



Suomen ympäristökeskus

# Kustannustehokkaat vesiensuojelutoimenpiteet Vanajaveden valuma-alueella

Turo Hjerppe  
1.7.2013

## Sisällysluettelo

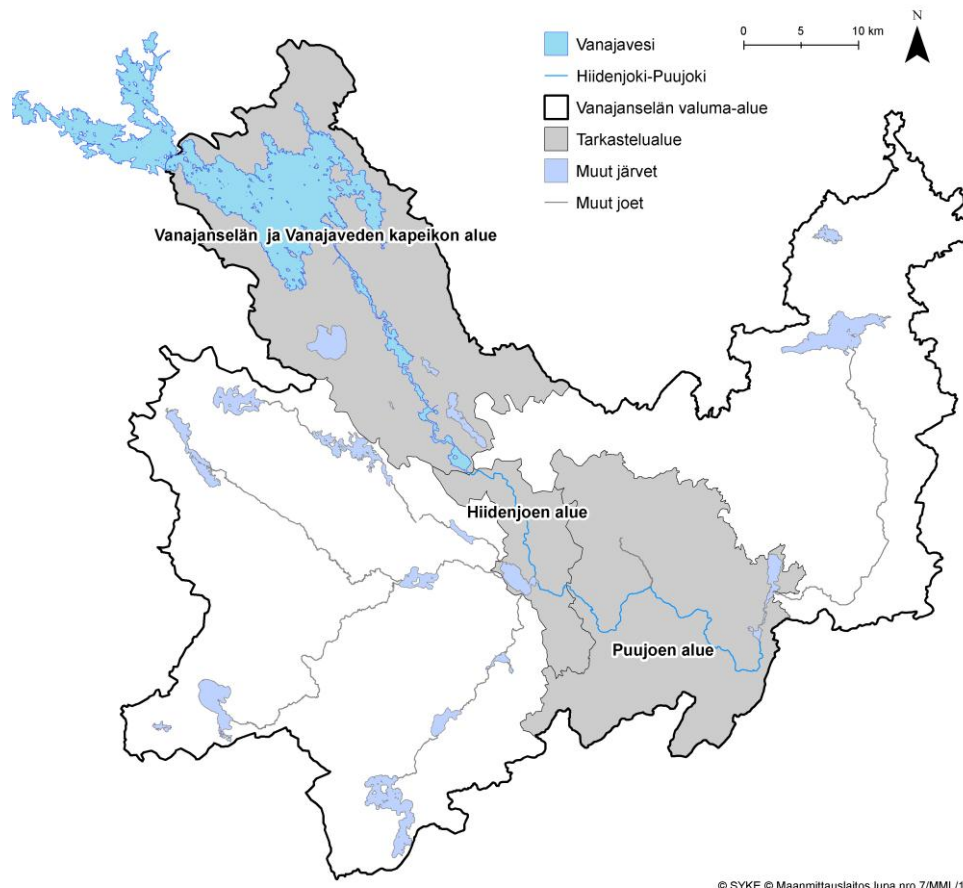
1	Johdanto .....	2
2	KUTOVA-malli .....	3
2.1	Kustannukset .....	4
2.2	Reduktiot .....	4
2.3	Lähtökuormitus .....	5
2.4	Toimenpiteen maksimiala .....	6
2.5	Toimenpideyhdistelmät .....	6
2.5.1	Toimenpiteiden käyttöön liittyvät rajoitukset .....	6
2.6	Toimenpiteiden väliset yhteydet .....	7
2.7	Laskentatapa .....	8
2.8	Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu .....	9
3	Lähtötiedot .....	12
4	Tulokset .....	12
4.1	Koko Vanajaveden 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 .....	18
4.2	Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen .....	19
4.3	Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet .....	23
5	Tulevaisuuskuvat .....	25
6	Vertailu muihin pilottialueisiin .....	27
7	Yhteenveto .....	29
	Lähteet .....	30
	LIITE 1. KUTOVA-mallin laskennassa käytetyt kustannukset, niiden perustelut ja jakautuminen eri toimijoille .....	32
	LIITE 2. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-mallissa ja niiden perustelut. ....	35
	LIITE 3. Toimenpiteiden lähtökuormituksen määrittäminen. ....	37
	LIITE 4. Toimenpiteiden maksimialojen määrittäminen KUTOVA-mallissa. ....	38
	LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Vanajanselän valuma-alueella .....	39

# 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 Vanajaveden lisäksi Hiidenvedellä, Vantaanjoella, Pien-Saimaalla ja Lapuanjoella. Lisäksi mallia on aiemmin sovellettu Karvianjoella, Paimionjoella sekä Temmesjoella.

Vanajavesi on Kokemäenjoen vesistöön kuuluva Vanajaveden reitin keskusjärvi. Se sijaitsee Hämeenlinnan, Hattulan, Akaan ja Valkeakosken kuntien alueilla. Vanajaveden pääallas Vanajanselkä on ekologiselta tilaltaan tyydyttävä. Vanajaveden pohjoisosa on myös tyydyttävässä ekologisessa tilassa. Pohjoisosaan vedet virtaavat Rauttunselälle etelästä Vanajanselän suunnalta ja Kärjenniemenselälle koillisesta Mallasvedeltä Valkeakosken kanavan kautta. Keskimääräisiltä kokonaisfosfori ja klorofyllipitoisuuksiltaan Kärjenniemenselkä on hyvässä ekologisessa tilassa. Vanajanselältä etelään suuntautuu kapea lähes jokimainen järvi Miemalanselkä-Lepaanvirta (myöhemmin Vanajaveden kapeikko), joka on ekologiselta tilaltaan välttävä. Hämeenlinnan keskustan eteläpuolella Miemalanselälle laskee Hiidenjoki-Puujoki (kuva 1).

Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuusanalyysi tehdään tässä tarkastelussa koko Vanajanselän valuma-alueelle. Lisäksi vertaillaan erikseen Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon aluetta sekä Hiidenjoen ja Puujoen aluetta. Osavaluma-alue tarkastelu mahdollistaa alueiden välisen vertailun ja toimenpiteiden alueellisen kohdentamisen tarkastelun.



© SYKE © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MMU/12

**Kuva 1. Vanajan selän valuma-alue. Tämän raportin tarkastelualue on merkitty harmaalla ja sen osat alueet nimetty karttaan.**

## 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 ympäristökeskuksen 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 puitteiden 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 määrittelemisessä 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 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 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**

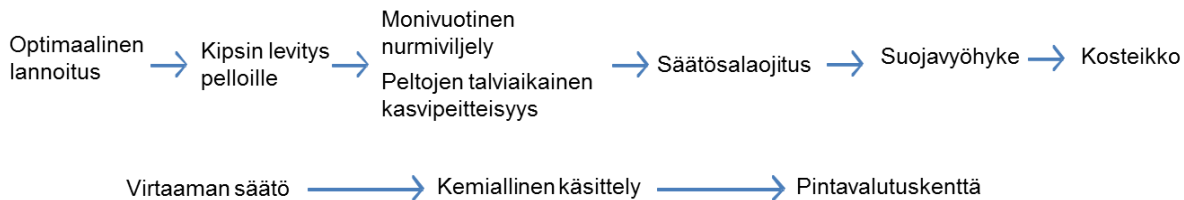
Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja toteuttamislaajuuden perusteella voidaan laatia toimenpideyhdistelmiä. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitaan toimenpiteitä kustannustehokkuusjärjestyksessä. Kun toimenpide on valittu, sen vaikutus sektorin kuormitukseen huomioidaan ja lasketaan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

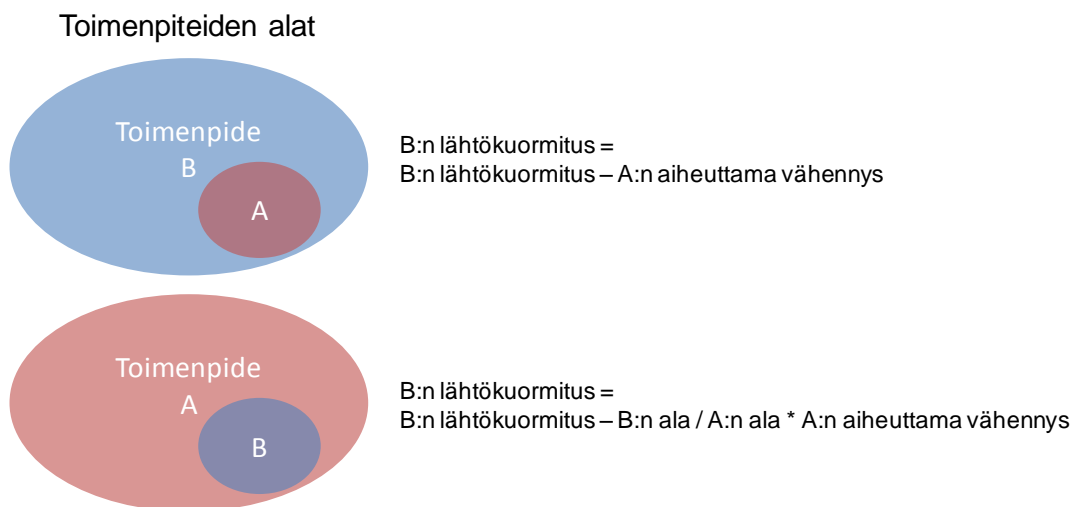
## 2.6 Toimenpiteiden väliset yhteydet

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 säättösalaajitus vain suojavyöhykkeiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säättösalaajituksen 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.**

