 %	-3996	347	0,10	1,58
Meta-analyysi	1,5	5,1 %	-2029	181	0,10	1,59
Meta-analyysi	3	0,1 %	-101105	18322	0,12	2,18
Meta-analyysi	3	2,6 %	-3578	1290	0,19	3,16
Meta-analyysi	3	5,1 %	-1808	665	0,20	3,18

Alustavien tulosten mukaan matkakustannusmenetelmää käyttäen sekä typen että fosforin vähentämisen kustannukset ovat hyötyjä korkeammat, vaikka sisävesien hyödyt pyrittäisiinkin ottamaan huomioon. Kun hyödyt on arvioitu meta-analyysillä ja alkuperäisiä arvioita korotettu puolitoista- tai kolminkertaisiksi merialueille tehdyistä, fosforivähennyksen hyödyt ylittävät kustannukset.

Sisävesien tilan parantamisen hyötyjen suuruusluokan arviointi on olemassa olevien tietojen perusteella haasteellista, eikä ole varmuutta siitä, edustavatko valitut luvut todellista sisävesien tilan parantamisen arvoa. Matkakustannusmenetelmän tulokset edustanevat alhaista arvioita sisävesien hyödyistä, kun taas meta-analyysin arvoja voidaan pitää varsin korkeina. Arvottamistutkimuksia tarvitaan luotettavampien arvioiden saamiseksi sisävesien tilan parantamisen hyödyistä.

5 Jatkotyö

Vesipuidedirektiivin edellyttämien taloudellisten tarkasteluiden toteuttaminen Suomessa vaatii jatkokehitystä erityisesti kustannusten kohtuuttomuuden arvioinnin osalta. Tavoitteena tulee olla asteittain tarkentuva analyysi, jossa taloudellisia tarkasteluja jatkuvasti syvennetään. Samalla on hyvä tilaisuus kasvattaa taloustieteellistä osaamista ympäristöhallinnossa.

5.1 Hyödyt

Jatkotyön yhtenä painopisteenä tulee olla hyötyjen arvioinnin kehittäminen. Rahamääräistä tietoa vesistöjen tilan parantamisen hyödyistä on Suomessa edelleen vähän verrattuna useisiin muihin Euroopan maihin ja Yhdysvaltoihin (Ahtiainen 2008). Erityinen ongelma on se, että vaikka joitakin tutkimuksia on olemassa, vesipuidedirektiiviin suoraan liittyviä arvottamistutkimuksia ei ole tehty.

Hyötyjen arvottamisen tulisi kohdistua sekä merialueille että sisävesiin. On selvää, että ei ole järkevää tehdä arvottamistutkimuksia erikseen jokaiselle vesistölle, mutta toisaalta on tarpeen saada varsin yksityiskohtaista tietoa vesien tilan parantamisen hyödyistä jopa vesistötasolla. Euroopassa vesipuidedirektiivin toteuttamiseen liittyvien hyötyjen arvottamisessa käytännöksi näyttää nousevan tulostensiirtomenetelmän (eng. benefit transfer, value transfer) soveltaminen. Tulostensiirto tarkoittaa sitä, että hyödyt arvioidaan tietyille esimerkiksi vesistöille tai vesistöalueille, joista ne yleistetään tietyin muunnoksien muihin, erikseen tutkimattomiin vesistöihin. Alkuperäisiä tutkimuksia suunniteltaessa on otettava huomioon se, että niitä hyödynnetään myöhemmin tulostensiirrossa. Myös kansainväliset tulostensiirrot Euroopan maiden välillä ovat mahdollisia, mutta ne todennäköisesti kasvattavat hyötyarvioiden epäluotettavuutta maiden välisten erojen takia. Lisäksi muualla Euroopassa on keskitytty jokien tilan parantamisen hyötyihin, kun taas Suomessa myös järvien tarkastelu on tärkeää. Muissa maissa tehtyjen tutkimusten lähestymistapojen, menetelmien ja ongelmakohtien tunteminen on kuitenkin tärkeää Suomen omaa arviointia kehitettäessä.

