



# Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden arvioiminen KUTOVA+ -työkalulla - Karvianjoen tulevaisuustarkastelut -hankkeessa tehdyt tarkastelut

Turo Hjerppe, Mikko Dufva, Mika Marttunen

21.5.2012

Suomen Ympäristökeskus

## Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	2
2	KUTOVA+ -malli.....	3
2.1	Kustannukset .....	3
2.2	Reduktiot .....	6
2.3	Lähtökuormitus .....	8
2.4	Toimenpiteen maksimiala .....	9
2.5	Toimenpideyhdistelmät.....	10
2.6	Toimenpiteiden väliset yhteydet.....	11
2.7	Laskentatapa .....	12
2.8	Herkkyystarkastelu .....	13
2.9	Kehittämistarpeet .....	15
3	Kohdevesistöt ja tarkastellut vaihtoehdot .....	16
4	KUTOVA+ -mallin lähtötiedot .....	16
5	Tulokset.....	17
5.1	Toimenpiteiden kustannustehokkuus.....	17
5.2	Toimenpideyhdistelmät.....	22
6	Yhteenveto.....	25
	Lähteet.....	26

## 1 Johdanto

Vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää vesiensuojelutoimenpiteiden taloudellisia tarkasteluita ja kustannustehokkuuden arvioimista. Kustannustehokkuus tarkoittaa toimenpiteen kustannusten suhdetta toimenpiteillä aikaan saatavaan vaikutukseen, esimerkiksi fosforikuormituksen vähenemiseen. Kustannustehokkuus ei ota erikseen huomioon toimenpiteiden toteutettavuutta, hyväksyttävyyttä tai mahdollisia muita vaikutuksia ja hyötyjä, joten kustannustehokas toimenpiteiden yhdistelmä ei välttämättä ole käytännössä toteutettavissa. Kyseessä on siis teoreettinen tarkastelu, jonka avulla saadaan käsitys suurimmasta tietyllä budjetilla aikaan saatavasta fosforikuormituksen vähenemisestä tai siitä, kuinka suuret ovat kuormitusvähenemän saavuttamisen kustannukset.

Tässä raportissa esitellään KUTOVA+ -malli, jonka avulla voidaan muodostaa kustannustehokas toimenpideyhdistelmä fosforikuormituksen vähentämiseksi. Mallissa huomioidaan tarkasteltavan alueen ominaisuudet ja lähtökuormitus. KUTOVA+ ei ole automaattinen optimointimalli, vaan pikemminkin apuväline toimenpideyhdistelmän kokoamiseen. Tarkoituksena on ollut rakentaa joustava työkalu asiantuntijoiden työskentelyn tueksi, jolla voidaan ottaa huomioon myös mm. toimenpiteiden toteuttamislaajuus.

## 2 KUTOVA+ -malli

KUTOVA+ -malli laskee vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden eli hintalapun yhden fosforikilon vähentämiseksi. Mallissa on tällä hetkellä toimenpiteitä maatalouden, metsätalouden, haja-asutuksen ja turvetuotannon sektoreilta. Mallin lähtötietoja ovat kuormitus sektoreittain, toimenpiteiden maksimialat ja maatalouden toimenpiteiden osalta toimenpiteiden reduktiot. Lähtötiedot kerätään pääasiassa VEMALASTA, VIHMAsta, VEPSistä ja VAHTIsta. Metsätalouden toimenpiteiden osalta lähtötietoja (hakkuuala ja kunnostusojitusala) täytyy pyytää metsäkeskukselta. Malliin on lisäksi sisällytetty tietoa toimenpiteiden kustannuksista ja reduktioista.

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 -ohjelmointikielellä. KUTOVA-mallin ongelmana oli se, että siihen sillä oli mahdollista tarkastella vain hyvin rajallista toimenpitejoukkoa. Lisäksi se oli käyttäjän kannalta vaikeaselkoinen ja raskas.

KUTOVA:n perustalta lähdettiin 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 ja Paimionjoen vesistöalueilla. GisBloom-hankkeessa mallia tullaan lisäksi soveltamaan vielä Hiidenvedellä, Pien-Saimaalla, Vanajavedellä, Lapuanjoella ja Vantaanjoella.

Tässä kappaleessa selvitetään yksityiskohtaisesti mallin lähtötiedot ja laskentaan liittyvät oletukset.

### 2.1 Kustannukset

Kustannukset perustuvat vesienhoidon suunnittelutyössä laadittuihin suosituksiin. Toimenpiteiden investointikustannukset on pääomitetu käyttäen eri toimenpiteille suositeltua kuoletusaikaa ja 5 %:n korkoa. Käyttökustannukset on otettu mukaan sellaisenaan. Näin on saatu kullekin toimenpiteelle laskettua vuosikustannus. Investointikustannukset, kuoletusaika ja käyttökustannukset sekä niiden perusteella laskettu vuosikustannus on esitetty taulukossa 1. Taulukossa 2 on esitelty toimenpiteiden kustannusten perustelut. Toimenpiteiden kustannusten kohdentuminen eri toimijoille on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 1. 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 €
Kosteikko	kpl	14000	15	450	1 799 €
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	0	0	50	50 €
Monivuotinen nurmiviljely	ha	0	0	50	50 €
Säätösaloitus ym.	ha	1000	10	150	280 €
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	0	0	50	50 €
Hakkuualueiden suojavyöhyke	ha	3500	15	47	384 €
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	kpl	2500	15	100	341 €
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	kiinteistö	6000	30	0	390 €
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	4000	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 kasvi- peitteisyys, 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)
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 kanto-hinnan (€/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).
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Keskimääräisenä yksikköhintana käytetään viemäriin liittymiskustannusta, keskimäärin 6000 €/kiinteistö (Ympäristö.fi 2012b).
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 pumpaamalla (kesä/ympärivuotinen), pintavalutuskenttä (ei pumpausta), 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
Kosteikko	13 %	87 %	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
Hakkuualueiden suojavyöhyke	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
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

## 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: niittonurmet, tuorehununurmet, muut nurmet

Muuttamalla alkutilanteen muokkauskäytäntöä saadaan arvioitua esimerkiksi talviaikaisen kasvi-  
peitteisyyden vaikutus fosforikuormitukseen. VIHMA-mallin avulla voidaan arvioida myös suoja-  
vyöhykkeiden ja kosteikoiden vaikutus.

Muiden toimenpiteiden vaikutuksiin on annettu arvio, jota voidaan muuttaa, jos alueelta on tarkem-  
paa tietoa. Toimenpiteiden vaikutukset fosforikuormitukseen on esitetty taulukossa 4. Perusteet  
toimenpiteiden vaikutuksille on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 4. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen

Toimenpide	yksikkö	Reduktio % tulevasta kuormituksesta
Suojavyöhykkeet	ha	VIHMAN arvio
Kosteikko	kpl	VIHMAN arvio (kg/kosteikko)
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	VIHMAN arvio
Monivuotinen nurmiviljely	ha	VIHMAN arvio
Säätösalaajitus ym.	ha	15 %
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	VIHMAN arvio
Hakkuualueiden suojavyöhyke	ha	10 %
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä 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/ympäriavuotinen)	tuotantoha	46 %
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	46 %
Virtaaman säätö	tuotantoha	30 %
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	80 %

Taulukko 5. Perusteet toimenpiteiden vaikutuksille.