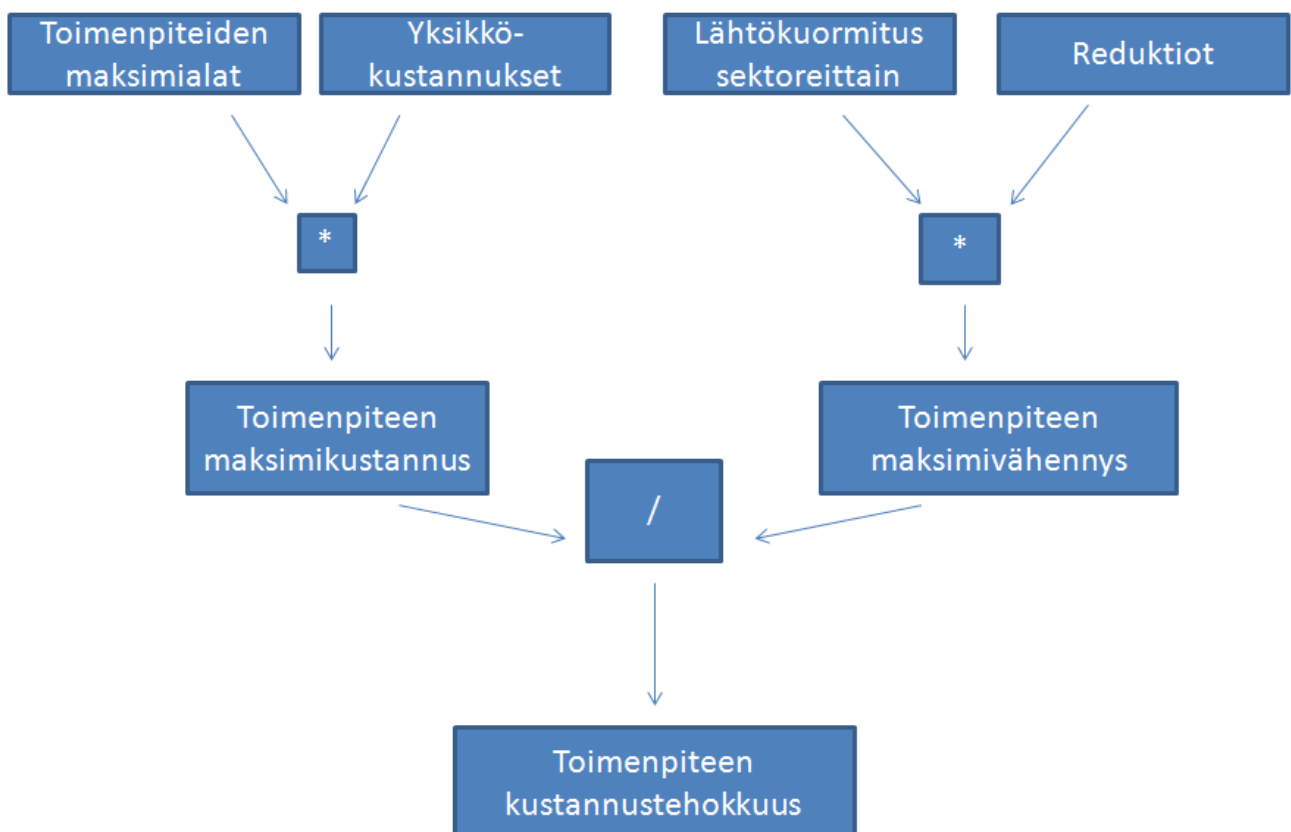


Toisensa poissulkevia toimenpiteitä mallissa ovat peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely, viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueelle ja haja-astutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien puhdistusmenetelmät sekä turvetuotannon pintavalutuskentät pumpaamalla ja ilman pumpausta.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



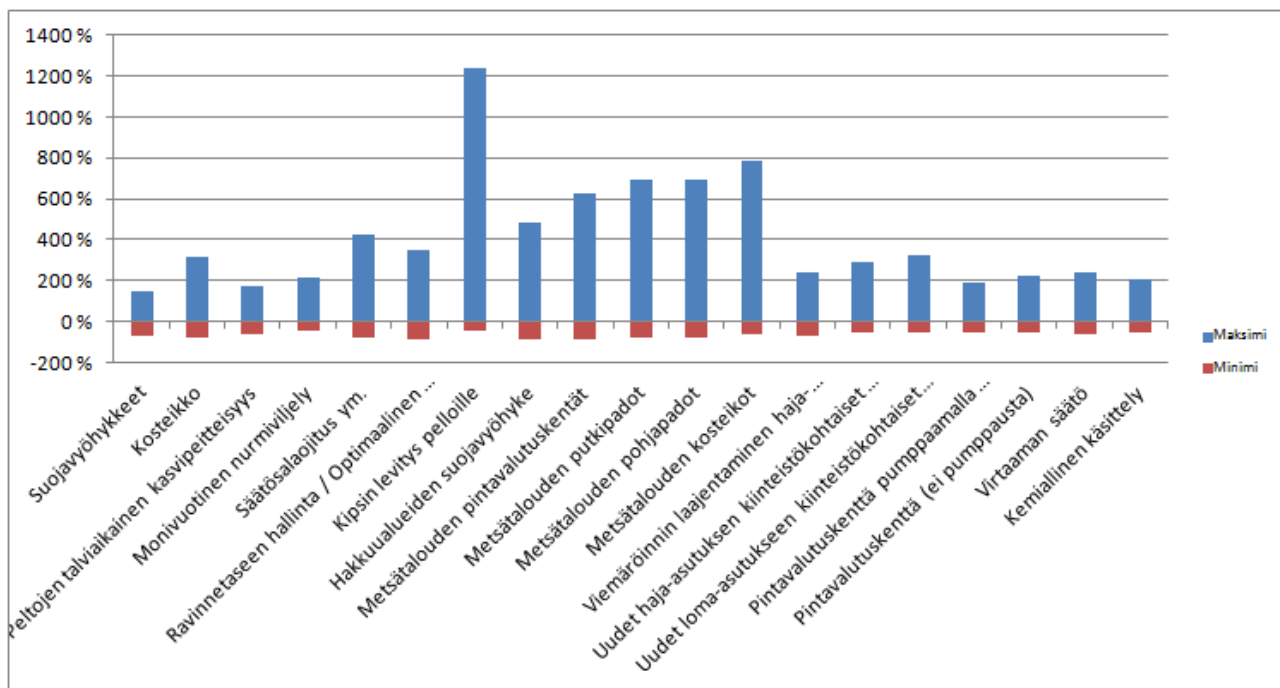
Kuva 3. Systemikaavio KUTOVA+-mallin laskentatavasta.

## 2.8 Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu

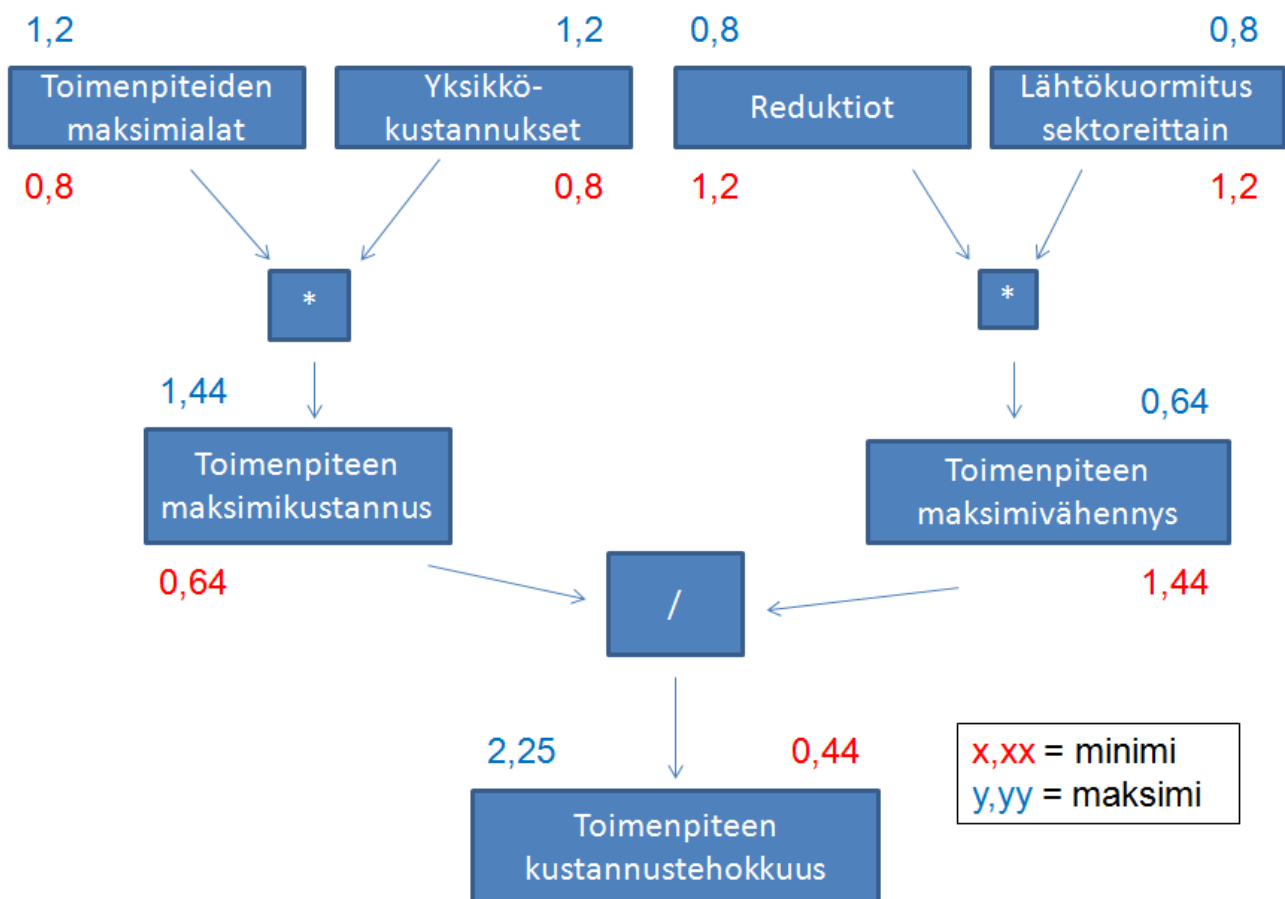
Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 1 mukaisesti. Kuvassa 4 on esitetty kustannustehokkuuden minimi ja maksimi arvon poikkeama mallin oletusarvosta toimenpiteittäin. Erot toimenpiteiden välillä syntyvät erilaisista investointikustannuksista 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
<b>Kuormitus</b>	+20%	VEMALA, VIHMA & VEPS	-20%
<b>Maksimialat</b>	-20%	VEMALA, VIHMA, VEPS & VAHTI	+20%
<b>Reduktiot</b>	+20%	VIHMA, kirjallisuus	-20%
<b>Kustannukset</b>	min	Sektoritiimien loppuraporteista	max
<b>Kuoletusaika</b>	+20%	Sektoritiimien loppuraportit	-20%
<b>Korko</b>	-20 %	5%	+20%



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

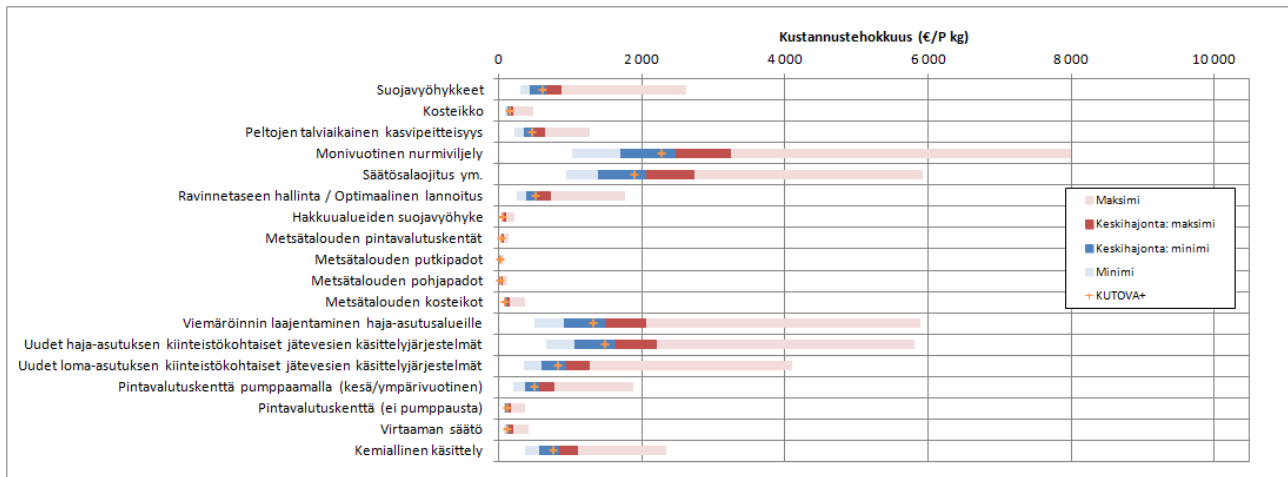


Kuva 5. Laskentatavan vaikutus kustannustehokkuuden minimi- ja maksimi-arvon muodostumiseen ilman koron ja kuoleetusajan vaikutusta. Sinisellä värillä merkatut kertoimet (1=oletusarvo) havainnollistavat maksimi-arvon syntymistä ja punaisella merkatut minimiarvon syntymistä.

