



Suomen ympäristökeskus

Kustannustehokkaat vesiensuojelutoimenpiteet Vantaanjoen vesistöalueella

Turo Hjerppe
1.7.2013

Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
2	KUTOVA-malli	3
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	7
2.6	Toimenpiteiden väliset yhteydet	7
2.7	Laskentatapa	8
2.8	Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu	9
3	Lähtötiedot	12
4	Tulokset.....	12
4.1	Koko Vantaanjoen vesistöalue	13
4.1.1	Yksittäiset toimenpiteet.....	13
4.1.2	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä	15
4.1.3	Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä	18
4.1.4	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla	18
4.2	Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen	19
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 Vantaanjoen vesistöalueella.	38

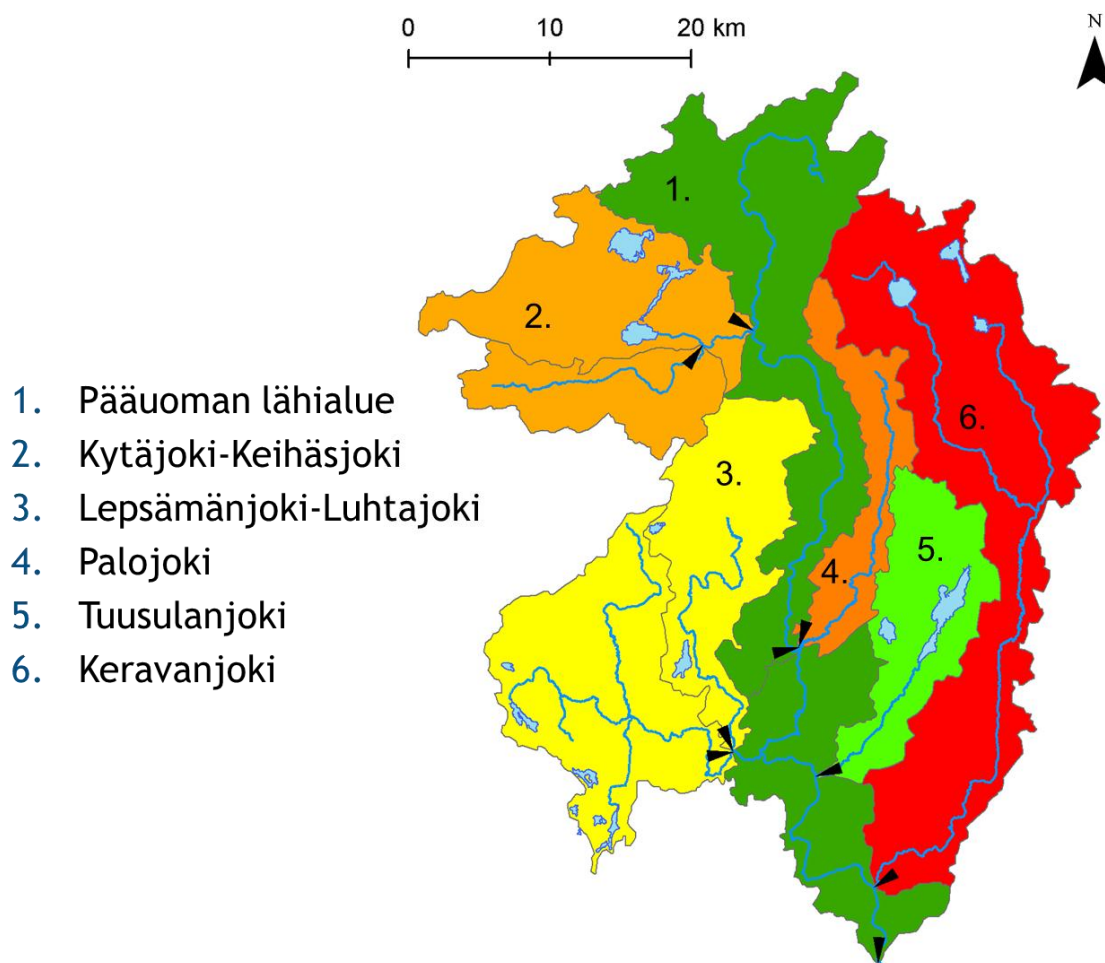
1 Johdanto

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 hankkeessa KUTOVA-mallia sovelletaan Vantaanjoen vesistöalueen lisäksi Hiidenvedellä, Pien-Saimaalla, Vanajavedellä ja Lapuanjoella. Lisäksi mallia on aiemmin sovellettu Karvianjoella, Paimionjoella sekä Temmesjoella.

Vantaanjoki kulkee yli 100 km matkan aina Riihimäeltä Helsinkiin Vanhankaupungin lahdelle. Valuma-alueen pinta-ala on 1 685 km², se ulottuu neljäntoista kunnan alueelle ja sen vaikutusalueella asuu noin 1,1 miljoonaa ihmistä. Vesistöalueen jokien yhteispituus n. 300 km ja alueen järvisyys 2,3 %. Vantaanjoki on pääosin tyydyttävässä tilassa ekologisen tilan luokittelun mukaan.

Vantaajoki on yksi Etelä-Suomen tärkeimmistä virkistyskalastuskohteista. Se on lohijoki, johon nousee merilohi ja meritaimen. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry perustettiin keväällä 1963, kun Vantaanjoen varren kunnat ja teollisuuslaitokset päättivät alkaa vapaaehtoisesti torjumaan joen huolestuttavaa saastumista. Vaikka siitä lähtien veden laatu Vantaanjoessa ja sen sivuhaaroissa on selvästi parantunut, tehtävää riittää edelleen. Vuoteen 1982 asti, ennen Päijänne-tunnelia, joen vettä käytettiin pääkaupunkiseudun talousvetenä. Vantaanjoki onkin edelleen tärkeä virkistyskohteen lisäksi myös pääkaupunkiseudun vedenhankinnan varavesijärjestelmänä ja raakavesilähteenä, silloin kun Päijänne-tunneli ei ole käytössä.

Tässä raportissa kuvataan vesienhoidon kustannustehokkuustarkastelu koko Vantaanjoen vesistöalueelle, sekä kuvassa 1 esitetyille Vantaanjoen osa.valuma-alueille erikseen. Osavaluma-alueita ovat pääuoman lähialue, Kytäjoki-Keihäsjoeki, Lepsämänjoki-Luhtajoki, Palojoki, Tuusulanjoki ja Keravanjoki.



© SYKE © Maanmittauslaitos, lupa nro 7/MML/12

Kuva 1. Vantaanjoen vesistöalue ja KUTOVA-tarkastelun osavaluma-alueet.

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-

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 suojavyyhykkeiden 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 peltojen 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 liittyy 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 vakituisen asutuksen 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 peltolohkolla, 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

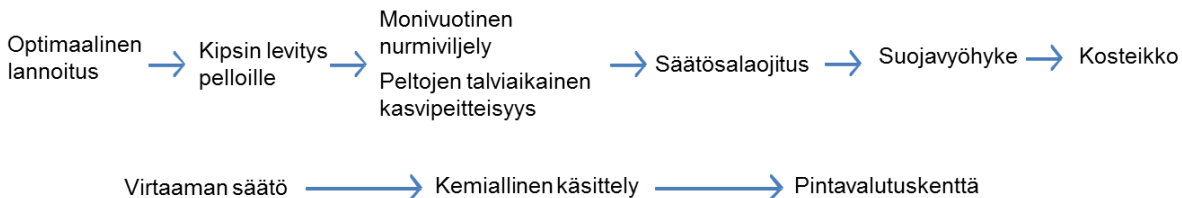
Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja toteuttamislajuuden perusteella voidaan laatia toimenpideyhdistelmiä. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitaan toimenpiteitä kustannustehokkuusjärjestyksessä. Kun toimenpide on valittu, sen vaikutus sektorin kuormitukseen huomioidaan ja lasketaan muille toimenpiteille uusi kustannustehokkuus. Toimenpideyhdistelmien tekeminen mahdollistaa käyttäjän harkinnan toimenpiteiden toteuttamislajuuden 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

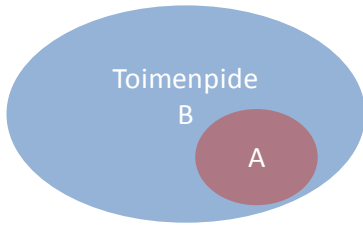
Toimenpiteillä voi olla vaikutuksia toisiinsa. Esimerkiksi talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely ovat toisensa poissulkevia toimenpiteitä. Lisäksi ne vähentävät pelloilta tulevan kuormituksen määrää, mikä vaikuttaa puolestaan suojavyöhykkeen tehokkuuteen. Toimenpiteiden vaikutukset toisiinsa on huomioitu maatalouden ja turvetuotannon osalta seuraavasti:



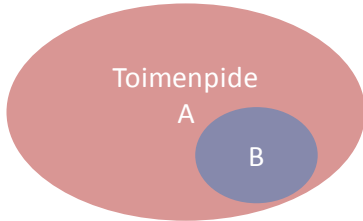
Optimaalinen lannoitus siis vaikuttaa kaikkiin muihin maatalouden toimenpiteisiin, ja säätösalaajitus vain suojavyöhykkeiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säätösalaajituksen ja suojavyöhykkeiden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

Toimenpiteiden toteuttamislaajuus 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.