Toimenpide	P Reduktio
Suojavyöhykkeet	VIHMA: Kaikille viljellyille pelloille perustetaan suojavaikkyysvyöhykkeet.
Kosteikko	Vesistömalli: Kosteikkojen yläpuolella oleva peltopinta-ala. VIHMA: kosteikolla saavutettava kuormitusvähennys, kun kosteikon koko on 2 % VA:sta. Kosteikon reduktio = kg/kosteikko
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	VIHMA: syyskynnetyt pellot syysviljaksi (perinteinen kynnä/kylvö).
Monivuotinen nurmiviljely	VIHMA: Viljellyt pellot nurmeksi
Säätösalaajitus ym.	Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitusselvitys (Mäkelä 2007): 15 %
Ravintetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	VIHMA: P-lukujakauman muutos 50; 50; 0
Hakkuualueiden suojavaikkyys	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 10 % (Ympäristö.fi 2012e)
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: noin 20 % (Ympäristö.fi 2012e)
Viemäroinnin 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)
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Virtaaman säätö	20-50% (Turveteollisuusliitto 2012)
Kemiallinen käsittely	75-95% (Turveteollisuusliitto 2012)

### 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 VEPSin arvion kuormituksen jakautumisesta, VIHMAN arvion peltomaiden kokonaisfosforikuormituksesta sekä nurmien ja syysviljeltyjen peltojen kuormituksesta ja vesistömallin arvion peltomaiden, haja-asutuksen ja muusta kuormituksesta. Tarkastelemissa kaikki kuormitus suhteutetaan vesistömallin arvioon, 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 vielä 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 taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 6. 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
Säätösalajitus ym.	40 % maatalouden kuormituksesta
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Maatalouden kuormitus
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Hakkuualueiden osuus metsätalouden kuormituksesta
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojituksen osuus metsätalouden kuormituksesta
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Vakituisen haja-asutuksen kuormitus
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Vakituisen haja-asutuksen kuormitus
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Loma-asutuksen kuormitus
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

## 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. Peltotie-

dot arvioidaan VEMALASTa saatavien TIKEn tietojen avulla. Haja-asutuksen määrä saadaan VEP-Sistä. 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 rajoituvan 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 taulukossa 7.

Taulukko 7. Toimenpiteiden maksimialat.

Toimenpide	Maksimiala
Suojavyöhykkeet	Peltopinta-ala (ha) ilman nurmia. Suojavyöhykkeen osuus on noin 8% peltolohkon alasta.
Kosteikko	VEMALAN arvioima kosteikkopaikkojen maksimimäärä (kpl)
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella tai syysviljoilla.
Monivuotinen nurmiviljely	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella
Säätösalaajitus ym.	Vesienhoidon suunnittelun materiaalissa on arvioitu sää-tösalaajituksen käyvän keskimäärin 40% peltopinta-alasta (ha).
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Koko peltopinta-ala.
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Suojavyöhyke on n. 1% hakkuualasta (ha). (Metsätalouden vesienhoitotoimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa)
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojitusala (ha).
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Viemäroimätön haja-asutus (kpl) (VEPS)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäroimätön haja-asutus (kpl) (VEPS)
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäroimätön loma-asutus (kpl) (VEPS)
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	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.

## 2.5 Toimenpideyhdistelmät

Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja toteuttamislaajuuden perusteella voidaan laatia toimenpideyhdistelmiä. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitaan toimenpiteitä kustannus-

tehokkuusjärjestyksessä. 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.

## 2.6 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:

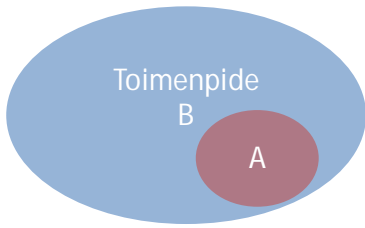
Optimaalinen lannoitus → Talviaikainen kasvipeitteisyys  
Monivuotinen nurmiviljely → Säättösalaajitus → Suojavyöhykkeet

Virtaaman säätö → Kemiallinen käsittely → Pintavalutuskenttä

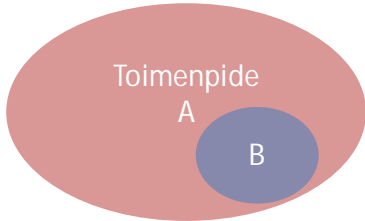
Optimaalinen lannoitus siis vaikuttaa kaikkiin muihin maatalouden toimenpiteisiin, ja säättösalaajitus vain suojavyöhykkeiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säättösalaajituksen ja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

Toimenpiteiden toteuttamislajuus 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 1 on havainnollistettu laskentaa.

## Toimenpiteiden alat



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



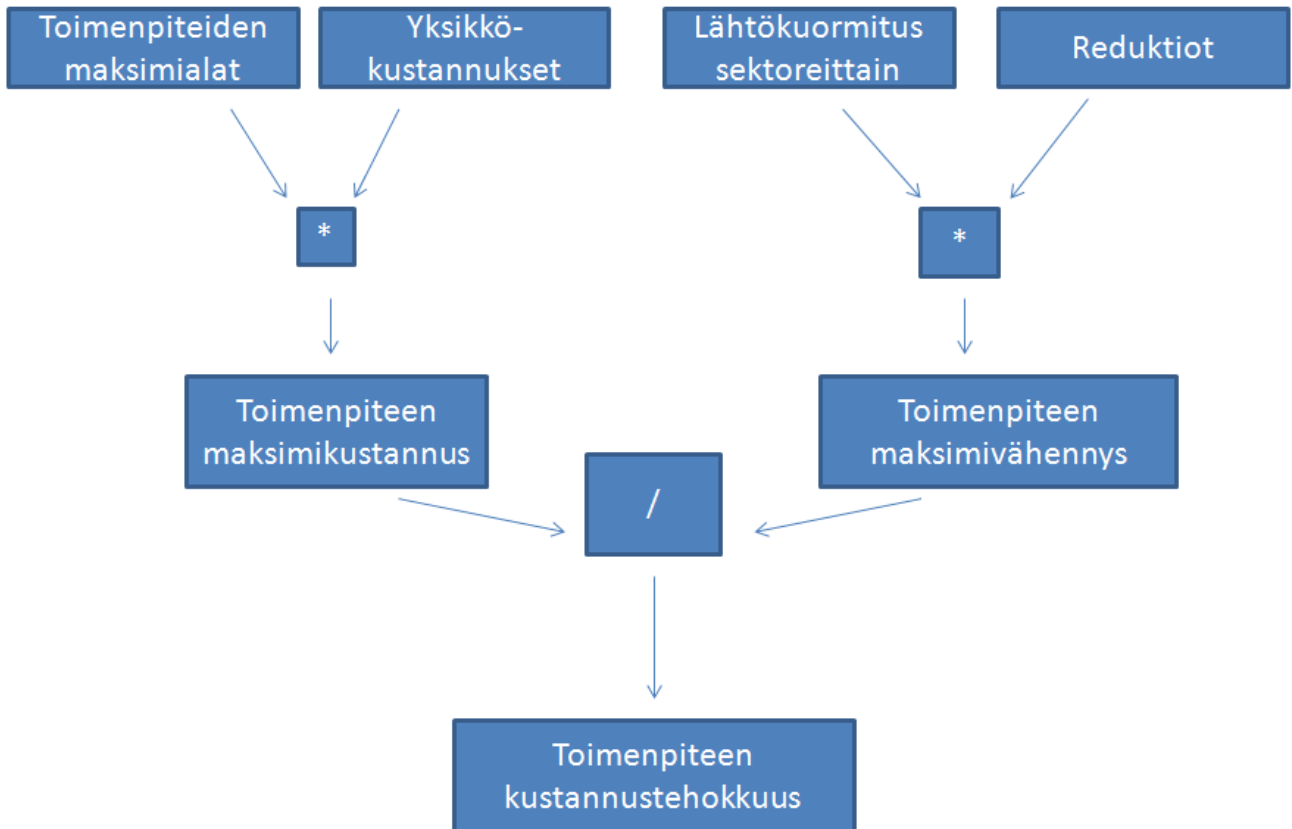
B:n lähtökuormitus =  
B:n lähtökuormitus – B:n ala / A:n ala \* A:n aiheuttama vähennys

Kuva 1. Toimenpiteiden toteuttamislaajuuden 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 pumppaamalla ja ilman pumppausta. Toimenpiteiden päällekkäisyys on huomioitu mallissa siten, että toimenpideyhdistelmiä tehtäessä toimenpiteen maksimiala pienenee, kun samalla alla 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 2.



Kuva 2. Systemikaavio KUTOVA+-mallin laskentatavasta.