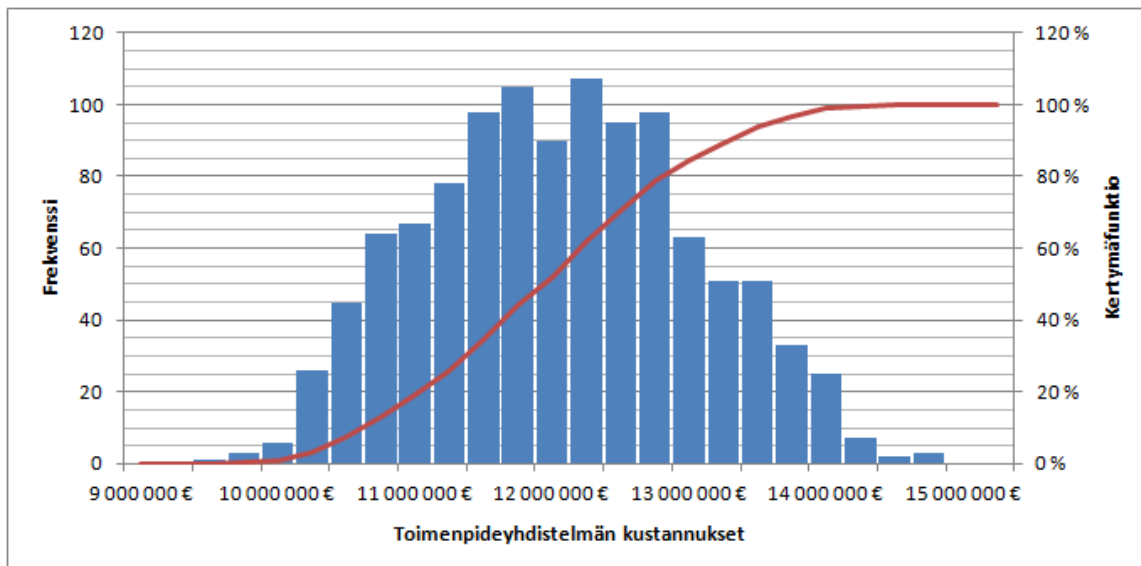
Minimi- ja maksimi-arvojen lisäksi malli laskee Monte Carlo -simulointia hyödyntäen kustannustehokkuudelle keskihajonnan, joka antaa paremman kuvan tulosten todellisesta luottamusvälistä kuin minimi- ja maksimi-arvot (kuva 6). Monte Carlo -simuloinnissa mallin lähtötietoja poikkeutetaan oletusarvosta taulukon 8 mukaisesti. Kutakin muuttujaa heilutetaan laskennassa satunnaisesti minimi- ja maksimi-arvon 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.

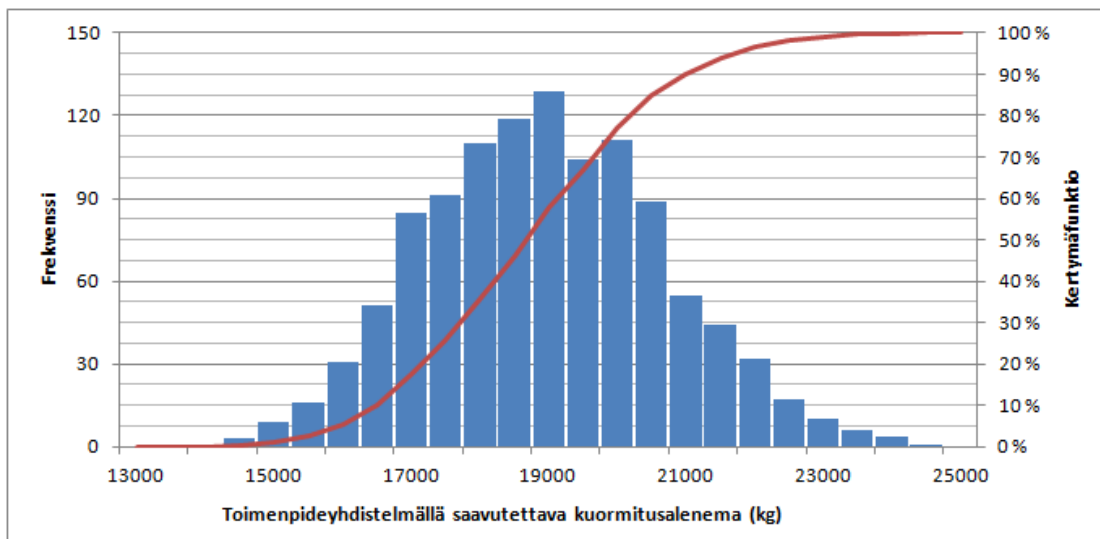
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.



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 Vanajanselän 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 koko Vanajanselän valuma-alueelta. Luvussa 4.1 kuvataan yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikutus kuormitukseen sekä kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen. Lisäksi luvussa tarkastellaan Vanajaveden alueen vesienhoitosuunnitelmia ja verrataan niitä kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon. Luvussa 4.2 kuvataan tarkastelun alueen osa-alueita ja niiden välisiä eroja sekä toimenpiteiden kustannustehokkuutta ja vaikutusta kuormitukseen eri osa-alueilla. Luvussa 4.3 kuvataan tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia.

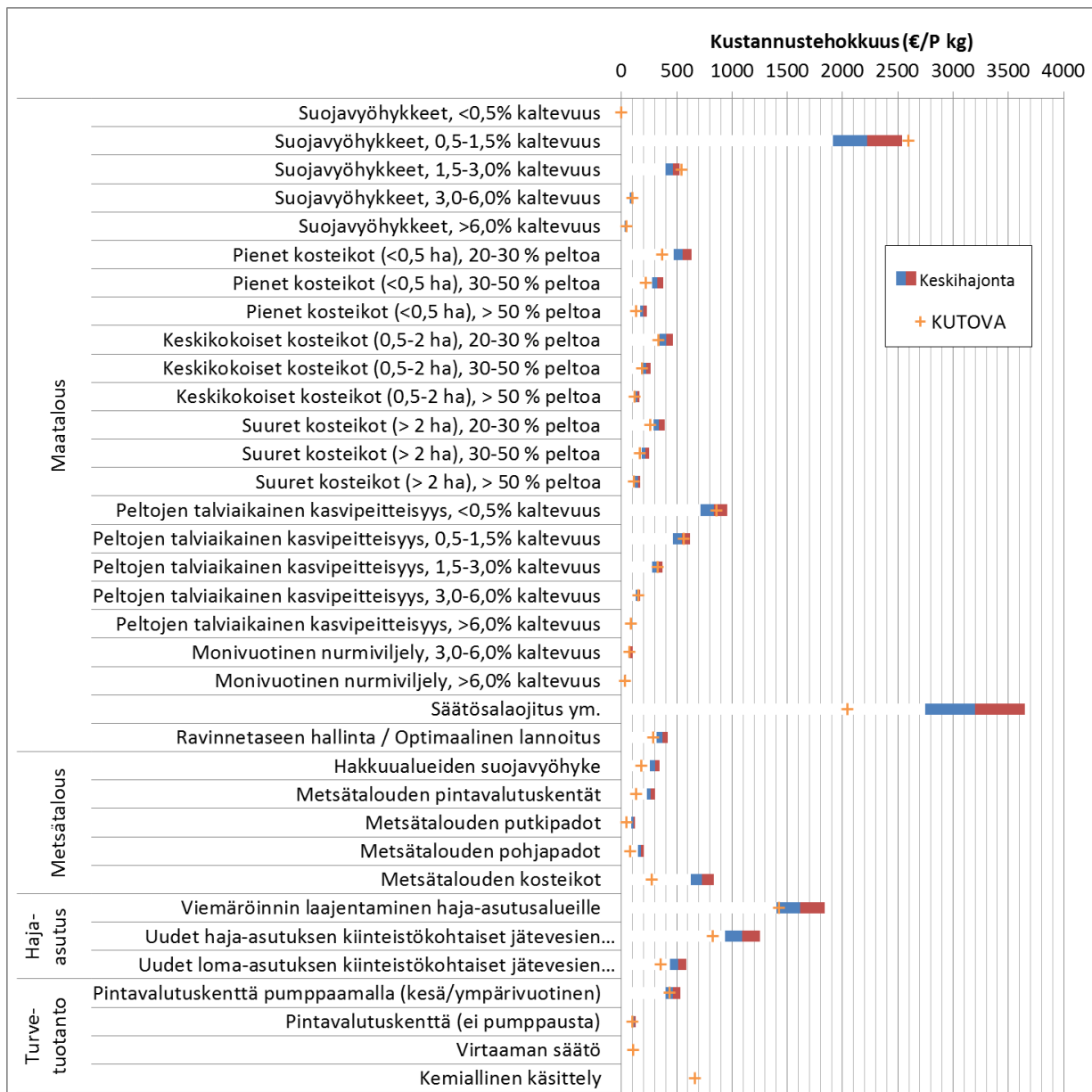
#### ***4.1 Koko Vanajaveden valuma-alue***

Corine land cover maankäyttöaineiston perusteella tarkastelun alueesta lähes puolet, 46 prosenttia on metsää. Maatalousalueita valuma-alueesta on 24 prosenttia ja rakennettuja alueita 9 prosenttia. Peltoa valuma-alueella on yhteensä 53 000 hehtaaria (Liite 5, taulukko 2). Pellot ovat kuitenkin pääasiassa loivia, ainoastaan 17 prosenttia on kaltevuudeltaan yli 3 prosenttia.

