

Mikkelin alapuolisen Saimaan sekä valuma-alueen hoidon yleissuunnitelma

Nab Labs Oy - Ympäristöntutkimuskeskus Ambiotica

Tutkimusraportti 83 / 2014

Arja Palomäki, Heikki Alaja, Irene Kuhmonen ja Pekka Sundell



SISÄLLYS

1. HANKKEEN TAUSTA.....	3
1.1 SELVITYKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET	3
1.2 MIKKELIN KAUPUNKISEUDUN KEHITTÄMISSUUNNITELMAT.....	3
1.3 SUUNNITTELUALUE.....	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
2.1 TAVOITEASETTELU	5
2.1.1 Ekologinen luokittelu, ravinnepitoisuudet ja tuotannon taso	5
2.1.2 Lake Load Response –työkalu (LLR)	7
2.1.3 Happilaskelmat	7
2.1.4 Sisäinen kuormitus.....	8
2.2 VALUMA-ALUEELLA TOTEUTETTAVAT TOIMENPITEET	9
2.2.1 KUTOVA-työkalun käyttö	9
2.3 JÄRVIALTAISSA TOTEUTETTAVAT TOIMENPITEET	10
2.3.1 Vesikasvien niitto.....	10
2.3.2 Poistokalastus	10
2.3.3 Hapetus ja ilmastus	11
3. OSA 1: JÄRVIALTAIDEN JA VALUMA-ALUEIDEN KUNNOSTUSTARVE JA TAVOITTEET.....	11
3.1 YLEISKUVAUS SUUNNITTELUALUEESTA	11
3.2 KUORMITUKSEN JAKAUTUMINEN VALUMA-ALUEILLA	15
3.3 VESIENSUOJELUONGELMAT VESISTÖSSÄ JA VALUMA-ALUEELLA.....	17
3.3.1 Ekologinen tila ja veden laatu.....	17
3.3.2 Ulkoinen kuormitus.....	17
3.3.3 Sisäinen kuormitus.....	18
3.3.4 Tulevaisuuden haasteita.....	19
3.4 TAVOITETILAN MÄÄRITTELY	22
3.4.1 Ekologinen tila, fosforipitoisuus ja kriittinen kuormitus.....	22
3.4.2 Happitilanne	23
3.4.3 Virkistyskäytön asettamat tavoitteet	25
3.5 KUORMITUKSEN VÄHENTÄMISTARVE	25
4. OSA 2. VALUMA-ALUEILLA TOTEUTETTAVAT TOIMENPITEET	28
4.1 PISTEKUORMITUKSEN VÄHENTÄMINEN	28
4.1.1 Jätevedenpuhdistamo.....	28
4.1.2 Viemäriverkoston laajentuminen ja hallittavuus.....	29
4.1.3 Kustannukset.....	30
4.1.4 Misawan saha	30
4.2 MAATALOUDEN VESIENSUOJELU	31
4.2.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla	31
4.2.2 Käytettävissä olevat toimenpiteet	32
4.2.3 Suositellut toimenpiteet.....	32
4.3 METSÄATALOUDEN VESIENSUOJELU	37
4.3.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla	37
4.3.2 Käytettävissä olevat toimenpiteet	37
4.3.3 Suositellut toimenpiteet.....	37
4.4 HAJA-ASUTUKSEN VESIENSUOJELU	38
4.4.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla	38
4.4.2 Mahdolliset lisätoimenpiteet	40
4.4.3 Suositellut toimenpiteet.....	41
4.5 HULEVESIEN KÄSITTELY	44
4.5.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla	44
4.5.2 Käytettävissä olevat toimenpiteet	47
4.5.3 Suositellut toimenpiteet.....	47

5. OSA 3. JÄRVIALTAISSA TOTEUTETTAVAT TOIMENPITEET.....	49
5.1 VESIKASVIEN VÄHENTÄMINEN	49
5.1.1 Alustavat niittokohteet	49
5.1.2 Niittokohteiden valinta ja niittojen toteuttaminen	50
5.1.3 Niittojen kustannukset.....	52
5.2 POISTOKALASTUS	53
5.2.1 Suunnittelualan soveltuvuus poistokalastukseen.....	53
5.2.2 Ehdotus poistokalastuksen toteuttamiseksi.....	56
5.2.3 Poistokalastuksen tavoitteita tukevat toimenpiteet	60
5.2.4 Vaikutusten seuranta	62
5.2.5 Yhteenveto hoitokalastuksen toteuttamisesta.....	64
5.3 HAPETUS JA ILMASTUS	65
5.3.1 Nykyisen hapetuksen riittävyys.....	65
5.3.2 Hapetusta koskevat suositukset	67
5.4 SEDIMENTIN RUOPPAUS.....	67
5.4.1 Ruoppaustarpeen arviointi.....	67
5.4.2 Ruoppausta koskevat suositukset.....	67
6. YHTEENVETO.....	68
6.1 VESIENHOIDON ONGELMAT, TAVOITTEET JA TOIMENPITEET	68
6.2 TOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSET JA KUSTANNUSTEHOKKUUS	69
6.2.1 KUTOVA-työkalun avulla tarkastellut toimenpiteet	69
6.2.2 Toimenpiteiden kustannustehokkuus.....	70
6.2.3 Vesiensuojelutoimenpiteiden yhteisvaikutus.....	71
LÄHDELUETTELO	72
LIITTEET	75

1. HANKKEEN TAUSTA

1.1 Selvityksen tarkoitus ja tavoitteet

Mikkelin alapuolisen Saimaan ja valuma-alueen hoidon ja kunnostuksen yleissuunnitelman tavoitteena on ohjata käytännön vesiensuojelutoimenpiteitä siten, että vesien tilatavoitteet saavutetaan. Tavoitteena on vesistön veden laadun, biologisen tilan sekä virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen. Työssä on pyritty tunnistamaan ne valuma-alueet ja vesi-alueet, joilla toimenpiteet ovat paitsi vesiensuojelullisesti, myös taloudellisesti kannattavimpia tehdä.

Selvitys jakaantuu kolmeen osaan: osassa 1 tarkastellaan järvialtaiden ja valuma-alueiden kunnostustarvetta ja tavoitteita, osassa 2 valuma-alueilla toteutettavia toimenpiteitä, sekä osassa 3 järvialtaissa toteutettavia toimenpiteitä.

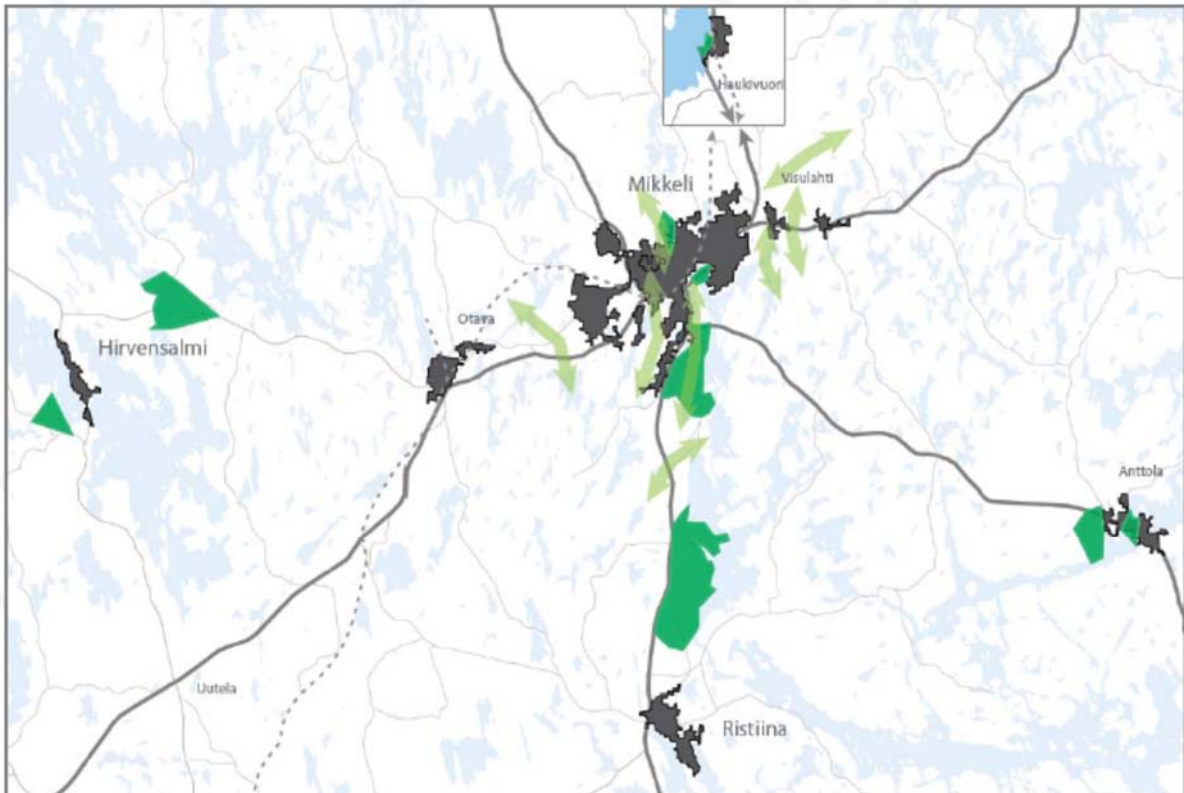
Tutkimuksen toteutti Nab Labs Oy / Ympäristöntutkimuskeskus Ambiotica (ent. Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus), jossa työhön osallistuivat ympäristöasiantuntijat Arja Palomäki, Heikki Alaja, Irene Kuhmonen ja Pekka Sundell. Työn tilaajina olivat Etelä-Savon ELY-keskus, jossa työtä koordinoi erikoissuunnittelija Juho Kotanen sekä Mikkelin kaupunki, jonka edustajana ohjausryhmässä oli ympäristösuunnittelija Heikki Tanskanen. Alueelta on aiemmin tehty kuormitus selvitys (Palomäki & Kuhmonen 2013).