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

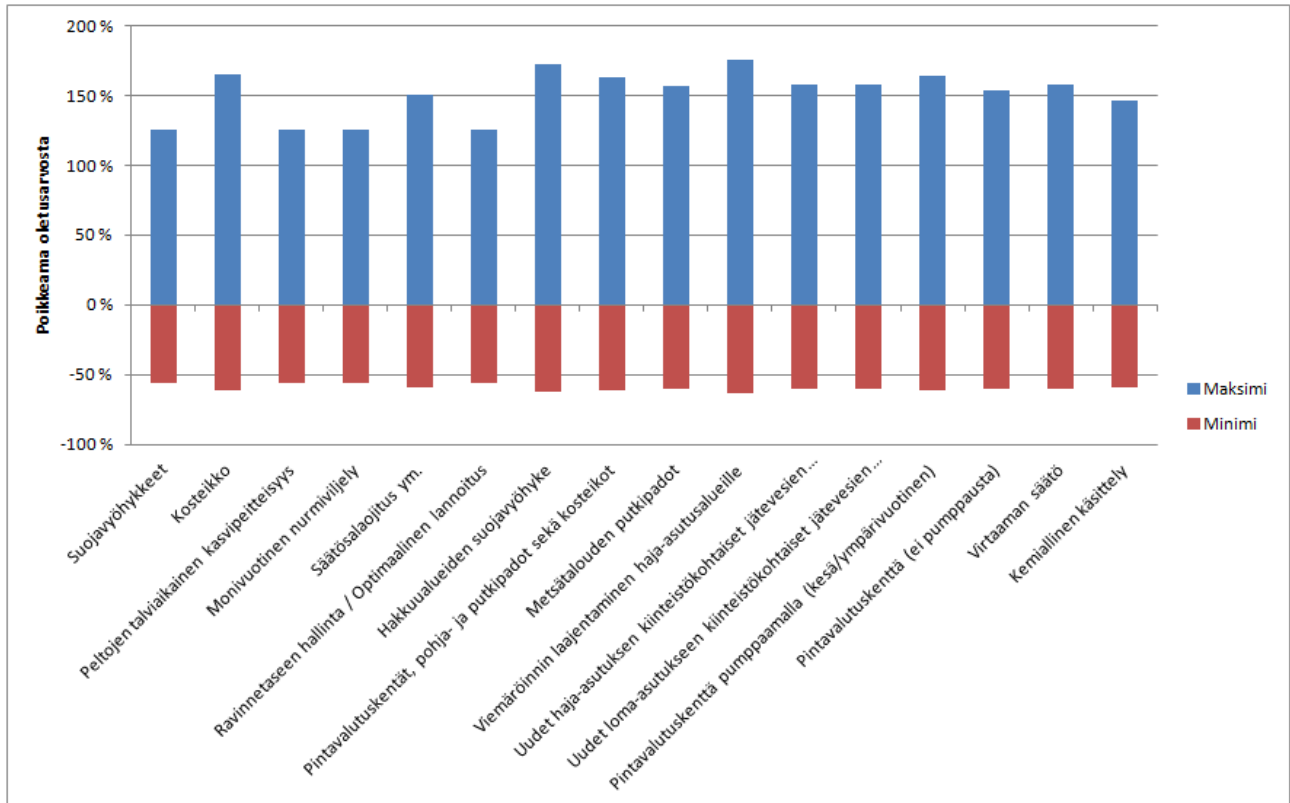
## 2.8 Herkkyystarkastelu

Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 8 mukaisesti. Kuvassa 3 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 4). Kustannustehokkuuden maksimiarvo syntyy kun maksimikustannus on oletusarvoa suurempi ja maksimivähennys oletusarvoaan pienempi. Minimiarvoon vaihtelu vaikuttaa päinvastoin.

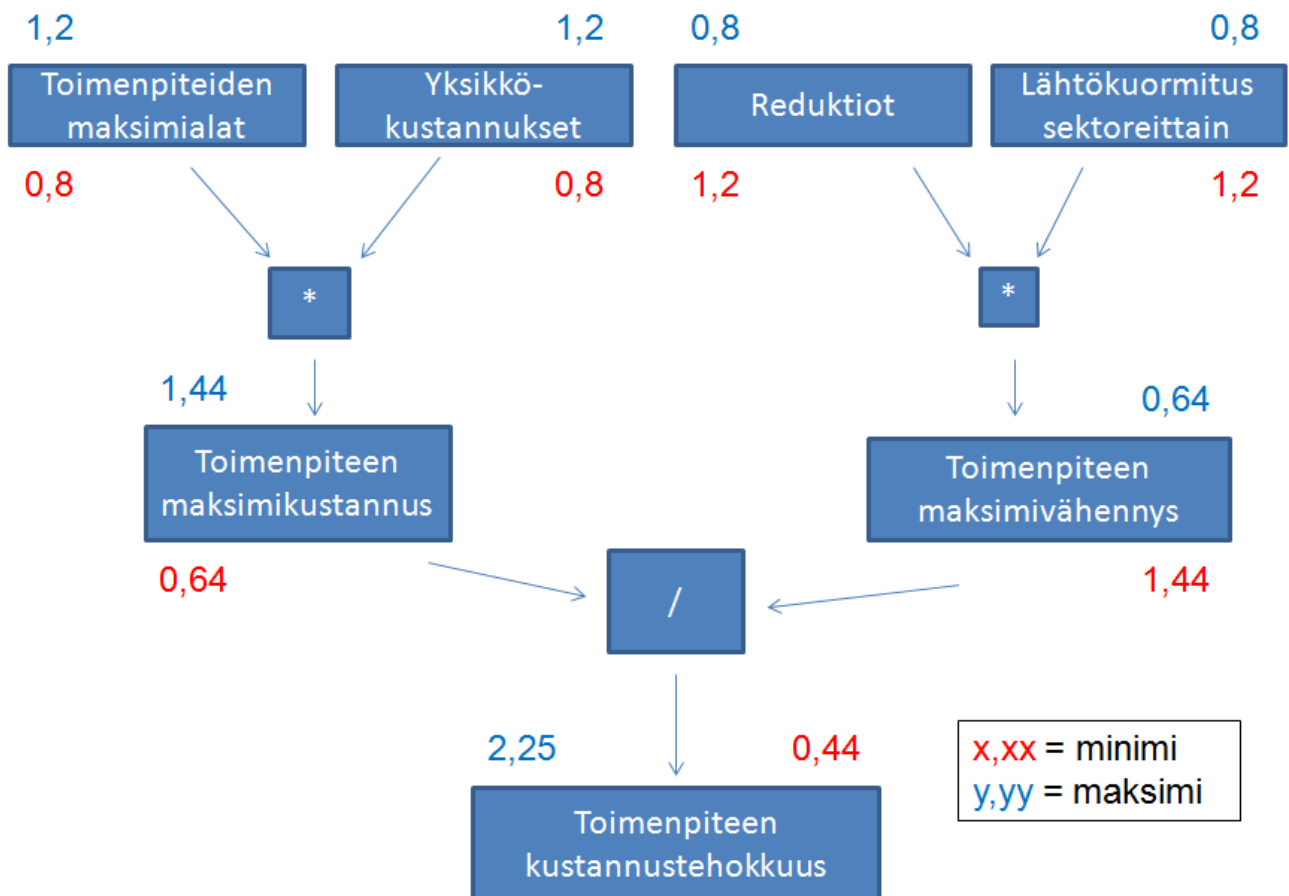
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.

Taulukko 8. 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	-20%	Sektoritiimien loppuraporteista	+20%
Kuoletusaika	+20%	Sektoritiimien loppuraportit	-20%
Korko	-20 %	5%	+20%



Kuva 3. Kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon poikkeama mallin oletusarvosta.



Kuva 4. 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.