Sisävesissä koituvien ympäristöhyötyjen järjestelmällinen mallintaminen olisi oleellista kattavien, VPD:n edellyttämien kustannus-hyötyanalyysien toteuttamiseksi. Hyötyjen arvioinnin kehittäminen vaatii määrätietoista työtä, joka on jo osin alkanut. MTT Taloustutkimuksessa tehtävien tutkimusten lisäksi myös SYK:essä on kehitteillä esimerkiksi virkistyskäyttöhyötyjen suuruusluokan arviointiin soveltuva VIRVA-malli (Marttunen 2009).

Toisaalta tarve kartoittaa kattavasti sisävesien vedenlaadun hyötyjä ja toisaalta sisävesialueiden lukumäärä ja kirjavuus edellyttävät työn alkuvaiheessa karkeiden ja helposti sovellettavien arvottamismenetelmien kehittämistä. Valtakunnan kattava, mutta eri vesialueille sovellettavissa oleva työkalu voi jo lähtökohtaisestikin toimia vain melko karkealla tasolla. Hyötyjen joustava (eli vähin kustannuksin tehtävissä oleva) haarukoiminen olisi kuitenkin erittäin hyödyllistä, ei pelkästään vesienhoidon suunnittelutyötä silmällä pitäen vaan myös muiden, vesistöihin vaikuttavien toimien arvioinnissa. Eräs mahdollisuus olisi hyötyjen karkea arviointi kullakin alueella vallitsevien ihmistoimintojen osuuksien perusteella.

Tutkimuksen työkaluja kehitettäessä sisävesiä varten tulisi huolellisesti kartoittaa mahdollisuudet hyödyntää jo rakennettuja malleja. Mahdollinen tulevaisuuden työkalu hyötyjen järjestelmällistä arviointia varten saataisi perustua SYK:en kehittämään vesistömallijärjestelmään (Suomen ympäristökeskus 2009), joka sisältää varsin yksityiskohtaisen ja kattavan kuvauksen virtaamista ja vedenlaadusta Suomen sisävesillä. Vesistömallijärjestelmään on mahdollista yhdistää myös sosioekonomisia tilastotietoja maankäytöstä, väestöstä ja vesistöjen käytöstä ja arvostuksesta. Täydennetyin järjestelmän avulla olisi mahdollista tarkastella vesienhoidon toimenpiteiden vaikuttavuutta sisävesien laatuun ja eri väestöryhmien hyvinvointiin sekä edelleen arvioida niiden taloudellista kannattavuutta.

Sisävesien hyötyjen määrittelyn haasteellisuus tulee vesistöjen ja näin ollen vesistövaikutusten ketjuuntumisesta. Vesistökuormituksen muutokset näkyvät ainakin osittain alapuolisten vesistöjen laadussa. Tämä vaikutusten alueellinen ulottuvuus tulisi ottaa huomioon. Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmä saattaisi tarjota hyvän pohjan tämän piirteen huomioimiseksi hyötyjen arvioinnissa. Järjestelmässä pystytään määrittelemään kuormituksen muutoksia vesistöissä. Hyötyjen parametrusointi ihmistoiminnan ominaispiirteiden mukaan ja tämän alueellinen yhdistäminen vesistömallijärjestelmään saattaisi tarjota käyttökelpoisen ja joustavan tavan arvioida hyötyjen suuruusluokkia alueellisesti.

Hyötyarvioiden yhdistäminen vesistömallijärjestelmään vaatii sen, että hyödyt voidaan linkittää vedenlaadun muutokseen. Tätä varten tarvittava hyötyfunktio voidaan estimoida tapaukseen sopivan arvottamismenetelmän pohjalta: matkakustannus-, valintakoe-, ehdollisen arvottamisen menetelmän tai hedonisten hintojen menetelmän avulla. Menetelmän valinta riippuu siitä, mitä hyötyjä halutaan arvioida. Seuraavassa on kerrottu havainnollistamisen vuoksi, millä tavalla esimerkiksi hedonisten hintojen menetelmää voitaisiin käyttää hyötyjen karkeassa arvioinnissa yhdessä vesistömallijärjestelmän kanssa.