1.2 Mikkelin kaupunkiseudun kehittämissuunnitelmat

Mikkelin kaupunkiseudun rakennemalli – Elävät keskukset ja sujuva arki –suunnitelma on valmistunut maaliskuussa 2012 (Sito 2012). Rakennemallissa on esitetty useita toiminnallisia vyöhykkeitä, joista vesistöihin liittyy erityisesti LEPO-vyöhyke eli vapaa-aika, virkistys- ja matkailualueet (kuva 1). Näiden lisäksi mallissa on nostettu esiin vesistöalueet (VESI) ja seudullisesti merkittävät viher- ja virkistysyhteydet (VIHER).

Rakennesuunnitelman mukaan LEPO-alueet ovat ekologisen asumisen, ekopalveluiden, vapaa-ajan ja matkailutoimintojen esikuvia. Alueet hyödyntävät seudun parhaita valtteja, vesistöjen rantoja, luontoa ja kulttuurikohteita. Luonto, maisema ja rakennettu ympäristö yhdistetään uudella tavalla ekologisesti kestävästi. Järvisuomi on Suomen vapaa-ajan asumisen ykkösseutu, ja seudusta kehitetään matkailun edelläkävijä. Suunnitelman VESI-visiossa todetaan vesistöjen olevan seudun virkistyksen merkittävimpiä vetovoimatekijöitä. Seudulle hakeudutaan lomailemaan ja asumaan erityisesti sen järviluonnon takia.

Jatkosuunnittelussa vesistöjen merkitys huomioidaan aina muissa suunnitelmissa, ja ranta-alueet pidetään mahdollisuuksien mukaan yleisinä alueina, jotta mahdollisimman moni hyötyy niistä. Rakennesuunnitelma toimii pohjana tarkemmalle strategiselle suunnittelulle.



Kuva 1. Mikkelin kaupunkiseudun rakennemallin "LEPO" -vyöhykkeet ja "VIHER" -yhteydet.

Asumisen ja matkailun kehittämisen tukeutuminen erityisesti vesistöihin edellyttää vesistöjen olevan hyvin virkistyskäyttöön soveltuvia ja siten veden laadultaan, kalastoltaan ja retkeilyreitistöiltään hyvässä kunnossa.

1.3 Suunnittelualue

Kohdealueena on koko Juurisalmen yläpuolinen vesialue, joka on vesienhoidon suunnittelussa nimetty Annilanselän-Kyyhkylänselän sekä Ukonveden vesimuodostumiksi. Vesialueeseen kuuluu myös Mikkelin taajama-alueeseen kuuluva Saimaa. Tarkempaa tarkastelua varten Annilanselkä-Kyyhkylänselkä on edelleen jaettu omiksi altaikseen, ja siitä on erotettu lisäksi Pappilanselkä-Launialanselkä sekä Visulahti-Mustaselkä. Ukonveden vesimuodostuma on jaettu Ukonvesi-Päähkeenselkään ja Pohjoisselkä-Leppäselkään.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tavoiteasettelu

2.1.1 Ekologinen luokittelu, ravinnepitoisuudet ja tuotannon taso

Mikkelin alapuolisen Saimaan (Annilanselkä-Kyyhkylänselkä) ekologinen tila on luokiteltu tyydyttäväksi sekä ensimmäisellä että toisella vesienhoidon suunnittelukaudella (vuodet 2008 ja 2013). Vesienhoitolain yleisenä tavoitteena on, että pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila on vuoteen 2015 mennessä vähintään hyvä. Mikkelin alapuoliselle Saimaalle tilatavoitteen saavuttamisen aikarajaa on siirretty vuoteen 2021.

Vesialueen tilatavoitteen määrittelyssä käytettiin ympäristöhallinnon tekemää viimeisintä ekologista luokittelua vuodelta 2013. Luokittelu on tehty Annilanselän-Kyyhkylänselän ja Ukonveden vesimuodostumille. Tarkastelussa otettiin huomioon fosforipitoisuus, a-klorofylli sekä kasviplanktonin biomassa. Kriittiset hyvän luokan rajat kyseisille muuttujille sekä vesistössä vallitsevat arvot on esitetty taulukossa 1. Mikkelin alapuolinen Saimaa on määritelty järviyhteyksiin keskikokoiset humusjärvet.

Taulukko 1. Ekologinen luokitus, sen eräiden muuttujien (fosforipitoisuus, a-klorofylli ja kasviplanktonin biomassa) arvot Mikkelin alapuolisella Saimaalla sekä muuttujien raja-arvot luokalle ”hyvä”.

Muuttuja/vesimuodostuma	Luokiteltu ekologinen tila	Havaittu arvo	Hyvän tilan raja-arvot
Annilanselkä-Kyyhkylänselkä			
Kok.P	T	32,8 µg/l	18-28 µg/l
a-klorofylli	T	19,1 µg/l	6-11 µg/l
Kasviplanktonin biomassa	T	2,561 mg/l	0,9-1,7 mg/l
Ukonvesi			
Kok.P	H	18,8 µg/l	18-28 µg/l
a-klorofylli	H	9,4 µg/l	6-11 µg/l
Kasviplanktonin biomassa	H	1,288 mg/l	0,9-1,7 mg/l

Koska ekologinen tila on määritelty melko laajoille vesialueille, tarkastelua tarkennettiin kuormituselvityksessä käytetyille kuudelle järvioltaalle (taulukko 2). Tarkastelussa käytettiin vuosien 2003-2012 vedenlaatuhavaintojen keskiarvoja.

Havaittuja arvoja ja hyvän ja tyydyttävän ekologisen tilan raja-arvoja vertaamalla laskettiin fosforin vähennystarve kullekin järvioltaalle. Klorofyllipitoisuuden ja kasviplanktonbiomassan vähennystarve muunnettiin fosforin vähennystarpeeksi regressioyhtälöiden avulla (Granberg & Harjula 1982a,b):

$$\text{Chl-a} = 0,384 \times^{1,0606}, \text{ josta } x = (\text{Chl-a}/0,384)^{1/1,0606}$$

x = keskimääräinen fosforipitoisuus $\mu\text{g/l}$

Chl-a = klorofyllipitoisuus $\mu\text{g/l}$

$$x = (\text{BM} * 1000 + 425,7)/61,3$$

x = keskimääräinen fosforipitoisuus $\mu\text{g/l}$

BM = kasviplanktonbiomassa mg/l

Yhtälöiden soveltuvuus tarkistettiin klorofyllin osalta suunnittelualueelta mitattujen pitoisuuksien perusteella laskettujen yhtälöiden avulla. Tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan, joten laskennassa käytettiin yllä olevia yhtälöitä.

Taulukko 2. Suunnittelualueen järviältaiden keskimääräinen fosforipitoisuus, klorofylli ja kasviplanktonbiomassa vuosina 2003-2012 sekä havaittujen arvojen ja hyvän tilan raja-arvon välinen erotus.

Muuttuja/järviallas	Havaittu arvo	Havaitun arvon ja hyvän tilan raja-arvon erotus
Visulahti-Mustaselkä (Visulahti 175)		
Kok.P $\mu\text{g/l}$	36	7,6
a-klorofylli $\mu\text{g/l}$	26	15
Pappilanselkä-Launialanselkä (Launialanselkä 092)		
Kok.P $\mu\text{g/l}$	30	1,6
a-klorofylli $\mu\text{g/l}$	16	5,3
Annilanselkä (097)		
Kok.P $\mu\text{g/l}$	25	-
a-klorofylli	15	3,5
Kasviplanktonbiomassa mg/l	2,4	0,7
Kyyhkylänselkä (098)		
Kok.P $\mu\text{g/l}$	27	-
a-klorofylli $\mu\text{g/l}$	15	4,0
Kasviplanktonbiomassa mg/l	2,8	1,1
Ukonvesi (099)		
Kok.P $\mu\text{g/l}$	20	-
a-klorofylli $\mu\text{g/l}$	11	0,3
Kasviplanktonbiomassa mg/l	1,7	-
Leppäselkä (101)		
Kok.P $\mu\text{g/l}$	15	-
a-klorofylli $\mu\text{g/l}$	8,6	-
Kasviplanktonbiomassa mg/l	1,5	-

2.1.2 Lake Load Response –työkalu (LLR)

Suomen ympäristökeskuksen kehittämällä LLR-työkalulla voidaan laskea kokonaisfosforin ja –typen tavoitekuormat eri luokittelumuuttujien hyvä/tydyttävä –luokkarajojen mukaan (Kotamäki ym. 2008, Väisänen (toim.) 2013). Käytettävissä olevat muuttujat ovat kokonaisfosfori ja –typpi sekä a-klorofylli ja kasviplanktonin biomassa. Työkalulla voidaan esimerkiksi laskea millaisella järveen tulevalla kokonaisfosforikuormalla saavutetaan järven hyvää tilaa vastaava järviseden kokonaisfosforipitoisuus. Tavoiteasettelussa otetaan huomioon vesistön tyypittely.