## 2.9 Kehittämistarpeet

KUTOVA+ on tarkoitettu apuvälineeksi toimenpiteiden kustannustehokkuuden laskentaan. Siihen on kerätty eri lähteistä tietoa toimenpiteiden vaikutuksista ja kustannuksista ja lisätty jonkin verran tarkastelua helpottavaa logiikkaa ja laskentaa. Se on kuitenkin tarkoitettu suuntaa-antavaan toimenpiteiden vertailuun. Koska se lisäksi on tarkoitettu helposti päivitettäväksi ja täydennettäväksi, se ei pyrikään ottamaan kaikkea toimenpiteiden vaikutuksiin liittyviä seikkoja huomioon.

Koska toimenpiteiden vaikutuksista on saatavilla pääasiassa suhteellista tietoa, esim. "säätösalaohjitus vähentää kuormitusta n. 40%", päädyttiin mallissa arvioimaan toimenpiteiden vaikutusta sektorin keskimääräisen nykykuormituksen perusteella. Kullekin toimenpiteelle arvioidaan kuormitus, johon se vaikuttaa. Näin arvioitu toimenpidekohtainen nykykuormitus ei ota huomioon alueiden laadullisia eroja.

KUTOVA+:n ensisijaiset kehittämistarpeet liittyvät lähtökuormituksen, kustannusten ja reduktioiden tarkentamiseen, herkkyysanalyysiin ja toimenpidevalikoiman laajentamiseen. Pidemmän aika-

välin kehittämistarpeet liittyvät mallin automaation lisäämiseen ja valuma-alueen ominaispiirteiden parempaan huomioimiseen.

### 3 Kohdevesistöt ja tarkastellut vaihtoehdot

Karvianjoen vesistöalueella KUTOVA+-tarkastelu tehtiin koko vesistöalueelle sekä erikseen Karvianjärven ja Karhijärven valuma-alueille. Kullakin alueella vertailtiin toimenpiteiden kustannustehokkuutta ja muodostettiin lisäksi kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä, jonka budjettina käytettiin toimenpideohjelman mukaista kustannusarviota. Lisäksi tarkasteltiin toimenpideyhdistelmien ja yksittäisten toimenpiteiden vaikutusta ulkoiseen kuormitukseen sekä vertailtiin kuormitusalaneman hinnan muodostumista eri alueilla.

### 4 KUTOVA+ -mallin lähtötiedot

Taulukoissa 9-11 on esitelty Karvianjoen vesistöalueen osatarkasteluissa käytetyt lähtötiedot.

Taulukko 9. Kuormituksen (P kg) lähtötiedot Karvianjoen vesistöalueella

#### Kuormitus (P kg)

VEMALA	Karhijärvi	Karvianjärvi	Koko vesistö	Yksikkö
Maatalous	5726	2653	41370	kg
Haja-asutus	618	391	6040	kg
Muu	3413	2469	25804	kg
Yhteensä	9756	5513	73214	kg
VIHMA				
Maatalous yhteensä	7849	2552	44477	kg
Syysviljat	50	0	460	kg
Nurmet	2445	1243	14456	kg
VEPS				
Maatalous	4082	1326	25475	kg
Metsätalous	537	154	3711	kg
Laskeuma	404	107	1521	kg
Luonnonhuuhtouma	2318	605	15562	kg
Hulevesi	10	2	66	kg
Haja-asutus	694	240	5075	kg
Pistekuormitus	72	36	1640	kg
Turvetuotanto	0,1	193	1266	kg
Yhteensä	8117	2663	54316	kg



Taulukko 10. Toimenpiteiden maksimialat Karvianjoen vesistöalueella

Maksimialat

	Karhijärvi	Karvianjärvi	Koko vesistö	Lähde	Yksikkö
Peltopinta-ala	6359	2461	42436	VIHMA	ha
Syysviljojen ala	45,14603	0	480	VIHMA	ha
Nurmien ala	2156	1176	13903	VIHMA	ha
Kosteikkojen maksimimäärä	91	43	657	VEMALA	kpl
Hakkuuala	570	300	3745	Pentti Seljamo, metsäkeskus	ha
Kunnostusojitusala	100	230	712	Pentti Seljamo, metsäkeskus	ha
Viemäroimätön haja-asutus	1526	520	11063	VEPS	kpl
Viemäroimätön loma-asutus	546	168	4623	VEPS	kpl
Turvetuotannon ala	0,1	715	4691	VEPS	ha
Pintavalutuskenttä	0 %	8 %	57 %	VAHTI	%
Virtaaman säätö	0 %	8 %	9 %	VAHTI	%
Kemiallinen käsittely	0 %	0 %	0 %	VAHTI	%

Taulukko 11. Valuma-aluekohtaiset reduktiot Karvianjoen vesistöalueella.

Valuma-aluekohtaiset reduktiot

Toimenpide	Karhijärvi	Karvianjärvi	Koko vesistö	Lähde
Suojavyöhykkeet	6 %	1 %	3 %	VIHMA
Kosteikko	6,69	6,42	6,18	VIHMA, kg/kosteikko
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	9 %	5 %	6 %	VIHMA
Monivuotinen nurmiviljely	8 %	1 %	1 %	VIHMA
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	10 %	12 %	9 %	VIHMA

## 5 Tulokset

### 5.1 Toimenpiteiden kustannustehokkuus

Kunkin toimenpiteen kustannustehokkuus (euroa/fosfori kg) arvioitiin kustannusten ja kuormituksen vähenemän suhteena. Tarkastelussa oletettiin, että toimenpidettä toteutetaan maksimimäärä valuma-alueella. Tarkastelujen tulokset ovat suuntaa-antavia, koska lähtötiedot perustuvat valtakunnallisiin, osin karkeisiin arvioihin. Tarkasteluihin sisältyvän epävarmuuden vuoksi tuloksia on esitetty sekä laskelmissa käytetyillä oletusarvoilla että minimi- ja maksimiarvoilla.

Sektorikohtaiset lähtökuormitukset ja toimenpiteiden maksimitoteutusalat arvioitiin VEPS- ja Vahti-järjestelmän sekä VEMALA- ja VIHMA-mallin avulla. Maatalouden viljelykäytäntöjen muutokset sekä vesiensuojelutoimien tehokkuudet arvioitiin VIHMA-mallin avulla. Kosteikkojen keskimääräiset fosforireduktiot saatiin VIHMAsta ja kosteikkopaikat VEMALASTA. Haja- ja loma-asutuksen jätevesien puhdistustoimien tehokkuudet arvioitiin Vahti-tietojärjestelmästä poimittujen jätevedenpuhdistamoiden puhdistustehojen sekä haja-asutuksen jätevesiasetuksessa esitettyjen puhdistusvaatimusten perusteella. Metsätalouden ja turvetuotannon vesiensuojelutoimenpiteiden tehok-

kuuksien arvioinnissa hyödynnettiin vesienhoitosuunnitelmia varten koottuja opasmateriaaleja (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22063&lan=fi>) ja aikaisempia tutkimuksia (mm. Postila 2007).

Seuraavassa on esitetty yhteenveto kustannustehokkustarkasteluista sektoreittain:

- Metsätalous: Hakkuualueiden suojavyyhykkeet arvioitiin kustannustehokkaimmiksi kaikilla tarkastelluilla järvillä (30-70 €/P kg, kuva 5). Hakkuualueiden suojavyyhykkeen kustannustehokkuus perustuu kohtuullisiin yksikkökustannuksiin ja pieneen toteuttamislaajuuteen (suojavyyhykkeen noin prosentin hakkuualasta).
- Turvetuotanto: Koko vesistöalueella (Isojärvellä) ja Karvianjärvellä turvetuotannon toimenpiteet (virtaaman säätö) kuuluvat myös kustannustehokkaimpien joukkoon (90-140 €/P kg). Karhijärven valuma-alueella turvetuotantoa ei juurikaan ole.
- Haja-asutus: Haja-asutuksen toimenpiteillä voidaan alentaa fosforikuormitusta varsin paljon (kuva 6) ja viemäröinnin laajentaminen on laskelmien mukaan kustannustehokkainta. Nämä toimenpiteet ovat kuitenkin kalliita (kuva 5). On syytä muistaa, että näiden toimenpiteiden ensisijainen tavoite ei kuitenkaan ole ravinnekuormituksen vähentäminen vaan veden hygienisen laadun parantaminen.
- Maatalous: Kosteikot arvioitiin maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimmiksi (270-290 €/P kg). VEMALAn mallintamat kosteikkopaikat pitävät sisällään oletuksen, että kosteikot ovat pinta-alaltaan 2 prosenttia yläpuolisesta valuma-alueesta. Puustisen ym. (2007) mukaan tällaisilla kosteikoilla voidaan saavuttaa keskimäärin 34 prosentin alenema kosteikkoon tulevan ja sieltä lähtevän fosforin määrissä. Tutkimustulokset kosteikkojen vaikutuksista fosforikuormitukseen vaihtelevat kuitenkin suuresti riippuen mm. veden fosforipitoisuudesta, kosteikkojen pinta-alan suhteesta yläpuolisen valuma-alueen pinta-alaan ja maaperästä. Puustisen ym. (2007) kosteikkoaineistossa fosforikuormituksen alenema vaihteli 6-62 %:n välillä, kun kosteikkojen pinta-alojen osuudet valuma-alueen pinta-alaan olivat välillä 0,05-5 %.