Hedonisten hintojen menetelmä perustuu sen arvioimiseen, miten vedenlaadun muutos vaikuttaa rantakiinteistöjen arvoon. Rantakiinteistöjen hinnat heijastelevat useita tekijöitä, kuten etäisyyttä keskuksista, varustelutasoa ja rakennusvuotta. Ympäröivän luonnon ominaisuudet ovat niin ikään tärkeitä, niiden mukana mökkijärven/-joen laatu. Rantakiinteistöjen määrät ja arvot voidaan kartoittaa kohtuullisen pienellä vaivalla. Tarkempi ominaisuuksien selvittäminen vaatii yleensä kyselytutkimuksen tekemistä. Tällä hetkellä on olemassa kansainvälisiä tutkimuksia, joissa on yhdistetty kiinteistöjen arvonmuutoksia vedenlaatuun. Käynnissä on niin ikään suomalaisella aineistolla tehtävä hanke vedenlaadun vaikutuksista kesämökkien hintaan, jonka tuloksia voidaan odotella lähitulevaisuudessa (Vesterinen).

Kiinteistöjen arvonmuutoksen avulla tehtävä hyötyjen määrittelyssä on lukuisia etuja. Ensinnäkin analyysi perustuu pohjimmiltaan kuluttajien todellisiin valintoihin, joten niiden voi olettaa heijastelevan myös todellisia hyötyjä. Menetelmän pohjalta laadittavan hyötyfunktion parametrit ovat varsin konkreettisia ja eri alueille selvitettävissä olevia.

Toisaalta kiinteistöjen arvon kautta tapahtuvaan määrittelyyn liittyy myös heikkouksia. Mikäli kaikkien Suomen vesistöjen vedenlaatu paranisi, eivät kiinteistöjen arvot muuttuisi samalla lailla kuin jos vain vesistön vedenlaatu paranisi. Itse asiassa, mikäli oletetaan, että markkinoille ei tulisi uusia mökkikiinteistöjen omistajia ja tarjontakin pysyisi samana, hinnat eivät reagoisi kauttaaltaan tapahtuvaan vedenlaadun parantamiseen (tai huononemiseen) millään lailla. Tässäkin tapauksessa hyödyn mittari riippuu jossain määrin kaikesta muistakin omaan viihtyvyyteemme liittyvistä suureista ja valinnoista.

Hyötyjen arvioinnissa tulee ottaa huomioon eri menetelmillä selville saatavien hyötyjen mittakaava. Esimerkiksi kiinteistöjen arvonnousu koskee melko pientä joukkoa rantakiinteistöjen omistajia, vaikka hyöty yksittäiselle ihmiselle voikin olla suuri. Virkistyskäyttömahdollisuuksien parantumisesta puolestaan koituu hyötyjä suurelle osalle suomalaisista, vaikka yksittäisen käyttäjän kokema muutos hyödyissä onkin suhteellisen pieni.

5.2 Kustannukset

Etenkin sisävesien osalta fosforikuormituksen vähentäminen on välttämätöntä. Useilla alueilla tämä tarkoittaa maataloudesta peräisin olevan fosforikuormituksen vähentämistä. Liukoisen, vastaanottavissa vesistöissä leväkasvulle välittömästi käytettävissä olevan fosforin huuhtoutumisen estämiseksi on melko vähän keinoja. Selkein näistä on fosforipitoisuuksiltaan turhan korkeiden maiden köyhdyttäminen.

