



Suomen ympäristökeskus

Kustannustehokkaat vesiensuojelutoimenpiteet Läntisen Pien-Saimaan valuma- alueella

Turo Hjerppe
1.7.2013

Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
2	KUTOVA-malli	2
2.1	Kustannukset	4
2.2	Reduktiot	4
2.3	Lähtökuormitus	5
2.4	Toimenpiteen maksimiala	6
2.5	Toimenpideyhdistelmät	6
2.5.1	Toimenpiteiden käyttöön liittyvät rajoitukset	6
2.6	Toimenpiteiden väliset yhteydet	6
2.7	Laskentatapa	8
2.8	Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu	9
3	Lähtötiedot	12
4	Tulokset.....	12
4.1	Koko Läntisen Pien-Saimaan valuma-alue	12
4.1.1	Yksittäiset toimenpiteet.....	13
4.1.2	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä	15
4.1.3	Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä.....	17
4.1.4	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla	17
4.2	Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen	18
4.3	Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet	22
5	Tulevaisuuskuvat	24
6	Vertailu muihin pilottialueisiin	26
7	Yhteenveto	28
	Lähteet.....	29
	LIITE 1. KUTOVA-mallin laskennassa käytetyt kustannukset, niiden perustelut ja jakautuminen eri toimijoille.....	31
	LIITE 2. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-mallissa ja niiden perustelut.	34
	LIITE 3. Toimenpiteiden lähtökuormituksen määrittäminen.	36
	LIITE 4. Toimenpiteiden maksimialojen määrittäminen KUTOVA-mallissa.	37
	LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella.	38

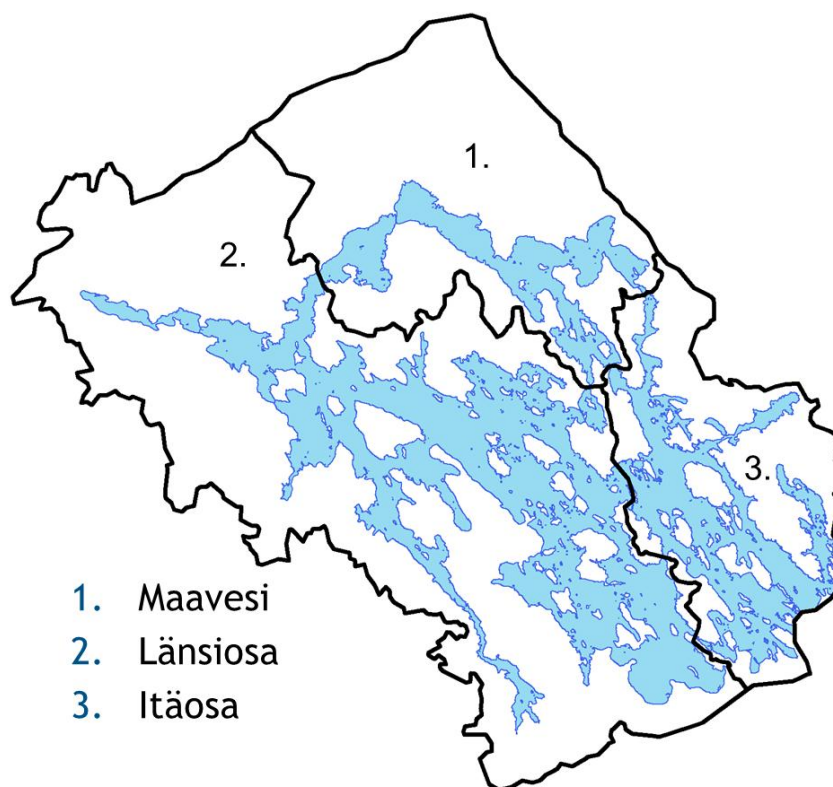
1 Johdanto

Tämä tutkimus on osa SYKEN toteuttamaa EU LIFE+ -rahoitteista GisBloom-hanketta. Hankkeen tavoitteena on parantaa vesien tilaa huomioiden vesipuitedirektiivin tavoitteet. Lisäksi hankkeessa kehitetään ja sovelletaan menetelmiä leväkukintojen vähentämiseksi ja pyritään lisäämään kansalaisten sekä järjestöjen osallistumista vesistöjen kehittämiseen. Yksi hankkeen pääteemoista on sosio-ekonomiset tarkastelut, joka käsittää muun muassa vesiensuojelun kustannus-hyötytarkastelun. Kustannustehokkaiden vesiensuojelutoimenpiteiden valintatyökalulla (KUTOVA) voidaan tarkastella vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuutta sekä muodostaa kustannustehokkaita vesiensuojelutoimenpiteitä. KUTOVA-malli on alun perin kehitetty ainoastaan maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuustarkasteluun Pro Gradu -työnä (Kunnari 2008). Mallia on kehitetty edelleen Karvianjoen tulevaisuustarkastelut (KarTuTa) ja GisBloom-hankkeissa muun muassa lisäämällä siihen toimenpiteitä myös muilta sektoreilta. GisBloom hankkeissa KUTOVA-mallia sovelletaan Pien-Saimaan lisäksi Hiidenvedellä, Vantaanjoella, Vanajavedellä ja Lapuanjoella. Lisäksi mallia on aiemmin sovellettu Karvianjoella, Paimionjoella sekä Temmesjoella.

Pien-Saimaa on Vuoksen vesistöön kuuluva Saimaan osa. Se sijaitsee Lappeenrannan, Taipalsaaren, Savitaipaleen ja Lemminkisen kuntien alueilla. Pien-Saimaa koostuu useista kapeiden salmien yhdistämistä altaista ja lahdista. Sen osa-alueita ovat muun muassa Lavikanlahti ja Maavesi järven pohjoisosassa, kapea Jokilahti järven länsipuolella sekä laajemmat altaat Piiluvan-, Sunisen- ja Riutanselät sekä Vehkakaipaaleen itäpuoleiset alueet. Pien-Saimaan osa-alueista Maavesi on välttävissä ekologisessa tilassa muiden alueiden ollessa tyydyttävässä tilassa. Lavikanlahdelta ei ekologista luokitusta ole tehty, mutta sen on kokonaisfosfori- ja klorofyllipitoisuudet osoittavat tyydyttävää ekologista tilaa. Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuusanalyysi tehdään tässä tarkastelussa Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueelle (kuva 1). Tarkastelu tehdään koko valuma-alueelle ja lisäksi vertaillaan valuma-alueen kolmea osa-valuma-aluetta, jotka ovat Maavesi sekä Läntisen Pien-Saimaan itä- ja länsiosa.

2 KUTOVA-malli

KUTOVA -malli laskee vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden eli hintalapun yhden fosforikilon vähentämiseksi. Malli sisältää toimenpiteitä maatalouden, metsätalouden, haja-asutuksen ja turvetuotannon sektoreilta. Mallin lähtötietoja ovat kuormitus sektoreittain, toimenpiteiden maksimialat ja maatalouden toimenpiteiden osalta toimenpiteiden reduktiot. Lähtötiedot kerätään pääasiassa Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän vedenlaatu osiosta (VEMALA), viljelyalueiden valumavesien hallintamallista (VIHMA), Suomen ympäristö-



© SYKE © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12

Kuva 1. Läntinen Pien-Saimaa valuma-alueineen.

keskuksen vesistökuormitusjärjestelmästä (VEPS) ja valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI). Metsätalouden toimenpiteiden osalta lähtötietoja (hakkuuala ja kunnostusojitusala) täytyy pyytää metsäkeskukselta. Malliin on lisäksi sisällytetty tietoa toimenpiteiden kustannuksista ja reduktioista.

Nykyisen KUTOVA-mallin taustalla on varhaisempi KUTOVA-malli, joka kehitettiin Suomen ympäristökeskuksen toimeksiantona. Työn taustalla oli tarve kehittää työkalu Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin edellyttämien vesienhoitotoimenpiteiden kustannustehokkuusanalyysiä varten (Kunnari 2008). Alkuperäinen KUTOVA-malli oli Excel-pohjainen työkirja, joka oli ohjelmoitu Visual Basic for Applications -ohjelmointikielillä. KUTOVA-mallin ongelmana oli se, että siihen sillä oli mahdollista tarkastella vain hyvin rajallista toimenpidejoukkoa. Lisäksi se oli käyttäjän kannalta vaikeaselkoinen ja raskas.

KUTOVA:n perustalta lähdettiin Karvianjoen tulevaisuustarkastelut (KarTuTa) -hankkeessa kehittämään uutta KUTOVA+ mallia. Kehittämisessä tavoitteena oli parantaa mallin läpinäkyvyyttä ja käyttäjän mahdollisuuksia parantaa laskentaa. Lisäksi haluttiin lisätä tarkasteltavien toimenpiteiden määrää. KUTOVA+ mallia on toistaiseksi sovellettu Karvianjoen, Paimionjoen ja Temmesjoen vesistöalueilla. GisBloom-hankkeessa mallia tullaan lisäksi soveltamaan vielä

Hiidenvedellä, Pien-Saimaalla, Vanajavedellä, Lapuanjoella ja Vantaanjoella. GisBloom-hankkeen pilottitarkasteluja varten KUTOVA+ mallia on kehitetty edelleen ja nyt käytössä on uusi KUTOVA 1.1 -versio, jota käytetään kaikilla pilottialueilla.

Tässä kappaleessa selvitetään yksityiskohtaisesti mallin lähtötiedot ja laskentaan liittyvät oletukset.

2.1 Kustannukset

Kustannukset perustuvat pääasiassa vesienhoidon suunnittelutyössä laadittuihin suosituksiin. Toimenpiteiden investointikustannukset on pääomitettu käyttäen eri toimenpiteille suositeltua kuoletusaikaa ja 5 %:n korkoa. Laskelmissa käytetty korkokanta valittiin Suomen Pankin tilastojen mukaan. Peruskorko on korkeimmillaan ollut 9,5 prosenttia ja alimmillaan 1,25 prosenttia tarkasteluajanjaksolla 1950 – kesäkuu 2012. Laskelmien korkokanta 5 % on peruskoron keskiarvo pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun (Suomen Pankki 2012).

Toimenpiteiden käyttökustannukset on otettu mukaan sellaisenaan vesienhoidon sektoritiimien mietinnöistä. Näin on saatu kullekin toimenpiteelle laskettua vuosikustannus. Kaikkien toimenpiteiden investointikustannukset, kuoletusaika ja käyttökustannukset sekä niiden perusteella laskettu vuosikustannus on esitetty liitteessä 1. Liitteessä 1 on esitelty myös toimenpiteiden kustannusten perustelut ja toimenpiteiden kustannusten kohdentuminen eri toimijoille. Toimenpiteiden kustannuksien minimi- ja maksimiarvojen määrittelyssä on hyödynnetty olemassa olevaa tietoa toteutuneista kustannuksista sekä asiantuntijoiden arvioita kustannusten todellisesta vaihteluvälistä.

2.2 Reduktiot

Toimenpiteiden vaikutukset fosforikuormitukseen on koottu saatavilla olleista tutkimuksista.

Maatalouden toimenpiteissä on hyödynnetty suurelta osin VIHMA-mallia (Puustinen ym. 2010).

Maatalouden toimenpiteiden vaikutusta ei ole annettu valmiina, vaan se täytyy arvioida VIHMA-mallin avulla.

VIHMA-mallilla voidaan arvioida tarkasteltavan alueen pelloilta tulevaa ravinnekuormitusta ja muokkauskäytäntöjen vaikutusta, kun tiedetään peltojen maalaji, kaltevuus, P-luku ja muokkaustapa. P-luku, maalaji ja kaltevuus saadaan suoraan vesistömallijärjestelmästä halutulle valuma-alueelle. Muokkaustapa voidaan arvioida kasvilajin mukaan. Kasvilajijakauma saadaan vesistömallijärjestelmästä. Tarkasteluissa käytetyssä VIHMA-mallin versiossa pellot jakautuivat kolmeen eri muokkauskäytäntöön alkutilanteessa:

1. syyskynnetyt (kevätiljat): ohra, kevätvehnä, kaura, seosvilja, rypsi, rapsi, sokerijuurikas, peruna, avokesanto, muut kasvit
2. syysviljat: syysvehnä, ruis, öljykasvit
3. pysyvät nurmet: niitonurmet, tuorehununurmet, muut nurmet

Muuttamalla alkutilanteen muokkauskäytäntöä saadaan arvioitua esimerkiksi talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutus fosforikuormitukseen. VIHMA-mallin avulla voidaan arvioida myös suojavyöhykkeiden ja kosteikoiden vaikutus.

Muiden toimenpiteiden vaikutuksiin on annettu arvio, jota voidaan muuttaa, jos alueelta on tarkempaa tietoa. Toimenpiteiden vaikutukset fosforikuormitukseen ja perustelut toimenpiteiden vaikutuksille on esitetty liitteessä 2.

2.3 Lähtökuormitus

Koska suurin osa toimenpiteiden vaikutuksista on annettu prosentuaalisena vähennyksenä tulevasta kuormituksesta, täytyy kullekin toimenpiteelle määritellä lähtökuormitus, johon toimenpide vaikuttaa. Lähtötietoina KUTOVA tarvitsee VEMALAn ja VEPSin arviot kuormituksen jakautumisesta, VIHMAN arvion peltomaiden kokonaisfosforikuormituksesta sekä nurmien ja syysviljeltyjen peltomaiden kuormituksesta ja vesistömallin arvion peltomaiden, haja-asutuksen ja muusta kuormituksesta. Tarkasteluissa kaikki kuormitus suhteutetaan vesistömallin arvioon (VEMALA), jotta KUTOVA:n antama kuormituksen muutos on mahdollista syöttää vesistömallijärjestelmään järven fosforipitoisuuden simulointia varten. Periaatteessa voitaisiin myös käyttää VEPSin arviota kuormituksesta sellaisenaan ja suhteuttaa VIHMAN arviot siihen.

Sektorikuormitukseen liittyvät seuraavat oletukset:

- Maatalouden kuormituksessa ei oteta huomioon karjatalouden kuormitusta, vaan kyseessä on pelkästään pelloilta tuleva kuormitus.
- Metsätalouden kuormituksen oletetaan tulevan vain kunnostusojituksista ja hakkuista. Kuormitus jaetaan ojituksen ja hakkuiden alojen suhteessa.
- Haja-asutuksen kuormitus jaetaan vakituiseen asutukseen ja loma-asutuksen kesken VEPSin tietojen perusteella.
- Turvetuotannon toimenpiteiden kuormituksessa otetaan huomioon jo toteutetut vesiensuojelutoimet. Olemassa olevat turvetuotannon vesiensuojelutoimenpiteet saadaan VAHTI-järjestelmästä.

Eri toimenpiteiden lähtökuormitukset saadaan sektorikuormituksista liitteen 3 mukaisesti.

2.4 Toimenpiteen maksimiala

Koska toimenpiteen vaikutus lasketaan koko toimenpidealalle tulevan kuormituksen avulla, täytyy kustannusten ja yksikköreduktion laskemista varten arvioida toimenpiteen maksimaalinen toteutusala. Maksimialoja arvioitaessa pyritään ottamaan huomioon jo toteutetut toimenpiteet. Peltotiedot arvioidaan VEMALASTA saatavien TIKEn tietojen avulla. Haja-asutuksen määrä saadaan VEPSistä tai rakennus- ja huoneistorekisterin tietokannasta. Turvetuotannon vesiensuojelutoimenpiteet on listattu VAHTI-tietojärjestelmään.

Suojavyöhykkeen kustannus on ilmoitettu suojavyöhykkeen alaa kohti, ei siis sen peltolohkon alaa kohti, jolle suojavyöhyke perustetaan. Sen takia täytyy arvioida, mikä on suojavyöhykkeen koko peltolohkosta. Oletetaan että suojavyöhyke perustetaan 2,2 ha peltolohkolle, jonka vesistöön rajoittuvan sivun pituus on 120 metriä. Tämä vastaa keskimääräistä peltolohkoa. Suojavyöhykkeen leveys on 15 metriä, joten sen alaksi saadaan 0,18 ha. Suojavyöhykkeen osuus on siis 8% koko peltolohkosta.

Toimenpiteiden maksimialat on esitetty tarkemmin liitteessä 4.