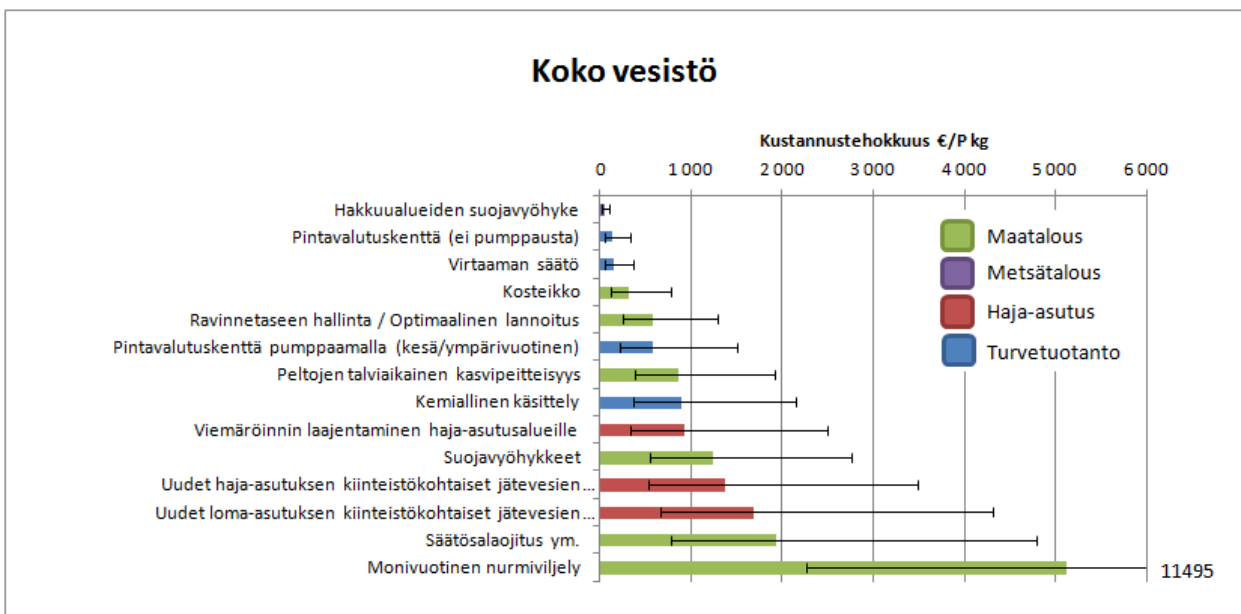
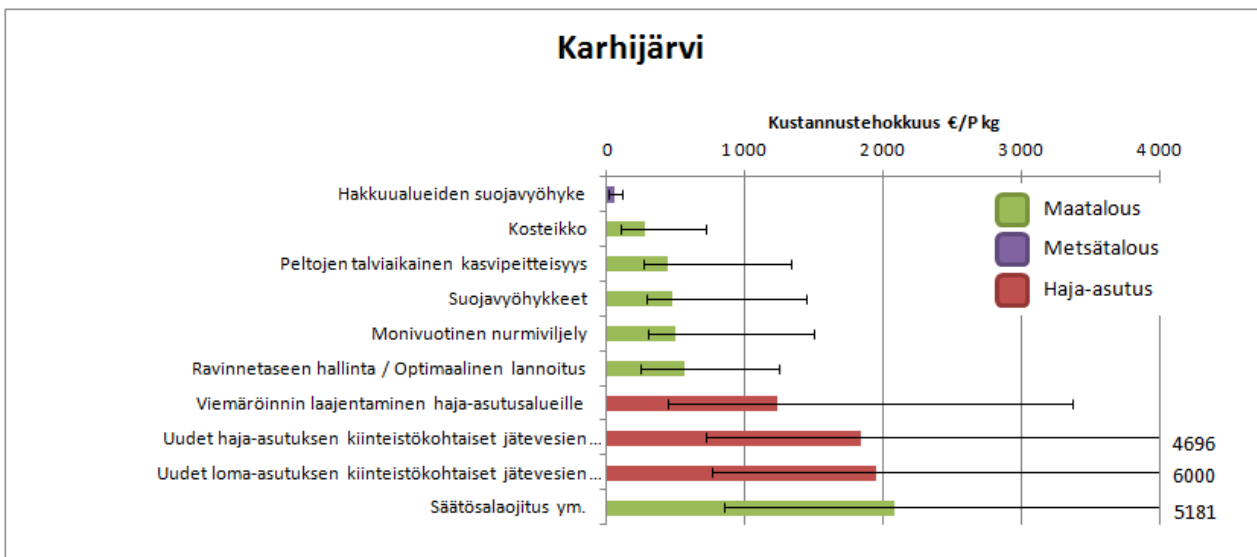
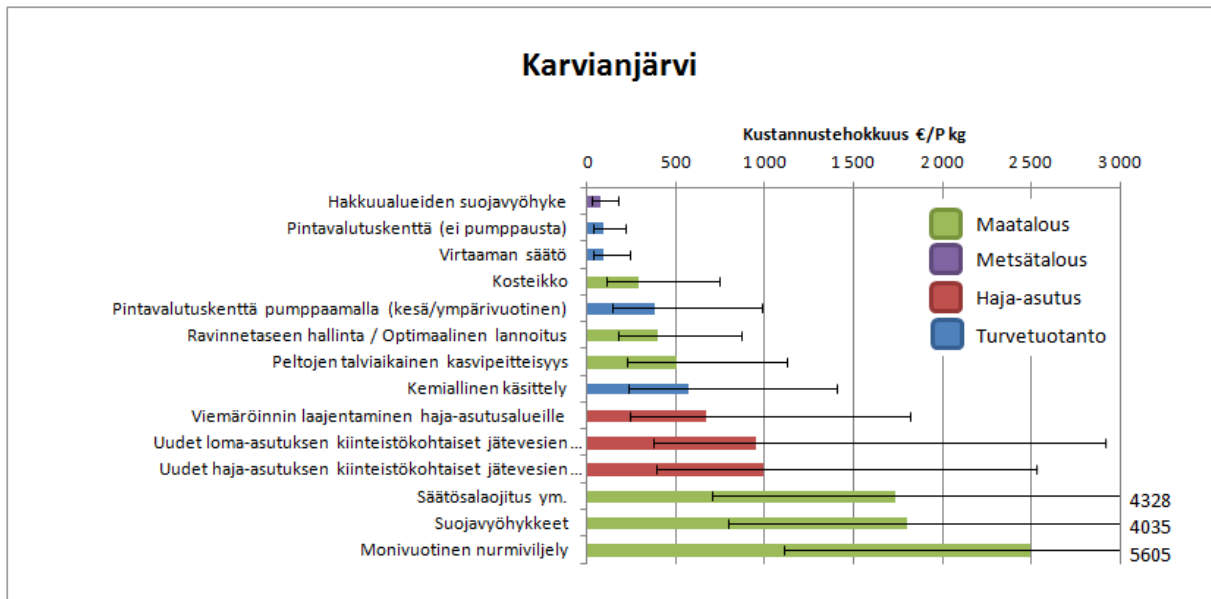
Ravinnetaseen hallinta/optimaalinen lannoitus nousee myös kustannustehokkaimpien toimien joukkoon. Monivuotinen nurmiviljely ja suojavyyhykkeet vaikuttavat eniten alueilla, joilla on kaltevia peltoja. Ne vähentävät partikkelifosforin kuormitusta, mutta lisäävät liukoisen fosforin huuhtoumaa. Tarkastelujen mukaan monivuotinen nurmiviljely ja suojavyyhykkeet ovat kustannustehokkaita Karhijärven alueella. Karvianjärveä ja koko vesistöaluetta (Isojärveä) tarkasteltaessa kokonaisfos-