Mikäli järven tiedot löytyvät vedenlaatu- ja järvirekisteristä (Hertta), osa tarvittavista tiedoista voidaan hakea automaattisesti sieltä, muuten kaikki tiedot on syötettävä manuaalisesti. Fosfori- ja typpikuormat ja –pitoisuudet sekä virtaamat kootaan taulukoksi, jonka avulla tiedot syötetään malliin.

Mikkelin alapuolisen Saimaan kohdalla ongelmaksi tuli se, että järvirekisterissä koko vesialue on yhtenä kokonaisuutena, mikä tarkkuustaso ei ollut riittävä. Automaattista syöttöä ei voitu tästä syystä käyttää, mutta tavoitekuormat laskettiin kuitenkin järviältaittain fosforin ja typen pitoisuuden luokkarajojen perusteella.

2.1.3 Happilaskelmat

Eri kuormitustekijöiden vaikutusta järviältaiden loppukesän happitilanteeseen ja fosforin poiston tarvetta happitilanteen näkökulmasta tarkasteltiin teoreettisesti dynaamisen happimallin avulla (Lappalainen 1978, Granberg & Granberg 2006). Mallin syöttötietoina käytettiin järviältaiden hydrologisia tietoja (taulukko 3), vedenlaatatietoja (taulukko 4) sekä kuormitustietoja (taulukko 5).

Taulukko 3. Mikkelin alapuolisen Saimaan järviältaiden hydrologia.

Järviallas	Pinta- ala km ²	Valuma- alue km ²	Keski- syvyys m	Suurin syvyys m	Tilavuus milj. m ³	Viipymä vrk	Keski- virtaama m ³ /s
Visulahti-Mustaselkä	1.61	75.9	2.97	15	4.775	81	0.673
PappilanselkäLaunialanselkä	2.40	246.5	6.68	22	15.997	88	2.10
Annilanselkä	2.29	253.3	6.36	20	14.567	77	2.16
Kyyhkylänselkä	2.32	260.2	4.16	22	9.649	49	2.29
Ukonvesi-Päähkeenselkä	11.70	382.4	6.51	30	76.137	260	3.39
Pohjoisselkä-Leppäselkä	4.40	42.0	5.14	26	22.612	703	0.37

Taulukko 4. Mikkelin alapuolisen Saimaan keskimääräinen vedenlaatu vuosina 2003-2012 1 metrissä (a-klorofylli 0-2 m).

Havaintopaikka	Näkö- syvyys m	Happi mg/l	Happi kyll.%	Sähkönj. mS/m	pH	Väri mg Pt/l	COD Mn mg O ₂ /l	Kok.N µg/l	Kok.P µg/l	a-klorof. µg/l
Visulahti 175	1.1	8.9	78	11.3	7.0	125	20	1207	36	26
Launialanselkä 092	1.6	9.1	80	12.5	7.0	83	14	1711	30	16
Mikkelin satama 094	1.1	10.0	86	11.5	7.0	94	14	1450	32	19
Lamposaarenselkä 093	1.7	9.0	80	13.5	7.0	75	13	1962	27	15
Annilanselkä 097	1.8	9.5	83	13.5	7.1	68	12	1880	25	14
Kyyhkylänselkä 098	1.9	9.8	85	13.2	7.2	60	11	1535	27	15
Ukonvesi 099	2.6	10.0	87	12.8	7.3	42	9.4	1123	20	11
Päähkeenselkä 103	2.8	10.2	88	11.9	7.3	33	8.5	816	17	11
Leppäselkä 101	2.9	10.2	88	10.0	7.3	32	8.3	584	15	8.6

Taulukko 5. Mikkelin alapuolisen Saimaan järviältäiden virtaama sekä typpi- ja fosforikuormitus (vuosien 2000-2013 keskiarvo).

Järviällä	Lähtö- virtaama	Tulo- kuor- ma	Fosfori		Tulo- kuorma	Typpi	
	m ³ /s		Lähtö- kuor- ma	Keskim. retentio- %		Lähtö- kuorma	Keskim. retentio- %
Visulahti-Mustaselkä	0.67	1216	940	22	27.4	22.4	18
Pappilanselkä- Launialanselkä	2.10	3396	2551	24	208	195	6
Annilanselkä	2.16	2697	2121	21	198	186	6
Kyyhkylänselkä	2.23	2278	1975	13	190	179	5
Pohjoisselkä-Leppäselkä	0.37	496	192	61	11.2	4.97	55
Ukonvesi-Päähkeenselkä	3.39	3788	2148	43	213	159	25

2.1.4 Sisäinen kuormitus

Kuormituselvityksessä sisäistä kuormitusta arvioitiin kahdella tavalla:

1) Suomen ympäristökeskuksen yhdenntyn hydrologisen ja vedenlaatumallin (Vemala) kuormitussimuloinnin perusteella, jossa arvio fosforin sisäisestä kuormituksesta saadaan mallin laskemasta järviältäiden fosforitaseesta. Käytössä oleva malliversio kalibroi sedimentistä vapautuvan fosforin käyttäen järven kesäkuukausien fosforipitoisuutta. Jos havaittu pitoisuus kasvaa kesän aikana, mutta ulkoinen kuorma ei riitä selittämään pitoisuuden nousua, nousu johtuu sedimentistä vapautuvasta fosforista. Vapautumisnopeus kalibroidaan vakioksi koko kesän ajalle, mutta jokaiselle järviältäalle erikseen (Huttunen ym. 2013b).

2) laajennetun ainetaseen avulla (Lappalainen & Varis 1987, ks. myös Lappalainen & Martinen 1990, Saarijärvi & Lappalainen 1999). Liitteessä 1 on esitetty laajennetun ainetaseen ja sen avulla laskettavan sisäisen kuormituksen laskentaperiaate.

2.2 Valuma-alueella toteutettavat toimenpiteet

2.2.1 KUTOVA-työkalun käyttö

Maatalouden, metsätalouden ja haja-asutuksen vesiensuojelutoimenpiteillä saavutettavaa kuormitusvähennystä sekä toimenpiteiden kustannustehokkuutta tarkasteltiin Suomen ympäristökeskuksessa kehitetyn KUTOVA-työkalun avulla (Syke/Hjerppe 2013). KUTOVA -työkalu laskee vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden eli hinnan yhden fosforikilon vähentämiselle.

Työkalu sisältää toimenpiteitä maatalouden, metsätalouden, haja-asutuksen ja turvetuotannon alueilta. Työkalun avulla on mahdollista vertailla yksittäisiä vesiensuojelutoimenpiteitä niiden kustannustehokkuuden tai niillä saavutettavissa olevan kuormitusvähennyksen mukaan. Lisäksi työkalun avulla voidaan muodostaa toimenpideyhdistelmiä, joiden yhteisvaikutus kuormitukseen voidaan selvittää sekä laskea toimenpideyhdistelmän kustannukset.

Työkalun lähtötietoja ovat kuormitus sektoreittain, toimenpiteiden maksimialat ja maatalouden toimenpiteiden osalta toimenpiteiden reduktiot. Maatalouden peltotoimenpiteitä tarkastellaan viidessä luokassa pellon kaltevuuden mukaan. Kosteikot puolestaan on jaettu yhdeksään luokkaan niiden koon ja valuma-alueen peltoprosentin suhteen. Lähtötiedot kerätään pääasiassa Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän vedenlaatuosioista (VEMALA) (Huttunen ym. 2006, 2007 ja 2008), viljelyalueiden valumavesien hallintamallista (VIHMA) (Puustinen ym. 2010), Suomen ympäristökeskuksen vesistökuormitusjärjestelmästä (VEPS) (Ympäristö.fi 2013a) ja valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI) (Ympäristö.fi 2013b). Metsätalouden toimenpiteiden osalta käytettiin Metsätilastollisen vuosikirjan (Metsäntutkimuslaitos 2008-2012) Etelä-Savon hakkuu- ja ojitustilastoja, jotka suhteutettiin suunnittelualueen metsäpinta-alaan. Viemäröimättömän haja-asutuksen määrä arvioitiin kuormitus selvityksessä rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) tietokannan pohjalta, ja tietoja päivitettiin tässä suunnitelmassa.

Maatalouden vesiensuojeluun liittyvissä kysymyksissä, erityisesti KUTOVA-tarkastelun realistisessa tavoiteasettelussa käytettiin Etelä-Savon ELY-keskuksen kehityspäällikkö Ossi Tuuliaisen sekä Mikkelin kaupungin maaseutupäällikkö Kari Mikkosen asiantuntemusta.

Liitteessä 2 on esitetty KUTOVA-työkalun lähtötiedot ja laskentaan liittyvät oletukset käyttöoppaan mukaan.

2.3 Järvialtaissa toteutettavat toimenpiteet

2.3.1 Vesikasvien niitto

Vesikasvien niittotarvetta ja –suosituksia on tarkasteltu alueella tehdyn vesikasvien niitto-tarvekartoituksen (Remonen 2011) sekä sen perusteella valituille kohteille tehdyn luonto-arvoselvityksen (Suonio 2012) pohjalta. Ekologisista luokitustekijöistä vesikasvien osalta tilan on arvioitu olevan välttävä Mikkelin alapuolisella Saimaalla.