Toimenpiteiden alat



B:n lähtökuormitus =
B:n lähtökuormitus – A:n aiheuttama vähennys



B:n lähtökuormitus =
B:n lähtökuormitus – B:n ala / A:n ala * A:n aiheuttama vähennys

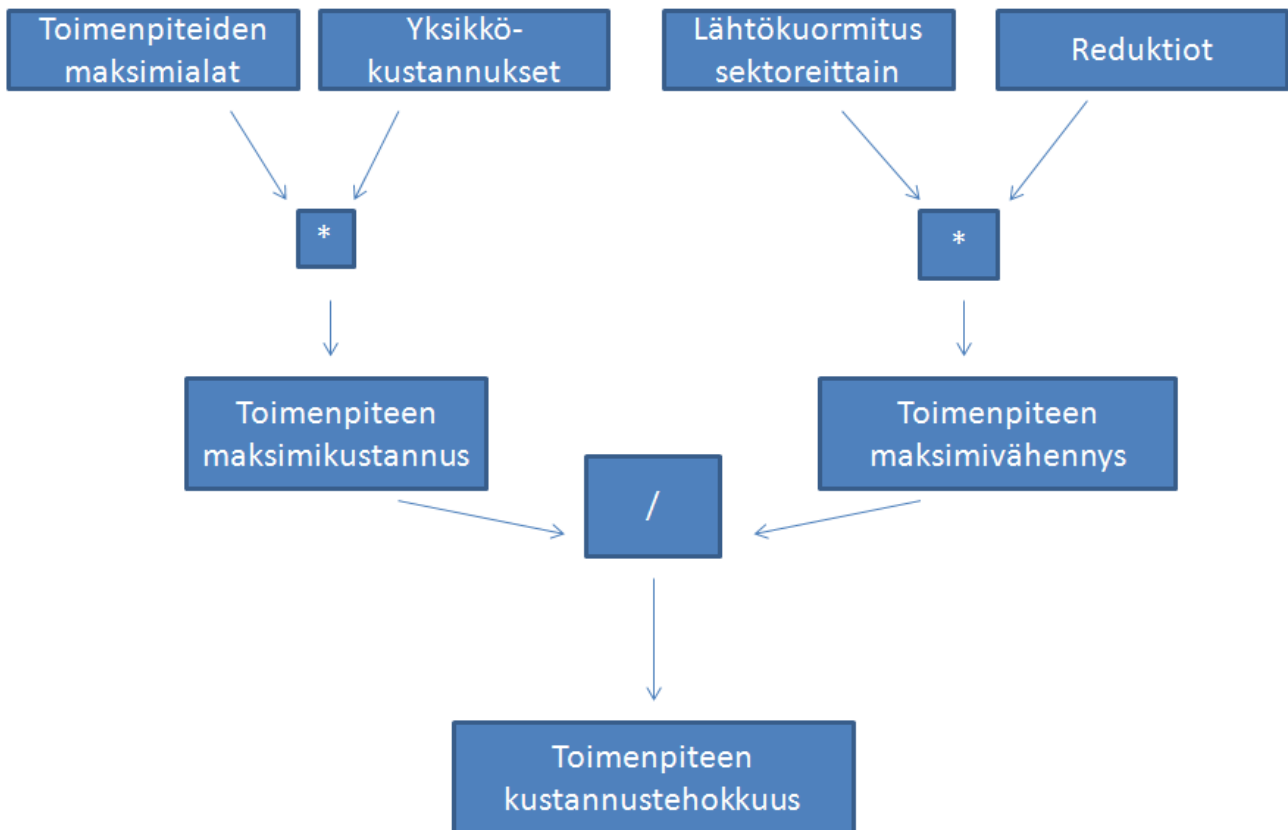
Kuva 2. Toimenpiteiden toteuttamislaajuuden huomioiminen, kun toimenpiteet vaikuttavat toisiinsa.

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



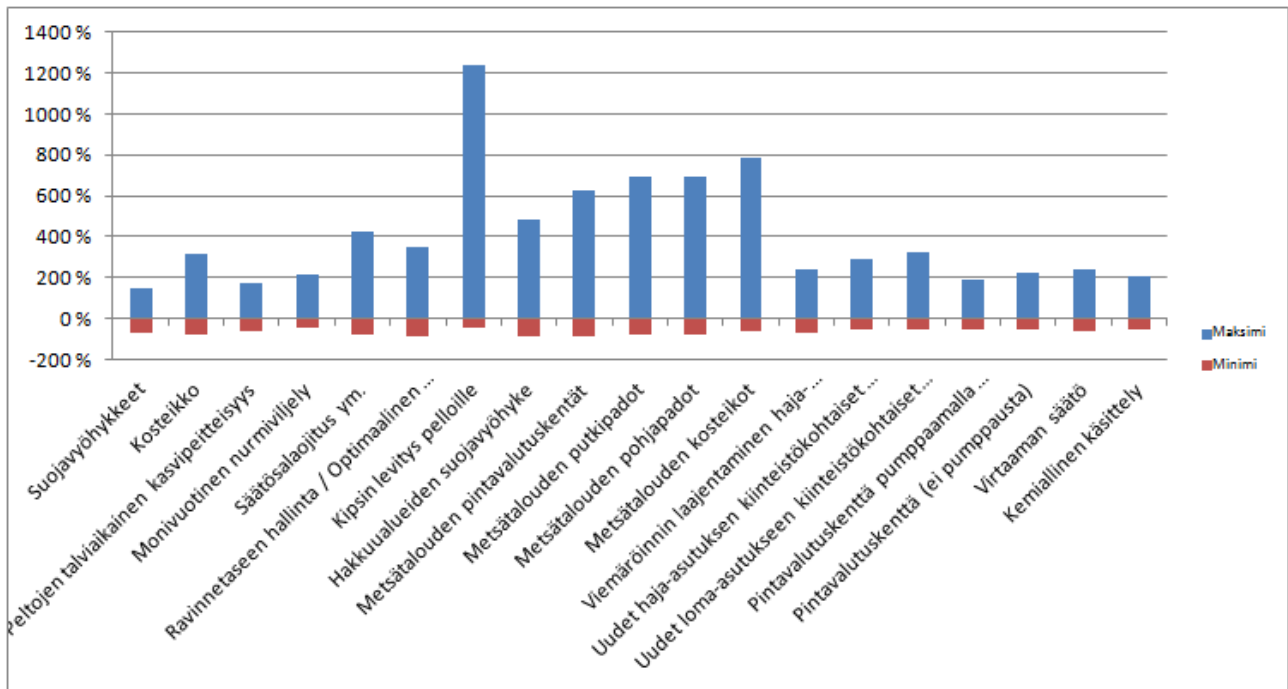
Kuva 3. Systemikaavio KUTOVA+-mallin laskentatavasta.

2.8 Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu

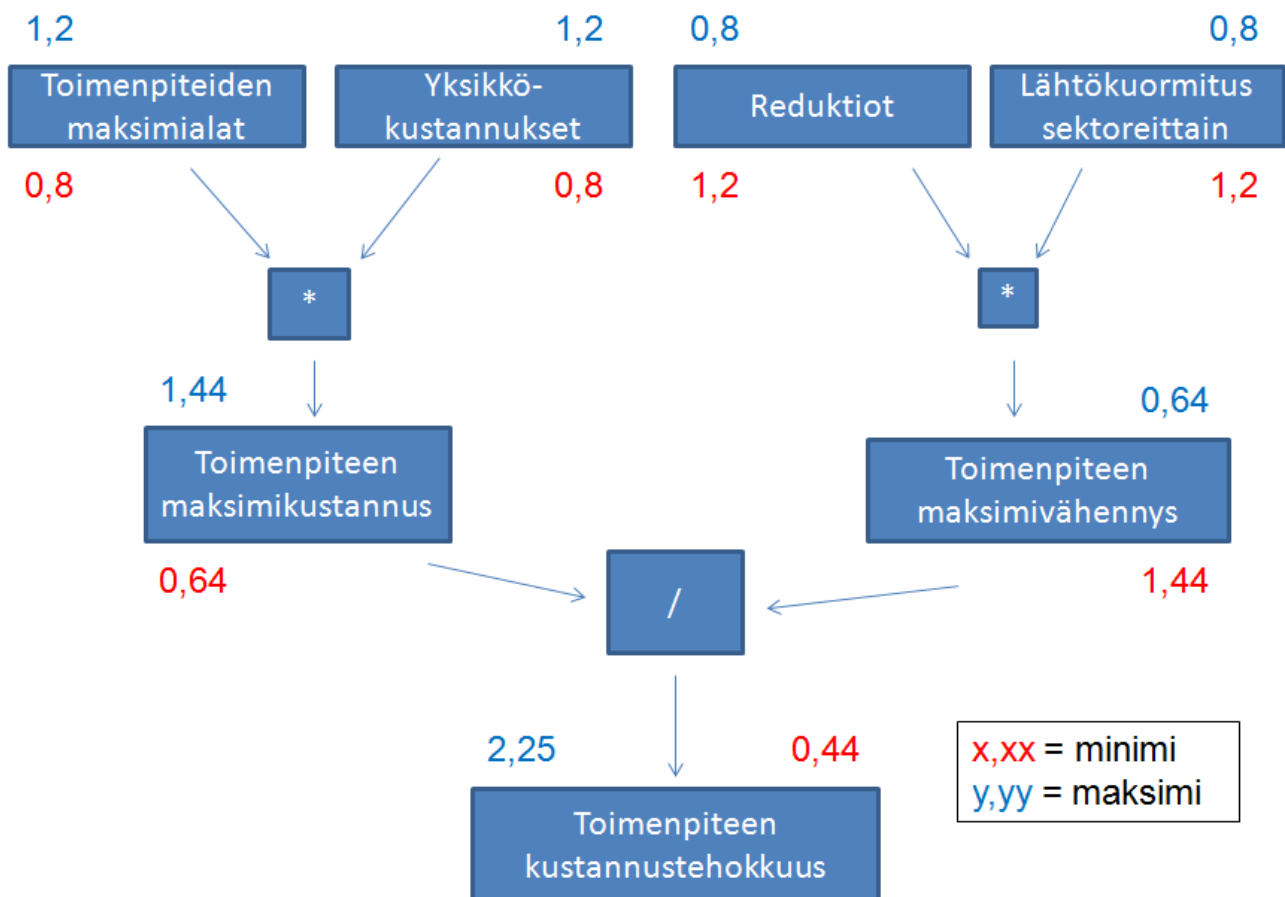
Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 1 mukaisesti. Kuvassa 4 on esitetty kustannustehokkuuden minimi ja maksimi arvon poikkeama mallin oletusarvosta toimenpiteittäin. Erot toimenpiteiden välillä syntyvät erilaisista investointikustannuksista 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.