forin reduktio jää sen sijaan alhaiseksi, koska peltojen loivuuden ja korkeiden fosforilukujen vuoksi erityisesti nurmiviljely kasvattaa liukoisen fosforin kuormitusta selvästi. Monivuotinen nurmiviljely ja suojavaohykkeet eivät siis näillä alueilla ole kustannustehokkaita. Asiaa on havainnollistettu taulukossa 12, jossa on vertailtu peltojen kaltevuutta ja suojavaohykkeiden kustannustehokkuutta sekä reduktioita Karvianjärvellä ja Karhijärvellä.

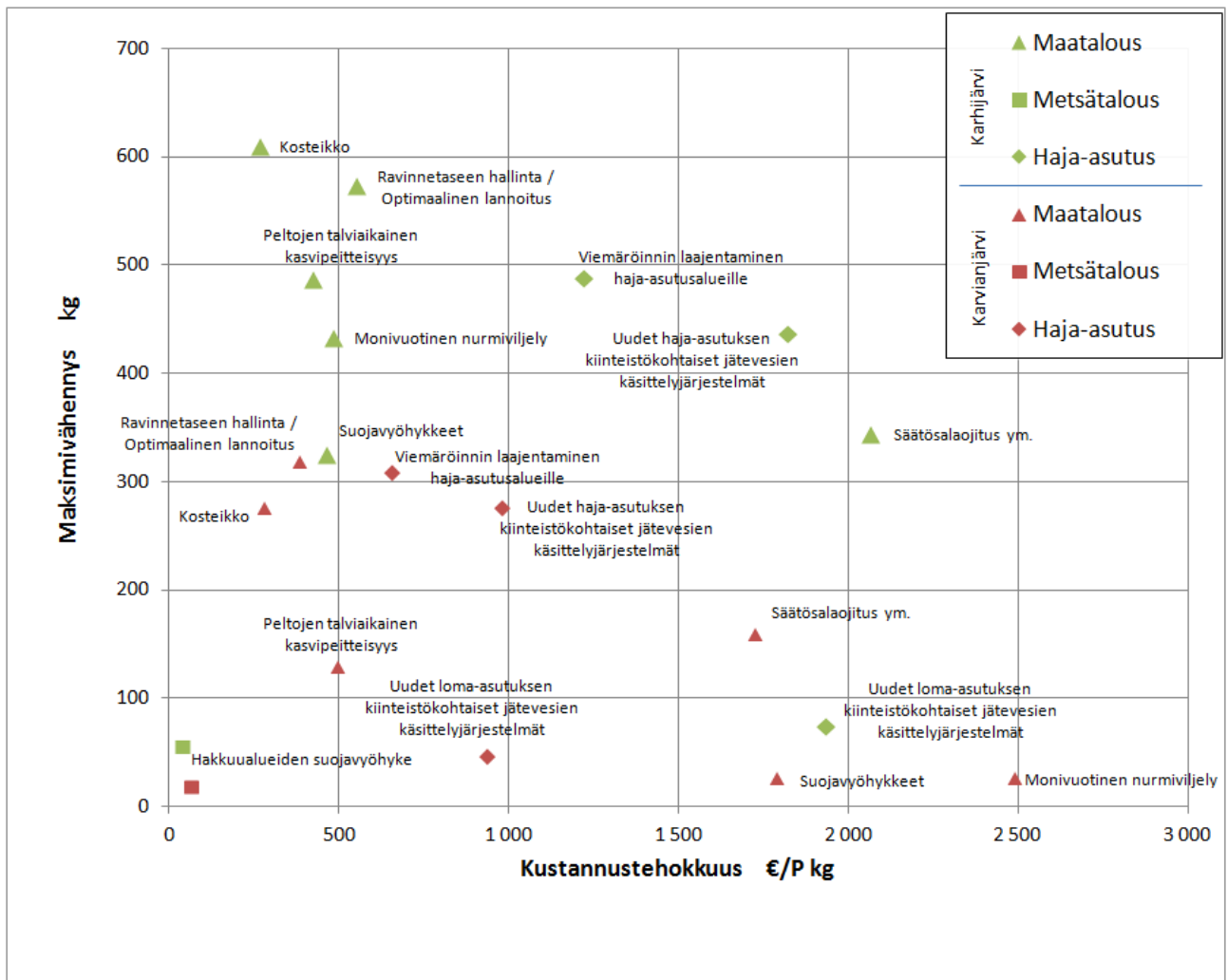
Taulukko 12. Karvianjärven ja Karhijärven valuma-alueiden peltojen kaltevuuden jakautuminen sekä suojavaohykkeiden reduktio ja kustannustehokkuus.

Kaltevuus	Peltojen kaltevuus - osuus pelloista %					Keski- kaltevuus	Suojavaohyke	
	< 0,5 %	0,5-1,5 %	1,5-3,0 %	3,0-6,0 %	> 6,0 %		Kustannus- tehokkuus	Reduktio
Karvianjärvi	25,1 %	47,4 %	23,8 %	3,4 %	0,1 %	1,6 %	1794 €/P kg	1 %
Karhijärvi	33,0 %	28,5 %	25,2 %	12,9 %	0,4 %	2,3 %	466 €/P kg	6 %

Kuvassa 6 on vertailtu Karvianjärven ja Karhijärven toimenpiteiden kustannustehokkuutta ja niillä saavutettavissa olevaa kuormituksen maksimivähennystä. Karhijärvellä useimmilla toimenpiteillä saavutettava maksimivähennys on suurempi kuin Karvianjärvellä, mikä selittyy valuma-alueen ominaisuuksilla.



Kuva 5. Toimenpiteiden kustannustehokkuus (euroa/P kg) Karvianjärvellä, Karhijärvellä ja koko vesistöalueella. Mustalla janalla on merkitty kustannustehokkuuden vaihteluväli.



Kuva 6. Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja maksimivähennyksen vertailu Karvianjärvellä ja Karhijärvellä.