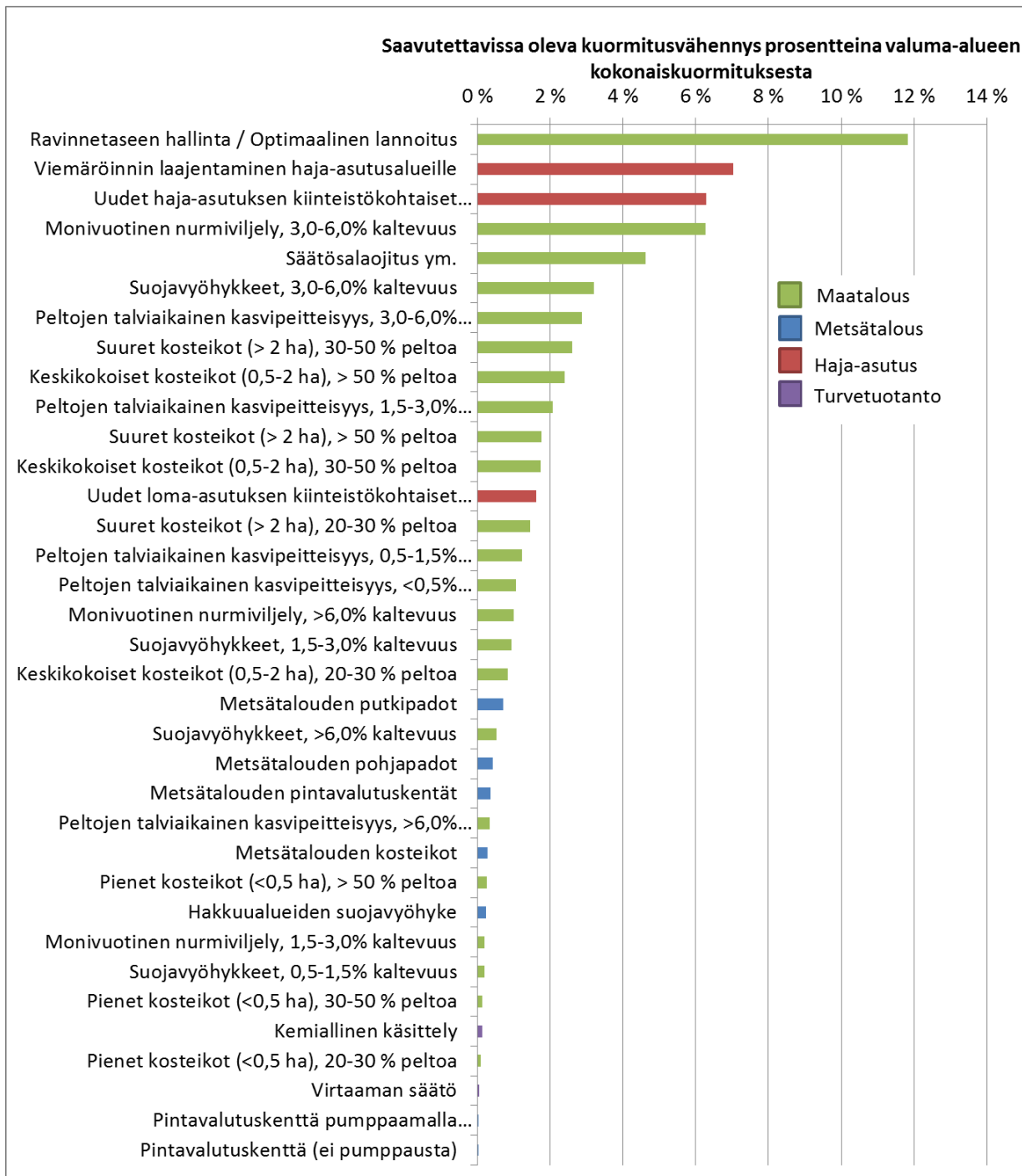
Alueella on metsätalouden uudistushakkuualoja 2800 hehtaaria ja kunnostusojitus-alaa 525 hehtaaria. Turvetuotantoa alueella on 282 hehtaaria (Liite 5, taulukko 2). Viemäröimättömiä haja-asutusalueella sijaitsevia vakituksessa asutuksessa olevia kiinteistöjä alueella on 8035 ja lomakiinteistöjä 6869 (RHR 2011).

#### 4.1.1 Yksittäiset toimenpiteet

Koko tarkastelualueen kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat metsätalouden putki- ja pohjapadot sekä pintavalutuskentät (50 - 130 €/P kg) (kuva 9). Myös hakkuualueiden suojavyyhykkeet kuuluvat kustannustehokkaimpien toimenpiteiden joukkoon (180 €/P kg). Turvetuotannon toimenpiteistä kustannustehokkain on pintavalutuskentät ilman pumppausta ja virtaaman säätöpädot (100 - 110 €/P kg). Muut turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkuudeltaan huomattavasti kalliimpia, luokkaa 430-670 €/P kg. Turvetuotannon ja metsätalouden toimenpiteillä ei niiden kustannustehokkuudesta huolimatta voida merkittävästi vaikuttaa fosforikuormitukseen (kuva 10).



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



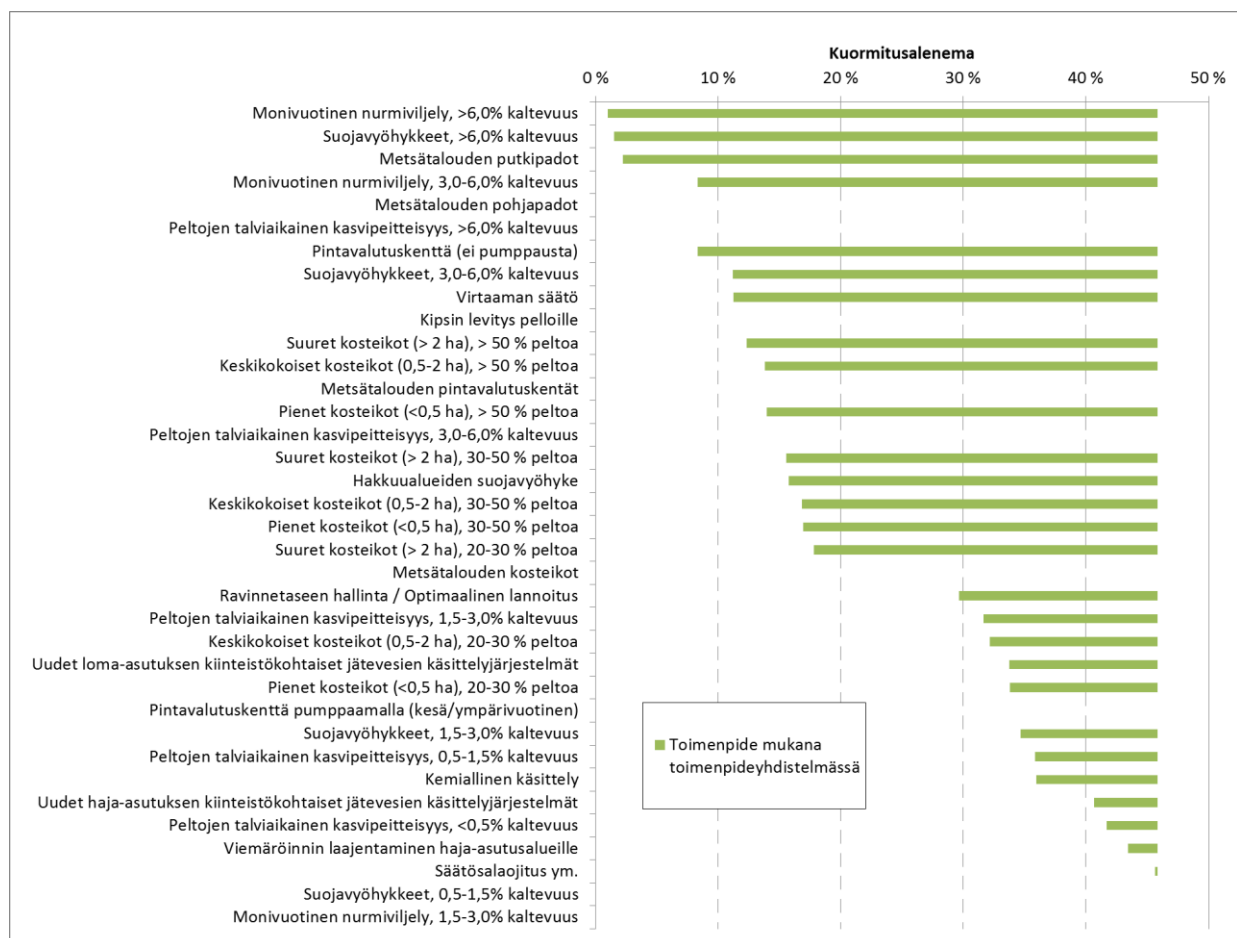
**Kuva 10. Toimenpiteillä saavutettava fosforikuormituksen maksimivähennys Vanajanselän valuma-alueella, kun toimenpiteet toteutetaan maksimilaajuudessaan. Mustalla janalla on kuvattu toimenpiteiden maksimivähennyksen minimi- ja maksimiarvon vaihteluväli.**

Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat kaltevimpien peltojen monivuotinen nurmiviljely, talviaikainen kasvipeitteisyys ja suojavyöhykkeet (30-100 €/P kg). Myös kosteikot (120-370 €/P kg) ja ravinetaseen hallinta (285 €/P kg) ovat kustannustehokkaita toimenpiteitä (kuva 9). Näillä toimenpiteillä voidaan myös vaikuttaa kuormituksen suuruuteen kaikista eniten (kuva 10). Monivuotinen nurmiviljely ja talviaikainen kasvipeitteisyys loivilla ja tasaisilla pelloilla sekä säätösalaajitus ovat Vanajanselän valuma-alueella maatalouden toimenpiteistä kannattamattomimpia (600 - 3500 €/P kg).

Haja-asutuksen toimenpiteistä uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät ovat kustannustehokkaimpia (350 €/P kg). Myös uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmien ovat kohtalaisen kustannustehokkaita (820 €/P kg) toimenpiteitä. Viemäröinnin laajentamisen haja-asutusalueelle on haja-asutuksen toimenpiteistä selvästi kallein (1400 €/P kg) (kuva 9). Vakituisen haja-asutuksen toimenpiteillä voidaan kuitenkin vähentää fosforikuormitusta huomattavasti (6-7 % kokonaiskuormituksesta) (kuva 10).

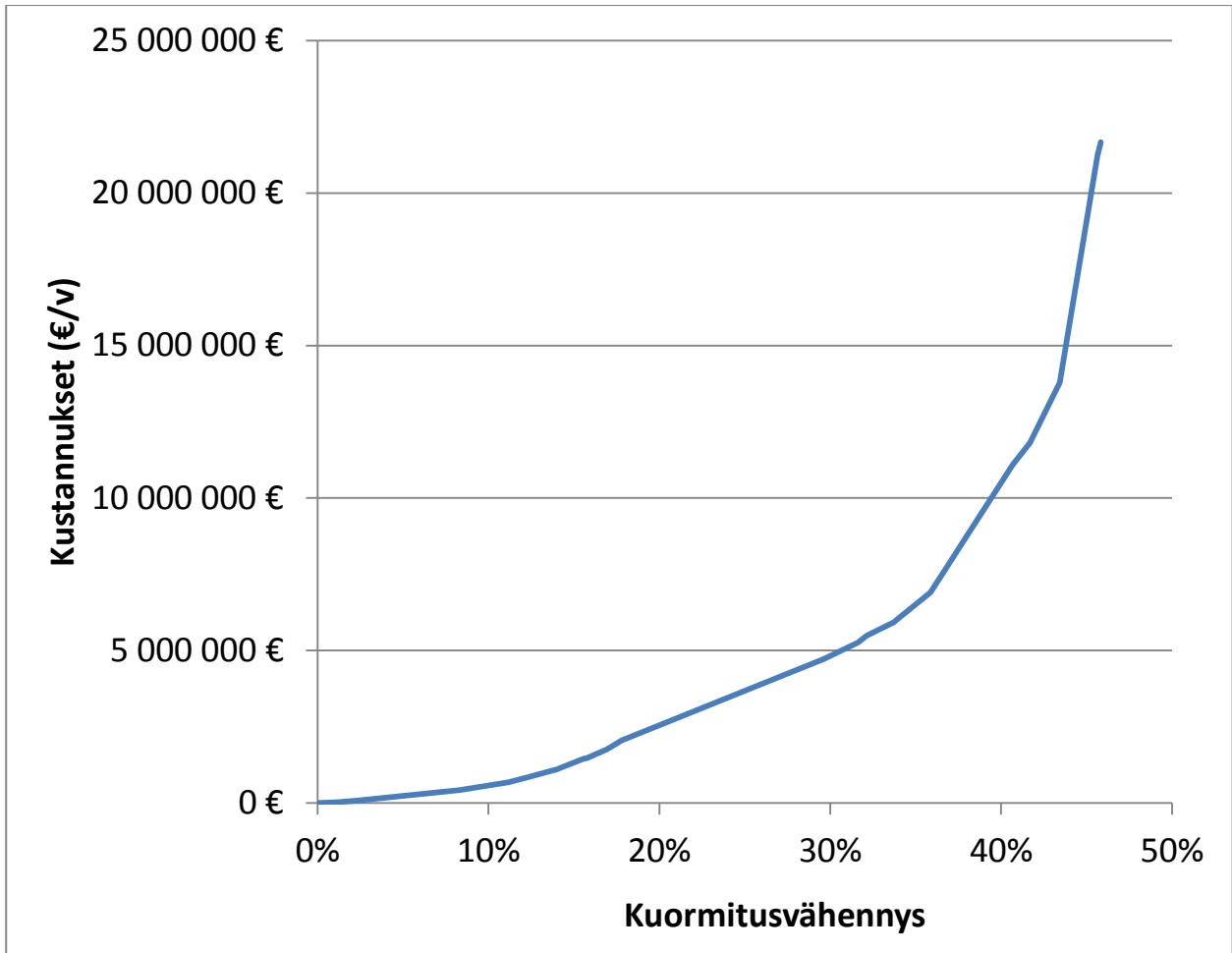
#### 4.1.2 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä

Toteuttamalla kaikki toimenpiteet maksimilaajuudessaan tarkastelualueella on KUTOVA-mallin mukaan mahdollista vähentää fosforikuormitusta noin 36 300 kilogrammaa eli 46 % alueen kokonaiskuormituksesta (kuva 11). Tällöin toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannukset vuositasolla olisivat noin 22 miljoonaa euroa (kuva 12). Mikäli kustannustehokkaimmista toimenpiteistä toteutetaan ainoastaan kaltevien peltojen monivuotinen nurmiviljely, suojavyöhykkeet, metsätalouden putkipadot sekä pienet ja keskikokoiset kosteikot, joiden valuma-alueesta yli 30 prosenttia on peltoa sekä kaikki suuret kosteikot saavutettaisiin noin 30 prosentin kuormitusalenema 5 miljoonalla eurolla vuodessa (kuvat 11 ja 12).



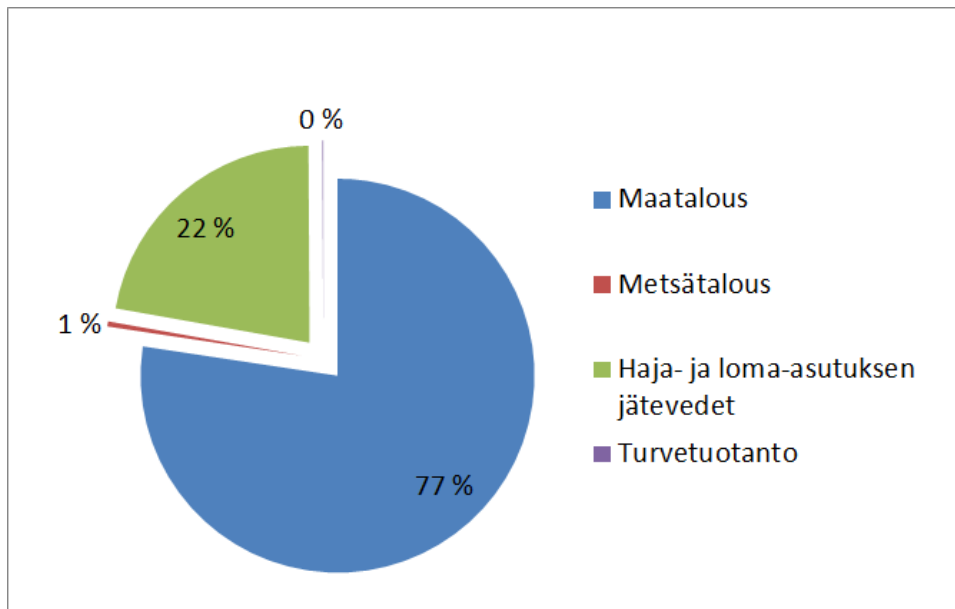
**Kuva 11. Kustannustehokkaimmassa toimenpideyhdistelmässä mukana olevat toimenpiteet tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Vanajanselän valuma-alueella. Toimenpiteet lisätään toimenpideyhdistelmään kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.**





**Kuva 12. Kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Vanajanselän valuma-alueella.**

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



Kuva 13. Saavuttavan kuormitusaleneman (13 400 kg, 47 %) jakautuminen sektoreittain, kun kaikki toimenpiteet toteutetaan kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.

#### 4.1.3 Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä

Vanajanselän alueella ei ole tehty tarkennettua vesienhoidon suunnitelmaa, jossa olisi toimenpideyhdistelmä mukana. Tätä tarkastelua varten Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelmasta vuosille 2010-2015 kohdennettiin maankäytön perusteella toimenpiteitä Vanajanselän valuma-alueelle. 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 Vanajanselän valuma-alueella 6 miljoonaa euroa vuodessa ja toimenpiteillä voitaisiin saavuttaa 16 prosentin kuormitusvähennys Vanajanselän valuma-alueella syntyvästä fosforikuormasta.

**Taulukko 2. Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelmasta maankäytön osuuksien perusteella Vanajanselän valuma-alueelle kohdistettavien suunnitellut toimenpiteet ja niiden määrät.**

Toimenpide	Toteutettava määrä
Suojavyöhyke	270 ha
Kosteikot	46 kpl
Talviaikainen kasvipeitteisyys	16 500 ha
Ravinnetaseen hallinta	33 000 ha
Säätösalaajitus	800 ha
Hakkuualueiden suojavyöhyke	78 ha
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueelle	800 kiinteistöä
Uudet kiinteistökohtaiset jäteveden käsittelyjärjestelmät	2600 kiinteistöä
Uudet loma-asuntojen kiinteistökohtaiset järjestelmät	1700 kiinteistöä (3400)
Pintavalutuskentät pumppaamalla	23 tuotantoha
Virtaamansäätö	131 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 35 prosentin kuormitusvähennys 6 miljoonan euron vuotuisilla kustannuksilla. Suurin osa toimenpiteistä on valittu toteutettavaksi maksimilaaajuudessaan, mikä ei ole realistista, mutta osoittaa hyvin toimenpiteiden kustannustehokkaalla kohdentamisella olevan merkitystä. Toimenpiteet kohdistuisivat pääasiassa maatalouteen ja siellä erityisesti kalteville pelloille, kosteikoihin ja ravinnetaseiden hallintaan.

**Taulukko 3. Toimenpiteet TPO-budjetilla muodostetussa kustannustehokkaassa toimenpideyhdistelmässä.**

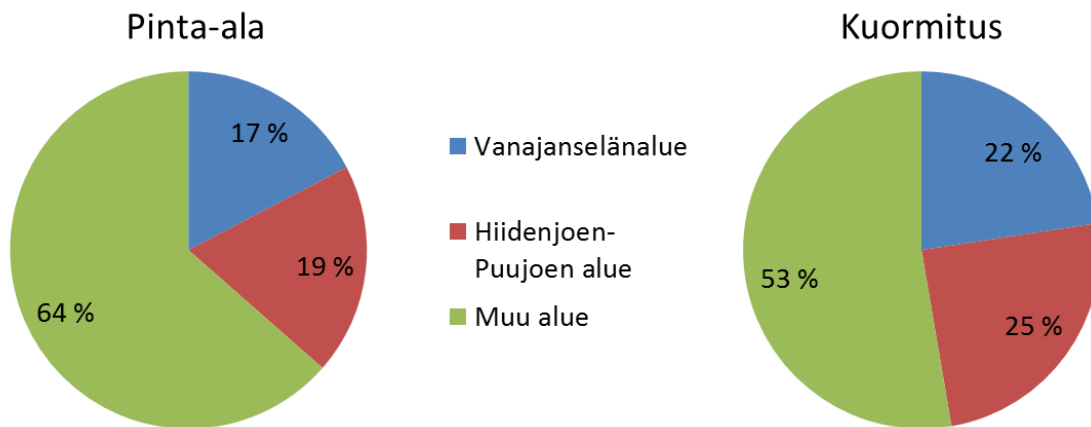
	<b>Toimenpide</b>	<b>Toteutettava</b>		
Maatalous	Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	100	ha	
	Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	573	ha	
	Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	38	ha	
	<b>Suojavyöhykkeet yhteensä</b>		<b>711</b>	<b>ha</b>
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	35	kpl	
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	31	kpl	
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	36	kpl	
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	142	kpl	
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	166	kpl	
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	143	kpl	
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	80	kpl	
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	91	kpl	
	Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	42	kpl	
	<b>Kosteikot yhteensä</b>		<b>766</b>	<b>kpl</b>
	Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, 1,5-3,0% kaltevuus	10822	ha	
	Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	7158	ha	
	Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	478	ha	
	<b>Monivuotinen nurmiviljely yhteensä</b>		<b>7636</b>	<b>ha</b>
Ravintetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	53315	ha		
Metsä-talous	Hakkuualueiden suojavyöhyke	84	ha	
	Metsätalouden putkipadot	105	kpl	
Haja-asutus	Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	1717	kiinteistö	
Turve-tuotanto	Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	23	tuotantoha	
	Virtaaman säätö	282	tuotantoha	

#### **4.2 Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen**

KUTOVA-tarkastelu tehtiin myös erikseen kahdelle osavaluma-alueelle, jotka ovat Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alue sekä Hiidenjoen-Puujoen alue (kuva 1). Hiidenjoen-Puujoen alue kattaa noin viidenneksen (19 %) koko valuma-alueesta, mutta sen osuus tarkastelualueelta Vanajanselälle päätyvästä kokonaiskuormituksesta on suurempi (25 %) kuin pinta-alaosuus (kuva 15). Myös