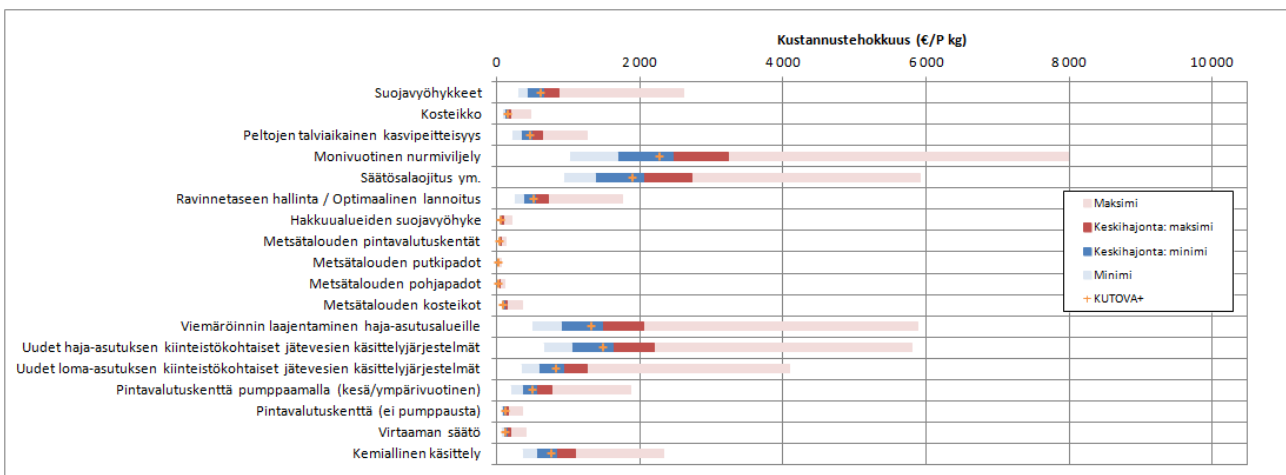
Kuva 5. Laskentatavan vaikutus kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon muodostumiseen ilman koron ja kuoletusajan vaikutusta. Sinisellä värillä merkatut kertoimet (1=oletusarvo) havainnollistavat maksimiarvon syntymistä ja punaisella merkatut minimiarvon syntymistä.

Minimi- ja maksimiarvojen lisäksi malli laskee Monte Carlo -simulointia hyödyntäen kustannustehokkuudelle keskihajonnan, joka antaa paremman kuvan tulosten todellisesta

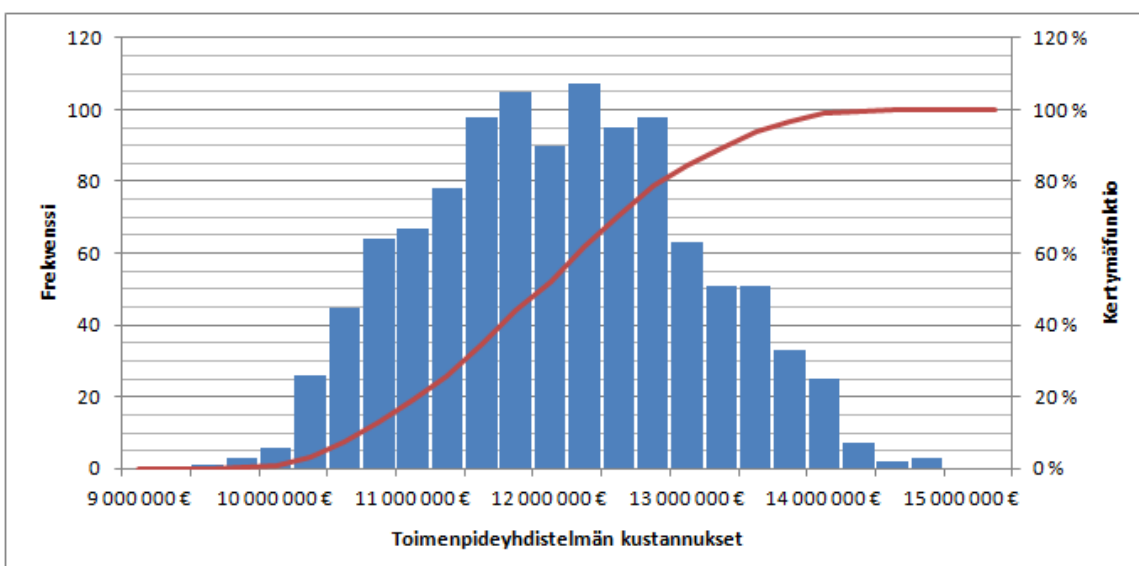
luottamusvälistä kuin minimi- ja maksimiarvot (kuva 6). Monte Carlo -simuloinnissa mallin lähtötietoja poikkeutetaan oletusarvosta taulukon 8 mukaisesti. Kutakin muuttujaa heilutetaan laskennassa satunnaisesti minimi- ja maksimiarvon välillä. Arvonta toistetaan 1000 kertaa ja määritetään arvotuille tuloksille 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.

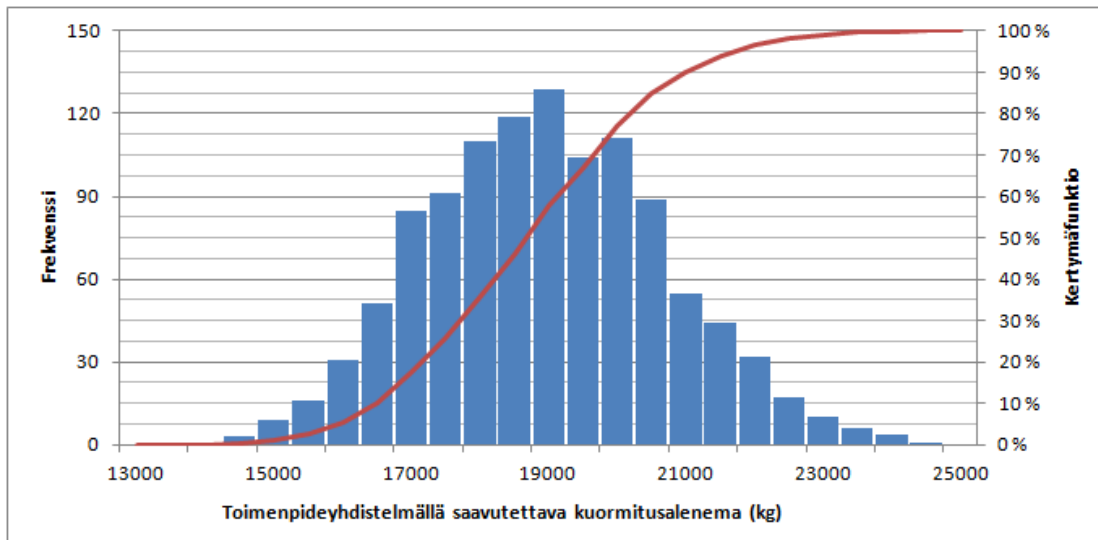
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.



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 Vantaanjoen 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 Vantaanjoen vesistöalueelle. Luvussa 4.1 kuvataan yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikutus kuormitukseen sekä kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen. Lisäksi luvussa tarkastellaan Vantaanjoen vesistöalueen vesienhoitosuunnitelmia ja verrataan niitä kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon. Luvussa 4.2. on vertailtu Vantaanjoen vesistöalueen osavaluma-alueita ja luvussa 4.3 kuvataan tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia.

4.1 Koko Vantaanjoen vesistöalue

Corine land cover maankäyttöaineiston perusteella Vantaanjoen vesistöalueen maa-alasta noin puolet, 53 prosenttia on metsää. Maatalousalueita maa-alasta on neljäsosa ja rakennettuja alueita viidesosa. Soita maa-alasta on vain yksi prosentti. Peltoa valuma-alueella on yhteensä 40 000 hehtaaria (Liite 5). Pellot ovat enimmäkseen loivia tai tasaisia, vain 17 % on kaltevuudeltaan yli 3 prosenttia.

Alueella on vuosittain uusia metsätalouden uudistushakkuualoja keskimäärin 390 hehtaaria ja kunnostusojitusalaa 42 hehtaaria. Turvetuotantoa alueella on 75 hehtaaria (Liite 5). Viemäröimättömiä haja-asutusalueella sijaitsevia vakituksessa asutuksessa olevia kiinteistöjä alueella on noin 15 000 ja lomakiinteistöjä 3000 (RHR 2011).