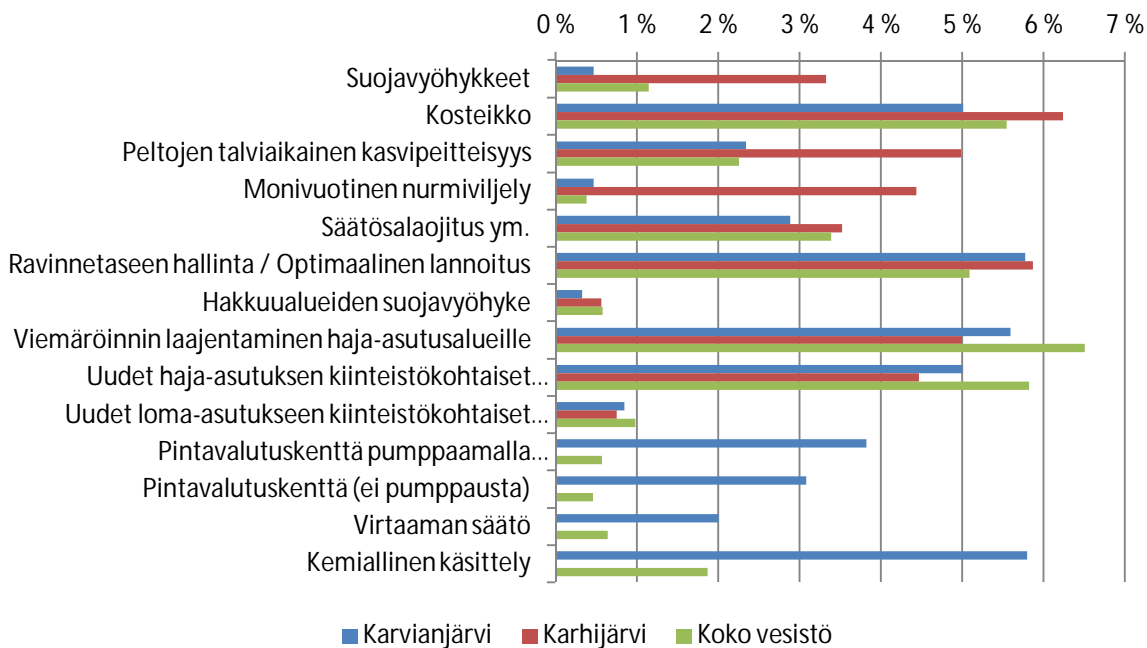
## 5.2 Toimenpiteillä saavutettavissa oleva maksimivähennys

Kuvassa 7 on esitetty toimenpiteittäin vesistön eri osa-alueilla teoreettinen kokonaisfosforikuormituksen maksimialenema. Se kuvaa sitä määrää fosforikuormitusta, joka voidaan vähentää toteuttamalla toimenpidettä niin paljon kuin se on teoriassa mahdollista. Esimerkiksi peltojen suojavaikkeen osalta tämä tarkoittaa, että kaikille pelloille, joilla ei ole monivuotista nurmiviljelyä perustetaan suojavaikkeen. Vesistön kaikissa osissa kilomääräisesti eniten fosforikuormitusta voidaan vähentää kosteikoilla, optimaalisella lannoituksella sekä haja-asutuksen jätevesienkäsittelytoimenpiteillä. Näillä toimenpiteillä kokonaisfosforikuormituksen teoreettinen maksimialenema on 4,5 - 6,5 prosenttia. Vähiten fosforikuormitusta kiloissa voidaan vähentää hakkuualueiden suojavaikkeilla sekä loma-asutuksen kiinteistökohtaisilla jätevesienkäsittelytoimenpiteillä.

Suojavaikkeen, peltojen talviaikaisen kasvipeitteisyyden ja monivuotisen nurmiviljelyn teoreettisen maksimialeneman alueellinen vaihtelu on suurta, mikä johtuu valuma-alueen ominaisuuksista.

sista. Näiden lisäksi myös turvetuotannon vesiensuojelumenetelmien alueelliset erot kuormituksen alenemassa ovat suuria. Tähän vaikuttaa turvetuotannon määrä valuma-alueella.

Toimenpiteen teoreettinen maksimikuormitusalenema ei suoraan vaikuta toimenpiteiden valintaan toimenpideyhdistelmään. Se auttaa kuitenkin hahmottamaan eri toimenpiteiden mittasuhteita ja siten tunnistamaan niitä toimenpiteitä, jotka ovat vesiensuojelun kannalta merkittävimpiä.



Kuva 7. Toimenpiteiden suurin kokonaisfosforikuormituksen vähennyspotentiaali (%).

### 5.3 Toimenpideyhdistelmät

Kustannustehokkainta toimenpideyhdistelmää muodostettaessa toimenpiteet valittiin tehtäviksi pääsääntöisesti kustannustehokkuusjärjestyksessä. Kunkin toimenpiteen valinnan jälkeen laskettiin sen vaikutus vesistön fosforikuormitukseen. Näin meneteltiin, koska fosforikuormituksen suuruus vaikuttaa eräiden toimenpiteiden, kuten esimerkiksi kosteikkojen, fosforireduktioon ja kustannustehokkuuteen. Toimenpiteitä valittiin toimenpideyhdistelmään, kunnes saavutettiin samat kustannukset kuin toimenpideohjelmaan perustuvassa vaihtoehdossa. Kustannustehokkaimmat toimenpideyhdistelmät vesistön osa-alueittain on esitetty taulukossa 13.

Mustajoen pistekuormituksen vähentämisessä ei otettu huomioon mahdollisista investoinneista aiheutuvia kustannuksia, joita toiminnanharjoittaja joutuu tekemään kuormituksen pienentämiseksi. Tarkastelussa arvioitiin vain pistekuormituksen vaikutusta fosforikuormitukseen.

Taulukko 13. Kustannustehokkaimmat toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät (TPO-budjetilla) tarkaste-lualueilla.

Toimenpide	Toteutettava määrä	yksikkö	Kustannus-tehokkuus euroa/ Pkg
<b>Karvianjärvi</b>			
Hakkuualueiden suojavyöhyke	3	ha	70
Virtaaman säätö	658	tuotantoha	90
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	661	tuotantoha	120
Kosteikko	43	kpl	280
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	2461	ha	390
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1285	ha	530
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	20	kiinteistö	660
<b>Karhijärvi</b>			
Hakkuualueiden suojavyöhyke	6	ha	40
Kosteikko	91	kpl	270
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	2150	ha	460
Monivuotinen nurmiviljely	2000	ha	520
Suojavyöhykkeet	10	ha	540
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	6359	ha	560
<b>Koko vesistöalue</b>			
Hakkuualueiden suojavyöhyke	37	ha	30
Virtaaman säätö	4269	tuotantoha	140
Kosteikko	657	kpl	290
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	42436	ha	570
Säätösalaajitus ym.	6790	ha	810
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ypärivuotinen)	2017	tuotantoha	815
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	5660	kiinteistö	900
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	23000	ha	930

Kustannustehokkaimmassa toimenpidevaihtoehdossa Karhijärvellä 58 % ja Karvianjärvellä 52 % kustannuksista kohdistuisi julkiselle rahoitukselle eli maatalouden ympäristötuelle tai kestävän met-sätalouden rahoitustuelle. Koko vesistöalueen (Isojärven) toimenpiteistä 43 % kohdistuisi julkiselle rahoitukselle ja 57 % yksityiselle. Ero selittyy sillä, että koko vesistöalueella (Isojärvellä) tehdään enemmän haja-asutuksen ja turvetuotannon toimenpiteitä kuin Karhijärvellä ja Karvianjärvellä. Maatalouden toimenpiteiden kustannuksista eri alueilla 40-43 % kohdistuisi yksityisille toimijoille. Taulukko toimenpiteiden kustannusten kohdentumisesta eri toimijoille on esitetty liitteessä 1.

Kustannustehokkaimmalla toimenpideyhdistelmällä voidaan arvion mukaan vähentää kokonaisfos-forikuormitusta Karvianjärvellä noin 16 %, Karhijärvellä noin 17 % ja koko vesistöalueella (Isojär-vellä) noin 20 %. Kokonaisfosforikuormitukseen sisältyvät myös laskeuma ja luonnonhuuhtouma,

joiden osuus kokonaisfosforin kuormituksesta on noin kolmasosa. Ts. paikallisilla ja alueellisilla toimenpiteillä voidaan laskennallisesti päästä maksimissaan n. 70 %:n kuormitusalenemaan. Toimenpideohjelmassa (TPO) ei ole eritelty toimenpiteiden vaikutuksia kuormitukseen. Siinä on kuitenkin esitetty eri sektoreille kuormituksen vähentämistavoitteet, joihin näillä toimenpiteillä tulisi periaatteessa päästä. Taulukossa 14 on esitetty toimenpideohjelman mukaiset sektorikohtaiset tavoitteet kuormituksen vähentämiseksi ja kustannustehokkaimmalla toimenpideyhdistelmällä arvioitujen sektorikohtaiset kuormitusvähennykset.

Taulukko 14. Toimenpideyhdistelmien vaikutukset ulkoiseen fosforikuormitukseen.