2.5 Toimenpideyhdistelmät

Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja toteuttamislajisuuden perusteella voidaan laatia toimenpideyhdistelmiä. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitaan toimenpiteitä kustannustehokkuusjärjestyksessä. Kun toimenpide on valittu, sen vaikutus sektorin kuormitukseen huomioidaan ja lasketaan muille toimenpiteille uusi kustannustehokkuus. Toimenpideyhdistelmien tekeminen mahdollistaa käyttäjän harkinnan toimenpiteiden toteuttamislajisuuden valinnassa. Lisäksi kokonaiskustannuksille voidaan asettaa tavoite summa. Malli laskee myös valitun toimenpideyhdistelmän kustannusten jakautumisen sektoreittain eri toimijoille sekä toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman sektoreittain ja kokonaiskuormituksesta.

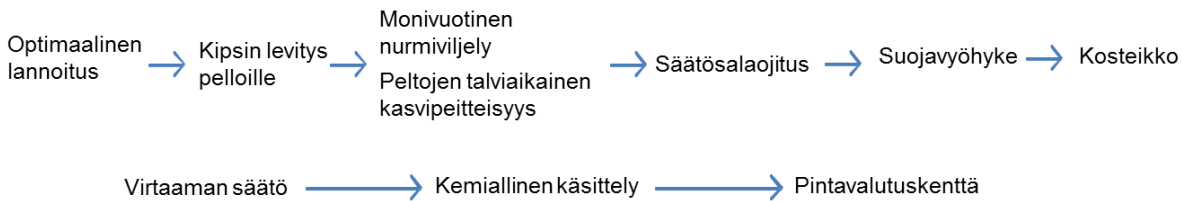
2.5.1 Toimenpiteiden käyttöön liittyvät rajoitukset

Kipsin levitystä pelloille ei suositella laajalti sellaisien järvien valuma-alueella, joiden sulfaattipitoisuus on pieni. Kipsin levittäminen lisää vesistön sulfaattipitoisuutta ja päätyessään järvioltaisiin sulfaatti voi kiihdyttää sisäistä kuormitusta. Kipsillä saavutettavan fosforikuorman aleneman ja kasvavan sisäisenkuormituksen nettovaikutuksesta ei ole tutkimustietoa (Ekholm *et al.* 2011).

2.6 Toimenpiteiden väliset yhteydet

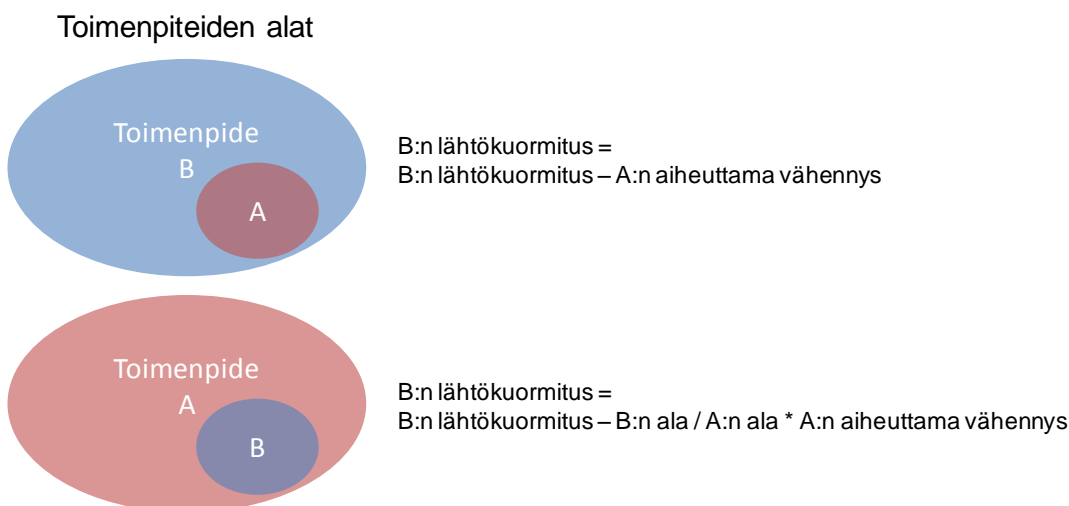
Toimenpiteillä voi olla vaikutuksia toisiinsa. Esimerkiksi talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely ovat toisensa poissulkevia toimenpiteitä. Lisäksi ne vähentävät pelloilta

tulevan kuormituksen määrää, mikä vaikuttaa puolestaan suojavyöhykkeen tehokkuuteen. Toimenpiteiden vaikutukset toisiinsa on huomioitu maatalouden ja turvetuotannon osalta seuraavasti:



Optimaalinen lannoitus siis vaikuttaa kaikkiin muihin maatalouden toimenpiteisiin, ja säätösalaajitus vain suojavyöhykkeiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säätösalaajituksen ja suojavyöhykkeiden piiriin tulevaa kuormitusta. Koska reduktiot on esitetty prosentuaalisina, vaikuttaa lähtökuormituksen väheneminen toimenpiteen tehokkuuteen.

Toimenpiteiden toteuttamislajuuus otetaan huomioon seuraavasti. Oletetaan, että toimenpide A vaikuttaa toimenpiteeseen B. Jos toimenpiteen A toteutettava ala on pienempi kuin toimenpiteen B maksimiala, vähennetään toimenpiteen B lähtökuormituksesta toimenpiteen A aikaansaama kuormituksen vähenemä. Muussa tapauksessa vähennetään toimenpiteen B lähtökuormituksesta toimenpiteiden alojen suhteella kerrottu kuormituksen vähenemä. Kuvassa 2 on havainnollistettu laskentaa.



Kuva 2. Toimenpiteiden toteuttamislajuuuden huomioiminen, kun toimenpiteet vaikuttavat toisiinsa.

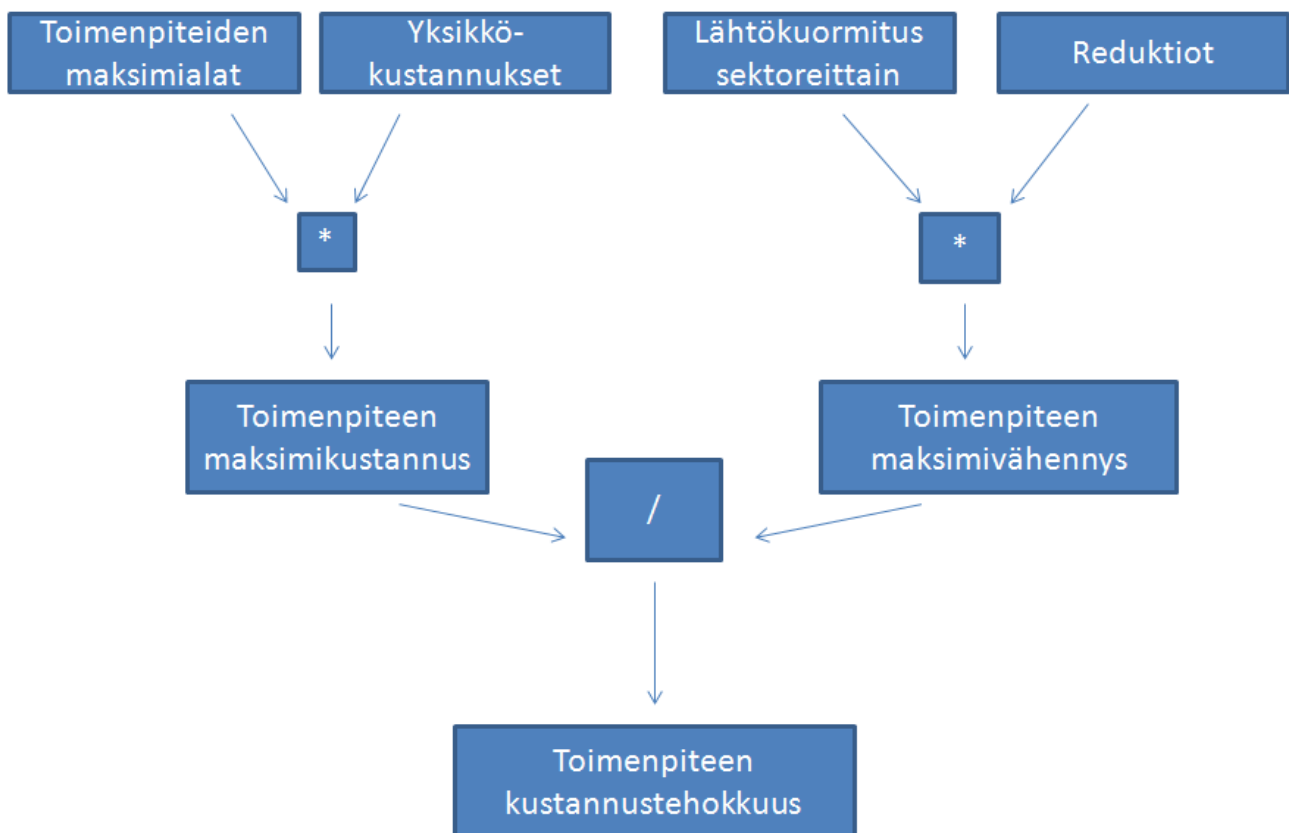
Toisensa poissulkevia toimenpiteitä mallissa ovat peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely, viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueelle ja haja-astutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien puhdistusmenetelmät sekä turvetuotannon pintavalutuskentät

pumppaamalla ja ilman pumppausta. Toimenpiteiden päällekkäisyys on huomioitu mallissa siten, että toimenpideyhdistelmiä tehtäessä toimenpiteen maksimiala pienenee, kun samalla alalla tehtävää toista toimenpidettä lisätään toimenpideyhdistelmään.

2.7 Laskentatapa

Toimenpiteen kustannustehokkuus määritetään toimenpiteen kustannusten (maksimikustannus) ja kuormituksen vähennyspotentiaalin (maksimivähennys) suhteena, kun toimenpide toteutetaan maksimilaajuudessaan. Toimenpiteen maksimivähennys saadaan toimenpiteen reduktion ja lähtökuormituksen tulona ja maksimikustannus saadaan yksikkökustannusten ja toimenpiteen maksimialan tulona. Mallin laskentatapaa on havainnollistettu kuvassa 3.

Laskenta poikkeaa hieman kosteikoille, joiden maksimivähennys lasketaan reduktion ja maksimialan tulona. Kosteikoiden reduktio on ilmoitettu muodossa kg/kpl, joten suurin mahdollinen toimenpiteellä saavutettava vähennys saadaan laskemalla toimenpiteen maksimilukumäärän ja reduktion tulona.



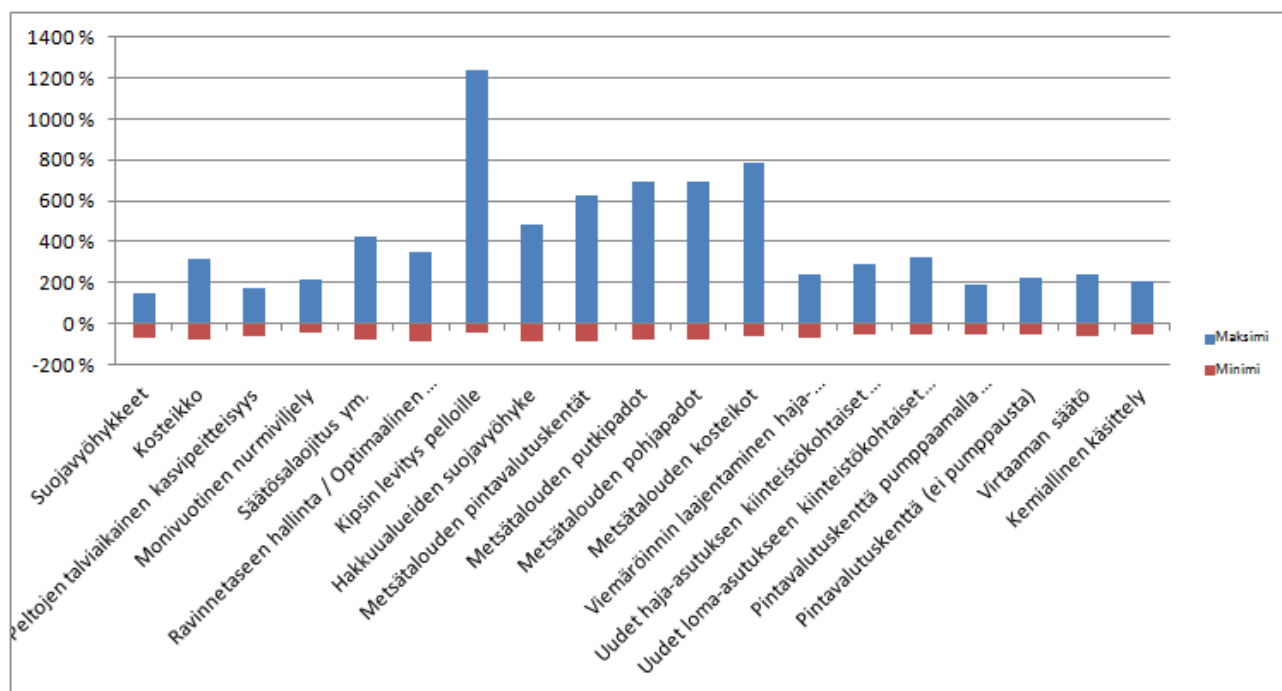
Kuva 3. Systemikaavio KUTOVA+-mallin laskentatavasta.

2.8 Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu

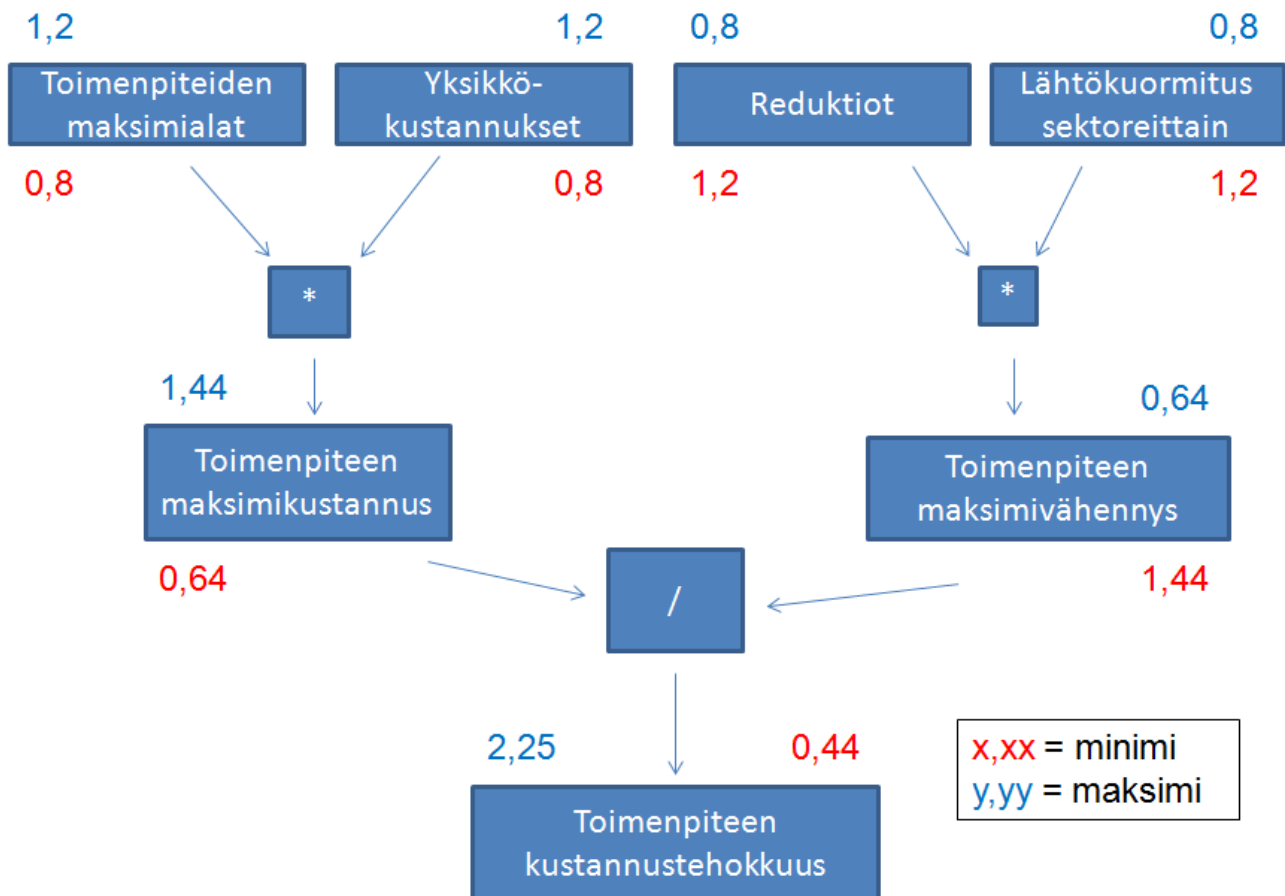
Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 1 mukaisesti. Kuvassa 4 on esitetty kustannustehokkuuden minimi ja maksimi arvon poikkeama mallin oletusarvosta toimenpiteittäin. Erot toimenpiteiden välillä syntyvät erilaisista investointikustannuksista ja kuoletusajoista. Ero minimi- ja maksimiarvojen poikkeaman suuruudessa aiheutuu mallin laskentatavasta (kuva 5). Kustannustehokkuuden maksimiarvo syntyy kun maksimikustannus on oletusarvoa suurempi ja maksimivähennys oletusarvoaan pienempi. Minimiarvoon vaihtelu vaikuttaa päinvastoin.