2.3.2 Poistokalastus

Fosforinpoiston kustannustehokkuuden arviointi

Penczakin ym. (1985) mukaan yksi kilogramma särkiä sisältää 5,9 g fosforia ja 26,7 g typpeä. Särkikalojen poiston aiheuttama välillinen fosforipoistuma on suurempi kuin pelkästään kalaan sitoutuneen fosforin määrä. Tämä johtuu mm. siitä, että särki nopeuttaa sedimentin fosforinkiertoa pohjalta ruokaillessaan ja muuntaessaan ruoansulatuksessa pohja-aineksen fosforia liukoiseen muotoon. Välillistä fosforinpoistumaa on lähes mahdotonta mitata, mutta sitä voidaan arvioida karkeasti erilaisten laskentaoletusten ja mallien avulla. Lähtöoletuksista riippuen voidaan päätyä suuruusluokaltaan erilaisiin poistuma-arvioihin. Kalojen aiheuttamaa ravinnekuormitusta on arvioitu tarkemmin kirjallisuustietojen ja bio-energeettisen mallin pohjalta liitteessä 3.

Käytettäessä pelkästään kalojen biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrää, yhden fosforikilon poistamiseksi tarvitaan likimain 169 kg särkiä. Poistokalastuksen hinnaksi arvioidaan ammattimaisessa rysäpyynnissä noin 0,7-0,85 €/kg pois kuljetettuna. Tämä tarkoittaa 119-144 €:n kustannusta poistettua fosforikiloa kohden. Huomioitaessa myös poistokalastuksen aiheuttama välillinen fosforikuormituksen alenema, yhden fosforikilon poistamiseksi tarvitaan 119 kg särkiä. Tällöin fosforinpoiston yksikköhinnaksi tulisi 83-101 €/kg P.

Saalistavoitteiden määrittely

Poistokalastuksen toteuttamista koskevassa osassa (luku 5.2) esitetty tehokalastuksen saalistavoite perustuu vuonna 1999 tehtyyn vähäarvoisten kalojen runsauden arviointiin, jonka mukaan tavoiteltavan saalismäärän tulisi olla Siikasalmen yläpuolisella alueella 150-200 kg/ha kolmen vuoden aikana (Vanhanen 1999). Selvityksessä esitetty saalistavoite perustuu noin 15 vuotta sitten kerättyyn aineistoon ja on siten ainoastaan suuntaa antava, joskin toistaiseksi parasta saatavilla olevaa tietoa.

Siikasalmen yläpuolisen alueen tehokalastuksen saalistavoitteeksi asetettiin edellä mainitun selvityksen mukaisesti 170 kg/ha kolmen vuoden aikana. Saalistavoite saavutetaan, kun hankealueen poistokalastussaaalis on ensimmäisenä ja toisena vuonna 60 kg/ha ja tätä seuraavana vuonna 50 kg/ha. Osa-aluekohtaisissa saalistavoitteissa on huomioitu osa-altaiden

pinta-alasuhteet sekä veden fosforipitoisuus. Yksittäisillä osa-alueilla voidaan hyväksyä jonkin verran esitettyä alemmat tai suuremmat vuosisaaliit.

Saalistavoite voidaan arvioida myös kirjallisuudessa esitettyjen mallien avulla. Jeppesenin & Sammalkorven (2002) esittämällä kaavalla, joka huomioi ainoastaan veden fosforipitoisuuden, poistopyyntitavoite olisi Siikasalmen yläpuolisella alueella 93 tonnia vuodessa, joka on lähes 40 tonnia enemmän kuin suunnitelmassa esitetty saalistavoite (liite 4).

2.3.3 Hapetus ja ilmastus

Järvialtaiden hapetustarvetta tarkasteltiin dynaamisen happimallin avulla (Lappalainen 1978, Granberg & Granberg 2006). Mallin syöttötietoina käytettiin järvialtaiden hydrologisia tietoja (taulukko 3), vedenlaatutietoja (taulukko 4) sekä arviota nykyisestä kuormituksesta (taulukko 5) verrattuna tavoitekuormaan.

3. OSA 1: JÄRVIALTAIDEN JA VALUMA-ALUEIDEN KUNNOSTUSTARVE JA TAVOITTEET

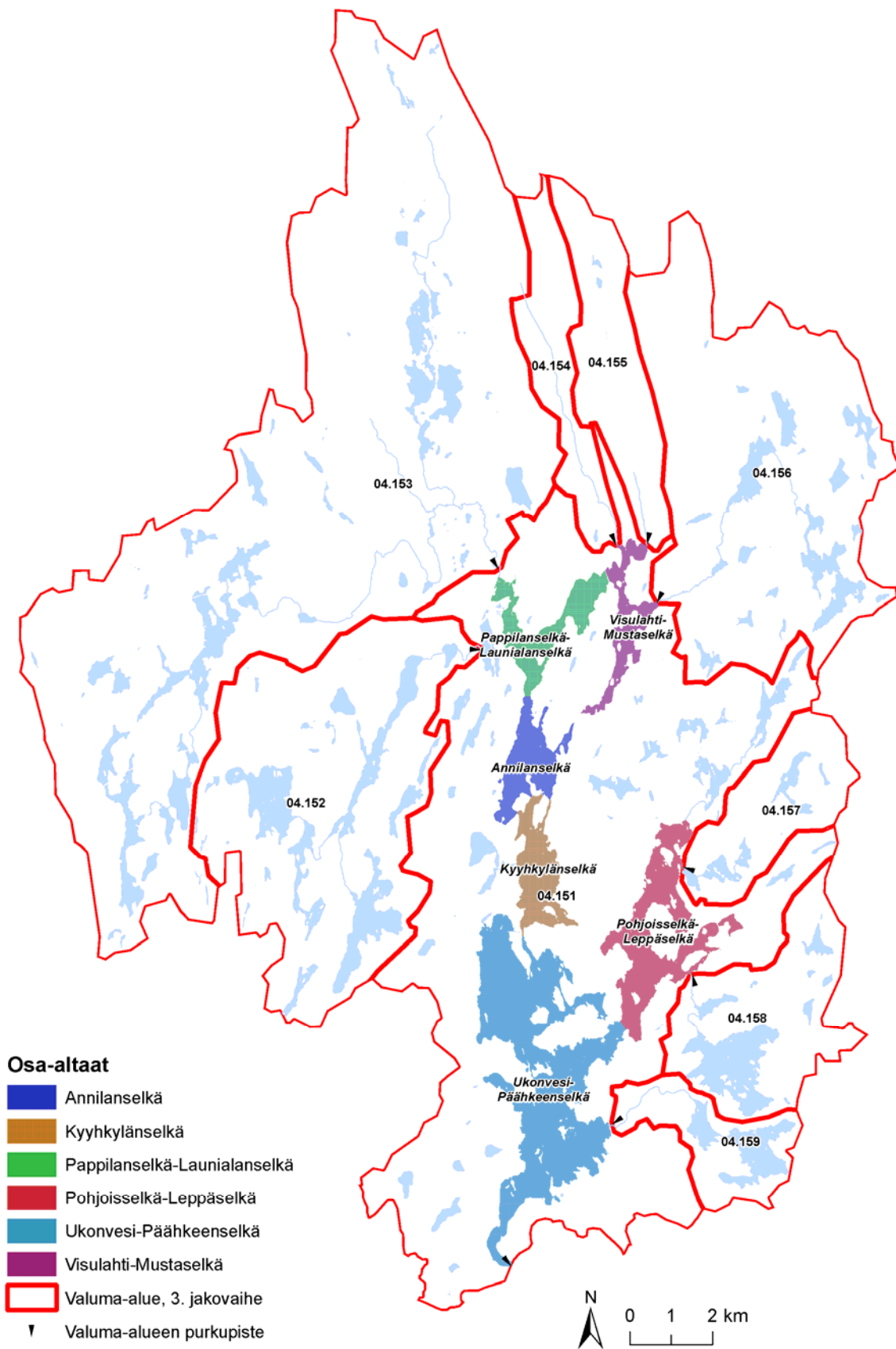
3.1 Yleiskuvaus suunnittelualueesta

Ukonveden valuma-alue on jaettu yhdeksään 3. jakovaiheen valuma-alueeseen (taulukko 6, kuva 2). Valuma-alueiden purkupisteissä sijaitsevat Etelä-Savon ELY-keskuksen havaintoasemat (taulukko 7, kuva 3), joissa veden laatua on seurattu säännöllisesti.