	Toimenpideohjelman tavoitteet	KUTOVA		
		Karvianjärvi	Karhijärvi	Koko vesistöalue
<b>Maatalous</b>	36 %	27 %	28 %	28 %
<b>Metsätalous</b>	35 %	6 %	9 %	7 %
<b>Haja-asutus</b>	65 %	3 %	-	40 %
<b>Turvetuotanto</b>	19 %	57 %	-	44 %

- 1) Haja-asutusta koskevia toimenpiteitä ei sisällynyt kustannustehokkaimpiin toimenpiteisiin.
- 2) Laajamittaista turvetuotantoa ei harjoiteta valuma-alueella.

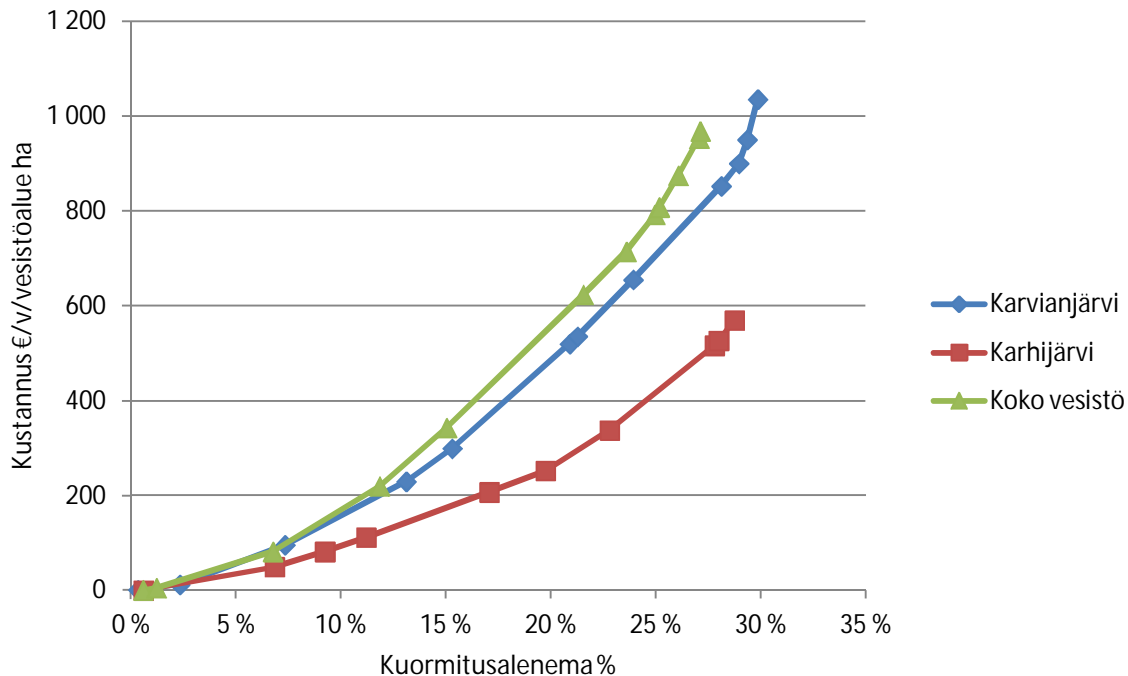
KUTOVA-mallilla voidaan myös laskea, mitä tietyn kuormitusvähennyksen saavuttaminen maksaisi. LLR-mallilla arvioitiin, että hyvän ekologisen tilan saavuttamiseksi Karvianjärvellä ulkoista kuormitusta tulisi vähentää 32 % ja Karhijärvellä 10 %. Koko vesistöalueelle (Isojärvelle) vastaavaa arviota ei ole tehty.

Jos Mustajoen pistekuormitusta saadaan vähennettyä esimerkiksi 80 %, päästään 32 % kuormitusvähennyksen tavoitteeseen taulukossa 12 esitetyllä toimenpideyhdistelmällä, jonka kustannukset ovat noin 300 000 euroa vuodessa. Karhijärvellä 10%:n fosforikuormituksen alenemaan päästään valitsemalla taulukon 14 toimenpiteistä kosteikot, talviaikainen kasvipeitteisyys puolelta ja suojavaikykkeet muille pelloille.

Kuvassa 28 on esitetty, kuinka suuri fosforikuormituksen vähennys on mahdollinen KUTOVA -malliin sisällytetyillä toimenpiteillä Karvianjärvellä, Karhijärvellä ja koko vesistössä (Isojärvellä). Kuvasta nähdään myös, että kustannukset fosforikuormituksen alenemaprosenttia kohden kasvavat, kun alenematavoite on yli 12-15 %. Karvianjärven fosforikuormitusta voi enimmillään vähentää kaikilla KUTOVA-mallissa mukana olevilla toimenpiteillä 29 %. Taulukossa 13 kuvattuun kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään lisättäisiin tällöin viemäröinnin laajentaminen, sää-  
tösalajoitus, kemiallinen käsittely turvetuotantoalueille ja loma-asutuksen uudet jätevesien käsittelyjärjestelmät. Näillä toimenpiteillä kustannukset kaksinkertaistuisivat n. 600 000 euroon vuodessa.



Myös Karhijärvellä voidaan kaikki toimenpiteet huomioonottaen päästä n. 30 % fosforikuormituksen alenemaan.



Kuva 8. Kustannustehokkailla toimenpiteillä enintään saavutettava kuormitusvähennys suhteessa toimenpiteiden kustannuksiin vesistöaluetta kohden.

## 6 Yhteenveto

KUTOVA+ -työkalu on suunniteltu vesiensuojelun yleissuunnitelmia tukeväksi työkaluksi, jonka avulla voidaan selvittää kustannustehokkaimpia vesiensuojelumenetelmiä sekä tavoitellun kuormitusaleneman kustannuksia. Koska toimenpiteiden lähtöarvot esimerkiksi kustannusten osalta pohjautuvat enimmäkseen valtakunnallisiin arvioihin, ne eivät juuri huomioi paikallisia olosuhteita. Siksi tulokset ovatkin vain suuntaa-antavia ja soveltuvat parhaiten yleissuunnittelun tueksi. Mallin avulla pystytään kuitenkin luomaan käsitys kuormituksen suuruusluokasta sekä siitä, mitkä toimenpiteet alueella voisivat edesauttaa kuormituksen vähentämisessä ja mitkä eivät. Näin se tukee mittasuhteiden hahmottamista ja voi olla hyödyllinen työkalu eri sidosryhmien kanssa käytävissä keskusteluissa ja suunnittelun tukena.

Karvianjoen vesistöalueen tuloksien perusteella voidaan todeta, että työkalua voidaan käyttää myös hyödyksi suunniteltaessa toimenpiteiden alueellista kohdentamista osa-alue tarkastelujen avulla. Mallin lähtötietoihin ja laskentaan liittyvät epävarmuudet on kuitenkin syytä muistaa osa-aluejakoa tehtäessä. Työkalu ei sovellu kovin pienille alueille. Esimerkiksi Karvianjoen tapauksessa lasken-

taan liittyvää epävarmuutta olisi voitu pienentää käyttämällä valtakunnallisten kustannusarvioiden sijaan hyväksi tietoa Satakunnassa toteutuneista toimenpiteiden kustannuksista. Tällaista tietoa ei kuitenkaan ollut kattavasti saatavilla.

Laskentaan liittyvistä epävarmuuksista johtuen mallin kustannuksia ja kuormitusalenemia tulee pitää suuntaa-antavina. Huolimatta laskentaan liittyvistä epävarmuuksista voidaan saatua toimenpiteiden välistä kustannustehokkuusjärjestystä pitää melko luotettavana. Työkalu siis ohjaa oikeiden toimenpiteiden valintaan.

## Lähteet

- Kunnari, E. (2008). Vesipuidedirektiivin mukainen kustannustehokkuusanalyysi maatalouden vesienhoitotoimenpiteille Excel-sovelluksena. Pro Gradu -tutkielma, Taloustieteen laitos, Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto. 69 s.
- 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.
- 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.