Taulukko 1. Minimi- ja maksimiarvot on saatu muuttamalla lähtötietoja ja laskennassa käytettäviä tietoja seuraavalla tavalla

	Minimi	Oletustiedon alkuperä	Maksimi
Kuormitus	+20%	VEMALA, VIHMA & VEPS	-20%
Maksimialat	-20%	VEMALA, VIHMA, VEPS & VAHTI	+20%
Reduktiot	+20%	VIHMA, kirjallisuus	-20%
Kustannukset	min	Sektoritiimien loppuraporteista	max
Kuoletusaika	+20%	Sektoritiimien loppuraportit	-20%
Korko	-20 %	5%	+20%



Kuva 4. Kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon poikkeama mallin oletusarvosta.

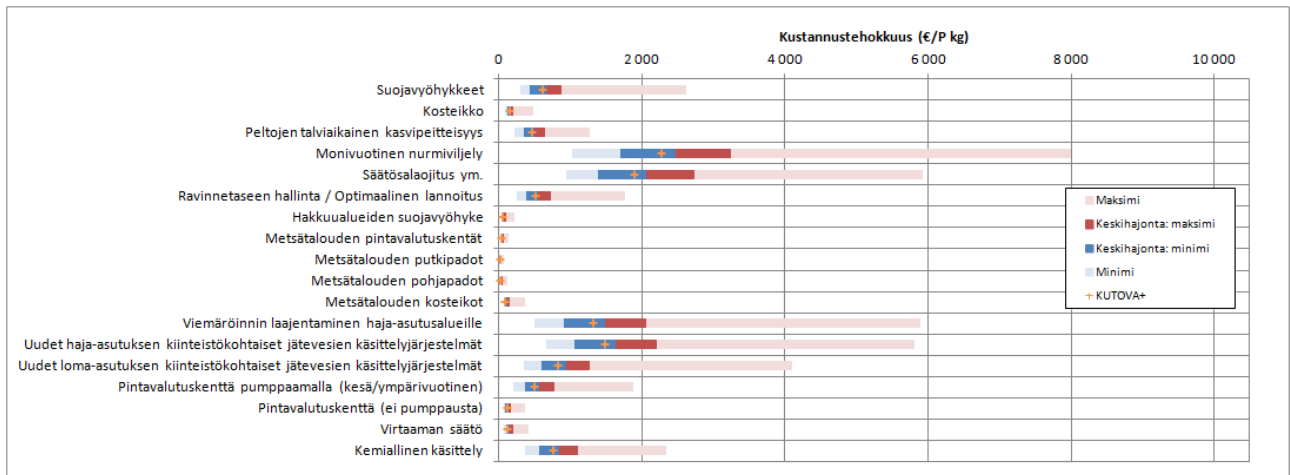


Kuva 5. Laskentatavan vaikutus kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon muodostumiseen ilman koron ja kuoletusajan vaikutusta. Sinisellä värillä merkatut kertoimet (1=oletusarvo) havainnollistavat maksimiarvon syntymistä ja punaisella merkatut minimiarvon syntymistä.

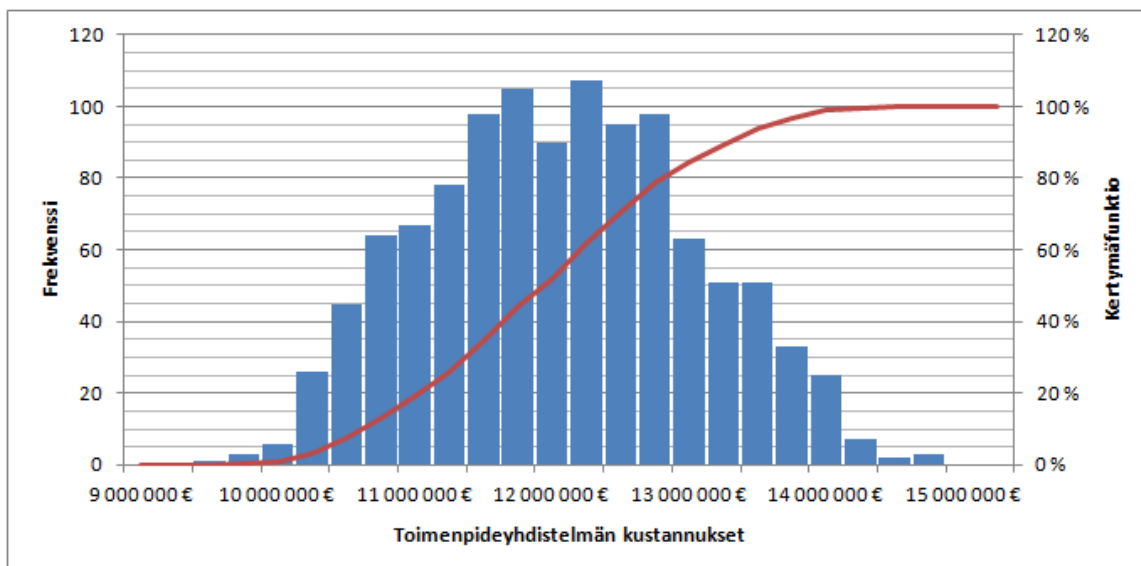
Minimi- ja maksimiarvojen lisäksi malli laskee Monte Carlo -simulointia hyödyntäen kustannustehokkuudelle keskihajonnan, joka antaa paremman kuvan tulosten todellisesta luottamusvälistä kuin minimi- ja maksimiarvot (kuva 6). Monte Carlo -simuloinnissa mallin lähtötietoja poikkeutetaan oletusarvosta taulukon 8 mukaisesti. Kutakin muuttujaa heilutetaan laskennassa satunnaisesti minimi- ja maksimiarvon välillä. Arvonta toistetaan 1000 kertaa ja määritetään arvotuille tuloksille keskiarvo ja keskihajonta.

Yksittäisten toimenpiteiden lisäksi myös toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannuksien ja saavutettavan kuormitusaleneman todennäköisyysjakauma määritetään Monte Carlo -menetelmän avulla (kuvat 7 ja 8). Tulokset esitetään luokkafrekvenssijakaumana, eli kuvataan kuinka monta kertaa arvonnin tulos osuu kyseiseen luokkaan.

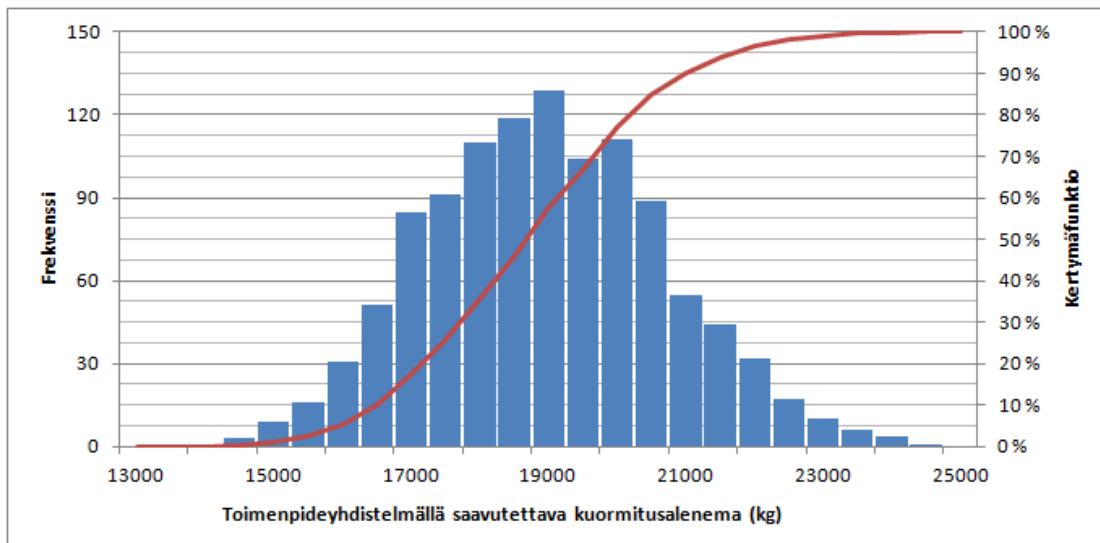
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.



Kuva 6. Esimerkki Monte Carlo -simuloinnin avulla määritetyistä toimenpidekohtaisista kustannustehokkuuksista sekä KUTOVA-laskennan tuloksesta.



Kuva 7. Esimerkki toimenpideyhdistelmän kustannuksien todennäköisyysjakaumasta.



Kuva 8. Esimerkki toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman todennäköisyysjakaumasta.

3 Lähtötiedot

Liitteen 5 taulukoissa on esitetty Läntisen Pien-Saimaan tarkastelussa käytetyt lähtötiedot. Lähtötiedot on esitetty osavaluma-alueittain ja koko valuma-alueelle. Valuma-alueen kuormituksen arvioinnissa KUTOVA-mallissa käytetään hyödyksi vesistömallijärjestelmän vedenlaatuosiota (VEMALA), vanhempaa Suomen ympäristökeskuksen vesistökuormitusjärjestelmää (VEPS) sekä viljelyalueiden valumavesien hallintamallia (VIHMA) (Liite 5, taulukko 1).

Toimenpiteiden maksimialojen arviointia varten KUTOVA-malliin on kerätty maatalouden osalta tietoja VIHMAsta ja VEMALASTA, metsätalouden osalta Häme-Uusimaan metsäkeskuksesta, Haja-asutuksen osalta VEPS-tietokannasta ja turvetuotannon osalta VEPS-tietokannasta ja VAHTI-tietojärjestelmästä (Liite 5, taulukot 2 ja 3).

Maatalouden toimenpiteiden reduktiot on laskettu VIHMA-mallissa ennen KUTOVAan tuomista (Liite 5, taulukko 4). Muiden toimenpiteiden reduktiot on mallissa sisään rakennettuina ja perustuva kirjallisuuteen (kts. luku 2.2).

4 Tulokset

Tässä luvussa kuvataan KUTOVA-tarkastelun tulokset sovellettuna Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueelle. Luvussa 4.1 kuvataan yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikutus kuormitukseen sekä kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen. Lisäksi luvussa tarkastellaan Läntisen Pien-Saimaan alueen vesienhoitosuunnitelmia ja verrataan niitä kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon. Luvussa 4.2. on vertailtu Läntisen Pien-Saimaan osa-alueita ja luvussa 4.3 kuvataan tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia.

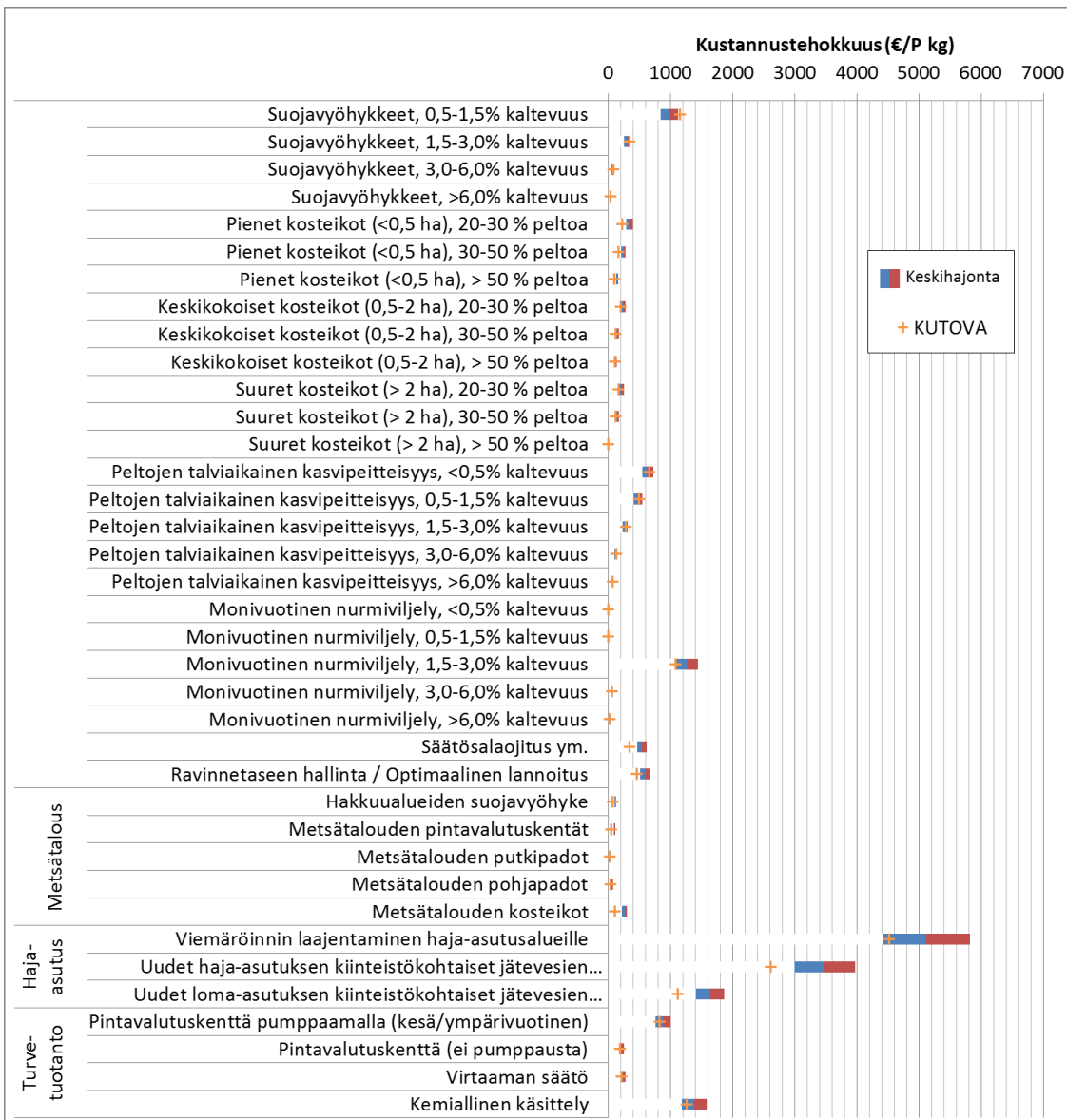
4.1 Koko Läntisen Pien-Saimaan valuma-alue

Corine land cover maankäyttöaineiston perusteella Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueen maa-alasta lähes kolme neljännessä, 73 prosenttia on metsää. Maatalousalueita maa-alasta on 11 prosenttia ja rakennettuja alueita 12 prosenttia. Soita maa-alasta on noin 4 prosenttia. Peltoa valuma-alueella on yhteensä 3 200 hehtaaria (Liite 5). Pelloista puolet on kaltevuudeltaan yli 3 prosenttia.