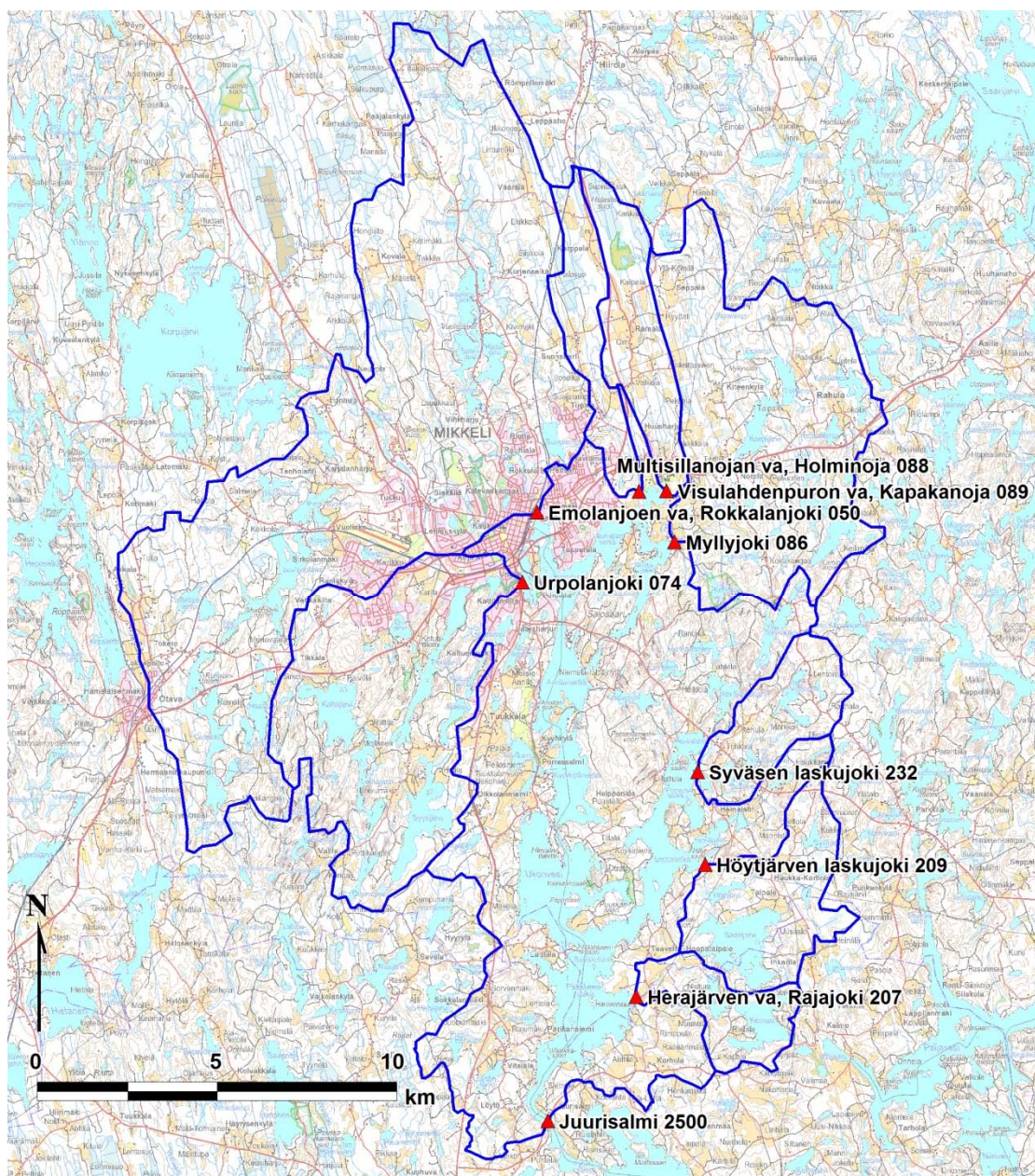
Ukonveden kuormitusselvityksessä vesialue jaettiin seuraaviin osa-alueisiin: Visulahti-Mustaselkä, Pappilanselkä-Launialanselkä, Annilanselkä, Kyyhkylänselkä, Ukonvesi-Päähkeenselkä ja Pohjoisselkä-Leppäselkä (kuva 2). Järvialtailla on yhdeksän havaintopaikkaa, joilta on runsaasti vedenlaatuaineistoa. Suurin osa niistä on Mikkelin alapuolisen Saimaan velvoitetarkkailun havaintoasemia (taulukko 8, kuva 4).

Taulukko 6. Ukonveden valuma-alueen 3. jakovaiheen valuma-alueet.

Nimi	Vesistöalueen tunnus (3. jakovaihe)	Pinta-ala km ²	Yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala km ²	Järvisyys %	Yläpuolisen valuma-alueen järvisyys %
Ukonveden va	4.151	121	378	23,5	14,6
Urpolanjoen va	4.152	42	42	16,4	16,4
Emolanjoen va	4.153	116	116	8,2	8,2
Multasillanojan va	4.154	8,9	8,9	0,2	0,2
Visulahdenpuron va	4.155	12	12	0,5	0,5
Myllyjoen va	4.156	45	45	9,0	9,0
Syväsen va	4.157	10	10	9,8	9,8
Höytjärven va	4.158	16	16	21,4	21,4
Herajärven va	4.159	7,7	7,7	24,7	24,7



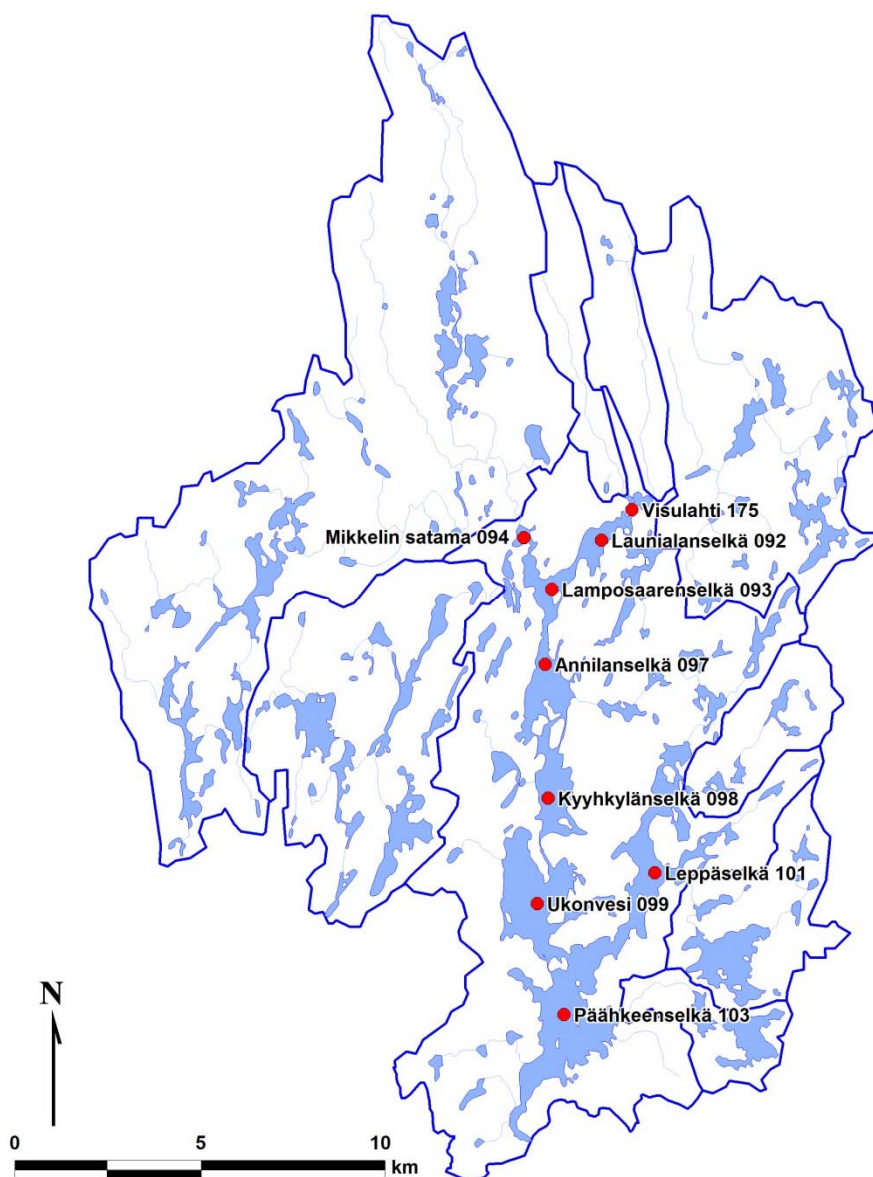
Kuva 2. Ukonveden osa-altaat sekä 3. jakovaiheen valuma-alueet.



Kuva 3. 3. jakovaiheen valuma-alueiden purkupisteet (ELY-keskuksen näytteenottopaikat).

Taulukko 7. 3. jakovaiheen valuma-alueiden purkupisteiden havaintopaikat.