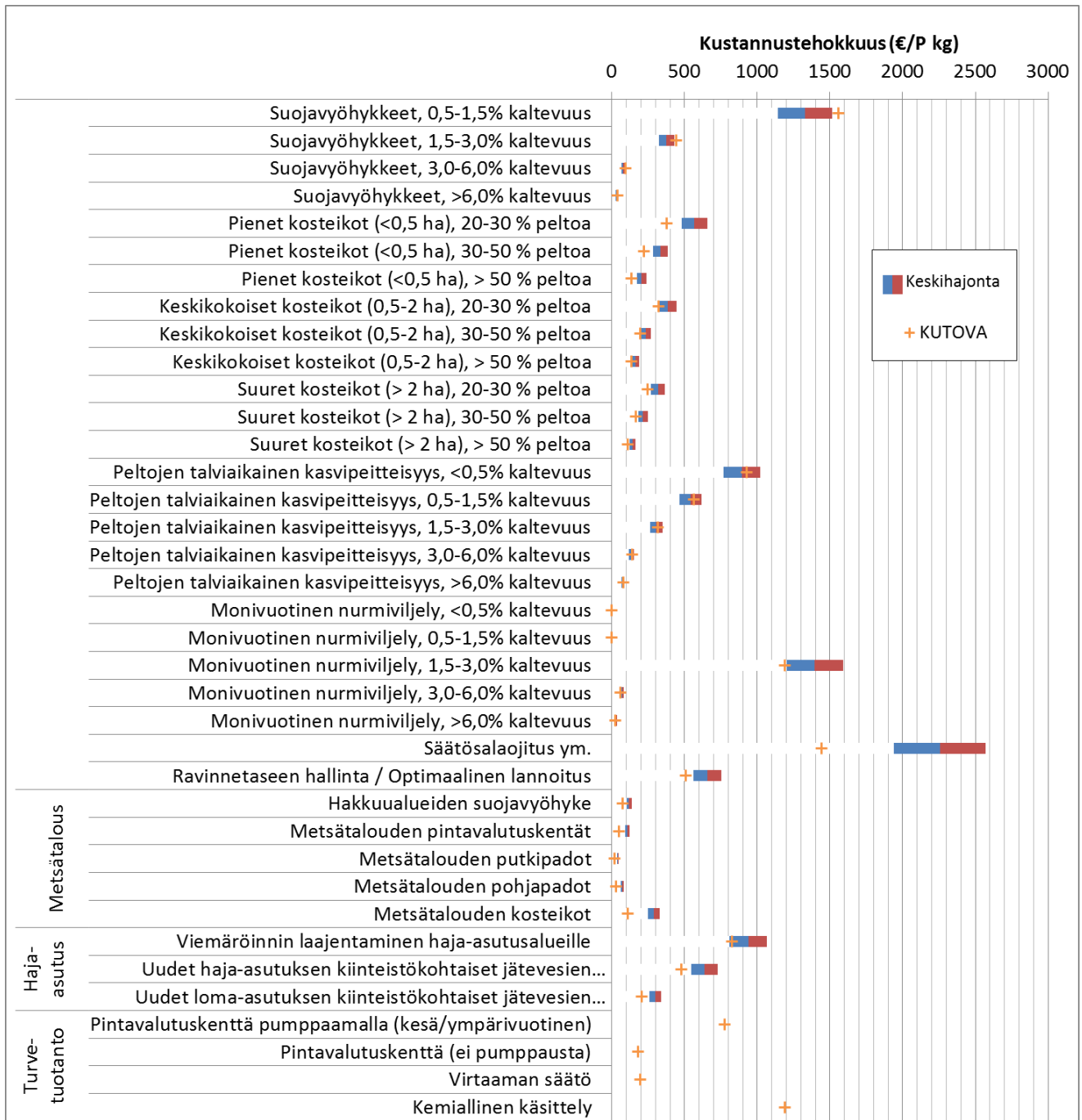
4.1.1 Yksittäiset toimenpiteet

Vantaanjoen vesistöalueen kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat metsätalouden putki- ja pohjapadot sekä pintavalutuskentät (18 - 51 €/P kg) (kuva 9). Myös hakkuualueiden suojavyöhykkeet kuuluvat kustannustehokkaimpien toimenpiteiden joukkoon (72 €/P kg). Turvetuotannon toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat pintavalutuskentät ilman pumppausta ja virtaaman säätöpadoit (180 - 200 €/P kg). Muut turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkuudeltaan huomattavasti kalliimpia, luokkaa 800 - 1 200 €/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 100 fosforikilon eli noin 0,1 % kuormitusvähennys koko vesistöalueella syntyvästä kuormituksesta.

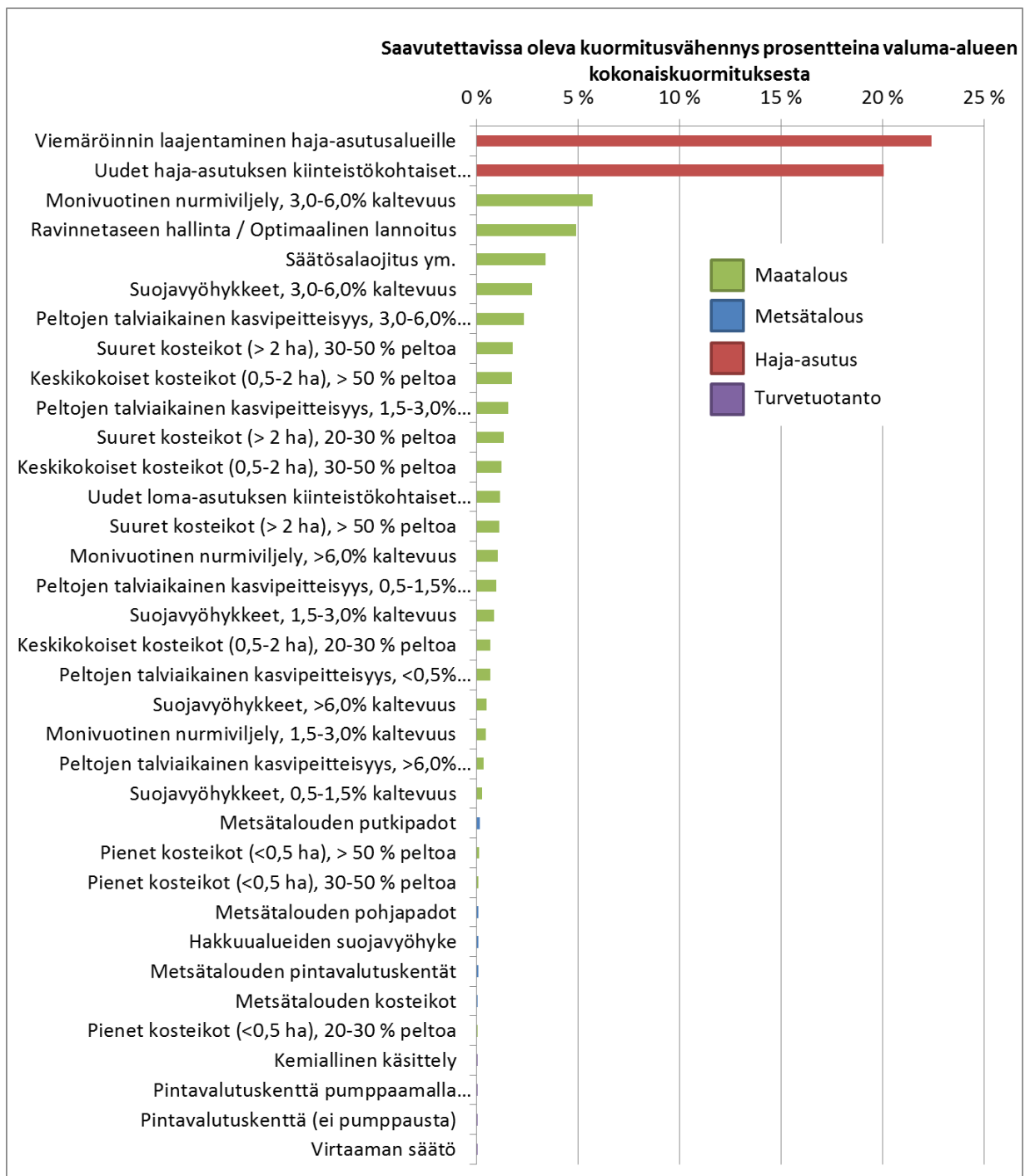
Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat monivuotinen nurmiviljely (26-61 €/P kg), suojavyöhykkeet (38-92 €/P kg) sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja ravinnetaseen hallinta (77-138 €/P kg) (kuva 9) kaltevilla pelloilla (kaltevuus > 3%). Myös kosteikot ovat melko kustannustehokkaita (110-376 €/P kg) toimenpiteitä. Ravinnetaseen hallinta ja säätösalaajitus (500 - 1 500 €/P kg) sekä talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely ja suojavyöhykkeet loivilla ja tasaisilla pelloilla (kaltevuus <1,5 %) (600-1500 €/P kg) ovat Vantaanjoen vesistöalueella maatalouden toimenpiteistä kannattamattomimpia. Suurin kuormituksen vähennyspotentiaali maatalouden toimenpiteistä on kaltevien peltojen monivuotisella nurmiviljelyllä, talviaikaisella kasvipeitteisyydellä ja suojavyöhykkeillä sekä ravinnetaseen hallinnalla ja säätösalaajituksella.

Haja-asutuksen toimenpiteet kuuluvat Vantaanjoen vesistöalueella kustannustehokkuudeltaan keskikastin toimenpiteisiin. Haja-asutuksen toimenpiteistä uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset

jätevesien käsittelyjärjestelmät ovat kustannustehokkaimpia (200 €/P kg). Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmät ja viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille ovat hivenen kalliimpia (500 – 800 €/P kg) toimenpiteitä (kuva 9). Vakituksen haja-asutuksen toimenpiteillä voidaan kuitenkin vähentää fosforikuormitusta yksittäisistä toimenpiteistä eniten (kuva 10).



Kuva 9. Toimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväli ilmaistuna arvontaan perustuvan Monte Carlo -simuloinnin tulosten keskihajonnan avulla Vantaanjoen vesistöalueella.

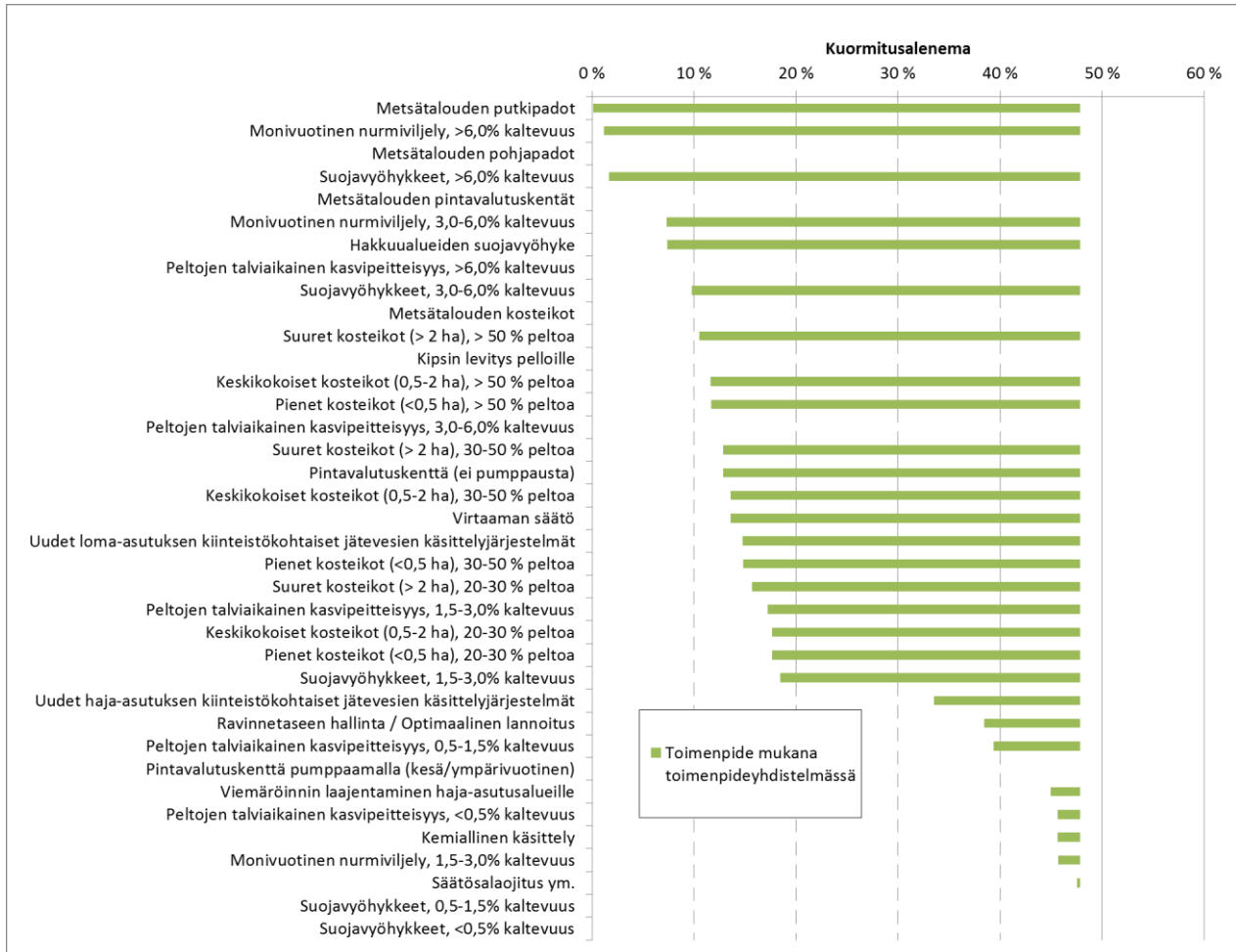


Kuva 10. Toimenpiteillä saavutettava fosforikuormituksen maksimivähennys suhteessa kokonaiskuormitukseen Vantaanjoen vesistöalueella, kun toimenpiteet toteutetaan maksimilaajuudessaan.