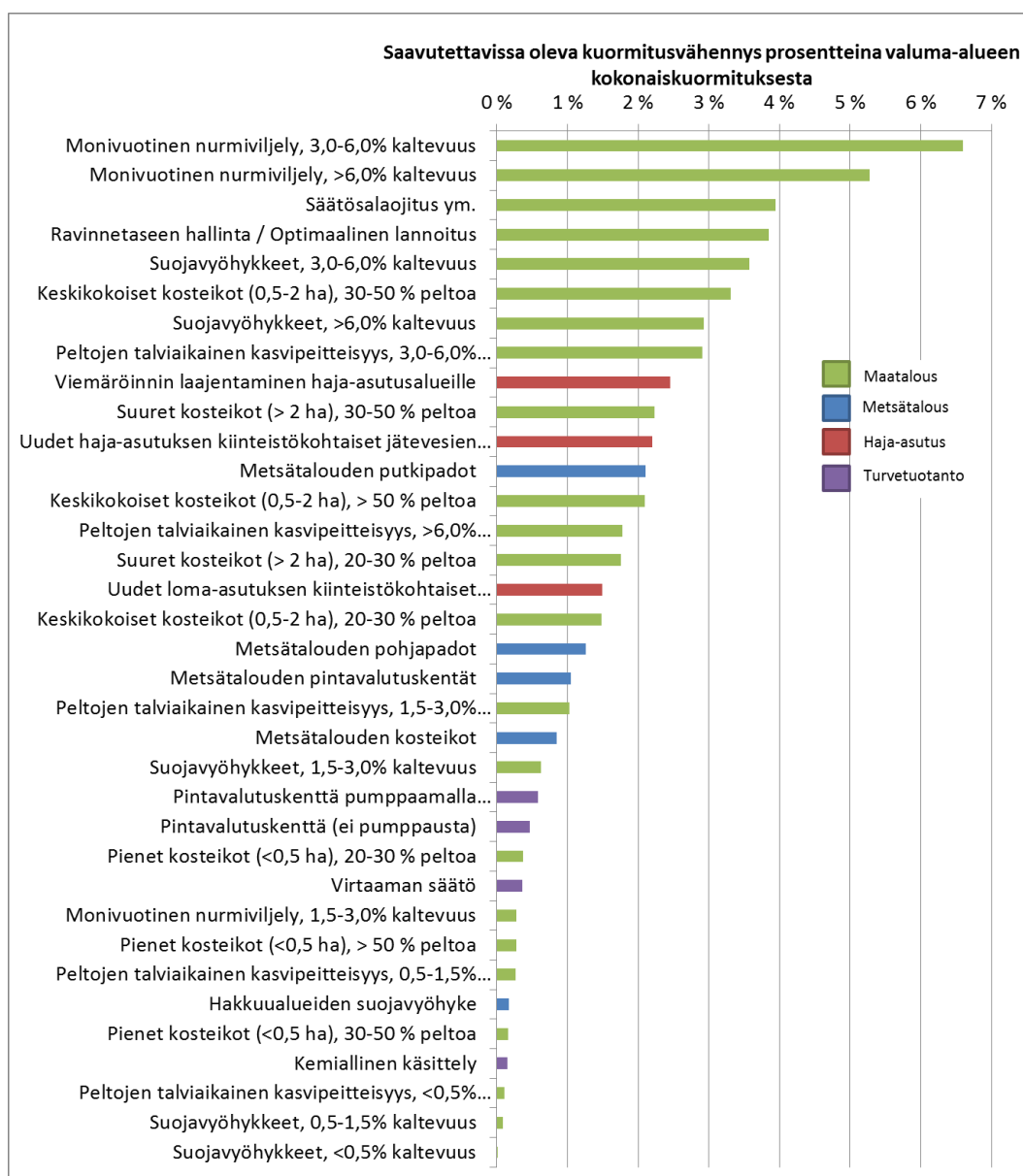
Alueella on metsätalouden uudistushakkuualoja 257 hehtaaria ja kunnostusojitus-alaa 643 hehtaaria. Turvetuotantoa alueella on 462 hehtaaria, josta alasta 85 prosenttia on valuma-vesien kemiallisen käsittelyn piirissä (Liite 5). Viemäroimättömiä haja-asutusalueella sijaitsevia vakituksessa asutuksessa olevia kiinteistöjä alueella on 1024 ja lomakiinteistöjä 2327 (RHR 2011).

4.1.1 Yksittäiset toimenpiteet

Pien-Saimaan valuma-alueen kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat metsätalouden putki- ja pohjapadot sekä pintavalutuskentät (16 - 45 €/P kg) (kuva 9). Myös hakkuualueiden suojavyöhykkeet kuuluvat kustannustehokkaimpien toimenpiteiden joukkoon (64 €/P kg). Turvetuotannon toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat pintavalutuskentät ilman pumppausta ja virtaaman säätöpädot (190 - 206 €/P kg). Muut turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkuudeltaan huomattavasti kalliimpia, luokkaa 800 - 1 300 €/P kg. Turvetuotannon ja metsätalouden toimenpiteillä ei niiden kustannustehokkuudesta huolimatta voida merkittävästi vaikuttaa fosforikuormitukseen (kuva 10). Eniten näiden sektoreiden kuormitusta voidaan vähentää metsätalouden putkipadoilla, joilla voidaan saada aikaan noin 200 fosforikilon eli noin 2 % kuormitusvähennys.



Kuva 9. Toimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväli ilmaistuna arvontaan perustuvan Monte Carlo -simuloinnin tulosten keskihajonnan avulla Pien-Saimaan valuma-alueella.



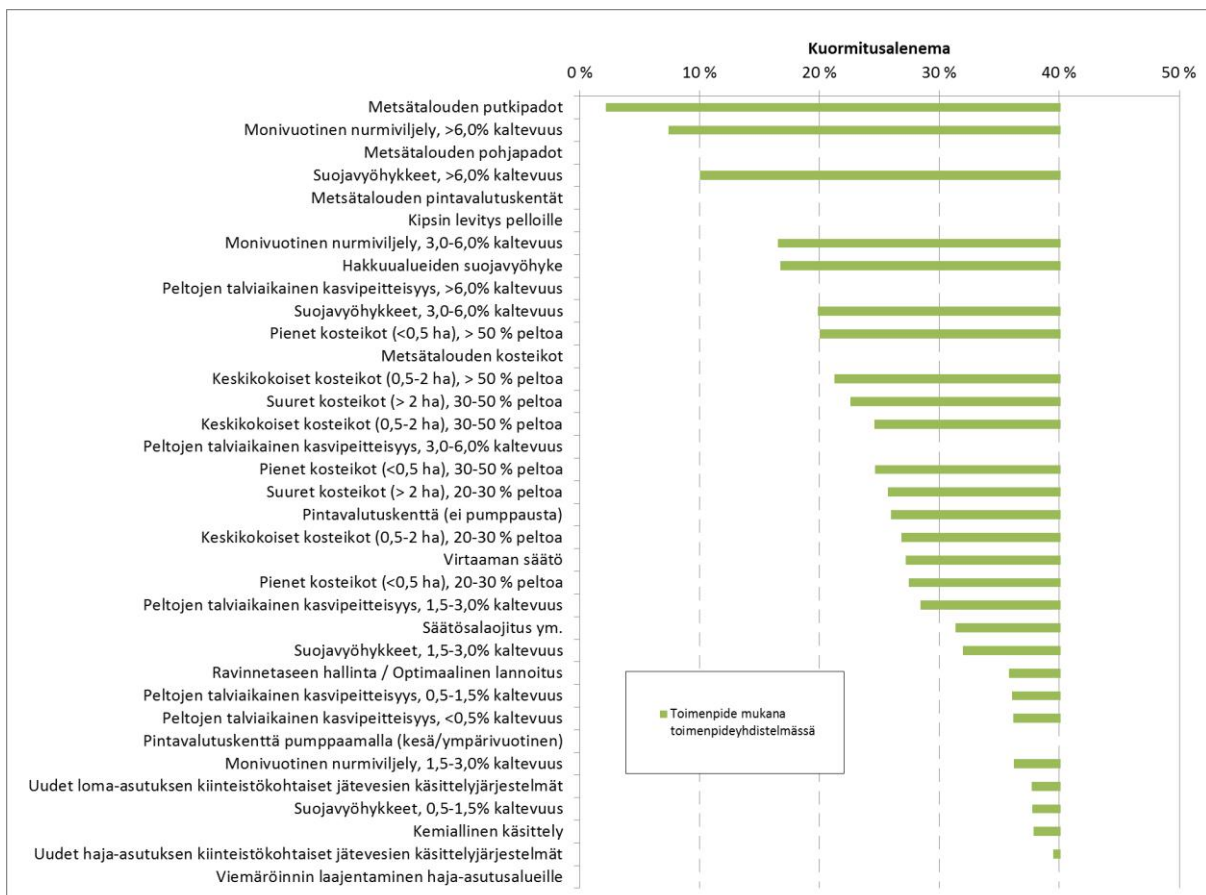
Kuva 10. Toimenpiteillä saavuttava fosforikuormituksen maksimivähennys Pien-Saimaan valuma-alueella, kun toimenpiteet toteutetaan maksimilajuudessaan. Mustalla janalla on kuvattu toimenpiteiden maksimivähennyksen minimi- ja maksimiarvon vaihteluväli.

Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat monivuotinen nurmiviljely (24-55 €/P kg), suojavyöhykkeet (31-73 €/P kg) sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja ravinnetaseen hallinta 68-120 €/P kg) (kuva 9) kaltevilla pelloilla (kaltevuus > 3%). Näillä toimenpiteillä voidaan myös vaikuttaa kuormituksen suuruuteen kaikista eniten (kuva 10). Myös kosteikot ovat melko kustannustehokkaita (92-225 €/P kg) ja vaikuttavia toimenpiteitä. Ravinnetaseen hallinta ja säätösalaajitus (340 - 460 €/P kg) sekä talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely ja suojavyöhykkeet loivilla ja tasaisilla pelloilla (kaltevuus <1,5 %) (500-1200 €/P kg) ovat Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella maatalouden toimenpiteistä kannattamattomimpia.

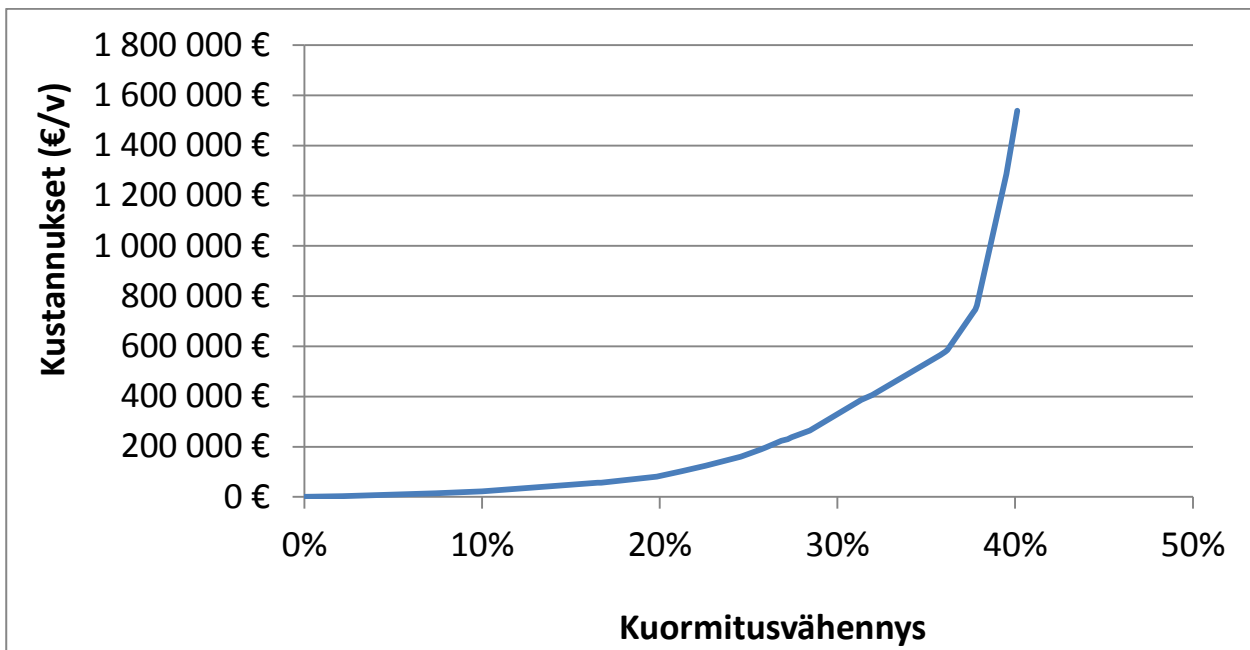
Haja-asutuksen toimenpiteet eivät Pien-Saimaan valuma-alueella ole kovin kustannustehokkaita verrattuna muiden sektoreiden toimenpiteisiin. Haja-asutuksen toimenpiteistä uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät ovat kustannustehokkaimpia (1100 €/P kg). Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmät ja viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille ovat vielä kalliimpia (2 600 – 4 500 €/P kg) toimenpiteitä (kuva 9). Vakituksen haja-asutuksen toimenpiteillä voidaan kuitenkin vähentää fosforikuormitusta maatalouden toimenpiteiden jälkeen toiseksi eniten (kuva 10).

4.1.2 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä

Toteuttamalla kaikki toimenpiteet maksimilaajuudessaan Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella on KUTOVA-mallin mukaan mahdollista vähentää fosforikuormitusta noin 3 600 kilogrammaa eli 40 % alueen kokonaiskuormituksesta (kuva 11). Tällöin toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannukset olisivat noin 1,5 miljoonaa euroa (kuva 12). Mikäli kustannustehokkaimmista toimenpiteistä toteutetaan ainoastaan metsätalouden putkipadot, hakkuualueiden suojavyöhykkeet sekä monivuotinen nurmiviljely yli 3 % kaltevilla pelloilla, voitaisiin saavuttaa noin 20 prosentin kuormitusalenema 100 000 eurolla (kuvat 11 ja 12).

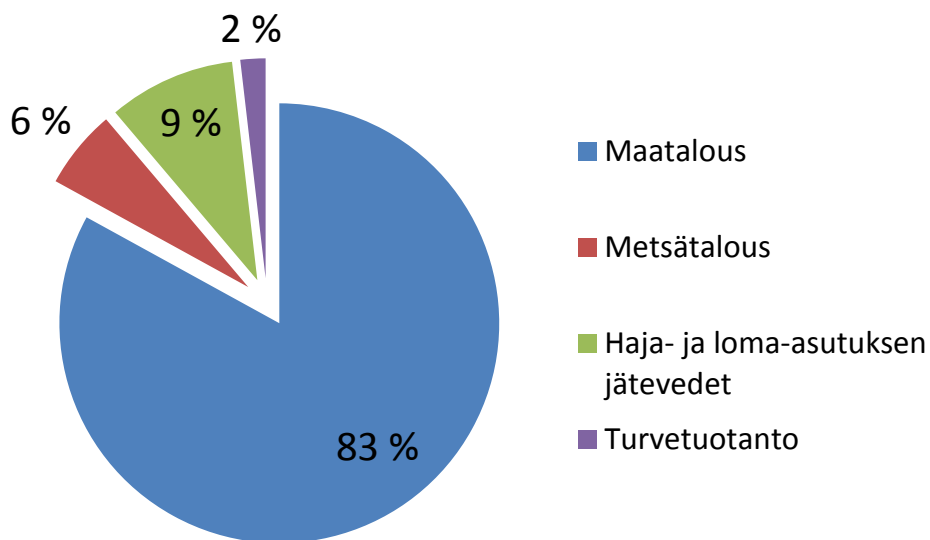


Kuva 12. Kustannustehokkaimmista toimenpideyhdistelmässä mukana olevat toimenpiteet tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Pien-Saimaan valuma-alueella. Toimenpiteet lisätään toimenpideyhdistelmään kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.



Kuva 13. Kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Pien-Saimaan valuma-alueella.

Tällainen toimenpideyhdistelmä tuskin on realistinen, mutta kuitenkin selkeästi suuntaa-antava. Maatalouden toimenpiteillä on saavutettavissa merkittäviä kuormitusalenemia kohtuullisilla kustannuksilla, kun keskitytään toimenpiteisiin kaltevilla pelloilla ja perustetaan kosteikoita. Myös metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteillä voidaan vähentää näiden sektoreiden kuormitusta merkittävästi, vaikka vaikutus kokonaiskuormitukseen on vain 8 prosentin luokkaa (kuva 13).



Kuva 13. Saavuttavan kuormitusaleneman (3 600 kg, 40 %) jakautuminen sektoreittain, kun kaikki toimenpiteet toteutetaan kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.