Vesistöalueen tunnus	Joki	Havaintopaikan nimi Pivet-rekisterissä	Koordinaatit (Ykj)
04.151	Juurisalmi	Juurisalmi 2500	6826000-3515500
04.152	Urpolanjoki	Urpolanjoki 074	6840900-3514480
04.153	Rokkalanjoki	Rokkalanjoki 050	6843400-3514950
04.154	Holminoja	Holminoja 088	6844250-3517920
04.155	Kapakanoja	Kapakanoja 089	6844320-3518650
04.156	Myllyjoki	Myllyjoki 086	6842110-3519055
04.157	Syväsen laskujoki	Syväsen lj. 232	6835653-3518300
04.158	Höytjärven laskujoki	Höytjärven lj. 209	6832980-3519850
04.159	Herajärven laskujoki	Herajärven laskujoki 207	6829720-3518300



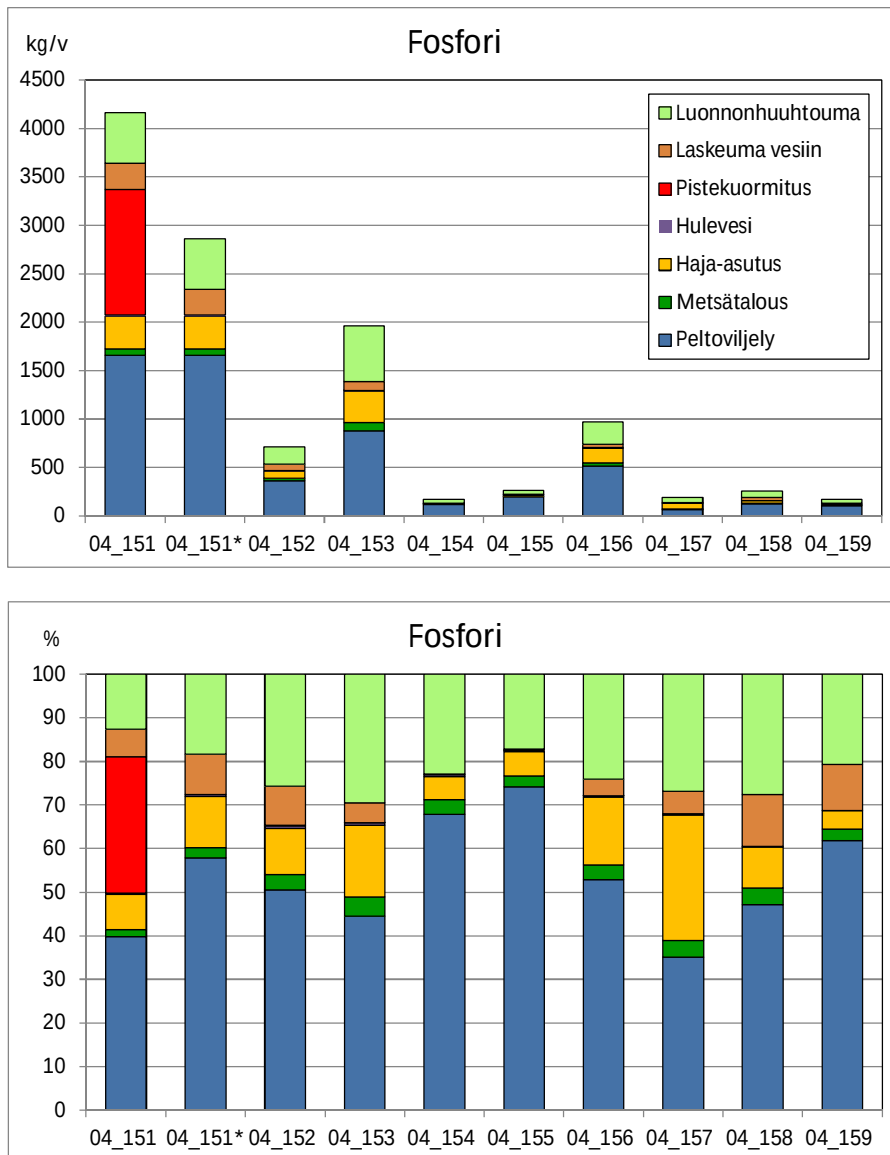
Kuva 4. Ukonveden osa-altaiden havaintoasemat.

Taulukko 8. Mikkelin alapuolisen Saimaan järvihavaintopaikat.

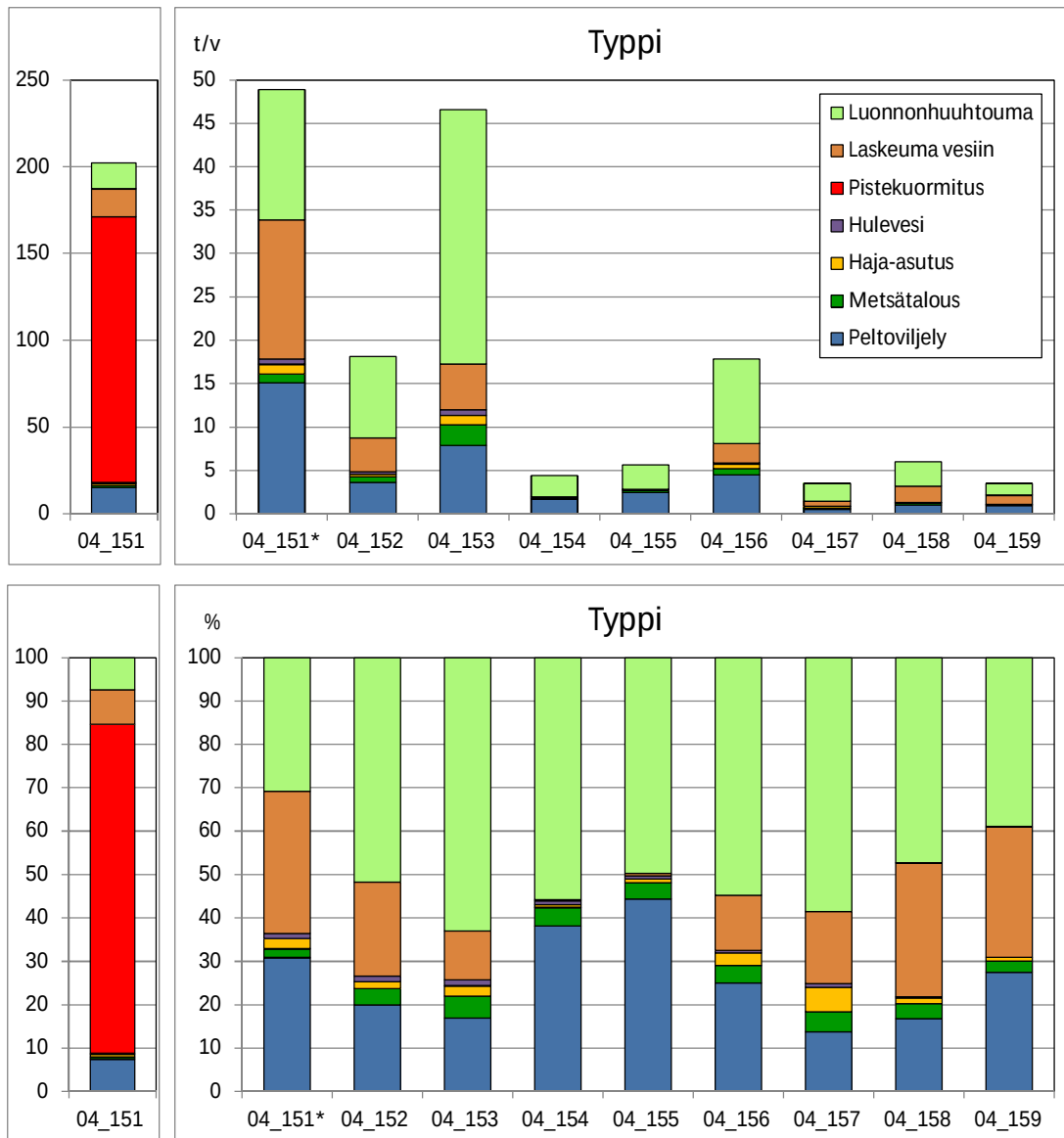
Osa-allas	Havaintopaikan nimi Pivet-rekisterissä	Koordinaatit (Ykj)
Visulahti-Mustaselkä	Visulahti 175	6843100-3518250
Pappilanselkä-Launialanselkä	Launialanselkä 092	6842280-3517420
	Mikkelin satama 094	6842350-3515320
	Lamposaarenselkä 093	6840950-3516080
	Annilanselkä 097	6838900-3515900
Kyyhkylänselkä	Kyyhkylänselkä 098	6835280-3515980
Ukonvesi-Päähkeenselkä	Ukonvesi 099	6832420-3515680
	Päähkeenselkä 103	6829420-3516400
	Leppäselkä 101	6833260-3518860

3.2 Kuormituksen jakautuminen valuma-alueilla

Mikkelin alapuolisen Saimaan valuma-alueen fosforikuormasta lähes puolet (47 %) on peräisin Ukonveden lähivaluma-alueelta (4.151). Lähivaluma-alueen, Urpolanjoen valuma-alueen (4.152), Emolanjoen valuma-alueen (4.153) ja Myllyjoen valuma-alueen (4.156) yhteenlaskettu kuormitus on 88 % kokonaiskuormasta. Muiden viiden valuma-alueen osuudeksi jää 12 % (kuva 5).



Kuva 5. Ukonveden 3. jakovaiheen valuma-alueiden fosforikuorman jakautuminen eri lähteisiin (päivitetty Vemalasta vuosijaksolle 2000-2013; haja-asutuksen kuorma korjattu kuormitus selvityksessä esitetyllä tavalla). *lähivaluma-alue (4.151) ilman pistekuormitusta.



Kuva 6. Ukonveden 3. jakovaiheen valuma-alueiden typpikuorman jakautuminen eri lähteisiin (päivitetty Vemalasta vuosijaksolle 2000-2013; haja-asutuksen kuorma korjattu kuormitus selvityksessä esitetyllä tavalla). *lähivaluma-alue (4.151) ilman pistekuormitusta.