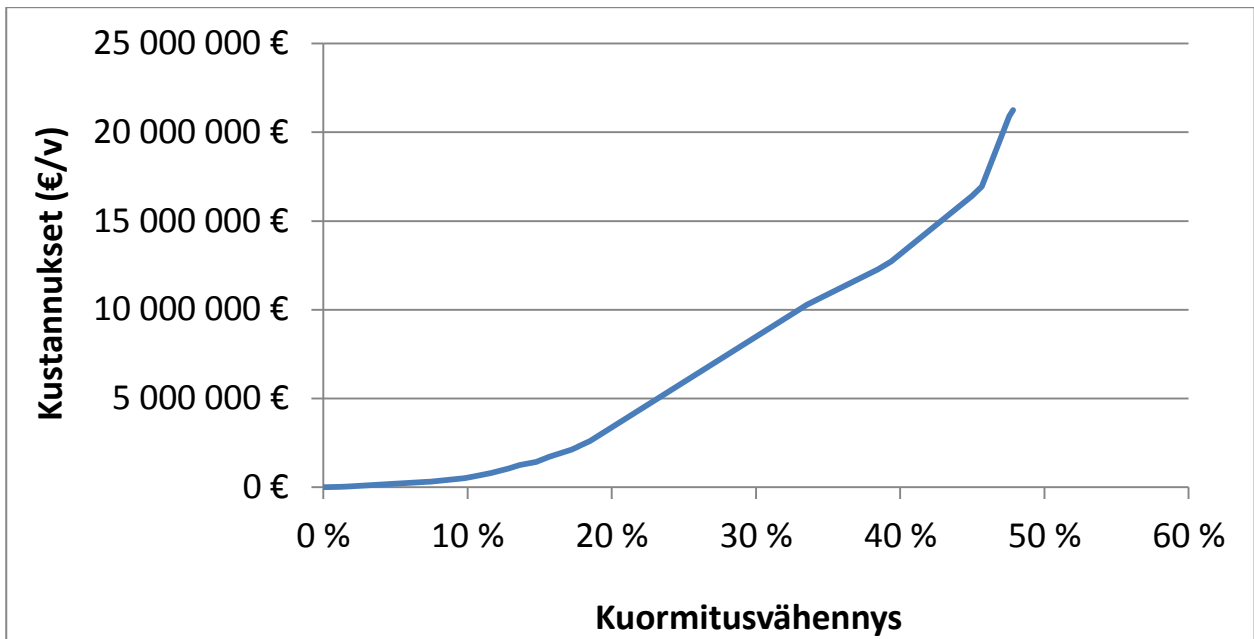
4.1.2 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä

Toteuttamalla kaikki toimenpiteet maksimilaajuudessaan Vantaanjoen vesistöalueella on KUTOVA-mallin mukaan mahdollista vähentää fosforikuormitusta noin 38 000 kilogrammaa eli 48 % alueen kokonaiskuormituksesta (kuva 11). Tällöin toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannukset olisivat noin 21 miljoonaa euroa vuodessa (kuva 12). Mikäli kustannustehokkaimmista toimenpiteistä toteutetaan ainoastaan metsätalouden putkipadot, hakkuualueiden suojavyöhykkeet,

maatalouden vesiensuojelukosteikot, viemäröimättömän loma-asutuksen kiinteistökohtaiset ratkaisut, turvetuotannon pintavalutuskentät sekä virtaaman säätöpadot sekä monivuotinen nurmiviljely ja suojavyöhykkeet yli 3 % kaltevilla pelloilla, voitaisiin saavuttaa noin 18 prosentin kuormitusalenema 2 600 000 eurolla (kuvat 11 ja 12).

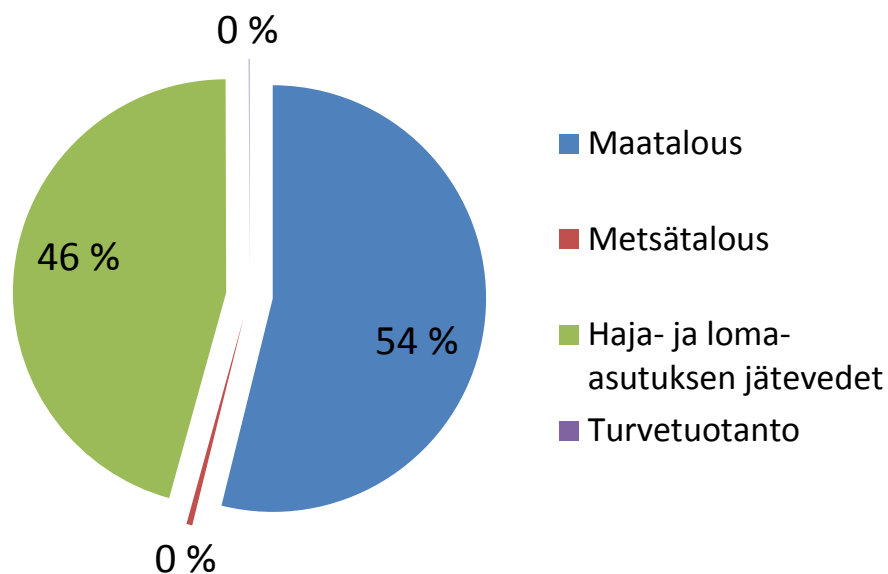


Kuva 12. Kustannustehokkaimmassa toimenpideyhdistelmässä mukana olevat toimenpiteet tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Vantaanjoen vesistöalueella. Toimenpiteet lisätään toimenpideyhdistelmään kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.



Kuva 13. Kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset tavoiteltavan kuormitusläneman mukaan Vantaanjoen vesistöalueella.

Tällainen toimenpideyhdistelmä tuskin on realistinen, mutta kuitenkin selkeästi suuntaa-antava. Maatalouden toimenpiteillä on saavutettavissa merkittäviä kuormituslänemia 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 prosentin luokkaa (kuva 13).



Kuva 13. Saavuttavan kuormitusläneman (38 000 kg, 48 %) jakautuminen sektoreittain, kun kaikki toimenpiteet toteutetaan kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilääjuudessaan.

4.1.3 Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä

Vantaanjoen vesistö alueella ei ole tehty tarkennettua vesienhoidon suunnitelmaa, jossa olisi toimenpideyhdistelmä mukana. Tätä tarkastelua varten Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmasta vuosille 2010-2015 ositettiin maan käytön perusteella toimenpiteet Vantaanjoen vesistöalueelle. 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 Vantaanjoen vesistöalueella 11 miljoonaa euroa vuodessa ja toimenpiteillä voitaisiin saavuttaa 27 prosentin kuormitusvähennys Vantaanjoen vesistöalueella syntyvästä fosforikuormasta.

Taulukko 2. Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmasta maankäytön perusteella Vantaanjoen vesistöalueelle ositetut toimenpiteet.

Toimenpide	Toteutettava määrä
Suojavyöhyke	400 ha
Kosteikko	400 kpl
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	20 400 ha
Ravinnetaseen hallinta	3000 ha
Metsätalouden eroosiohaittojen torjunta	28 kpl
Viemäroimätön haja-asutus	18 000 kiinteistöä
Pintavalutuskentät	46 tuotantoha

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 36 prosentin kuormitusvähennys 11 miljoonan 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.

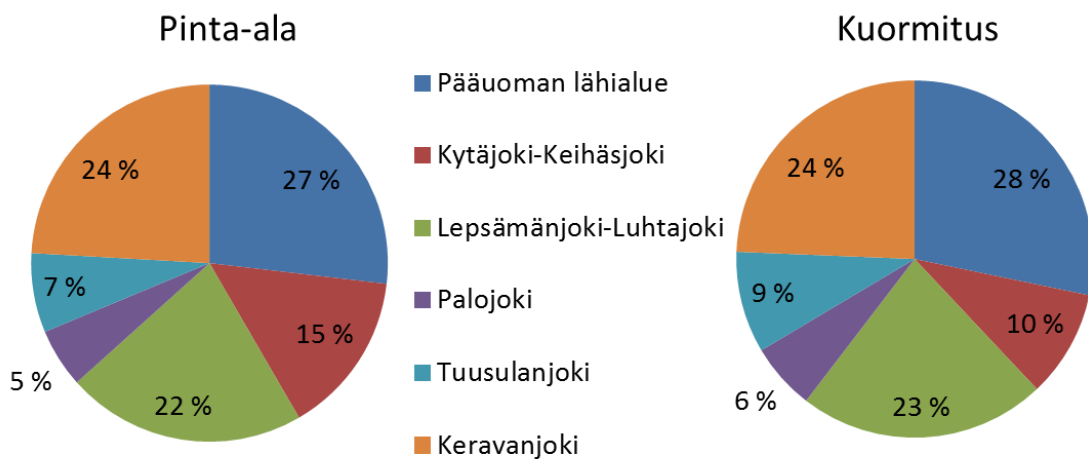
	Toimenpide	Toteutettava määrä	
Maatalous	Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	674	ha
	Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	445	ha
	Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	34	ha
	Suojavyöhykkeet yhteensä	1153	ha
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	17	kpl
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	21	kpl
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	18	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	111	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	121	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	120	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	69	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	63	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	26	kpl
	Kosteikot yhteensä	566	kpl
	Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, 1,5-3,0% kaltevuus	7860	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	5559	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	428	ha
	Monivuotinen nurmiviljely yhteensä	5987	ha
Met-säätalous	Hakkuualueiden suojavyöhyke	12	ha
	Metsätalouden putkipadot	8	kpl
Haja-asutus	Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	11277	kiinteistöä
	Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	729	kiinteistöä
Turv etuot anto	Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	75	tuotantoha
	Virtaaman säätö	75	tuotantoha

4.2 Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen

KUTOVA-tarkastelu tehtiin myös erikseen kuudelle osavaluma-alueelle, jotka ovat Vantaanjoen pääuoman lähialue, Kytäjoki-Keihäsjoen, Lepsämänjoki-Luhtajoki, Palojoki, Tuusulanjoki ja Keravanjoki (kuva 1). Osavaluma-alueista suurimmat ovat pääuoman lähialue, Lepsämänjoki-Luhtajoki ja Keravanjoki, joiden kuinkin osuus koko vesistöalueen maa-alasta on noin neljännes. Kytäjoen-Keihäsjoen osa-alueen pinta-ala on noin 15 ja Palojoen ja Tuusulanjoen noin 6 prosenttia koko vesistöalueen alasta (kuva 15). Kaikkien osa-alueiden osuus vesistöalueella syntyvästä kuormituksesta vastaa kutakuinkin alueen pinta-alaosuutta koko valuma-alueen maa-alasta.