Tämän prosessin kustannusten laskeminen edellyttää vuosien yli ulottuvan päätöksentekoprosessin kaikkien taloudellisten vaikutusten huomioimista. Tässä dokumentissa esitellyn mallin viitekehys on staattinen, myös fosforikuormituksen osalta. Oleellinen parantamiskohde olisikin fosforimallinnuksen dynaamiseksi saattaminen. Samalla malliin tulisi ottaa mukaan karjanlannan kuljetuskustannukset, jotka pitkälti määräävät karjavaltaisten alueiden maaperän rikastumista.

6 Johtopäätökset ja keskustelua

Tässä selvityksessä esitellään malli, jonka avulla voidaan arvioida vedenlaadun parantamiseksi suunnattujen toimenpiteiden taloudellista kannattavuutta. Malli tarjoaa systemaattisen kuvauksen ravinnekuormituksen, meriveden laadun ja kustannusten ja hyötyjen välisistä vuorovaikutuksista Suomen läheisillä merialueilla. Sen avulla on mahdollista ennustaa ja verrata toimenpiteiden kustannusten ja hyötyjen aikauria. Mallin tulosten perusteella päätöksentekijä voi arvioida, onko ehdotettu vesiensuojeluhanke taloudellisen tehokkuuden näkökulmasta kannattava vai ovatko kustannukset kohtuuttomia toimenpiteiden hyötyihin nähden. Mallin avulla voidaan myös havainnollistaa viiveitä toimenpiteiden ja niiden vaikutusten välillä, kunhan luonnontieteellinen kuvaus saadaan luotettavaksi. Tähän mennessä tehdyt laskelmat kuitenkin perustuvat alustaviin parametrisointeihin, eikä numeerisia tuloksia voida vielä käyttää muutoin kuin suuntaa-antavina politiikanton tukena.

Tässä raportissa on kuvattu askeleita mallin kehittämiseksi paremmin päätöksentekoa ja EU:n vesipolitiikkaa palvelevaksi työkaluksi. Keskeisin kehityskohde on sisävesien kytkeminen tarkasteluun. Sisävedet ovat merkittäviä senkin takia, että niiden tilan parantaminen on valtaosin Suomen omien toimien varassa, kun taas merialueiden veden laatuun vaikuttavat useiden maiden toimenpiteet. Biogeokemiallisen mallin ajallisen ja maantieteellisen tarkkuuden parantaminen on myös tärkeä kehityskohde. Hyödyt tulisi kytkeä paremmin ensisijaisiin rehevöitymisen haittoihin, esimerkiksi leväkukintoihin. Hyöty- ja kustannusarvioita varten tarvittaisiin lisää taloudellista tutkimusta. Esimerkiksi vedenottoon, vesiliikenteeseen, ammattikalastukseen, matkailuun, kiinteistöjen/maan arvoon ja ihmisten terveyteen liittyviä hyötyjä tulisi kartoittaa kattavammin. Kaiken kaikkiaan tarkastelu toteuttaa vesipuitedirektiivin toimeenpanemisen taloudellisten tarkastelujen ohjeistuksen henkeä (Wateco 2003). Sen mukaan analyysityökalujen tulee lähteä liikkeelle menetelmällisesti oikeaoppisista, mutta yksinkertaistavista malleista, joita tarkennetaan ja kehitetään vesiensuojelutyön edetessä.