Peltoviljelyn osuus koko valuma-alueen fosforikuormasta on 45 %, pistekuormituksen 15 %, haja-asutuksen 11 %, metsätalouden vajaan 3 % ja hulevesien 0,4 %. Niiden kuormituslähteiden osuus, joihin voidaan vaikuttaa vähentämistoimilla, on yhteensä 74 %. Luonnonkuorman osuus on 20 % ja laskeuman osuus noin 6 %.

Mikkelin alapuolisen Saimaan valuma-alueen typpikuormasta 66 % on peräisin lähivaluma-alueelta. Alueen suuri osuus johtuu puhdistamon suuresta typpikuormasta, joka on 76 % lähivaluma-alueen typpikuormasta. Ilman pistekuormaa tarkasteltuna lähivaluma-alueen ja Emolanjoen typpikuorma ovat lähes samansuuruiset, ja huomattavasti suuremmat kuin muilla valuma-alueilla (kuva 6). Merkittäviä typpikuormituksen kannalta ovat lisäksi Urpolanjoen ja Myllyjoen valuma-alueet.

Pistekuormituksen osuus typpikuormasta on 50 %, peltoviljelyn 12 %, metsätalouden 1,6 %, haja-asutuksen 1,1 % ja hulevesien 0,3 %, eli vähentämistoimia on mahdollista kohdistaa noin 65 %:iin kuormituksesta. Luonnonhuuhtouman osuus on 24 % ja laskeuman osuus 10 %. Useimmilla valuma-alueilla luonnonhuuhtouman osuus typpikuormasta on huomattavasti suurempi kuin sen osuus fosforikuormasta.

3.3 Vesiensuojeluongelmat vesistöissä ja valuma-alueella

3.3.1 Ekologinen tila ja veden laatu

Alueen vesimuodostumat ovat tyypiltään keskikokoisia humusjärviä. Vuoden 2013 ekologiassa luokituksessa Annilanselän-Kyyhkylänselän vesimuodostuman ekologinen tila on luokiteltu sekä fysikaalis-kemiallisten että biologisten laatutekijöiden perusteella tyydyttäväksi ja Ukonveden vesimuodostuman ekologinen tila hyväksi. Tuoreen vuonna 2014 tehdyn kartoituksen perusteella vesikasvien tila Mikkelin alapuolisella Saimaalla on välttävä. Pohjalehtiset ja pohjaruusukkeelliset vesikasvit puuttuvat. Järviruovikko on tiheää ja peittävää ja biomassaa on suuri. Annilanselän-Kyyhkylänselän ekologinen tila tulisi alkuperäisten tavoitteiden mukaan parantaa hyvälle tasolle vuoteen 2015 mennessä, mutta tavoitetilan saavuttamiselle on annettu jatkoaikaa vuoteen 2021 saakka.

Mustaselältä Kyyhkylänselälle ulottuvan vesialueen tilaa heikentää lähinnä liiallinen rehevyys, jota ilmentävät korkeat fosfori- ja klorofyllipitoisuudet, ja jonka seurauksena syvänteet kärsivät happiongelmissa erityisesti kesäaikana. Syvänteiden hapetus ei riitä nykytilanteessa täysin kompensoimaan rehevyyden ja humuksen aiheuttamaa hapenkulutusta. Alueen pohjoisosissa veden väri ja orgaanisen aineen määrä ovat korkeahkoja. Väriarvo pienenee jonkin verran Annilanselällä ja Kyyhkylänselällä, ja Ukonvesi, Päähkeenselkä ja Leppäselkä ovat lievästi ruskeavetisiä. Fosfori- ja klorofyllipitoisuus pienenevät selvästi vasta Ukonvedellä ja Päähkeenselällä, jotka ovat lievästi reheviä. Leppäselkä on vesialueista vähiten rehevä, mutta sekään ei ole karu.

3.3.2 Ulkoinen kuormitus

Järvaltaalle tuleva fosforikuorma ylittää ylemmän sietorajan Visulahden-Mustaselän, Papilanselän-Launialanselän, Annilanselän ja jonkin verran myös Kyyhkylänselän alueella (taulukko 9). Ukonveden-Päähkeenselän sekä Pohjoisselän-Leppäselän alueella ylittyy alempi sietoraja.

Valuma-alueella on joitakin ongelmakohteita, joiden kuormitus on keskimääräistä suurempaa, ja näitä kohteita tarkasteltiin erikseen kuormitus selvityksessä. Emolanjoen valuma-alueella sijaitsevalla Heilajoesta Naistinki-järven kautta Laihalammelle ulottuvalle jokijaksolle (7-niminen joki) johdetaan Mikkelin kaupunkialueelta hulevesiä, joiden ravinnepitoisuus voi olla huomattavan korkea. Naistinginjokeen pohjoisesta laskevan ojan valuma-

alueella on paljon päällystämättömiä katuja, pienteollisuutta ja lentokenttä, golfkenttä ja mm. jätteenkäsittelylaitos. Ojasta tulevan veden ravinnepitoisuudet ovat ajoittain suuria.

Taulukko 9. Nykyinen fosforikuormitus ja kuormituksen sietorajat Ukonveden altailla (Vollenweider & Dillon 1974). Nykyinen kuorma on päivitetty Vemalasta vuosijaksolle 2000-2013.

	Tuleva kuorma (Vemala)		Sallittava kuorma		Vaarallinen kuorma	
	g/m ² *v	kg/vrk	g/m ² *v	kg/vrk	g/m ² *v	kg/vrk
Visulahti-Mustaselkä	0.757	3.3	0.283	1.2	0.583	2.6
Pappilanselkä-Launialanselkä	1.48	9.7	0.452	3.0	0.825	5.4
Annilanselkä	1.24	7.8	0.474	3.0	0.854	5.4
Kyyhkylänselkä	1.04	6.6	0.488	3.1	0.873	5.5
Ukonvesi-Päähkeenselkä	0.337	10.8	0.224	7.2	0.491	15.7
Pohjoisselkä-Leppäselkä	0.116	1.4	0.102	1.2	0.275	3.3

Ukonveden lähialueella Surnuin alueella peltojen osuus on suuri. Vemalan kuormituslaskelman mukaan Iso-Surnu ja Pikku-Surnu ovat sisäkuormitteisia. Pohjanläheinen vesikerros on kerrostuskausien lopulla vähähappinen tai hapeton ja samalla fosforipitoisuus kohoaa pohjan lähellä. Surnuin alueelta virtaa Kyyhkylänselälle riittävästi fosforia nostamaan Kyyhkylänselän fosforipitoisuuden keskimäärin 2 µg/l korkeammaksi kuin yläpuolisella Annilanselällä.

Visulahden-Mustaselän alue on samoin ongelmallinen, sillä vesialue on rehevin suunnittelalueen järvioltaista. Valuma-alueella on keskimääräistä enemmän turvemaita, ja joillakin osavaluma-alueilla peltojen osuus on melko suuri.

3.3.3 Sisäinen kuormitus

Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän (Vemala) kuormitussimuloinnin mukaan järvioltailla tapahtui sisäistä kuormitusta huhti-syyskuussa. Vemalan laskema sisäinen kuormitus oli Visulahden-Mustaselän, Pappilanselän-Launialanselän, Annilanselän ja Kyyhkylänselän alueilla ulkoiseen kuormaan verrattuna vähäistä, noin 11-22 % ulkoisesta kuormasta (taulukko 10). Ukonveden-Päähkeenselän alueella sisäinen kuorma oli noin puolet ulkoisesta kuormasta. Pohjoisselän-Leppäselän alueella sisäinen kuormitus oli suhteellisesti suurinta, lähes puolitoistakertainen ulkoiseen kuormitukseen verrattuna.

Pappilanselän-Launialanselän, Annilanselän ja Kyyhkylänselän pienet sisäkuormitusarvot johtuvat ainakin osaksi syvänteiden hapettamisesta. Ukonvesi-Päähkeenselällä ja Pohjoisselkä-Leppäselällä taas pohjoisiin selkiin verrattuna pienempi ulkoinen kuormitus korostaa sisäisen kuormituksen osuutta.

Klorofyllipitoisuuden ja perustuotannon avulla laskettu sisäinen kuormitus oli huomattavasti suurempi, noin 15-19 –kertainen verrattuna Vemalan laskemaan sisäiseen kuormaan. Altaiden väliset erot kuormituksessa olivat kuitenkin hyvin samansuuntaiset molemmilla

laskutavoilla. Eri laskentamenetelmillä saatujen tulosten tasoerot johtuvat siitä, että sisäiseen kuormaan sisältyy eri komponentteja menetelmästä riippuen (ks. liite 1).

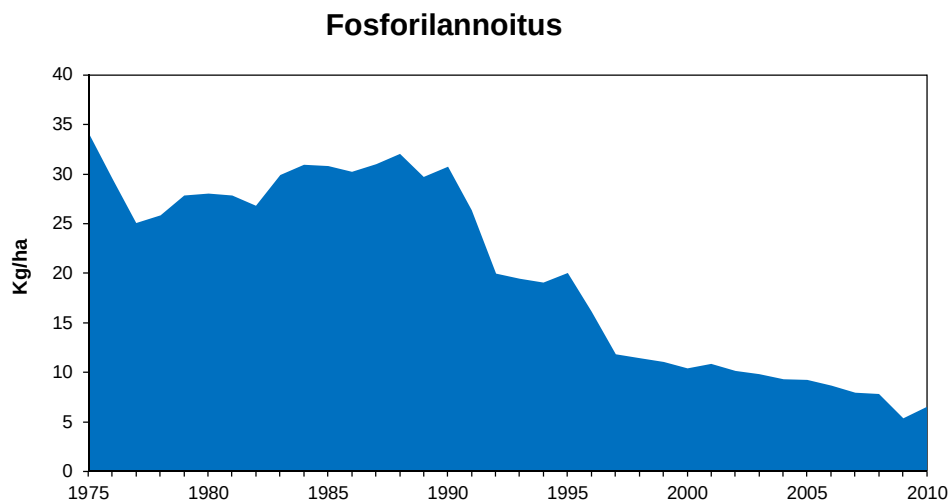
Taulukko 10. Ulkoinen fosforikuorma sekä Vemalan simuloima ja perustuotantoarvion avulla laskettu sisäinen kuorma (2000-luvun keskiarvo).