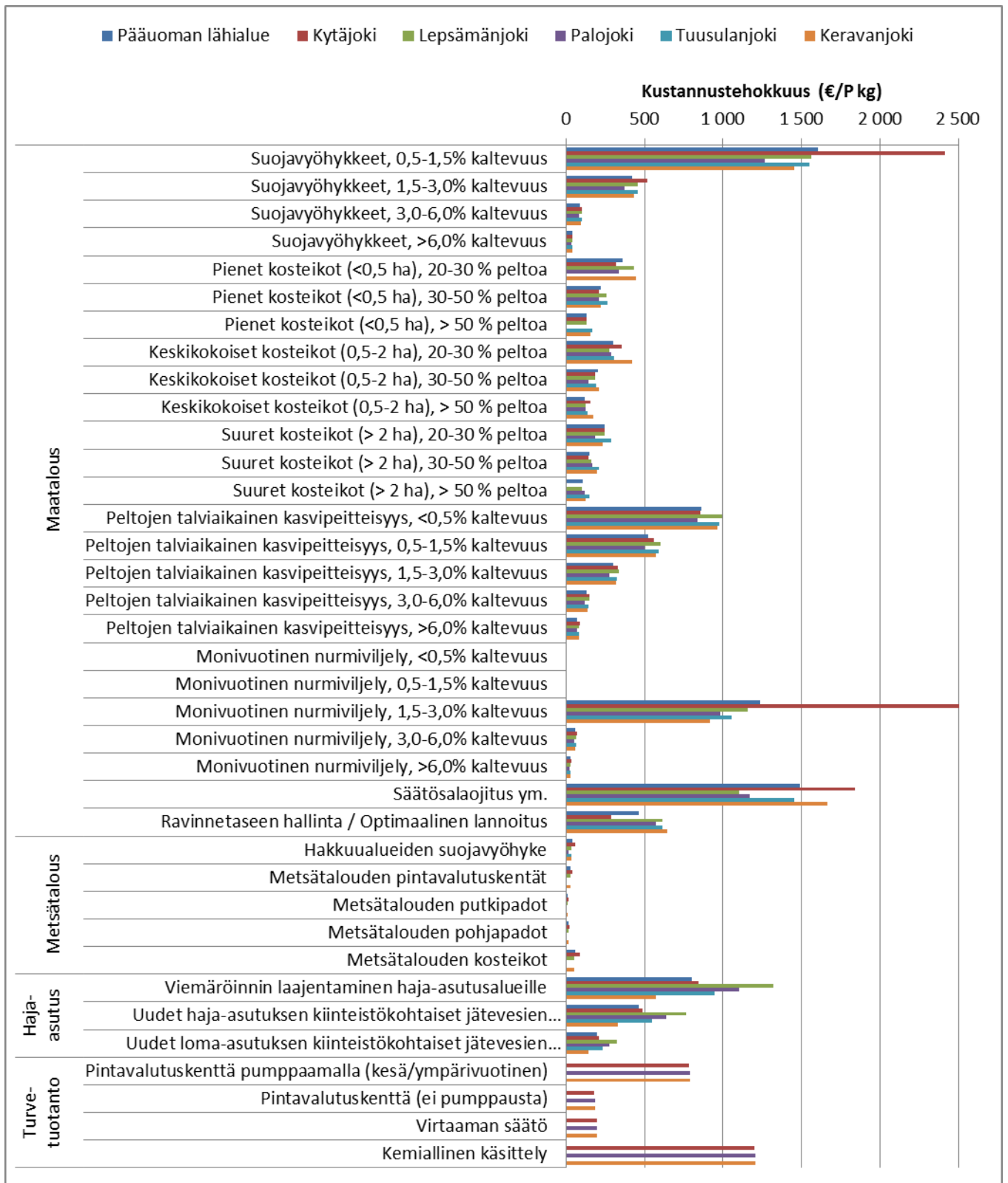
Poikkeuksena Kytäjoen-Keihäsjoen kuormitus on noin kolmanneksen pienempi kuin pinta-alaosuuden perusteella voisi olettaa. Tarkastelu on tehty valuma-alueiden maa-alueille.

Corine land cover -maanpeiteainesiton mukaan rakennettujen alueiden osuus osa-alueiden pinta-alasta vaihtelee 7 ja 32 % välillä. Tuusulanjoen alueella rakennettuja alueita on eniten ja Kytäjoen-Keihäsjoen alueella vähiten. Maatalousalueiden osuus vaihtelee 19 ja 31 % välillä. Maatalousvaltaisinta alue on Palojoen ja vähiten maataloutta on Kytäjoen-Keihäsjoen alueella. Metsää Kytäjoen-Keihäsjoen alueella on paljon, noin 75 prosenttia maa-alasta. Muilla alueilla metsän osuus 40-55 % osa-alueen alasta. Turvetuotanto alueella on painottunut valuma-alueen latvoille, Kytäjoki-Keihäsjoen alueelle, Palojoen alueelle ja Keravanjoen alueelle. Kaikilla alueilla pääosa (vähintään puolet) pelloista on loivia tai tasaisia, kaltevuudeltaan alle 1,5 %.



Kuva 14. Osavaluma-alueiden osuus Vantaanjoen vesistöalueen kuormituksesta ja maapinta-alasta.

Toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ei ole alueiden välillä ole suuria eroja (kuva 16). Kullakin alueella metsätalouden toimet ovat kustannustehokkaimpia. Maatalouden toimenpiteistä kosteikot ja kaltevien peltujen toimenpiteet ovat kaikilla osa-alueilla kustannustehokkaimpia. Maatalouden toimista alueelliset erot ovat suurimmat säätösalaajituksen osalta. Suurimpia eroja osa-alueiden välille syntyy haja-asutuksen toimenpiteiden kustannustehokkuuksien välille.

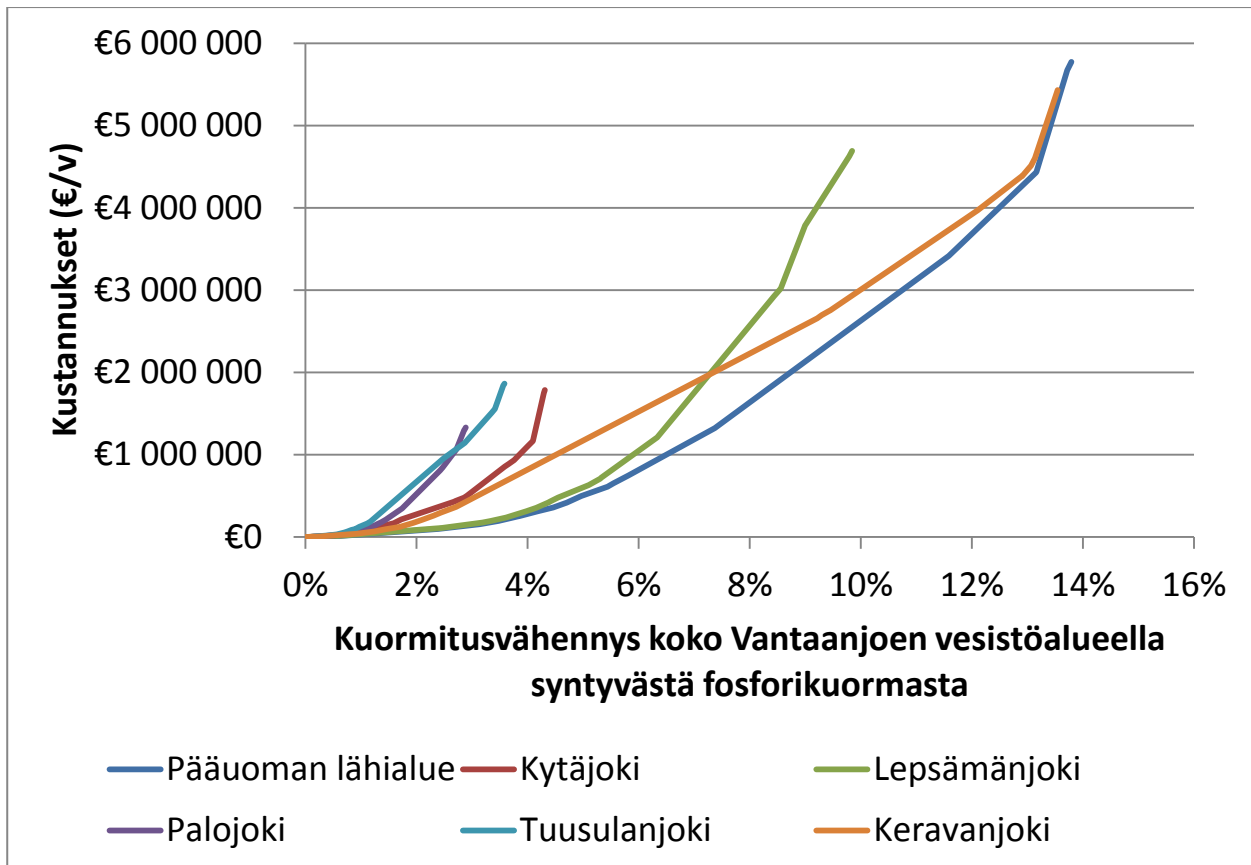


Kuva 15. Toimenpiteiden kustannustehokkuus osavaluma-alueittain.