- Ahtiainen, H. 2009. Valuing international marine resources: A meta-analysis on the Baltic Sea. MTT Discussion Papers 1/2009. Helsinki: MTT Taloustutkimus. 37 s. (Verkkodokumentti). Saatavissa internetistä: http://www.mtt.fi/english/publications/dp/2009/DP2009_1.pdf.
- Ahtiainen, H. 2008. Vesistöjen tilan parantamisen hyötyjen arvottaminen. Tarve ja menetelmiä. Suomen ympäristö 7/2008. Helsinki: Suomen ympäristökeskus SYKE. 55 s. + taul. Saatavissa internetistä: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=81698&lan=fi>.
- Boardman, A.E., Greenburg, D.H., Vining, A.R. & Weimer, D.L. 2006. Cost-benefit analysis: concepts and practice. 3rd edition. Pearson Prentice Hall, New Jersey. 560 s. ISBN 0-13-143583-3.
- Brouwer, R. 2008. The potential role of stated preference methods in the Water Framework Directive to assess disproportionate costs. *Journal of Environmental Planning and Management* 51(5): 597–614.
- Conclusions on Exemptions and Disproportionate Costs. 2008. Water Directors' meeting under Slovenian Presidency, Brdo, 16-17 June 2008. 6 s. Saatavissa internetistä: http://www.wrrl-info.de/docs/wrrl_ConclusionsExemptions2008.pdf.
- European Commission 2009. Guidance Document on Exemptions to the Environmental Objectives. Guidance Document No. 20. Common Implementation Strategy for the Water framework Directive (2000/60/EC), Technical Report – 2009–027. 42 s. Saatavissa internetistä: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/documentn20_mars09pdf/_EN_1.0_&a=d.
- Görlach, B. & Pielen, B. 2007. Disproportionate Costs in the EC Water Framework Directive – The Concept and its Practical Implementation. Paper presented at the envecon 2007. Applied Environmental Economics Conference in London, March 2007. 17 s. Saatavissa internetistä: <http://ecologic.eu/download/vortrag/2007/goerlach-pielen-envecon-paper.pdf>.
- Hanley, N. & Black, A.R. 2006. Cost-Benefit Analysis and the Water Framework Directive in Scotland. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2(2): 256–265.
- Helin, J. 2009. Kotieläintalouden ravinnekierron ympäristötaloudellinen optimointi - aluemalli maidon- ja viljantuotantoon erikoistuneille tiloille. Teoksessa: Turtola, E. & Ylivainio, K. (toim.). Suomen kotieläintalouden fosforikierto - säätöpotentiaalimaatiloilla ja aluetasolla. *Maa- ja elintarviketalous* 138. Jokioinen: MTT. s. 190–223. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met138.pdf>.
- Hime, S., Bateman, I.J., Posen, P. & Hutchins, M. 2009. A transferable water quality ladder for conveying use and ecological information within public surveys. CSERGE Working Paper EDM 09-01. 36 s. Saatavissa internetistä: http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/edm/edm_2009_01.pdf.
- Hyytiäinen, K., Ahtiainen, H., Heikkilä, J., Helin, J., Huhtala, A., Iho, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Pouta, E. & Vesterinen, J. 2009. An integrated simulation model to evaluate national policies for the abatement of agricultural nutrients in the Baltic Sea. *Agricultural and Food Science*. Painossa.
- Marttunen, M. 2009. Karvianjärven tarkastelu – virkistyskäyttövaikutusten alustava arviointi.
- NERA & Accent 2007. The Benefits of Water Framework Directive Programmes of Measures in England and Wales. A Final Report to Defra re CRP Project 4b/c. 6 November 2007. 114 s. Saatavissa internetistä: <http://www.wfdcrp.co.uk/pdf%5CCRPSG%204bcd%20Final.pdf>.

Suomen ympäristökeskus 2009. Yleistietoa vesistömallijärjestelmästä. Viitattu 24.8.2009. Saatavissa internetistä: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11404&lan=fi>.