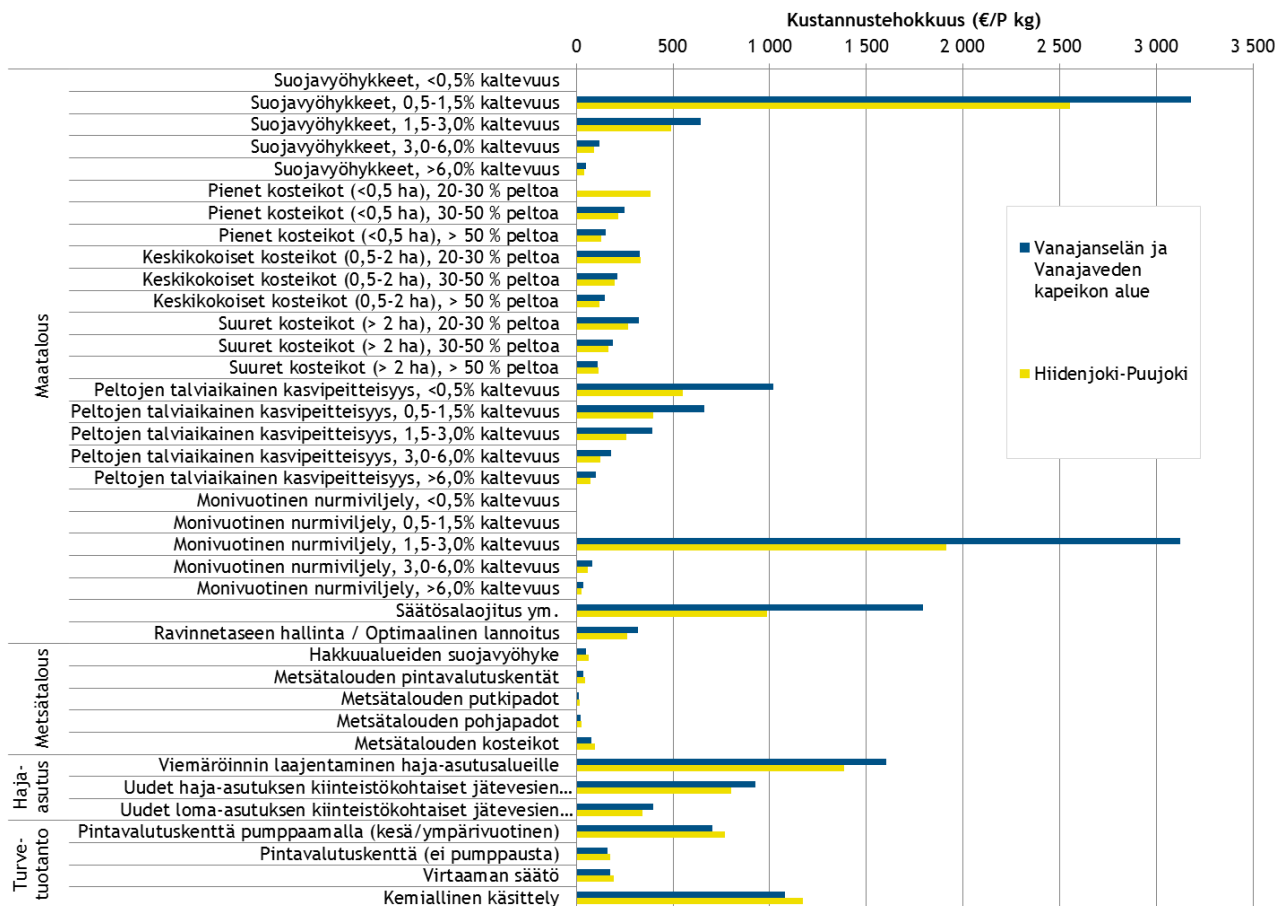
Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueen osuus kuormituksesta on suurempi kuin sen pinta-alaosuus antaisi odottaa. Tarkastelu on tehty valuma-alueiden maa-alueille.

Valuma-alueiden välillä ei maankäytössä suuria eroja ole. Corine land cover -maanpeiteainesiton mukaan Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueella 26 % maa-alasta on maatalouden käytössä, Hiidenjoen-Puujoen vastaava osuus on 37 %. Vanajanselän alueella rakennettuja alueita on 16 % ja Hiidenjoen-Puujoen 10 % maa-alasta. Metsää molemmilla alueilla on suhteessa yhtä paljon, hieman yli 50 prosenttia maa-alasta. Turvetuotanto alueella on painottunut Hiidenjoen-Puujoen alueelle. Peltojen kaltevuudessa ei alueiden välillä ole käytännössä lainkaan eroja.



**Kuva 14. Osavaluma-alueiden osuus Vanajanselän valuma-alueen kuormituksesta ja maapinta-alasta.**

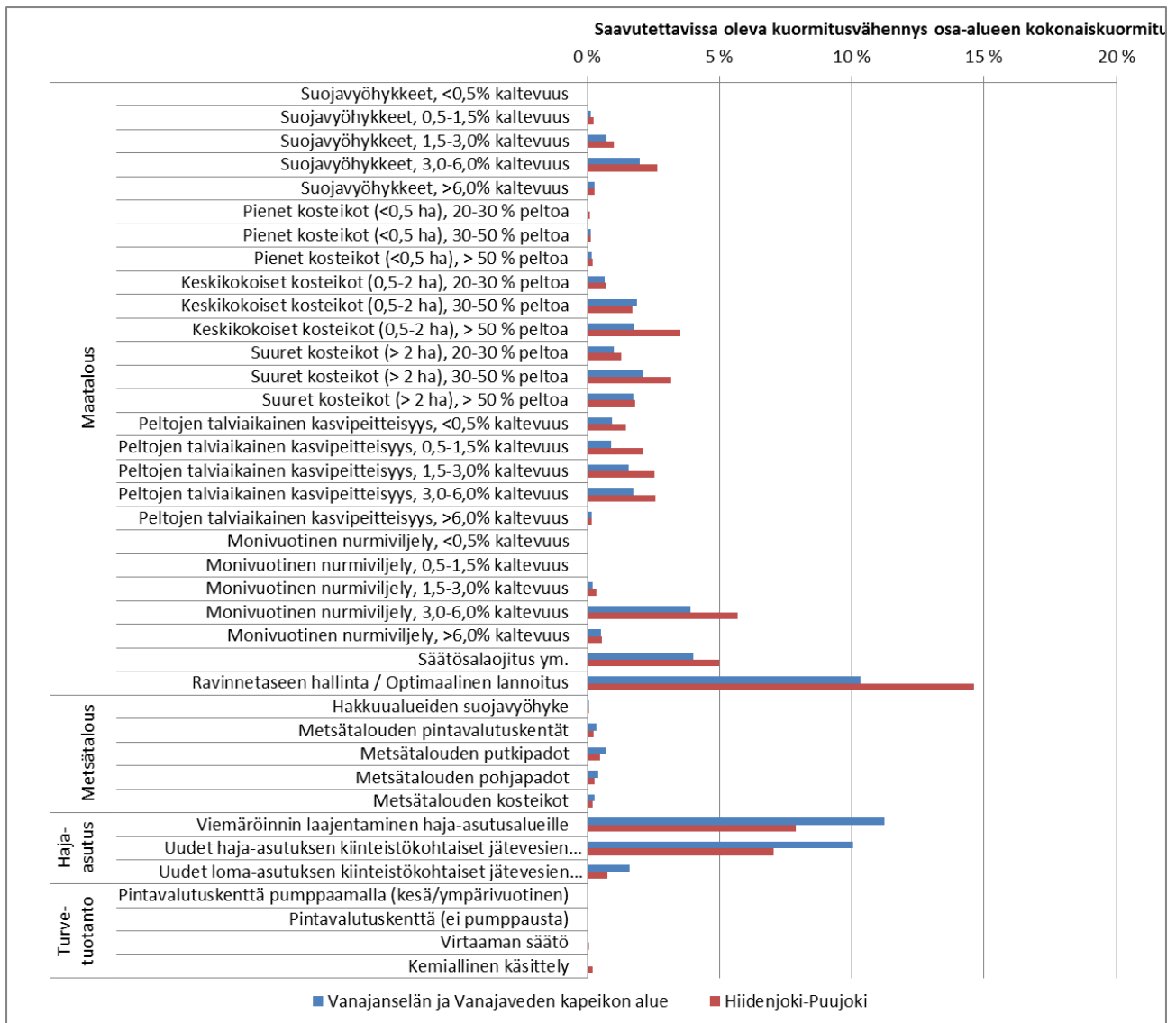
Myöskään toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ei ole alueiden välillä ole suuria eroja (kuva 16). Maatalouden toimenpiteistä kosteikot ja ravinnetaseen hallinta ovat molemmilla osa-alueilla kustannustehokkaimpia. Maatalouden toimenpiteet ovat hivenen kustannustehokkaampia Hiidenjoen-Puujoen alueella, koska siellä maatalouden kuormitus on suurempaa. Monivuotinen nurmiviljely on kuitenkin selvästi kustannustehokkaampaa Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueella. Myös turvetuotannon toimenpiteet ovat Hiidenjoen-Puujoen alueella edullisempia.



Kuva 15. Toimenpiteiden kustannustehokkuus osavalmu-alueittain.

Toimenpiteillä saavutettavissa oleva kuormitusalenemäkaan ei tuo merkittäviä eroja toimenpiteiden välille (kuva 16). Metsätalouden ja turvetuotannon osuus kokonaisuormituksesta on niin pieni, että näiden sektorien toimenpiteillä ei ole suurta merkitystä kokonaisuudessa. Esimerkiksi metsätalouden kuormitus on vain noin 14 prosenttia luonnonhuuhtouman VEPS:n arvioista kuormituksesta. Sen sijaan maatalouden ja haja-asutuksen toimenpiteillä mahdollisuus vaikuttaa kuormitukseen on ilmeinen. Molemmilla osa-alueilla ravinnetaseen hallinta ja kosteikot nousevat ylitse muiden maatalouden toimenpiteiden. Myös viemäroimättömän haja-asutuksen jätevesien käsittelyllä voidaan saada merkittäviä kuormitusalenemia aikaan.

Osa-alueiden väliset erot ovat kuormitusvaikutuksen osalta suurempia kuin kustannustehokkuuden osalla. Maatalouden toimenpiteet ovat vaikuttavimpia Hiidenjoen-Puujoen osa-alueella. Haja-asutuksen toimenpiteillä suurin vaikutus kuormitukseen on Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueella, missä viemäroinnin laajentamisella haja-asutusalueille voidaan vähentää kaikista toimenpiteistä eniten fosforikuormitusta.