4.1.3 Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä

Läntisen Pien-Saimaan alueella ei ole tehty tarkennettua vesienhoidon suunnitelmaa, jossa olisi toimenpideyhdistelmä mukana. Tätä tarkastelua varten Hertta-tietokannasta poimittiin Kaakkois-Suomen vesienhoidon toimenpideohjelmasta vuosille 2010-2015 Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueelle suunnitellut toimenpiteet. Toimenpiteistä valittiin ne, jotka ovat yhteensopivia KUTOVA-työkalun kanssa ja syötettiin valitut toimenpidemäärät KUTOVAan (taulukko 2). Peltotoimenpiteiden osalta oletettiin, että ne jakautuvat kaltevuusluokkiin näiden peltoalaosuuksien mukaisesti. KUTOVALLA laskettuna toimenpideohjelman mukaisten toimenpiteiden kokonaiskustannukset olisivat Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella 140 000 euroa vuodessa ja toimenpiteillä voitaisiin saavuttaa 8 prosentin kuormitusvähennys Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella syntyvästä fosforikuormasta.

Taulukko 2. Kaakkois-Suomen vesienhoidon toimenpideohjelmassa Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueelle suunnitellut toimenpiteet.

Toimenpide	Toteutettava määrä
Suojavyöhyke	21 ha
Talviaikainen kasvipeitteisyys	1500 ha
Ravinnetaseen hallinta	1100 ha

4.1.4 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla

Toimenpideohjelman laskennalliset kustannukset asetettiin kustannustehokkaan toimenpidevaihtoehdon budjettirajoitteeksi. Toimenpiteitä valittiin kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon kustannustehokkuusjärjestyksessä, kunnes budjettirajoite täyttyi. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitut toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät on esitetty taulukossa 3. Tällä vaihtoehdolla voitaisiin saavuttaa noin 24 prosentin kuormitusvähennys 140 000 euron vuotuisilla kustannuksilla. Suurin osa toimenpiteistä on valittu toteutettavaksi maksimilaajuudessaan, mikä ei ole realistista, mutta osoittaa hyvin toimenpiteiden kustannustehokkaalla kohdentamisella olevan merkitystä. Toimenpiteet kohdistuisivat pääasiassa maatalouteen ja siellä erityisesti kalteville pelloille ja kosteikoihin.

Taulukko 3. Toimenpiteet TPO-budjetilla muodostetussa kustannustehokkaassa toimenpideyhdistelmässä.

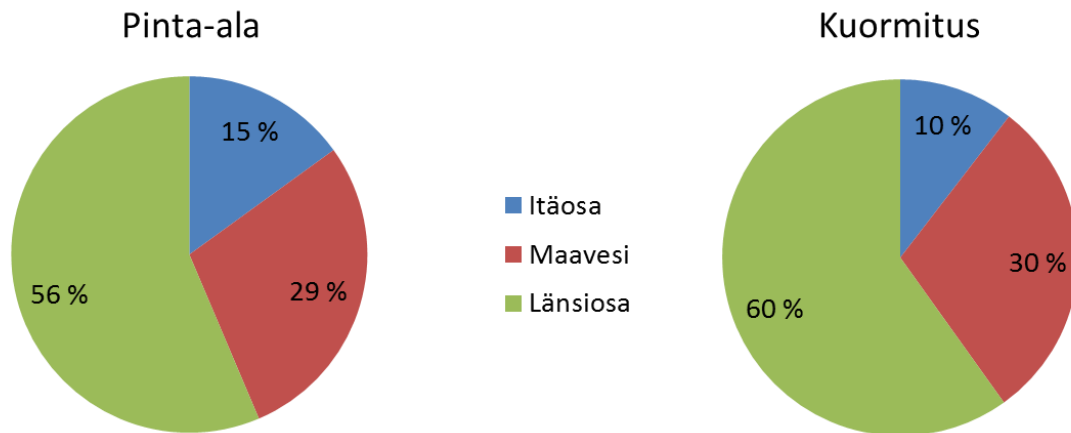
	Toimenpide	Toteutettava määrä	
Maatalous	Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	53	ha
	Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	18	ha
	Suojavyöhykkeet yhteensä	71	ha
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	3	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	10	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	12	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	6	kpl
	Kosteikot yhteensä	31	kpl
	Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	666	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	230	ha
	Monivuotinen nurmiviljely yhteensä	906	ha
	Metsätalous	Hakkuualueiden suojavyöhyke	3
Metsätalouden putkipadot		13	kpl

4.2 Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen

KUTOVA-tarkastelu tehtiin myös erikseen kolmelle osavaluma-alueelle, jotka ovat Maavesi sekä Läntisen Pien-Saimaan itä- ja länsiosa (kuva 1). Länsiosa kattaa yli puolet (56 %) koko valuma-alueesta, mutta sen osuus alueella syntyvästä kokonaiskuormituksesta on suurempi (60 %) kuin pinta-alaosuus (kuva 15). Myös Maaveden osuus kuormituksesta on suurempi kuin sen pinta-alaosuus antaisi odottaa. Vastaavasti itäosan valuma-alueella syntyvä kuormitus on pienempi kuin sen osuus maa-alueesta antaisi odottaa. Tarkastelu on tehty valuma-alueiden maa-alueille.

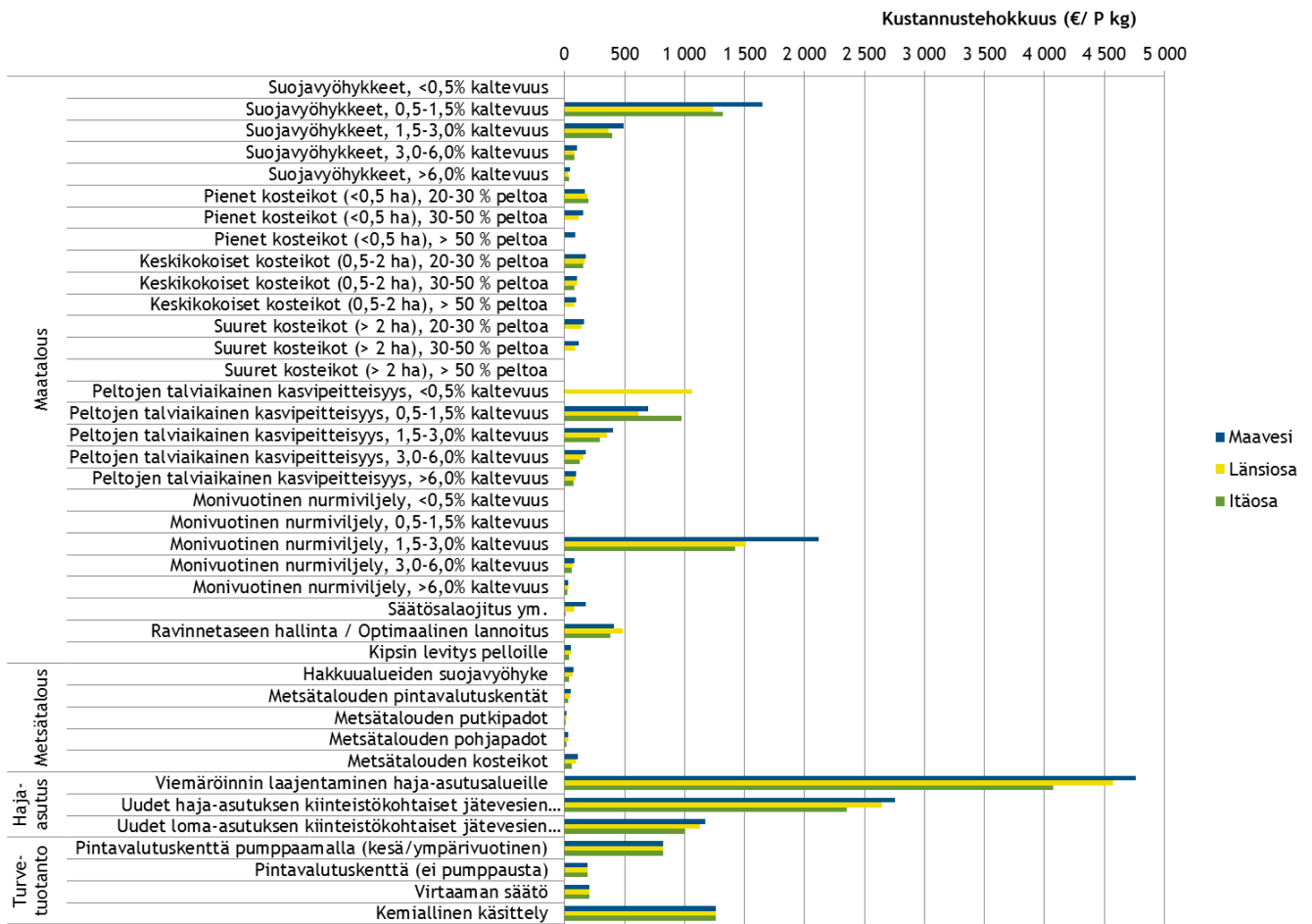
Corine land cover -maanpeiteainesiton mukaan Maaveden valuma-alueella 11 % maa-alasta on maatalouden käytössä, Länsiosan vastaava osuus on 13 % ja Itäosan 5 %. Rakennettujen alueiden osuus on suurin Itäosalla, missä se on viidenneksen (21 %), Länsiosalla rakennettujen alueiden osuus on 12 % ja Maavedellä 6%. Metsää kaikilla alueilla on suhteessa yhtä paljon, noin 75 prosenttia maa-alasta. Turvetuotanto alueella on painottunut Maaveden alueelle. Maavedellä ja Länsiosalla noin 60 pelloista on kaltevuudeltaan yli 3 %. Itäosalla vastaava osuus on jopa 90

prosenttia. Toisaalta itäosalla peltoa on suhteessa kaikkein vähiten maa-alasta, mikä voi selittää alueen alhaisempaa kuormitusta.



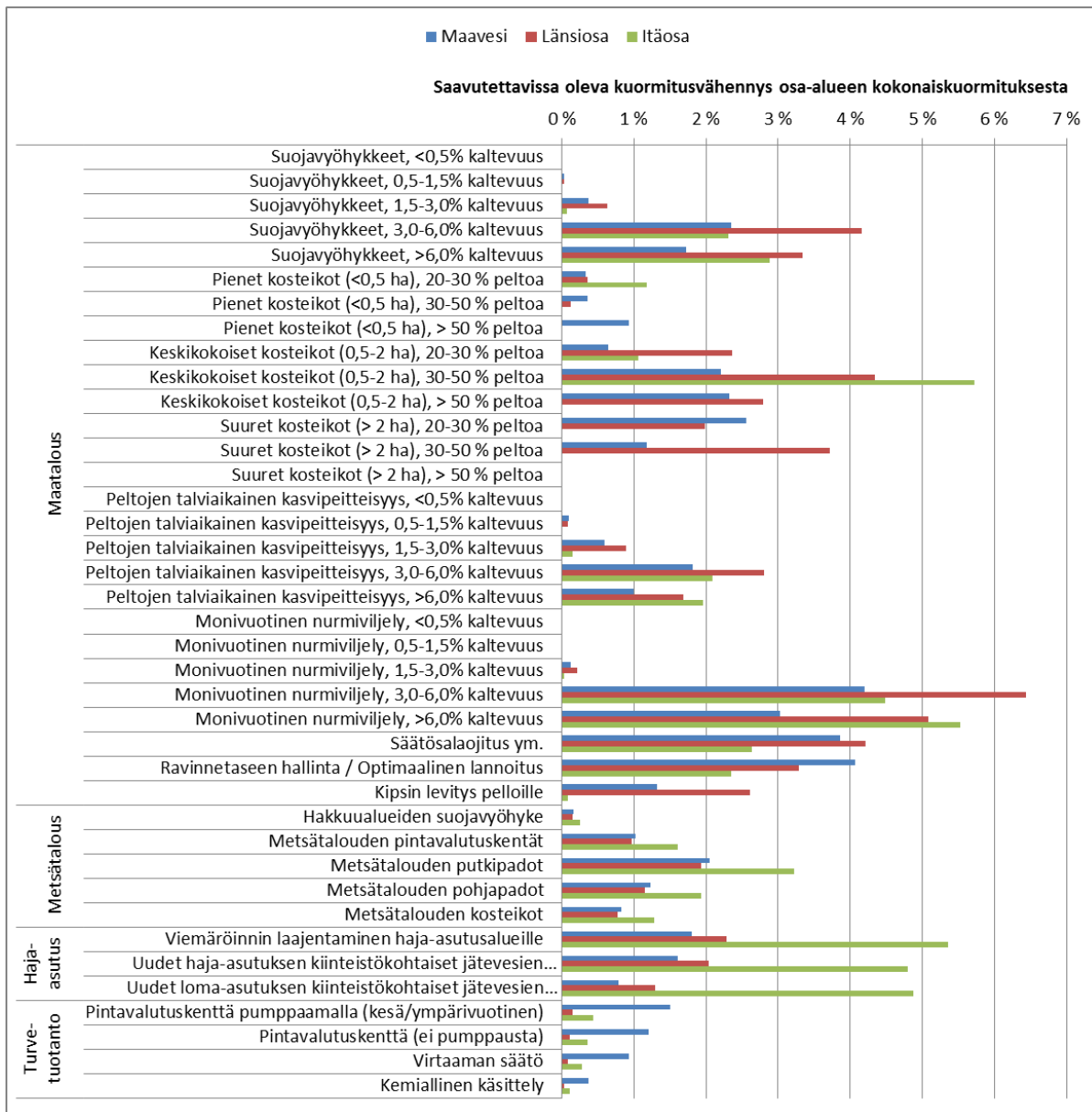
Kuva 14. Osavaluma-alueiden osuus Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueen kuormituksesta ja maapinta-alasta.

Toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ei ole alueiden välillä ole suuria eroja (kuva 16). Maatalouden toimenpiteistä kosteikot ja kaltevien peltojen toimenpiteet ovat kaikilla osa-alueilla kustannustehokkaimpia. Suurimpia eroja osa-alueiden välille syntyy haja-asutuksen toimenpiteiden kustannustehokkuuksien välille. Nämä toimenpiteet ovat kustannustehokkaimpia Itäosalla ja kalleimpia Maavedellä.



Kuva 15. Toimenpiteiden kustannustehokkuus osavalmu-alueittain.