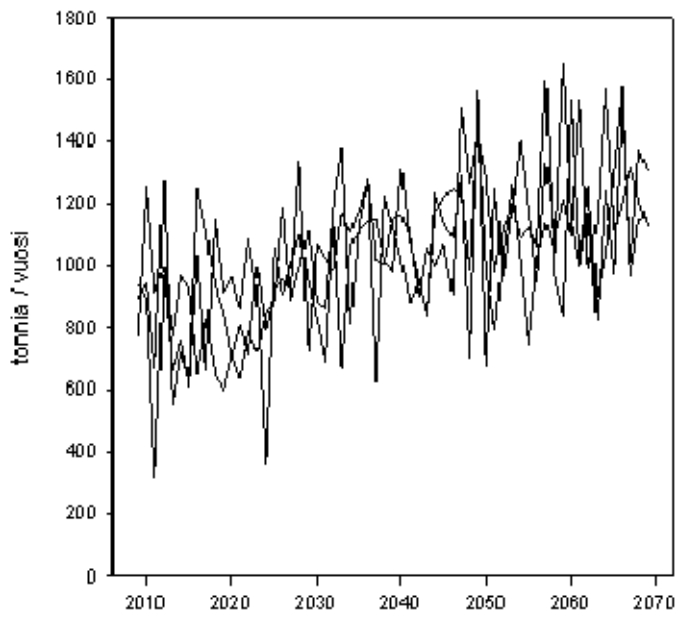
TPO-projekti 2008. Toimenpiteiden valinta ja taloudelliset tarkastelut. Versio 3.7.2008. 39 s. Saatavissa internetistä: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=88316&lan=fi>.

Vesterinen, J., Pouta, E., Huhtala, A. & Neuvonen, M. 2009. Impacts of changes in water quality on recreation behavior and benefits in Finland. Artikkelikäsikirjoitus.

Vesterinen, J. A spatial hedonic approach to the value of water quality in summer house markets. Työotsikko tekeillä olevalle tutkimukselle.

Wateco 2003. Economics and the Environment - The Implementation Challenge of the Water Framework Directive. Guidance Document No. 1. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). ISBN 92-894-4144-5. 270 s. Saatavissa internetistä: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/guidancesnos1seconomicss/_EN_1.0_&a=d.

Liite 1. Suomenlahteen tulevan fosforikuormituksen kehitysura



Kuva L1. Kolme mahdollista kehitysuraa Suomen jokien kautta Suomenlahteen tulevan fosforikuormituksen kehityksestä.

Liite 2. Siirtofunktio ja siinä käytetyt parametrit

Arvioitu siirtofunktio näkösyvyyden (sch) yhdistämiseksi ravinnepitoisuuksiin on:

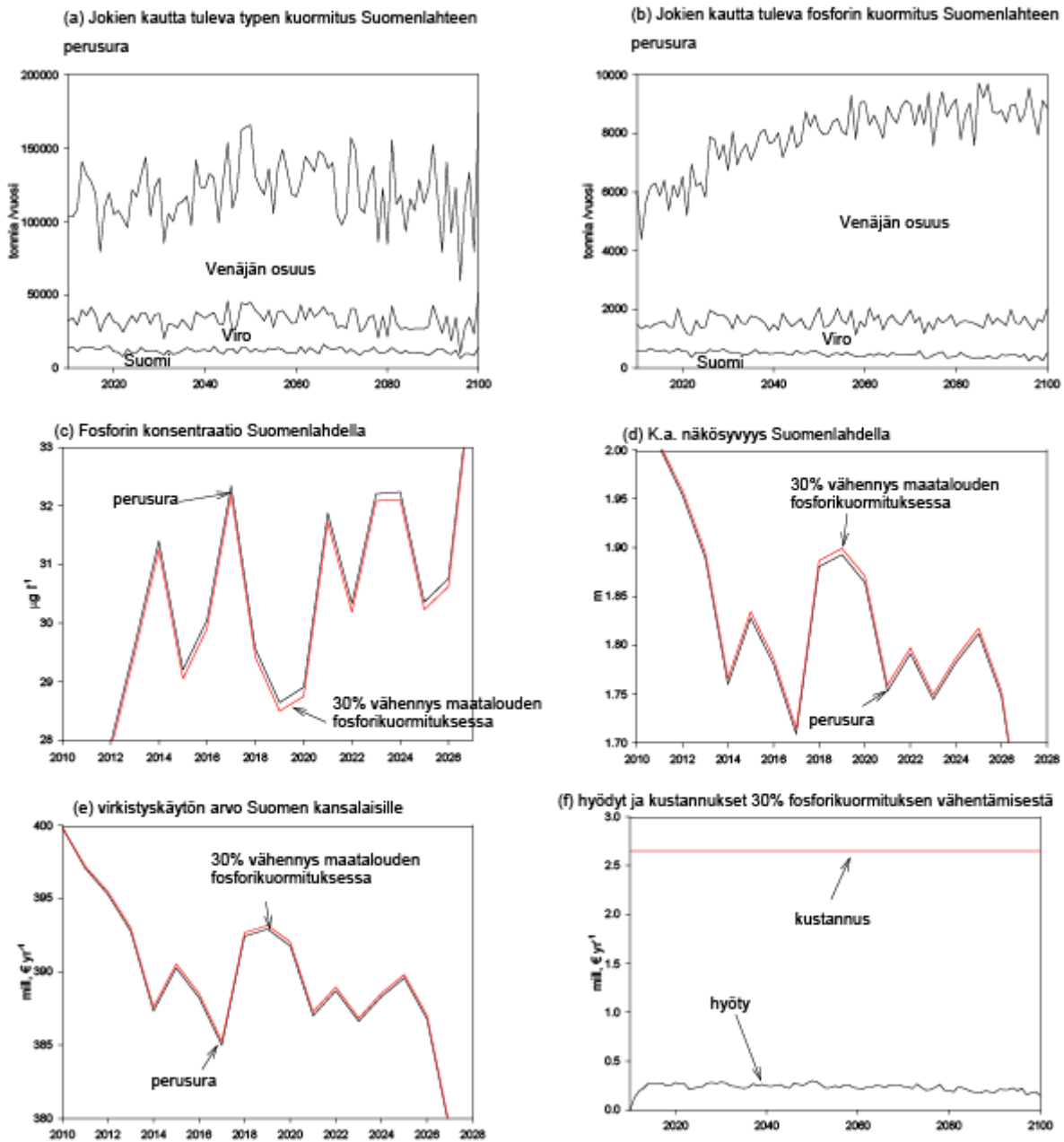
$$sch_{i,h,t} = \eta_i + \kappa_{1,i} \ln(c_{i,h,t}^P) + \kappa_{2,i} \ln(c_{i,h,t}^N) + \kappa_{3,i} \frac{c_{i,h,t}^N c_{i,h,t}^P}{1000} + \kappa_{4,i} temp + \kappa_{5,i} depth, i = 1,2,3, \forall h, t$$

jossa c^P ja c^N ovat fosforin ja typen pitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) ja η_i ja $\kappa_{1,i}, \dots, \kappa_{5,i}$ ovat estimoituja parametreja. Parametrien arvot löytyvät alla olevasta taulukosta. Ravinnevähennyspolitiikkaa kuvaa parametri h (perusskenaario, 30 % vähennys fosforikuormituksessa, 30 % vähennys typpikuormituksessa). Laskelmissa veden lämpötila ($temp$) on 20 °C ja veden syvyys ($depth$) on 15 metriä. Siirtofunktiot on laskettu erikseen kolmelle altaalle i .

Taulukko L1. Veden näkösyvyyden siirtofunktion parametrit (parametrit arvioitu Vesterinen ym. 2009 perusteella):

allas i	η_i	κ_1	κ_2	κ_3	κ_4	κ_5
1 (Perämeri)	8.099	-1.401	-0.506	0.023	0	0.019
2 (Selkämeri)	15.602	-1.82	-1.612	0.052	0.032	0.025
3 (Suomenlahti)	11.146	-1.254	-0.809	0.007	-0.042	0.031

Liite 3. Yksi mahdollinen kehityskulku jokien kautta Suomenlahteen tuleville typelle ja fosforille, fosforin k.a. konsentraatiolle Suomenlahdella, k.a. näkösyvyydelle, virkistyskäytön arvolle sekä hyödyille ja kustannuksille 30 % fosforikuormituksen vähentämisestä



NPV = -59 milj. €

BC = 0.085

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI₁

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

Puh. (03) 4188 2327, sähköposti julkaisut@mtt.fi