Pääuoman lähialueella tehtävät toimenpiteet ovat Vantaanjoen vesistöalueen kokonaiskuormitukseen suhteutettuna kustannustehokkaimpia (kuva 16). Toki alueella on myös suurin osa-alueista ja siellä syntyy suurin osa Vantaanjoen vesistöalueen kuormituksesta. Esimerkiksi 1 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla voidaan Pääuoman lähialueella saavuttaa

6,5 % alenema koko valuma-alueen kokonaiskuormitukseen, kun muilla alueilla päästään korkeintaan 6 % ja useimmilla alueilla jäädyään alle 4 %.

Kuvasta 16 voidaan kuitenkin päätellä, että toimenpiteitä kannattaa kohdistaa kaikille osa-alueille. Esimerkiksi 1 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla kaikilla osa-alueilla, yhteensä 6 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla, voidaan saavuttaa tarkastelualueella noin 25 prosentin alenema kokonaiskuormituksesta. Sen sijaan, käyttämällä 6 000 000 euroa esimerkiksi ainoastaan pääuoman lähialueella voidaan saavuttaa vain 14 % kuormitusalenema.

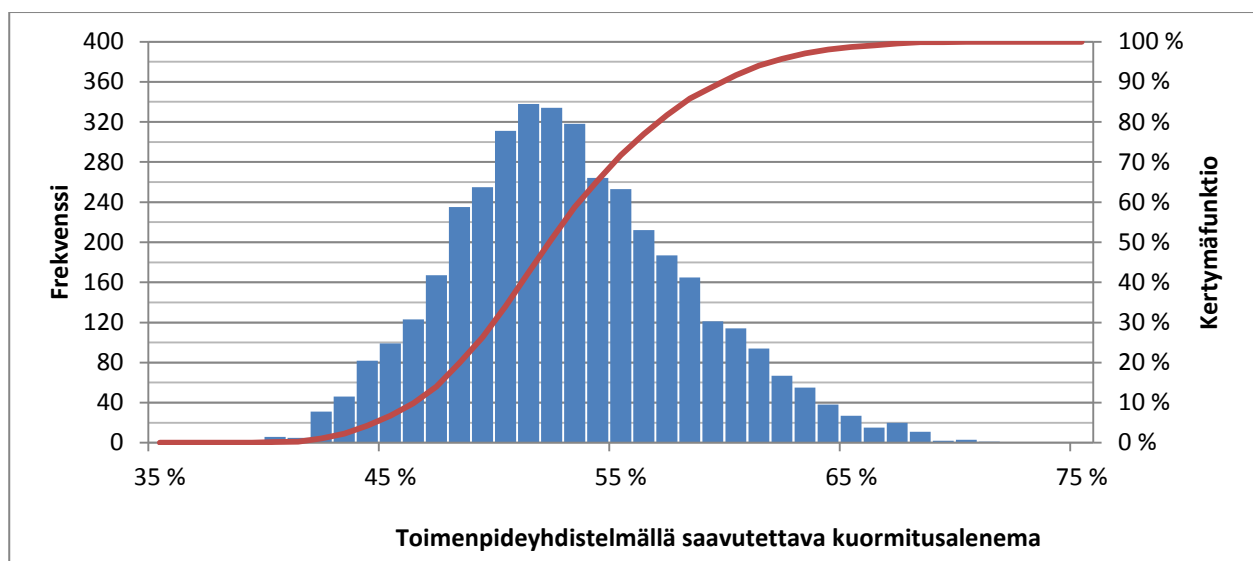


Kuva 16. Osavaluma-alueilla tehtävien toimenpiteiden kustannukset suhteessa saavutettavissa olevaan Vantaanjoen vesistöalueen kuormitusalenemaan.

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 17. Jakauma on hieman oikealle vino.



Kuva 17. 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 11 prosenttia Monte Carlo -simulaatiota alhaisemmaksi. Arviota kuormitusalenemasta voidaan siis pitää konservatiivisena. Toimenpideyhdistelmän kustannukset KUTOVA-malli arvioi jopa 22 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 kourmitukseen Vantaanjoen vesistöalueella.

	Toimenpideyhdistelmän kustannus (€/v)	Toimenpideyhdistelmällä saavutettava kuormitusalenema
KUTOVA-malli	21 000 000 €	48%
Monte Carlo -simulointi	26 000 000 €	53 %
Erotus	- 5 000 000 €	-6 %-yks
Erotus, %	-22 %	-11 %

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

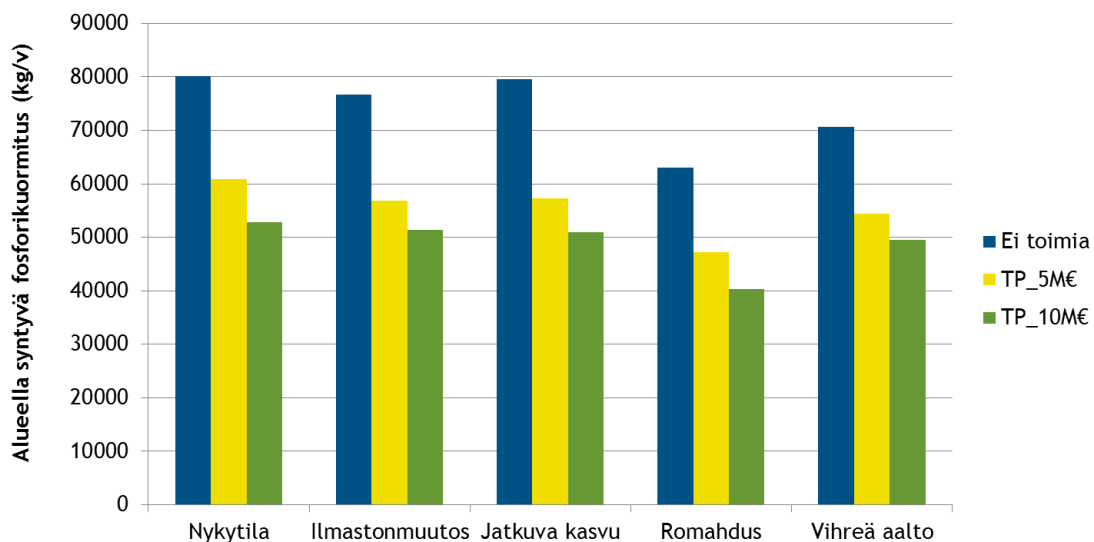
Sektori	Jatkuva kasvu	Romahdus	Vihreä aalto
Peltoala	Ei muutosta	- 20 %	+ 20 %
Lannoitus	+ 20 % mineraali + 20 % karjanlanta	- 30 % mineraali + 10 % karjanlanta	- 20 % mineraali - 20 % karjanlanta
Kevennetyt muokkausmenetelmät	+ 15 %	- 20 %	+ 30 %
Kasvilajit	Nurmiala vähenee Rehu- ja ruokaviljat kasvavat 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 tarkoituskaan 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 ilmastonmuutoskenaariota, 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 kaksi toimenpideyhdistelmää toinen 5 ja toinen 10 miljoonan euron vuotuisella budjetilla.

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 18).



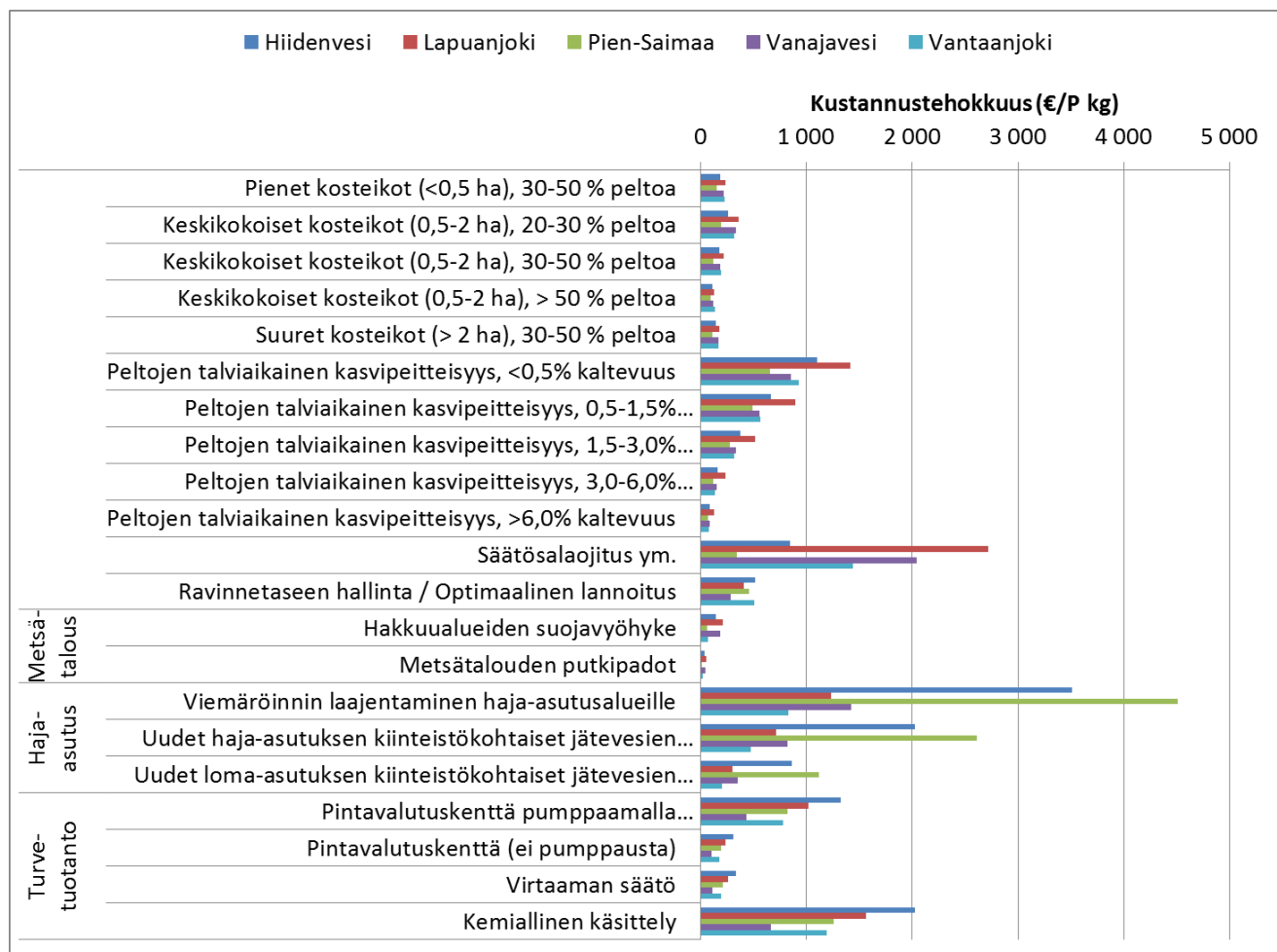
Kuva 18. Fosforikuormitus ja eri toimenpidevaihtoehtojen vaikutus kuormitukseen tulevaisuuskuivissa.