Osa-alueiden väliset erot ovat kuormitusvaikutuksen osalta suurempia kuin kustannustehokkuuden osalla (kuva 16). Maatalouden toimenpiteet ovat vaikuttavimpia Länsiosalla. Haja-asutuksen toimenpiteillä suurin vaikutus kuormitukseen on Itäosalla, missä viemäröinnin laajentamisella haja-asutusalueille voidaan vähentää kaikista toimenpiteistä eniten fosforikuormitusta, muutaman maatalouden toimenpiteen ohella. Maavedellä turvetuotannon toimenpiteillä voidaan vähentää alueen kuormitusta selvästi enemmän kuin muilla alueilla

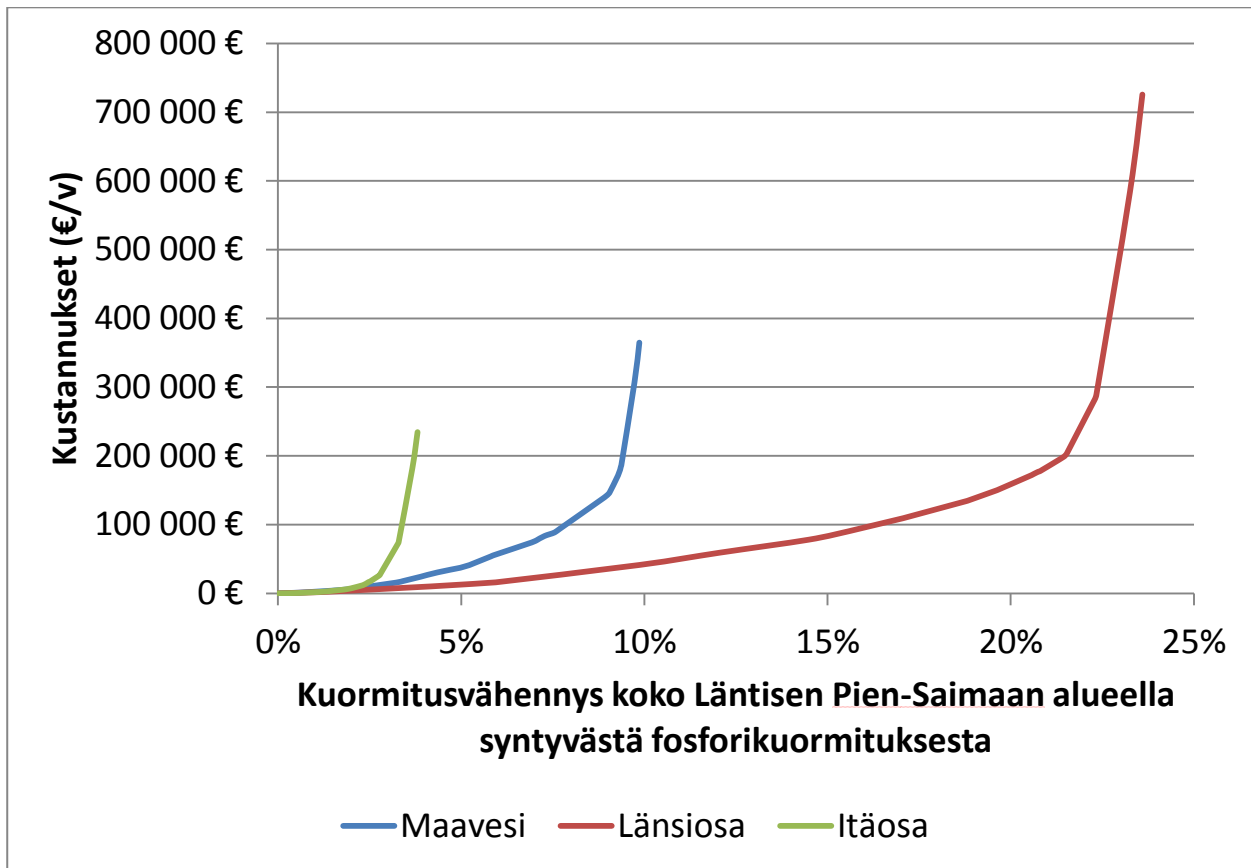


Kuva 16. Toimenpiteillä saavutettavissa oleva kuormitusalenema suhteessa osa-alueen kokonaiskuormitukseen.

Länsiosan valuma-alueella tehtävät toimenpiteet ovat Läntisen Pien-Saimaan kokonaiskuormitukseen suhteutettuna kustannustehokkaimpia (kuva 17). Toki alueella syntyy noin 60 prosenttia koko Läntisen Pien-Saimaan kokonaiskuormituksesta. Esimerkiksi 100 000 euron vuotuisilla kustannuksilla voidaan Länsiosan alueella saavuttaa 16 prosentin alenema koko valuma-alueen kokonaiskuormitukseen, kun Maaveden alueella samalla summalla voidaan saavuttaa vain 8 prosentin kuormitusalenema ja Itäosan alueella vain 3 prosentin kuormitusalenema.

Kuvasta 17 voidaan kuitenkin päätellä, että toimenpiteitä kannattaa kohdistaa kaikille osa-alueille. Esimerkiksi 100 000 euron vuotuisilla kustannuksilla kaikilla osa-alueilla, yhteensä 300 000 euron vuotuisilla kustannuksilla, voidaan saavuttaa tarkastelualueella noin 26 prosentin alenema

kokonaiskuormituksesta. Sen sijaan, käyttämällä 300 000 euroa esimerkiksi ainoastaan Maavedellä voidaan saavuttaa vain 10 % kuormitusalenema tai Länsiosallakin vain 22 % kuormitusalenema.



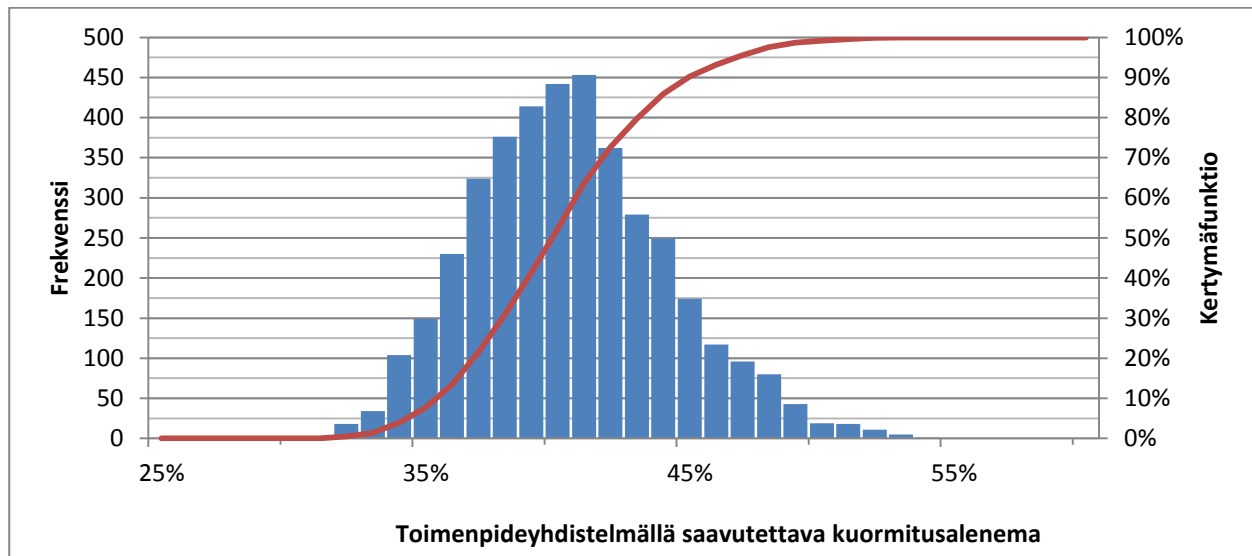
Kuva 17. Osavaluma-alueilla tehtävien toimenpiteiden kustannukset suhteessa saavutettavissa olevaan Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueen kuormitusalenemaan.

4.3 Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet

KUTOVA-tarkasteluun liittyy paljon epävarmuutta sillä mallin lähtötiedot esimerkiksi kuormituksen ja toimenpiteiden maksimialojen osalta ovat suurelta osin peräisin muista malleista ja tietokannoista. VEMALA- ja VIHMA-mallien tuloksien epävarmuutta ei ole kvantitatiivisesti mitattu. Myös tietokannoista peräisin oleviin tietoihin liittyy jonkin verran epävarmuutta, koska esimerkiksi haja-asutuksen osalta ei ole varmuutta, kuinka ajantasaista tietoa rakennus- ja huoneistorekisterin tietokannoissa on. Mallissa käytetyt toimenpiteiden kustannukset ovat keskiarvostuksia, jotka ovat peräisin vesienhoidon suunnittelun sektoritiimien mietinnöistä.

Tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia on pyritty huomioimaan mallissa määrittämällä lähtötiedoille minimi- ja maksimi arvot luvussa 2.8 esitetyllä tavalla. Luvuissa 4.1 esitetyt tulokset perustuvat lähtötietojen oletusarvoihin, mutta esimerkiksi kuvassa 9 on esitetty toimenpiteiden kustannustehokkuudelle myös vaihteluväli, joka perustuu Monte Carlo -simuloinnilla saatujen kustannustehokkuuksien keskihajontaan. Monte Carlo -simulointi sopii epävarmuustarkasteluun moniulotteisiin ongelmiin, joissa useissa lähtötiedoissa tiedetään olevan epätarkkuutta. Simulointi

perustuu lähtöarvojen satunnaiseen arvontaan annettujen minimi- ja maksimiarvojen väliltä. Eri arvontakerroilla saadut tulokset kuvataan luokkafrekvenssijakaumana. Monte Carlo simuloinnin frekvenssijakauma kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän vaikutuksesta kokonaiskuormitukseen on esitetty kuvassa 18. Jakauma on hieman oikealle vino.



Kuva 18. Monte Carlo -simuloinnilla muodostettu luokkafrekvenssijakauma kustannustehokkaimmalla toimenpideyhdistelmällä saavutettavasta kuormitusalenemasta.

Monte Carlo simuloinnin ja KUTOVA-mallin avulla saatujen tulosten keskiarvo kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannuksista ja vaikutuksesta kuormitukseen on esitetty taulukossa 4. Tarkastelun mukaan KUTOVA-malli arvioi toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman noin 2 prosenttia Monte Carlo -simulaatiota alhaisemmaksi. Arviota kuormitusalenemasta voidaan siis pitää konservatiivisena. Toimenpideyhdistelmän kustannukset KUTOVA-malli arvioi jopa 18 prosenttia alakanttiin, verrattaessa Monte Carlo -simuloinnin tuloksiin. Ero johtuu siitä, että useilla toimenpiteillä oletuskustannus on lähempänä arvioitua minimi- kuin maksimiarvoa. Tämä puolestaan johtuu siitä, että esimerkiksi maatalouden harjoittajat eivät todennäköisesti toteuta toimenpiteitä, mikäli siitä aiheutuu heille kohtuullista haittaa.

Taulukko 4. KUTOVA-mallilla ja Monte Carlo -simuloinnilla lasketut toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen Pien-Saimaan alueella.

	Toimenpideyhdistelmän kustannus (€/v)	Toimenpideyhdistelmällä saavutettava kuormitusalenema
KUTOVA-malli	1 500 000 €	40%
Monte Carlo -simulointi	1 800 000 €	41 %
Erotus	-300 000 €	-1 %-yks
Erotus, %	-18 %	-2 %

5 Tulevaisuuskuvat

Gisbloom-hankkeessa luotiin kolme tulevaisuuskuvaa tai skenaariota, joiden avulla pyrittiin tuomaan havainnollisesti esille eri työkalujen mahdollisuuksia arvioitaessa erilaisia toimenpiteiden vaikutuksia. Skenaariot perustuivat osittain Jim Datorin luomaan kehikkoon yleisimmistä tulevaisuuskuvista (Bezold 2009). Lopullisia tulevaisuuskuvia olivat: Jatkuva kasvu -skenaario, Romahdusskenaario ja Vihreä aalto -skenaario.

Jatkuvan kasvun skenaario kuvaa tilannetta, jossa talous ja maataloustuotteiden kysyntä kasvavat tasaisesti. Vuonna 2030 talouskasvu jatkuu epävarmojen aikojen jälkeen. Teknologinen kehitys on voimakasta ja ulkomaankauppa kasvussa. Poliittinen ilmasto ympäristönsuojelun suhteen ei kärsi suuria taka-iskuja, mutta uusien laajamittaisten suojelupyrkimysten ei myöskään anneta vaarantaa taloudellista kasvua. Ilmaston lämmitessä viljojen, erityisesti syysviljojen, peltoala kasvaa ja nurmen vastaavasti vähenee 20 %. Peltojen kokonaispinta-ala pysyy samana. Mineraalilannoitteiden ja lannan käyttö kasvaa 20 %. Kevytmuokkausmenetelmät ovat 15 % suositumpia kuin nykyään (taulukko 5).

Romahdusskenaario kuvaa puolestaan tilannetta, jossa vallitsee pitkäaikainen taloudellinen taantuma, eikä maanviljelyä enää tueta. Vuonna 2030 Eurooppa vajoaa syvään lamaan, maatalouden ympäristötukijärjestelmä lakkautetaan ja taloutta elvyttäviä toimia suositaan ympäristön kustannuksella, muun muassa ilmaston- ja vesiensuojeluelvoitteet jäädytetään. Peltojen kokonaispinta-ala pienenee 20 %, mineraalilannoitteiden käyttö vähenee 20 %, lannan käyttö lannoitteena lisääntyy 10 % ja kevytmuokkausmenetelmiä käytetään 20 % vähemmän kuin nykyään. Kevätviljojen viljely vähenee 30 %, nurmen viljely lisääntyy 10 % ja loput kevätiljoilta vapautuneesta peltoalasta käytetään öljykasvien viljelyyn.

Vihreä aalto -skenaario taas kuvaa tilannetta, jossa on suuri paine maataloustuotannon ”vihertämiselle” sekä maatalouden ravinnekuormituksen pienentämiselle. Toisaalta öljy- ja energiakasvit ovat suositumpia lähellä tuotetun energian kovan kysynnän vuoksi. Vuonna 2030 taantumasta uuteen hyvinvoinnin aikakauteen ponnistanut Eurooppa on herännyt luonnon, pehmeiden arvojen ja omavaraisuuden arvostamiseen. Peltojen kokonaispinta-ala kasvaa 20 %, ja vanhoilla turvetuotantoalueilla aletaan kasvattaa energiakasveja. Kevätviljojen peltoala pienenee 30 % ja niiltä vapautunut viljelymaa käytetään syysviljojen ja öljykasvien tuotantoon. Mineraalilannoitteiden ja lannan käyttö vähenee 20 % ja kevytmuokkausmenetelmien suosio kasvaa 30 %.

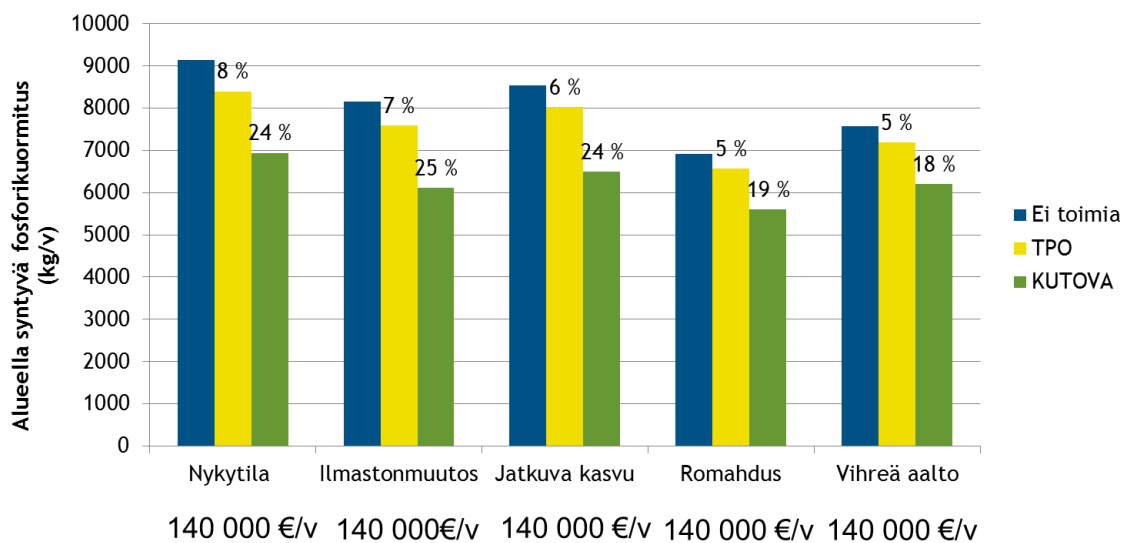
Taulukko 5. Skenaarioiden kuvaukset sektoreittain

Sektori	Jatkuva kasvu	Romahdus	Vihreä aalto
Peltoala	Ei muutosta	- 20 %	+ 20 %
Lannoitus	+ 20 % mineraali + 20 % karjanlanta	- 30 % mineraali + 10 % karjanlanta	- 20 % mineraali - 20 % karjanlanta
Kevennetyt muokkausmenetelmät	+ 15 %	- 20 %	+ 30 %
Kasvilajit	Nurmiala vähenee Rehu- ja ruokaviljat kasvavat Syysviljat kasvavat	Nurmiala kasvaa Rehuviljat vähenevät Öljykasvit lisääntyvät	Energiakasvit lisääntyvät Nurmi, kaura ja ohra vähenevät
Haja-asutus	- 20 % haja-asutus + 20 % loma-asutus	- 30 % haja-asutus - 20 % loma-asutus	+ 20 % haja-asutus loma-asutus, ei muutosta
Metsätalous	+ 20 % hakkuu-ala + 25 % kunnostusojitusala	- 20 % hakkuu-ala Kunnostusojitusala ei muutu	- 25 % hakkuu-ala - 25 % kunnostusojitusala
Turvetuotanto	Tuotantoala + 20 %	Tuotantoala + 20 %	Tuotantoala - 75 %

Mallilaskelmia tehtäessä skenaariot pidettiin vaikutuksiltaan kaikilla pilottialueilla samanlaisina, eli mahdollisia aluekohtaisia eroja vaikutuksissa ei huomioitu. Tarkoituksena oli näin tuoda mallinuksissa paremmin esille muiden aluekohtaisten piirteiden aiheuttamia vaikutuksia kuormitukseen ja toimenpiteiden kustannustehokkuuteen. Luotujen kolmen skenaarion osalta on myös tärkeä muistaa että näiden skenaarioiden ei ollut missään vaiheessa tarkoitukseen olla realistisia ennusteita, vaan ainoastaan kärjistettyjä ja erityisesti toisistaan selkeästi poikkeavia tulevaisuuskuvia, jotta pystyttiin mallintamaan niiden välisiä eroja kuormituksissa ja kustannuksissa.