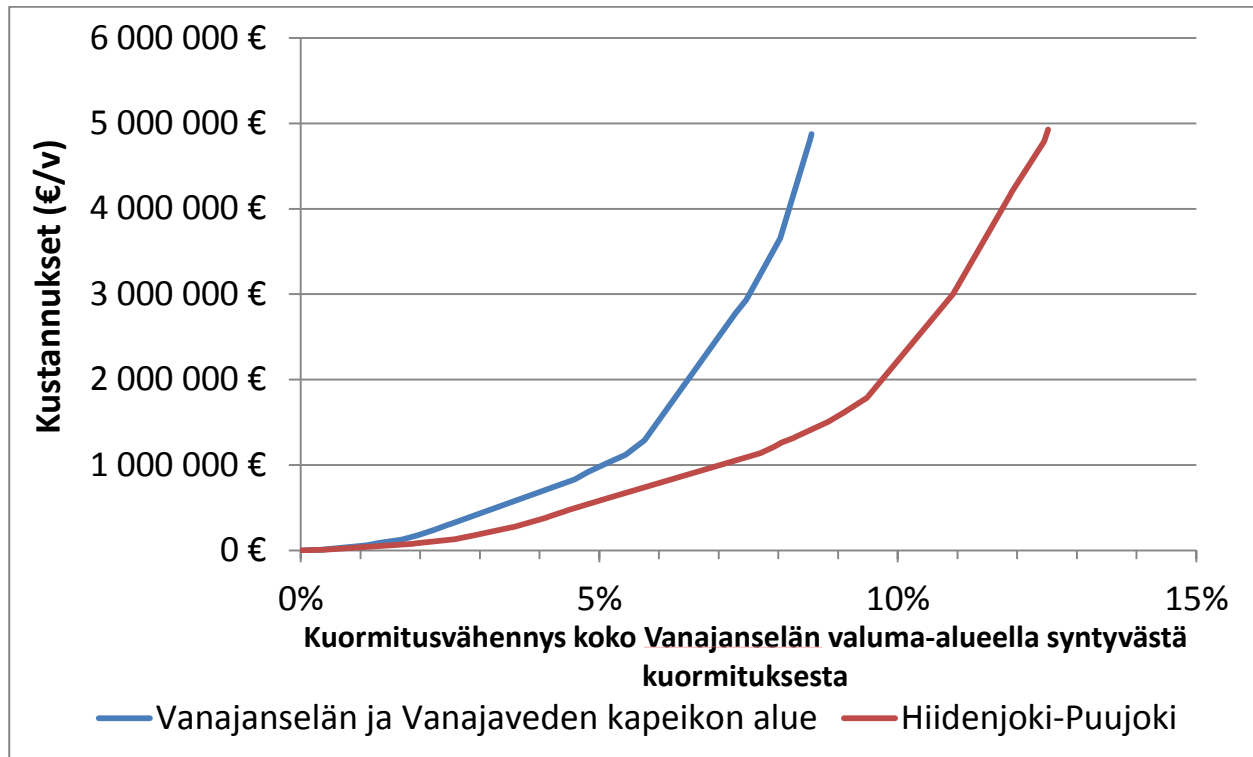


**Kuva 16. Toimenpiteillä saavutettavissa oleva kuormitusalenema suhteessa osa-alueen kokonaiskuormitukseen.**

Hiidenjoen-Puujoen alueella tehtävät toimenpiteet ovat Vanajanselän kokonaiskuormitukseen suhteutettuna kustannustehokkaimpia (kuva 17). Esimerkiksi 1 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla voidaan Hiidenjoen-Puujoen alueella saavuttaa 7 prosentin alenema koko valuma-alueen kokonaiskuormitukseen, kun Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueella samalla summalla voidaan saavuttaa vain 5 prosentin kuormitusalenema. 250 000 € asti Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueella toimenpiteet ovat yhtä kustannustehokkaita kuin Hiidenjoen-Puujoen alueella, mutta 250 000 € jälkeen Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueen toimenpiteiden kustannustehokkuus on huonompi.

Kuvasta 17 voidaan kuitenkin päätellä, että toimenpiteitä kannattaa kohdistaa sekä Vanajanselälle että Hiidenjoen-Puujoen alueelle. Esimerkiksi miljoonan euron vuotuisilla kustannuksilla Vanajanselän ja Hiidenjoen-Puujoen alueilla, yhteensä 2 miljoonan euron vuotuisilla kustannuksilla, voidaan saavuttaa tarkastelualueella noin 12 prosentin alenema

kokonaiskuormituksesta. Sen sijaan, käyttämällä 2 miljoonaa euroa esimerkiksi ainoastaan Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alueella voidaan saavuttaa vain 7 prosentin kuormitusalenema.



Kuva 17. Osavaluma-alueilla tehtävien toimenpiteiden kustannukset suhteessa saavutettavissa olevaan Vanajanselän valuma-alueen kuormitusalenemaan.

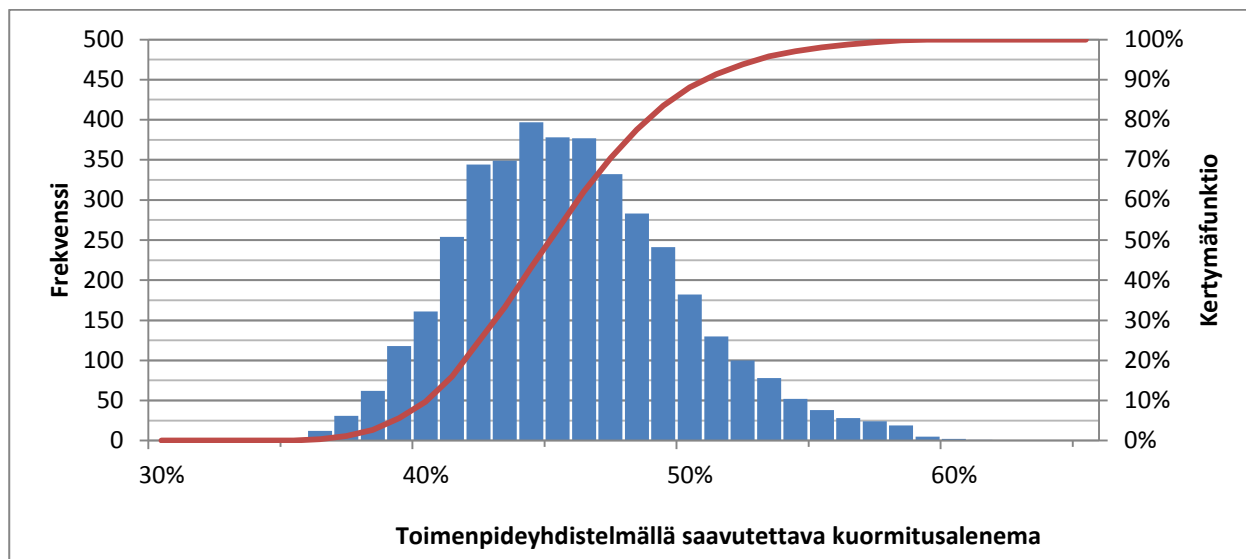
### 4.3 Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet

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 ja 4.2 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 maksimi-arvojen 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 5. Tarkastelun mukaan KUTOVA-malli arvioi toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman noin 4 prosenttia Monte Carlo -simulaatiota alhaisemmaksi. Arviota kuormitusalenemasta voidaan siis pitää konservatiivisena. Toimenpideyhdistelmän kustannukset KUTOVA-malli arvioi jopa 26 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 5. KUTOVA-mallilla ja Monte Carlo -simuloinnilla lasketut toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen Vanajanselän alueella.**

	Toimenpideyhdistelmän kustannus (€/v)	Toimenpideyhdistelmällä saavutettava kuormitusalenema
<b>KUTOVA-malli</b>	20 400 000 €	44 %
<b>Monte Carlo -simulointi</b>	25 700 000 €	46 %
<b>Erotus</b>	-5 300 000 €	-2 %-yks
<b>Erotus, %</b>	-26 %	-4 %

## 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

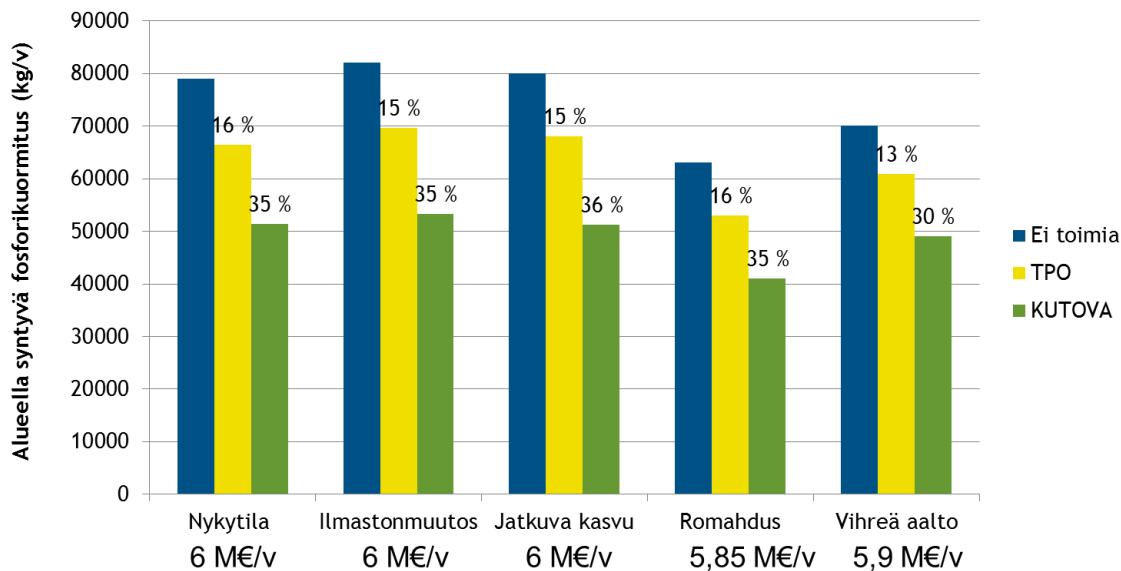
Sektori	Jatkuva kasvu	Romahdus	Vihreä aalto
<b>Peltoala</b>	Ei muutosta	- 20 %	+ 20 %
<b>Lannoitus</b>	+ 20 % mineraali + 20 % karjanlanta	- 30 % mineraali + 10 % karjanlanta	- 20 % mineraali - 20 % karjanlanta
<b>Kevennetyt muokkausmenetelmät</b>	+ 15 %	- 20 %	+ 30 %
<b>Kasvilajit</b>	Nurmiala vähenee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

kuormitukseen ovat vähäisemmät kuin muissa skenaarioissa. Tämä johtuu siitä, että jo lähtökohtaisesti skenaariossa alueella on käytössä enemmän vesiensuojelumenetelmiä. 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 tulevaisuuskuvissa.