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 19. 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 suojavyöhykkeelle tulevaan kuormitukseen.

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

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

Viemäroimättömän haja-asutuksen toimenpiteet eivät ole yhtä kustannustehokkaita kuin maatalouden toimenpiteet, mutta niillä voidaan kuitenkin vaikuttaa Vantaanjoen kokonaisuormitukseen merkittävästi. Huomion arvioista on myös se, että viemäroimättömän haja-asutuksen toimenpiteet ovat Vantaanjoella selvästi kustannustehokkaampia kuin muilla GisBloom-hankkeen pilottialueilla. Tämä johtuu suuresta haja-asutuksen osuudesta kokonaisuormituksesta. 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/mtrraportti/pdf/mtrraportti33.pdf>>.
- Kunnari, E. (2008). Vesipuitteiden 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 viemärintiohjelma. Luonnos 21.5.2012. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Mäkelä, S. (2007) Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitusselvitys. Raportti 51 s., Helsingin yliopisto.
- Puustinen, M., J. Koskiahho, 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. Koskiahho, 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 €
Ravintetaseen 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, säättösalaojitus 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 täysinä 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/ympärivuotinen)	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/ympärivuotinen)	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 Vantaanjoen vesistöalueella.

Taulukko 1. Kuormituksen lähtötiedot Vantaanjoen vesistöalueella.

Kuormitus (P kg)

VEMALA	Pääuoman lähialue	Kytäjoki-Keihäsjoki	Lepsämän-joki-Luhtajoki	Palo-joki	Tuusulan-joki	Keravan-joki	Koko valuma-alue	Yksikkö
Maatalous	13856	5256	11598	3318	3238	8325	45444	kg
Haja-asutus	5618	1145	2857	908	1727	8493	20253	kg
Muu	3446	1486	3747	678	2488	2935	14423	kg
Yhteensä	22920	7888	18202	4904	7452	19754	80120	kg

VIHMA

Maatalous yhteensä	13531	5333	12353	3102	3436	8719	46521	kg
Syysviljat	820	130	776	216	180	236	2347	kg
Nurmet	1310	800	1680	219	510	1082	5610	kg

VEPS

Maatalous	12687	3483	14688	3102	3718	7728	45406	kg
Metsätalous	389	294	338	75	92	364	851	kg
Laskeuma	61	149	97	1	78	79	364	kg
Luonnonhuhoutuma	2335	1327	2045	482	593	1865	8647	kg
Hulevesi	75	8	48	16	34	92	206	kg
Haja-asutus	5675	649	2921	909	1858	8585	20597	kg
Pistekuormitus	2528	52	1205	233	18	250	3777	kg
Turvetuotanto	0	9	0	5	0	5	20	kg
Yhteensä	23750	5971	21340	4824	6391	18969	79868	kg

Taulukko 2. Toimenpiteiden maksimialat Vantaanjoen vesistöalueella.

Maksimialat

	Pääuoman lähialue	Kytäjoki-Keihäsjoki	Lepsämän-joki-Luhtajoki	Palo-joki	Tuusulan-joki	Keravan-joki	Koko valuma-alue	Lähde	Yksikö
Peltopinta-ala	11587	4399	9837	2674	3169	8221	39887	VIHMA	ha
Syysviljojen ala	805	123	706	216	191	253	2304	VIHMA	ha
Nurmien ala	1266	713	1608	215	519	1092	5430	VIHMA	ha
Pelloista savimailla	28 %	7 %	38 %	35 %	46 %	39 %	32 %	VIHMA	%
Pelloista eloperäisillä mailla	7 %	11 %	5 %	6 %	3 %	9 %	7 %	VIHMA	%
Hakkuuala	93	73	96	11	28	88	390	Metsäkeskus	ha
Kunnostusojitusala	12	22	2	0	0	7	42	Metsäkeskus	ha
Viemäroimätön haja-asutus	4094	692	3355	911	1496	4488	15036	VEPS	kpl
Viemäroimätön loma-asutus	689	658	735	141	215	478	2916	VEPS	kpl
Turvetuotannon ala	2	34	2	19	0,75	19	75	VEPS	ha
Pintavalutuskenttä	0	0	0	0	0	0	0	Vahti	ha
Virtaaman säätö	0	0	0	0	0	0	0	Vahti	ha
Kemiallinen käsittely	0	0	0	0	0	0	0	Vahti	ha

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

	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
		20-30%	30-50%	>50%
Koko valuma-alue	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	17	21	18
	0,5-2 ha	111	121	120
	>2 ha	69	63	26
Kosteikon valuma-alueen petoala (ha)	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	89	185	259
	0,5-2 ha	1396	2519	3601
	>2 ha	2744	3704	2302
Pääuoman lähialue	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä			
	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	6	6	6
	0,5-2 ha	26	36	33
>2 ha	21	16	11	

Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

31	51	86	ha
334	676	1057	ha
801	990	978	ha

Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

3	3	3	kpl
16	15	11	kpl
11	6	0	kpl

Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

18	27	44	ha
173	312	271	ha
413	399	0	ha

Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

1	3	5	kpl
34	28	26	kpl
19	19	5	kpl

Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

4	22	73	ha
478	584	830	ha
740	1126	475	ha

Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

1	1	0	kpl
3	7	11	kpl
2	7	1	kpl

Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)**Kosteikon koko**

<0,5 ha

0,5-2 ha

>2 ha

Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus**20-30%****30-50%****>50%**

5	9	0	ha
39	179	330	ha
97	378	76	ha

		Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä			Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
		Kosteikon koko			20-30%	30-50%	>50%
Tuusulanjoki	<0,5 ha				0	2	1 kpl
	0,5-2 ha				7	7	12 kpl
	>2 ha				6	5	1 kpl
		Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)			Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
		Kosteikon koko			20-30%	30-50%	>50%
Tuusulanjoki	<0,5 ha				0	16	13 ha
	0,5-2 ha				102	167	397 ha
	>2 ha				228	259	74 ha
		Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä			Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
		Kosteikon koko			20-30%	30-50%	>50%
Keravanjoki	<0,5 ha				6	6	3 kpl
	0,5-2 ha				25	28	27 kpl
	>2 ha				10	10	8 kpl
		Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)			Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
		Kosteikon koko			20-30%	30-50%	>50%
Keravanjoki	<0,5 ha				30	60	43 ha
	0,5-2 ha				269	601	716 ha
	>2 ha				465	552	700 ha

Taulukko 4. Toimenpiteiden valuma-aluekohtaiset reduktiot Vantaanjoen vesistöalueella

Valuma-aluekohtaiset reduktiot

Toimenpide	Pääuoman lähialue	Kytäjoki-Keihäsjoki	Lepsämän-joki-Luhtajoki		Palo-joki	Tuusulan-joki	Keravan-joki	Koko valuma-alue	Lähde
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	9 %	15 %	7 %	7 %		8 %	8 %	9 %	VIHMA
Kaltevuus									
Koko valuma-alue	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%				
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,4 %	2,1 %	3,3 %	5,0 %	0,7 %				
Monivuotinen nurmiviljely	-2,1 %	-0,9 %	0,9 %	11,5 %	2,1 %				
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,5 %	1,7 %	5,5 %	1,0 %				
Peltoala (ha)	12410	10795	9751	6435	496				
Kaltevuus									
Pääuoman lähialue	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%				
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,5 %	2,1 %	3,3 %	5,0 %	0,8 %				
Monivuotinen nurmiviljely	-2,3 %	-1,0 %	0,8 %	11,5 %	2,3 %				
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,5 %	1,7 %	5,5 %	1,1 %				
Peltoala (ha)	3677	3129	2779	1843	159				

Kytäjoki-Keihäsajoki

Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys
 Monivuotinen nurmiviljely
 Suojavyöhykkeet

	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,6 %	1,8 %	3,0 %	4,7 %	0,4 %
Monivuotinen nurmiviljely	-2,6 %	-1,2 %	0,2 %	9,8 %	1,2 %
Suojavyöhykkeet	-0,1 %	0,3 %	1,4 %	5,3 %	0,7 %
Peltoala (ha)	1445	1089	1066	759	40

Lepsämänjoki-Luhtajoki

Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys
 Monivuotinen nurmiviljely
 Suojavyöhykkeet

Peltoala (ha)

	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,0 %	1,6 %	3,3 %	6,2 %	1,1 %
Monivuotinen nurmiviljely	-1,5 %	-0,7 %	1,0 %	14,7 %	3,3 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,4 %	1,7 %	6,8 %	1,6 %
Peltoala (ha)	2507	2276	2639	2204	211

Palojoki

Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys
 Monivuotinen nurmiviljely
 Suojavyöhykkeet

Peltoala (ha)

	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,1 %	2,4 %	4,5 %	5,0 %	0,4 %
Monivuotinen nurmiviljely	-1,6 %	-1,0 %	1,3 %	11,9 %	1,4 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,7 %	2,4 %	5,6 %	0,6 %
Peltoala (ha)	606	798	839	411	20

Tuusulanjoki

Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys
 Monivuotinen nurmiviljely
 Suojavyöhykkeet

Peltoala (ha)

	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,7 %	2,3 %	3,4 %	4,4 %	0,4 %
Monivuotinen nurmiviljely	-2,4 %	-0,9 %	1,1 %	10,3 %	1,3 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,6 %	1,8 %	4,6 %	0,6 %
Peltoala (ha)	1110	882	741	414	22

Keravanjoki

Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys
 Monivuotinen nurmiviljely
 Suojavyöhykkeet

Peltoala (ha)

	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,9 %	2,7 %	3,1 %	3,4 %	0,3 %
Monivuotinen nurmiviljely	-2,5 %	-0,8 %	1,1 %	7,9 %	1,0 %
Suojavyöhykkeet	0,1 %	0,8 %	1,7 %	3,7 %	0,5 %
Peltoala (ha)	3065	2621	1687	804	44