KUTOVA-työkalulla tarkasteltiin edellä mainittujen skenaarioiden lisäksi myös pelkkää ilmastonmuutosskenaariota, joka on kaikkien muiden edellä mainittujen skenaarioiden pohjalla. Kullekin skenaariolle kartoitettiin nykytilanne. Kuormituksen lähtötiedot saatiin VEMALAn skenaariolaskelmista ja toimenpiteiden maksimialat arvioitiin uusiksi taulukon 5 mukaan. Tämän jälkeen muodostettiin kullekin skenaariolle vesienhoidon toimenpideohjelman mukainen toimenpideyhdistelmä (taulukko 2) ja laskettiin sen kustannukset ja kuormitusvähennys. Lopuksi määritettiin kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä käyttäen TPO-vaihtoehdon kustannuksia toimenpideyhdistelmän budjettirajoitteena.

Toimenpideyhdistelmät ja niiden vaikutukset kuormitukseen eivät merkittävästi poikkea toisistaan skenaarioiden välillä. Romahdus ja Vihreä aalto –skenaarioissa toimenpiteiden vaikutukset kuormitukseen ovat vähäisemmät kuin muissa skenaarioissa. Tämä johtuu siitä, että Vihreä aalto –skenaariossa jo lähtökohtaisesti alueella on käytössä enemmän vesiensuojelumenetelmiä. Romahdusskenaarion alhaista eroa selittää 20 prosenttia pienempi peltoala, toimenpiteitä ei yksinkertaisesti voi valita alueelle enempää, koska toteutus ala loppuu kesken. Myös kuormitustasot ovat alhaisimmat romahdus ja vihreä aalto –skenaarioissa. Romahdusskenaarion alhaista kuormitustasoa selittää 20 prosenttia pienempi peltoala ja vihreän aallon skenaariossa lähtökohtaisesti oletetut jo toteutetut toimet (kuva 19).



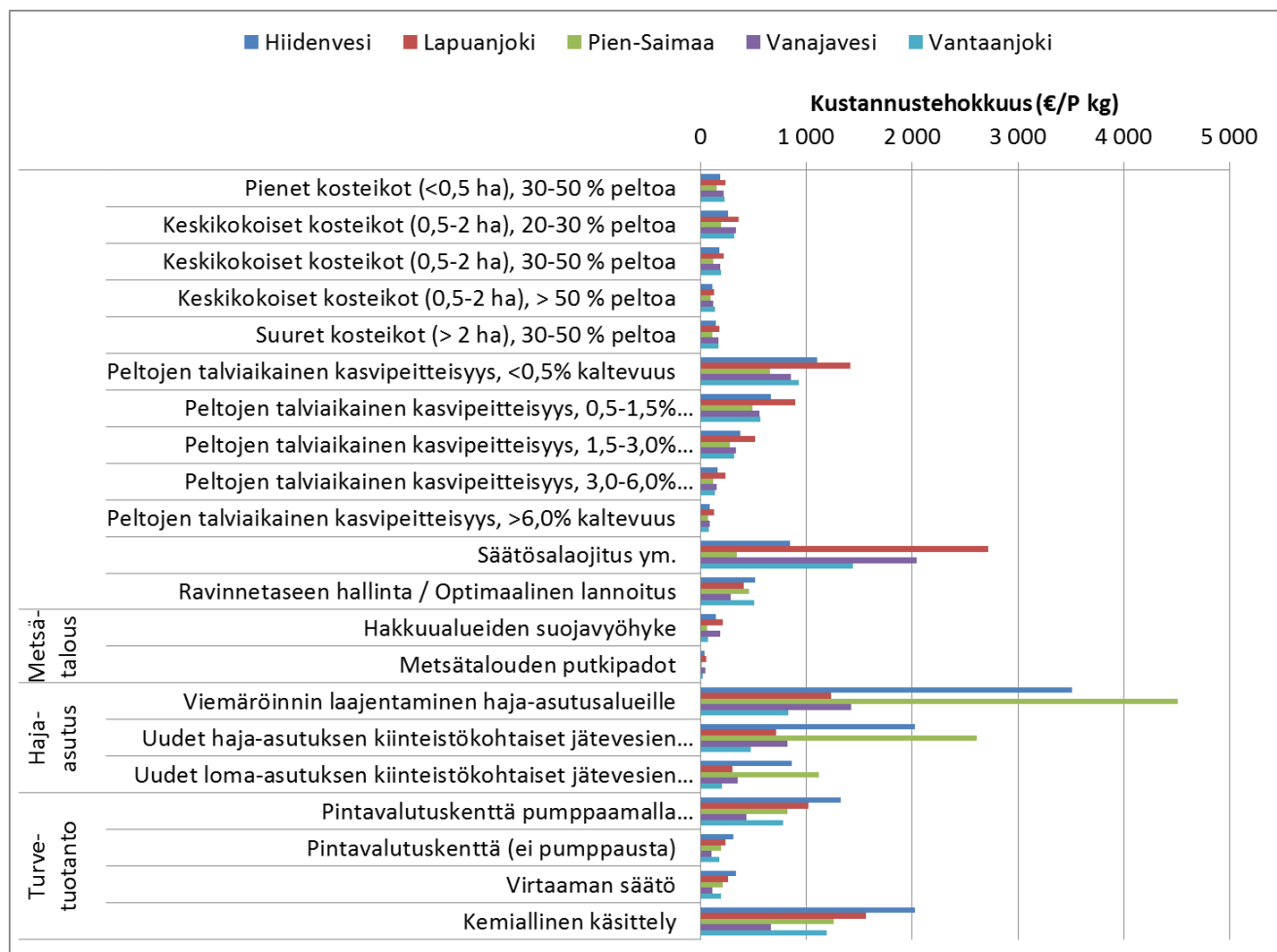
Kuva 19. Fosforikuormitus ja eri toimenpidevaihtoehtojen vaikutus kuormitukseen tulevaisuuskuivissa.

6 Vertailu muihin pilottialueisiin

KUTOVA-työkalua sovellettiin ja kehitettiin GisBloom-hankkeessa kaikkiaan kahdeksalla pilottialueella, jotka ovat Hiidenvesi, Karvianjoki, Lapuanjoki, Paimionjoki, Pien-Saimaa, Temmesjoki, Vanajavesi ja Vantaanjoki. Kuvassa 20 on vertailtu muutamien havainnollisimpien toimenpiteiden kustannustehokkuutta Hiidenveden, Lapuanjoen, Pien-Saimaan, Vanajaveden ja Vantaanjoen pilottialueilla. Kuvasta voidaan nähdä, että pääosin erot toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ovat suurempia toimenpiteiden kuin pilottialueiden välillä. Esimerkiksi kosteikot ja metsätalouden toimenpiteet ovat kaikilla alueilla varsin kustannustehokkaita, kun taas esimerkiksi haja-asutuksen toimenpiteet ja loivien peltojen toimenpiteet ovat kuuluvat kaikilla alueilla kalleimpien menetelmien joukkoon. Kuvasta nähdään myös hyvin, miten esimerkiksi talviaikainen kasvipeitteisyys, joka vähentää pinta-valuntaa, eroosiota ja kiintoaineeseen

sitoutuneen fosforin huuhtoutumista, on sitä kustannustehokkaampi, mitä kaltevampi pelto on kyseessä.

Alueellinen vaihtelu toimenpiteiden kustannustehokkuudessa on suurinta metsätalouden, haja-asutuksen ja turvetuotannon toimenpiteissä. Eroja selittävät turvetuotannon ja viemäröimättömän haja-asutuksen määrä suhteessa näiden sektoreiden kuormitukseen. Esimerkiksi Vantaanjoella haja-asutuksen toimenpiteet ovat selvästi kustannustehokkaampia kuin muilla pilottialueilla, mikä johtuu haja-asutuksen kuormituksen suhteellisen suuresta osuudesta (25 %) valuma-alueen kokonaiskuormituksesta.



Kuva 20. Eräiden toimenpiteiden kustannustehokkuus Hiidenveden, Lapuanjoen, Pien-Saimaan, Vanajaveden ja Vantaanjoen pilottialueilla.

Maatalouden osalta kustannustehokkuuden alueellinen vaihtelu on suurinta säätösalaajituksen osalta. Tähän vaikuttaa se, että säätösalaajitus ei sovi savi- ja turvemaille, eikä kaltevuudeltaan yli 2 % pelloille. Alueiden välinen vaihtelu johtuu siis eroista vallitsevissa maalajeissa ja loivien peltojen määrässä. Myös peltotoimenpiteiden kustannustehokkuuden alueellinen vaihtelu on kohtalaista, mikä johtuu eroista peltojen kaltevuusjakaumassa sekä esimerkiksi jo olemassa olevan talviaikaisen kasvipeitteisyyden suhteellisesta osuudesta peltoalasta. Pienintä kustannustehokkuuden alueellinen

vaihtelu on kosteikoissa. Kosteikoiden osalta alueellista vaihtelua aiheuttaa lähinnä se kuinka suuri osa valuma-alueen pelloista on mahdollisten kosteikoiden valuma-alueilla.

7 Yhteenveto

KUTOVA-mallin avulla voidaan muodostaa vesienhoidon yleissuunnittelua tukevia arvioita vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuudesta ja vaikutuksesta kuormitukseen. Lisäksi mallin avulla voidaan muodostaa toimenpideyhdistelmiä ja arvioida niiden kustannustehokkuutta. Toimenpideyhdistelmätyökalu ketjuttaa toimenpiteet ja huomioi esimerkiksi peltotoimenpiteiden vaikutuksen suojavyyhykkeelle tulevaan kuormitukseen.

Tässä raportissa on esitetty Pien-Saimaan valuma-alueella tehdyn tarkastelun tulokset. Pien-Saimaan valuma-alueella kustannustehokkaimpia vesiensuojelutoimenpiteitä ovat metsä- ja maatalouden toimenpiteet. Myös osa turvetuotannon toimenpiteistä on kustannustehokkaita. Pien-Saimaan alueella turvetuotannon ja metsätalouden osuus kokonaiskuormituksesta on kuitenkin varsin pieni, joten näiden sektoreiden toimenpiteillä ei voida merkittävästi vaikuttaa alueen kokonaiskuormitukseen.

Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat erityisesti kalteville pelloille soveltuvat peltojen monivuotinen nurmiviljely, suojavyyhykkeet sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys. Myös kosteikot ovat kustannustehokas maatalouden toimenpide. Maatalouden toimenpiteillä on myös suurin vaikutusmahdollisuus valuma-alueen kokonaiskuormitukseen.

Viemäroimättömän haja-asutuksen toimenpiteet eivät ole yhtä kustannustehokkaita kuin maatalouden toimenpiteet, mutta niillä voidaan kuitenkin vaikuttaa Pien-Saimaan kokonaiskuormitukseen yhteensä noin 400 fosforikilon verran. Metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkaita ja niitä kannattaa toteuttaa siellä, missä toimintoa harjoitetaan.

Tarkastelun oletuksena on, että kutakin toimenpidettä toteutetaan valuma-alueella maksimilaajuudessaan, mikä ei välttämättä ole realistista. Tarkastelun tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää toimenpiteiden valinnassa ja kohdistamisessa. Käytännön toteutuksessa kannattaa huomioida toimenpiteiden toteutettavuus ja kohdistaa toimenpiteitä kaikille sektoreille.

KUTOVA-mallia tullaan jatkossa kehittämään muun muassa ottamalla mukaan uusia toimenpiteitä, jotta malli vastaisi paremmin vesienhoidon suunnittelun tarpeisiin. Lisäksi suunnitteilla on KUTOVA-TYPPI -malli. Tuloksiin liittyy paljon epävarmuutta, muun muassa jo mallin vaatimien lähtöoletusten suhteen. On kuitenkin muistettava, että malli on yksinkertaistus todellisuudesta ja

tarkasteluun sisältyy sellaisia tekijöitä, joihin liittyvää epävarmuutta ei ole mahdollista poistaa. Mallin tuloksia hyödyntäessä on muistettava, että tulokset ovat suuntaa antavia ja suuruusluokkaa osoittavia. KUTOVA-mallin tarkoituksena on kuitenkin tuottaa kaikille vesistöalueille yhteismitallista tietoa, jota voidaan käyttää vesienhoitotoimenpiteiden suunnitteluun ja toimenpiteiden kustannusten vertailuun. Mallin avulla voidaan myös arvioida vesienhoidon ensimmäisen suunnittelukauden vesienhoitosuunnitelmien kustannuksien ja vaikuttavuuden realistisuutta.

Lähteet

- Bezold, C. (2009). Jim Dator's Alternative Futures and the Path to IAF's Aspirational Futures. *Journal of Futures Studies*, 14: 123 – 134.
- Ekholm, P., E. Jaakkola, M. Kiirikki, K. Lahti, J. Lehtoranta, V. Mäkelä, T. Näykki, L. Pietola, S. Tattari, P. Valkama, L. Vesikko & S. Väisänen (2011). The effect of gypsum on phosphorus losses at the catchment scale. *The Finnish Environment* 33/2011, 44 s.
- Iho, A, J. Lankoski, M. Ollikainen, M. Puustinen, K. Arovuori, J. Heliölä, M. Kuussaari, A. Oksanen & S. Väisänen (2011). Tarjouskilpailu maatalouden vesiensuojeluun ja luonnonhoitoon - TARVEKE-hankeen loppuraportti. *MTT Raportti* 33, 62 s. <<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti33.pdf>>.
- Kunnari, E. (2008). Vesipuidedirektiivin mukainen kustannustehokkuusanalyysi maatalouden vesienhoitotoimenpiteille Excel-sovelluksena. Pro Gradu -tutkielma, Taloustieteen laitos, Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto. 69 s.
- Marttila, H. & B. Kløve (2009). Retention of sediment and nutrient loads with peak runoff control. *Journal of irrigation and drainage engineering* 135, 210-216.
- Marttila, H. & B. Kløve (2010). Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological engineering* 36, 900-911.
- MMM (2012). Valtakunnallinen viemäröintiohjelma. Luonnos 21.5.2012. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Mäkelä, S. (2007) Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitusselvitys. Raportti 51 s., Helsingin yliopisto.
- Puustinen, M., J. Koskiaho, J. Jormola, L. Järvenpää, A. Karhunen, M. Mikkola-Roos, J. Pitkänen, J. Riihimäki, M. Svensberg & P. Vikberg (2007). Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. *Suomen ympäristö* 21/2007. 77 s.
- Puustinen, M., E. Turtola, M. Kukkonen, J. Koskiaho, J. Linjama, R. Niinioja & S. Tattari (2010). VIHMA- A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, ecosystems and environment* 138, 306-317.
- Suomen Pankki. Päivitetty 3.1.2012. Peruskoron muutokset vuodesta 1867. <http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/tase_ ja_korko/Pages/tilastot_markkina_ ja_hallinnolliset_korot_peruskoron_muutokset_fi.aspx>
- Turveteollisuusliitto (2012). Turvetuotannon vesienpuhdistusmenetelmät. <<http://www.kuiva-turve.fi/Turvetuotannon%20vesienpuhdistusmenetelmat.pdf>> 22.3.2012.
- Valtioneuvosto (2011). Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Suomen säädöskokoelma 209/2011. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2011/20110209.pdf>> 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012a). Maataloustiimin loppuraportti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110628&lan=sv>>. 22.3.2012.