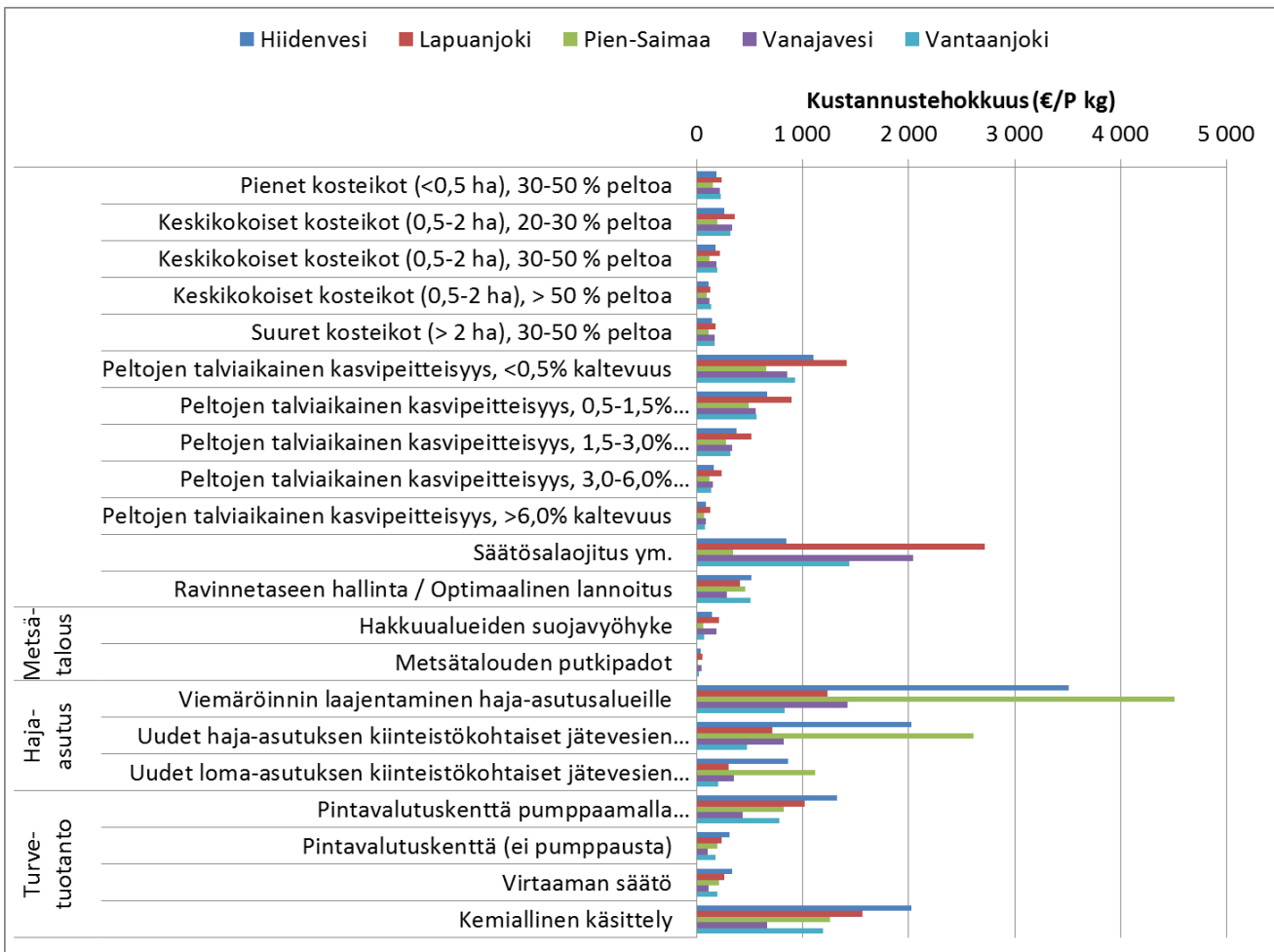
## 6 Vertailu muihin pilottialueisiin

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.

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.



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

## 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 Vanajanselän valuma-alueella tehdyn tarkastelun tulokset. Tarkastelualueena oli ainoastaan koko Vanajanselän valuma alue sekä erikseen Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alue ja Puujoen-Hiidenjoen valuma-alue. Vanajanselän valuma-alueella kustannustehokkaimpia vesiensuojelutoimenpiteitä ovat metsä- ja maatalouden toimenpiteet. Myös osa turvetuotannon toimenpiteistä on kustannustehokkaita. Vanajanselän 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 kosteikot ja raviennetaseen hallinta. Myös suojavyöhykkeet ja peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys kaltevilla pelloilla ovat kustannustehokkaita toimenpiteitä. Näillä toimenpiteillä voidaan myös merkittävästi vaikuttaa valuma-alueen kokonaiskuormitukseen.

Viemäroimättömän haja-asutuksen toimenpiteet eivät ole yhtä kustannustehokkaita kuin maatalouden toimenpiteet, mutta niillä voidaan kuitenkin vaikuttaa merkittävästi Vanajanselän kokonaiskuormitukseen.

Toimenpiteitä kannattaa kohdistaa paitsi Vanajanselän ja Vanajanselän kapeikon alueelle myös Hiidenjoen-Puujoen alueelle. Hiidenjoen-Puujoen valuma-alueella sama kuormitusalenema voidaan jopa saavuttaa pienemmillä kustannuksilla kuin Vanajanselän lähialueella. Toimenpiteissä kannattaa erityisesti keskittyä ravinnetaseen hallintaan sekä kosteikkorakentamiseen. Metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkaita ja niitä kannattaa toteuttaa siellä, missä toimintoa harjoitetaan. Tässä raportissa ei tarkasteltu tarkemmin muuta Vanajanselän valuma-aluetta. Toimenpiteitä kannattaa luultavasti kuitenkin kohdistaa myös muille alueille kustannustehokkaan toimenpideohjelman saavuttamiseksi. Jatkotutkimuksena voisi olla tarpeen jakaa myös muu osa valuma-alueesta pienempiin osa-alueisiin ja tarkastella toimenpiteiden kustannustehokkuutta näillä alueilla, jotta voitaisiin paremmin kohdistaa resursseja.

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-TYYPPI -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](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, 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	Tarveke-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 <sup>3</sup> /ha/v) mukaan. Merkittävimmin kustannuksia syntyy, mikäli suojavyöhykkeelle jätetään puustoa. Puuntuoton menetys on arvioitu tällöin keskimääräisen puuston määrän (150 m <sup>3</sup> /ha) ja keskimääräisen kantohinnan (€/m <sup>3</sup> ) 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)
Viemäröinnin 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
Viemäroinnin 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
Säätösaloitus ym.	ha	15 %
Ravintetaseen 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/ympäri vuotinen)	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 %
Ravinnetaseen 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	Kunnostusajituksen osuus metsätalouden 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 pumpaamalla (kesä/ympärivuotinen)	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole pintavalutuskenttää
Pintavalutuskenttä (ei pumpausta)	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). Vesiensuojelurakennetta tehdään 1 kpl/50 ojitushehtaaria (Ympäristö.fi 2012f).
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Viemäroimätön haja-asutus (kpl) (VEPS)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäroimätön haja-asutus (kpl) (VEPS) * 0,75 (70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäroimätön loma-asutus (kpl) (VEPS) * 0,25 (20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympäriavuotinen)	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Virtaaman säätö	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo virtaaman säätö.
Kemiallinen käsittely	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo kemiallinen käsittely.

## LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Vanajanselän valuma-alueella.

Taulukko 1. Kuormituksen lähtötiedot Vanajanselän valuma-alueella.

### Kuormitus (P kg)

<b>VEMALA</b>	<b>Vanajanselän ja vanajaveden kapeikon alue</b>	<b>Hiidenjoki-Puujoki</b>	<b>Koko valuma-alue</b>	<b>Yksikkö</b>
Maatalous	10688	17878	21018	kg
Haja-asutus	2261	2020	3437	kg
Muu	3068	1646	4041	kg
Yhteensä	16017	21543	28497	kg

### VIHMA

Maatalous yhteensä	12515	19943	22748	kg
Syysviljat	436	677	890	kg
Nurmet	2338	1711	2012	kg

### VEPS

Maatalous	7349	12960	27449	kg
Metsätalous	351	350	759	kg
Laskeuma	1217	169	665	kg
Luonnonhuuhtouma	2300	2610	4814	kg
Hulevesi	41	27	33	kg
Haja-asutus	2749	2094	3839	kg
Pistekuormitus	3505	873	510	kg
Turvetuotanto	0,59	52	5	kg
Yhteensä	17513	19135	38075	kg



**Taulukko 2. Toimenpiteiden maksimialat Vanajanselän valuma-alueella.**

**Maksimialat**

	Vanajanselän ja vanajaveden kapeikon alue	Hiidenjoki-Puujoki	Koko valuma-alue	Lähde	Yksikkö
Peltopinta-ala	10484	16474	53314,5	VIHMA	ha
Syysviljojen ala	413	642	1718	VIHMA	ha
Nurmien ala	2054	1474	8291	VIHMA	ha
Pelloista savimailla	24 %	44 %	5 %	VEMALA	%
Pelloista eloperäisillä mailla	13 %	9 %	9 %	VIHMA	%
Hakkuuala	60	75	2800	Metsäkeskus	ha
Kunnostusojitusala	29	34	525	Metsäkeskus	ha
Viemäroimätön haja-asutus	2915	2377	8035	VEPS	kpl
Viemäroimätön loma-asutus	1565	865	6869	VEPS	kpl
Turvetuotannon ala	2	192	282	VEPS	ha
Pintavalutuskenttä	0	156	259	Vahti	ha
Virtaaman säätö	0	0	0	Vahti	ha
Kemiallinen käsittely	0	0	0	Vahti	ha

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

	<u>Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä</u>	<i>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</i>			
	<i>Kosteikon koko</i>	<i>20-30%</i>	<i>30-50%</i>	<i>&gt;50%</i>	
<b>Koko valuma-alue</b>	<0,5 ha	35	31	36	kpl
	0,5-2 ha	142	166	143	kpl
	>2 ha	80	91	42	kpl
	<u>Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)</u>	<i>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</i>			
	<i>Kosteikon koko</i>	<i>20-30%</i>	<i>30-50%</i>	<i>&gt;50%</i>	
	<0,5 ha	186	279	532	ha
	0,5-2 ha	1714	3546	4874	ha
	>2 ha	2961	5321	3568	ha
<b>Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alue</b>	<u>Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä</u>	<i>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</i>			
	<i>Kosteikon koko</i>	<i>20-30%</i>	<i>30-50%</i>	<i>&gt;50%</i>	
	<0,5 ha	0	7	5	kpl
0,5-2 ha	22	41	27	kpl	
>2 ha	14	17	8	kpl	
	<u>Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)</u>	<i>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</i>			
	<i>Kosteikon koko</i>	<i>20-30%</i>	<i>30-50%</i>	<i>&gt;50%</i>	
	<0,5 ha	0	62	73	ha
	0,5-2 ha	300	871	826	ha
	>2 ha	473	982	808	ha
<b>Hiidenjoki-Puujoki</b>	<u>Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä</u>	<i>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</i>			
	<i>Kosteikon koko</i>	<i>20-30%</i>	<i>30-50%</i>	<i>&gt;50%</i>	
	<0,5 ha	10	9	7	kpl
0,5-2 ha	32	47	59	kpl	
>2 ha	20	30	12	kpl	
	<u>Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)</u>	<i>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</i>			
	<i>Kosteikon koko</i>	<i>20-30%</i>	<i>30-50%</i>	<i>&gt;50%</i>	
	<0,5 ha	54	86	113	ha
	0,5-2 ha	407	992	2058	ha
	>2 ha	763	1858	1064	ha

**Taulukko 4. Toimenpiteiden valuma-aluekohtaiset reduktiot Vanajanselän valuma-alueella**

**Valuma-aluekohtaiset reduktiot**

Toimenpide	Vanajanselän ja vanajaveden kapeikon alue	Hiidenjoki-Puujoki	Koko valuma-alue	Lähde
	Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	15 %	18 %	15 %

Koko valuma-alue	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,7 %	1,9 %	3,2 %	4,5 %	0,5 %
Monivuotinen nurmiviljely	-2,7 %	-1,3 %	0,3 %	9,5 %	1,5 %
Suojavyöhykkeet	-0,1 %	0,3 %	1,4 %	4,9 %	0,8 %
Peltoala (ha)	17801	13309	13323	8476	566

Vanajanselän ja Vanajaveden kapeikon alue	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,8 %	1,7 %	3,1 %	3,3 %	0,3 %
Monivuotinen nurmiviljely	-2,8 %	-1,0 %	0,4 %	7,2 %	0,9 %
Suojavyöhykkeet	-0,2 %	0,3 %	1,3 %	3,6 %	0,5 %
Peltoala (ha)	4011	2508	2600	1294	71

Hiidenjoki-Puujoki	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	2,0 %	2,9 %	3,5 %	3,5 %	0,3 %
Monivuotinen nurmiviljely	-2,9 %	-1,6 %	0,5 %	7,5 %	0,7 %
Suojavyöhykkeet	-0,2 %	0,3 %	1,3 %	3,5 %	0,4 %
Peltoala (ha)	3957	4132	3266	1571	67