- Ympäristö.fi (2012b). Vuoden 2009 täydennykset vesienhoidon toimenpiteiden kustannusten arviointiin. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=105510&lan=sv>> 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012c). Metsätaloustiimin loppuraportti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110629&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012d). Yhdyskunnat ja haja-asutus -tiimin loppuraportti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110630&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012e). Vesiensuojelutoimenpidetaulukko. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=79391&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012f). Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteiden kustannuksia vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=104319&lan=fi>>. 3.5.2012

LIITE 1. KUTOVA-mallin laskennassa käytetyt kustannukset, niiden perustelut ja jakautuminen eri toimijoille.

Taulukko 1. KUTOVA-laskennassa käytetyt toimenpiteiden kustannukset (Ympäristö.fi 2012a, 2012b, 2012c ja 2012d)

Toimenpide	Yksikkö	Investointi-kustannukset €	Kuoletusaika v	Käyttö-kustannukset €/v	Yksikkö-kustannukset €/v
Suojavyöhykkeet	ha	0	0	450	450 €
Pienet kosteikot (< 0,5 ha)	kpl	3226	15	450	761 €
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha)	kpl	11500	15	450	1 558 €
Suuret kosteikot (>2 ha)	kpl	34500	15	450	3 774 €
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	0	0	50	50 €
Monivuotinen nurmiviljely	ha	0	0	50	50 €
Säätösalaajitus ym.	ha	1000	10	150	280 €
Ravinetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	0	0	50	50 €
Kipsin levitys pelloille	ha	190	3	0	70 €
Hakkuualueiden suojavyöhyke	ha	3500	15	47	384 €
Metsätalouden pintavalutuskentät	kpl	2500	15	100	341 €
Metsätalouden putkipadot	kpl	1500	15	100	245 €
Metsätalouden pohjapadot	kpl	1500	15	100	245 €
Metsätalouden kosteikot	kpl	5000	15	100	582 €
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	kiinteistö	8000	30	467	390 €
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	6000	20	200	521 €
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	2000	20	100	260 €
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	tuotantoha	1100	20	30	118 €
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	150	20	10	22 €
Virtaaman säätö	tuotantoha	120	20	6	16 €
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	1300	20	150	254 €

Taulukko 2. Kustannusten perustelut (Ympäristö.fi 2012a ja 2012b)

Toimenpide	Kustannusten perustelut
Suojavyöhykkeet, kosteikko, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely, säätösalaajitus ym. sekä ravinnetaseen hallinta / optimaalinen lannoitus	Maataloustiimi arvioi kustannukset vesiensuojelua edistävien maatalouden ympäristötukitoimenpiteiden ja investointien avulla. Yksikkökustannuksia tarkennettiin siten, että tukijärjestelmässä hyväksytyjen kustannusten lisäksi myös muut toimenpiteestä aiheutuvat kustannukset tulivat huomioiduksi. Maataloustiimiin kuuluivat: Tarja Haaranen YM, Leena-Marja Kauranne YM, Marjatta Kemppainen-Mäkelä MMM, Sini Wallenius MMM, Liisa Maria Rautio Länsi-Suomen ympäristökeskus, Pirkko Valpasvuo-Jaatinen Lounais-Suomen ympäristökeskus, Seppo Rekolainen SYKE ja Heidi Vuoristo SYKE. Anne Polso Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta toimi turkistuotannon asiantuntijana. (Ympäristö.fi 2012a)
Kipsin levitys pellolle	Tarve-hanke: kipsi 18,15 €/t + kuljetuskustannukset 27-136 €/t. Oletettavissa, että viljelijä tilaa täysisiä kuormia, jolloin kuljetuskustannukset ovat alhaisemmat. Hinnat ilman arvon lisäveroa. (Iho <i>et al.</i> 2011).
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Kustannus perustuu puuntuoton menetykseen, joka on arvioitu lannoittamattomuudesta aiheutuvana kasvutappiona. Keskimääräinen muokkaamattomuudesta johtuva menetys voidaan arvioida kasvutappion (1 m ³ /ha/v) mukaan. Merkittävimmin kustannuksia syntyy, mikäli suojavyöhykkeelle jätetään puustoa. Puuntuoton menetys on arvioitu tällöin keskimääräisen puuston määrän (150 m ³ /ha) ja keskimääräisen kantohinnan (€/m ³) mukaan. Puuntuoton menetystä ei kuitenkaan ole otettu täysimääräisenä huomioon, sillä suojavyöhykkeeltä voi hakata puita, mikäli puunkorjuu voidaan tehdä suojavyöhykkeen ulkopuolelta maanpintaa ja pintakasvillisuutta rikkomatta (Ympäristö.fi 2012b).
Metsätalouden pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Metsätalouden toimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa (Ympäristö.fi 2012f)
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Keskimääräisenä yksikköhintana käytetään viemäriin liittymiskustannusta, keskimäärin 8000 €/kiinteistö (MMM 2012).
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b).
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b).
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen), pintavalutuskenttä (ei pumppausta), virtaaman säätö sekä kemiallinen käsittely	Kustannusten pohjana on käytetty kesällä 2008 Turveteollisuusliitolta saatuja kustannustietoja (Ympäristö.fi 2012b).

Taulukko 3. Toimenpiteiden kustannusten kohdentuminen eri toimijoille (Ympäristö.fi 2012a, 2012 b, 2012c ja 2012d).

Toimenpide	Yksityinen rahoitus	Julkinen rahoitus	Rahoituslähde
Suojavyöhykkeet	0 %	100 %	Maatalouden ympäristötuki
Pienet kosteikot (<0,5 ha)	7 %	93 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha)	13 %	87 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Suuret kosteikot (>2 ha)	16 %	84 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	40 %	60 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Monivuotinen nurmiviljely	40 %	60 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Säätösalaajitus ym.	34 %	66 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	60 %	40 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Kipsin levitys pelloille	100 %		Toiminnanharjoittaja
Hakkuualueiden suojavyöhyke	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
Metsätalouden pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Virtaaman säätö	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Kemiallinen käsittely	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja

LIITE 2. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-mallissa ja niiden perustelut.

Taulukko 1. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen

Toimenpide	yksikkö	Reduktio % tulevasta kuormituksesta
Suojavyöhykkeet	ha	VIHMAN arvio
Kosteikot	kpl	34 %
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	VIHMAN arvio
Monivuotinen nurmiviljely	ha	VIHMAN arvio
Säätösalaajitus ym.	ha	15 %
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	VIHMAN arvio
Kipsin levitys pelloille	ha	54 %
Hakkuualueiden suojavyöhyke	ha	10 %
Metsätalouden pintavalutuskentät	kpl	25 %
Metsätalouden putkipadot	kpl	50 %
Metsätalouden pohjapadot	kpl	30 %
Metsätalouden kosteikot	kpl	20 %
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	kiinteistö	95 %
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	85 %
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	70 %
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ypärivuotinen)	tuotantoha	46 %
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	46 %
Virtaaman säätö	tuotantoha	30 %
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	80 %

Taulukko 2. Perusteet toimenpiteiden vaikutuksille.

Toimenpide	P Reduktio
Suojavyöhykkeet	VIHMA: Kaikille viljellyille pelloille perustetaan suojavyöhykkeet.
Kosteikot	Vesistömalli: Kosteikkojen yläpuolella oleva peltopinta-ala suhteessa kokonaispeltoalaan Kosteikon koko on 2 % VA:sta. Puustinen ym. 2007
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	VIHMA: syyskynnetyt pellot syysviljaksi (perinteinen kyntö/kylvö).
Monivuotinen nurmiviljely	VIHMA: Viljellyt pellot nurmeksi
Säätösalaajitus ym.	Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitus selvitys (Mäkelä 2007): 15 %
Ravintetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	VIHMA: P-lukujakauman muutos 50; 50; 0
Kipsin levitys pelloille	54 %: Ekholm <i>et al.</i> (2011)
Hakkuualueiden suojavyöhyke	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 10 % (Ympäristö.fi 2012e)
Metsätalouden pintavalutus kentät	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 20-30 % (Ympäristö.fi 2012e)
Metsätalouden putkipadot	Marttila & Klove (2009): 47-88 %, Marttila & Klove (2010): 67 %
Metsätalouden pohjapadot	Asiantuntija-arvio
Metsätalouden kosteikot	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: noin 20 % (Ympäristö.fi 2012e)
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Jätevedenpuhdistamon reduktio: 95 % (Ympäristö.fi 2012d)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Haja-asutuksen jätevesiasetuksen vaatimusten mukainen: 85 % (Valtioneuvosto 2011)
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Haja-asutuksen jätevesiasetus: 70 % (Valtioneuvosto 2011)
Pintavalutus kenttä pumppaamalla (kesä/ympäri vuotinen)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Pintavalutus kenttä (ei pumppausta)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Virtaaman säätö	20-50% (Turveteollisuusliitto 2012)
Kemiallinen käsittely	75-95% (Turveteollisuusliitto 2012)

LIITE 3. Toimenpiteiden lähtökuormituksen määrittäminen.

Taulukko 1. Toimenpiteiden lähtökuormitusten määrittäminen sektorikuormituksista.

Toimenpide	Lähtökuormitus
Suojavyöhykkeet	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia
Kosteikko	Kosteikkojen vaikutus ei riipu mallissa tulevasta kuormituksesta.
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia ja syysviljoja
Monivuotinen nurmiviljely	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia
Säätösalaajitus ym.	40 % maatalouden kuormituksesta
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Maatalouden kuormitus
Kipsin levitys pelloille	Pelloilta tulevan kuormituksen savimailla sijaitsevien peltojen osuus
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Hakkuualueiden osuus metsätalouden kuormituksesta
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojituksen osuus metätalouden kuormituksesta
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Vakituisen haja-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Vakituisen haja-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Loma-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ypärivuotinen)	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole pintavalutuskenttää
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole pintavalutuskenttää
Virtaaman säätö	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole virtaaman säätöä
Kemiallinen käsittely	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole kemiallista käsittelyä

LIITE 4. Toimenpiteiden maksimialojen määrittäminen KUTOVA-mallissa.

Taulukko 1. Toimenpiteiden maksimialat.

Toimenpide	Maksimiala
Suojavyöhykkeet	Peltopinta-ala (ha) ilman nurmia. Suojavyöhykkeen osuus on noin 8% peltolohkon alasta.
Kosteikko	VEMALAn arvioima kosteikkopaikkojen maksimimäärä (kpl), kosteikot ovat laskennallisia, niiden pinta-ala on 2 % yläpuolisen valuma-alueen alasta ja pelto-osuus valuma-alueesta on väh. 20 %
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella tai syysviljoilla.
Monivuotinen nurmiviljely	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella
Säätösalaajitus ym.	Säätösalaajitus soveltuu kaltevuudeltaan alle 2 % pelloille, jotka eivät ole savi tai eloperäisillä mailla
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Koko peltopinta-ala.
Kipsin levitys pelloille	Savimailla oleva peltopinta-ala
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Suojavyöhyke on n. 1% hakkuualasta (ha). (Metsätalouden vesienhoitotoimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa)
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojitusala/50 (ha). Vesien suojeleminen tehdään 1 kpl/50 ojitushehtaaria (Ympäristö.fi 2012f).
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Viemäröimätön haja-asutus (kpl) (VEPS)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäröimätön haja-asutus (kpl) (VEPS) * 0,75 (70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäröimätön loma-asutus (kpl) (VEPS) * 0,25 (20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympäri- vuotinen)	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Virtaaman säätö	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo virtaaman säätö.
Kemiallinen käsittely	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo kemiallinen käsittely.

LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella.

Taulukko 1. Kuormituksen lähtötiedot Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella.

Kuormitus (P kg)

VEMALA	Maavesi	Länsiosa	Itäosa	Koko valuma-alue	Yksikkö
Maatalous	1740	3840	420	6000	kg
Haja-asutus	82	232	120	430	kg
Muu	887	1399	415	2700	kg
Yhteensä	2709	5471	955	9130	kg

VIHMA

Maatalous yhteensä	1325	2780	318	4761	kg
Syysviljat	31	65	0	78	kg
Nurmet	573	798	102	778	kg

VEPS

Maatalous	800	1766	193	2760	kg
Metsätalous	156	295	86	537	kg
Laskeuma	419	1854	718	2990	kg
Luonnonhuuhtouma	441	837	243	1521	kg
Hulevesi	3	12	6	21	kg
Haja-asutus	146	415	215	769	kg
Pistekuormitus	0	0	7000	7009	kg
Turvetuotanto	84	16	9	109	kg
Yhteensä	2049	5195	8470	15716	kg

Taulukko 2. Toimenpiteiden maksimialat Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella.

Maksimialat

	Maavesi	Länsiosa	Itäosa	Koko		Yksikkö
				valuma-alue	Lähde	
Peltopinta-ala	905,84	1735,18	171,47	3195	VIHMA	ha
Syysviljojen ala	21	42	0	73	VIHMA	ha
Nurmien ala	489	651	83	1374	VIHMA	ha
Pelloista savimailla	7 %	10 %	1 %	21 %	VEMALA	%
Pelloista eloperäisillä mailla	11 %	25 %	1 %	14 %	VIHMA	%
Hakkuuala	29	48	8	85	Metsäkeskus	ha
Kunnostusojitusala	22	36	6	64	Metsäkeskus	ha
Viemäröimätön haja-asutus	235	578	211	1024	VEPS	kpl
Viemäröimätön loma-asutus	385	1223	719	2327	VEPS	kpl
Turvetuotannon ala	333	65	35	432	VEPS	ha
Pintavalutuskenttä	50,05	9,75	5,2	65	Vahti	ha
Virtaaman säätö	0	0	0	0	Vahti	ha
Kemiallinen käsittely	282,59	55,05	29,36	367	Vahti	ha

Taulukko 3. Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä ja kosteikoiden yläpuolisten valuma-alueiden petoala.

Koko valuma-alue	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus			
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%	
	<0,5 ha	10	3	3	kpl
	0,5-2 ha	17	23	12	kpl
	>2 ha	7	6	0	kpl
Koko valuma-alue	Kosteikon valuma-alueen peltola (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus			
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%	
	<0,5 ha	53	23	39	ha
	0,5-2 ha	211	473	300	ha
	>2 ha	251	319	0	ha

Maavesi	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	2	2	3 kpl
	0,5-2 ha	2	4	4 kpl
>2 ha	3	1	0 kpl	
Länsiosa	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	14	15	39 ha
	0,5-2 ha	27	92	96 ha
>2 ha	106	49	0 ha	
Itäosa	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	5	1	0 kpl
	0,5-2 ha	14	16	8 kpl
>2 ha	4	5	0 kpl	
Maavesi	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	26	9	0 ha
	0,5-2 ha	172	316	203 ha
>2 ha	145	270	0 ha	
Länsiosa	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	3	0	0 kpl
	0,5-2 ha	1	3	0 kpl
>2 ha	0	0	0 kpl	
Maavesi	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	14	0	0 ha
	0,5-2 ha	12	66	0 ha
>2 ha	0	0	0 ha	

Taulukko 4. Toimenpiteiden valuma-aluekohtaiset reduktiot Läntisen Pien-Saimaan valuma-alueella
Valuma-aluekohtaiset reduktiot

Toimenpide	Koko valuma-alue				Lähde
	Maavesi	Länsiosa	Itäosa	valuma-alue	
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	6 %	5 %	5%	6 %	VIHMA

Koko valuma-alue	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,2 %	0,5 %	1,9 %	5,4 %	3,3 %
Monivuotinen nurmiviljely	-0,2 %	-0,2 %	0,5 %	12,0 %	9,6 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,2 %	1,1 %	6,5 %	5,3 %
Peltoala (ha)	235	441	947	1169	403

Maavesi	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,0 %	0,3 %	1,7 %	5,2 %	2,8 %
Monivuotinen nurmiviljely	0,0 %	-0,1 %	0,3 %	11,5 %	8,3 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,1 %	1,0 %	6,5 %	4,7 %
Peltoala (ha)	0	81	298	403	124

Länsiosa	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,0 %	0,2 %	1,8 %	5,8 %	3,5 %
Monivuotinen nurmiviljely	0,0 %	-0,1 %	0,4 %	12,9 %	10,2 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,1 %	1,3 %	8,3 %	6,7 %
Peltoala (ha)	5	98	566	797	270

Itäosa	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,0 %	0,0 %	0,5 %	7,0 %	6,5 %
Monivuotinen nurmiviljely	0,0 %	0,0 %	0,1 %	15,0 %	18,5 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,0 %	0,3 %	7,7 %	9,7 %
Peltoala (ha)	0	1	16	101	53