Järviallas	Ulkoinen P-kuorma (Vemala)		Vemalan simuloima		a-klorofylli havaittu $\mu\text{g/l}$	Näkö- syvyys havaittu m	Perustuotannon avulla laskettu	
	kg/vrk	$\text{g/m}^2 \cdot \text{v}$	sisäinen kuorma kg P/vrk	sisäinen/ ulkoinen			sisäinen kuorma kg P/vrk	sisäinen/ ulkoinen
Visulahti-Mustaselkä	3.3	0,755	0.72	0.22	26	1.0	13	4.1
Pappilanselkä-Launialanselkä	9.7	1,48	1.1	0.11	16	1.5	16	1.7
Annilanselkä	7.8	1,24	1.0	0.13	14	1.7	16	2.2
Kyyhkylänselkä	6.6	1,04	1.0	0.15	15	1.7	18	2.9
Ukonvesi-Päähkeenselkä	10.8	0,337	5.1	0.47	11	2.2	88	8.4
Pohjoisselkä-Leppäselkä	1.4	0,116	1.9	1.4	8.6	2.4	29	21.5

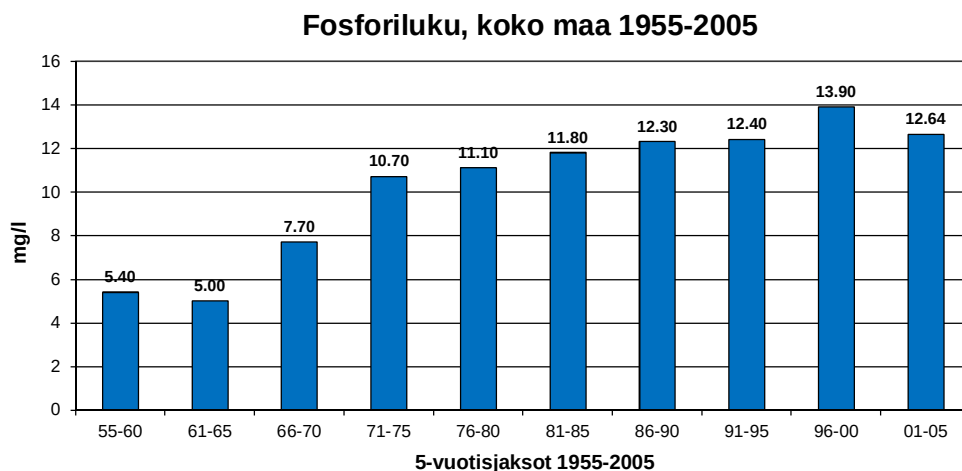
3.3.4 Tulevaisuuden haasteita

Peltojen fosforivarastot

Vielä 1990-luvun taitteessa peltojen fosforilannoitus oli yli kolminkertainen nykytilanteeseen verrattuna (kuva 7). Vaikka fosforilannoitteiden käyttö laski jyrkästi 1990-luvulla, peltojen keskimääräinen fosforiluku on pienentynyt vasta vähän 1990-luvun loppupuolelta, jolloin se oli suurimmillaan (kuva 8). Fosforiluku on edelleen noin 2,5-kertainen verrattuna 1960-luvun alkuun. Pelloilla riittää siis ylimääräisiä fosforivarastoja vielä pitkään, mikä asettaa haasteita maatalouden vesiensuojelutoimille.



Kuva 7. Peltojen fosforilannoitus Suomessa vuosina 1975-2010 (Lähde: Huttunen ym. 2014).



Kuva 8. Peltomaan fosforiluvun kehitys Suomessa vuosina 1955-2005 (Lähde: Huttunen ym. 2014).

Ilmastomuutos

Arvioiden mukaan ilmastomuutoksen seurauksena Suomessa etenkin talvilämpötilat kohoavat ja hyvin ankarat pakkaset harvinaistuvat, hellejaksot yleistyvät ja kaikkein ylimmät lämpötilat kohoavat (taulukko 11). Lämpötilan muuttumisen johdosta lumipeitteinen aika vuodesta lyhenee, lumikerroksen paksuus ja vesi-arvo pienenevät sekä routaa on nykyistä vähemmän. Lauhoina ja sateisina talvina maa on märkä ja kantavuus on huono.

Ilmaston lämpeneminen aiheuttaa huomattavia muutoksia myös veden kiertokulussa. Talvisin sateet lisääntyvät ja tulevat yhä useammin vetenä. Rankkasateiden odotetaan voimistuvan enemmän kuin keskimääräisten sateiden. Talvella ja keväällä pisimmät sateettomat jaksot lyhenevät jonkin verran ja kesällä poutajaksot saattavat hieman pidentyä. Ilmastomuutoksen arvioidaan vaikuttavan huomattavasti jokien virtaamien ja järvien vedenkorkeuksien vaihteluihin eri vuodenaikoina. Tämä näkyy kevättulvien pienenyksenä, talven virtaamien kasvuna ja nykyistä pidempinä kuivakausina erityisesti kesällä. Talven vedenkorkeudet ja virtaamat kasvavat etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa, kun entistä suurempi osa sateesta tulee vetenä ja osa lumesta sulaa talven aikana. Vesistöissä jääpeitteinen aika lyhenee ja Itämeren jääpeite supistuu. Vaikutukset vaihtelevat vesistöalueen sijainnin ja ilmastollisten ja hydrologisten ominaisuuksien mukaan. Vedenkierrossa tapahtuvat muutokset vaikuttavat myös veden laatuun (Ruuhela 2012).

Ilmastomuutoksen vaikutukset voivat heikentää vesistöjen vedenlaatua, kun maa on sulana pitempiä aikoja syksyllä ja talvella. Muutokset valunnan jakautumisessa eri vuodenaikojen välillä vaikuttavat myös ravinnekuormituksen ajoittumiseen. Talven ravinnekuormitukset lisääntyvät virtaamien kasvaessa, kun taas kevään ravinnekuormitukset vähenevät kevätvirtaamien pienentyessä.

Taulukko 11. Suuntaa antava esitys ilmastosuureiden odotettavissa olevista muutoksista Suomen etelä- ja pohjoisosassa eri vuodenaikoina (XII-II: joului-helmikuu, III-V: maalii-toukokuu, VI-VIII: kesä-elokuu, IX-XI: syys-marraskuu) vuosisadan loppua lähestyttäessä. Lähde: Ruuhela 2012 (toim.).

Muuttuja	Alue	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Vuosi	Huomautuksia
Keskilämpötila	Pohjoinen Etelä	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	Lämpötilan nousu pienintä kesällä.
Keskimääräinen sademäärä	Pohjoinen Etelä	+ +	+ +	+ /	+ +	+ +	
Termisen vuodenajan pituus	Pohjoinen Etelä	- -	/ +	+ +	/ +		
Vuorokauden ylin lämpötila	Pohjoinen Etelä	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	Lämpötilan nousu pienintä kesällä.
Vuorokauden alin lämpötila	Pohjoinen Etelä	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	Lämpötilan nousu pienintä kesällä.
Pakkaspäivien lukumäärä	Pohjoinen Etelä	- -	- -	- -	- -	- -	
Nollapistepäivien lukumäärä	Pohjoinen Etelä	+ /	- -	- -	- -	/ -	Aluksi talven nollapistepäivät yleistyvät myös etelässä.
Lumen vesiarvo	Pohjoinen Etelä	- -	- -	- -	- -	- -	Vähentäminen alkaa etelästä, samoii syksystä ja keväästä.
Lumipeitepäivien lukumäärä	Pohjoinen Etelä	- -	- -	- -	- -	- -	Vähentäminen alkaa etelästä, samoii syksystä ja keväästä.
Sadepäivien määrä	Pohjoinen Etelä	+ +	+ ()	() -	+ ()	+ +	
Rankkasateiden voimakkuus	Pohjoinen Etelä	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	
Sateettomien kausien pituus	Pohjoinen Etelä	/ -	- ()	() ()	- ()	- ()	
Pilvisyys	Pohjoinen Etelä	+ +	/ /	(-) (-)	/ /	+ +	
Roudan määrä	Pohjoinen Etelä	- -	- -	- -	- -	- -	Laskelmat tehty lumettomille alueille (tiet, lentokentät, jne.)

+ = Lisääntyy/kasvaa
 + = Lisääntyy/kasvaa
 huomattavasti
 - = Vähenee
 - = Vähenee
 huomattavasti

/ = Säilyy suunnilleen
 ennallaan
 () = Muutos hyvin
 epävarma
 Tyhjä = Ei osata sanoa
 tai merkityksetön

Vesiensuojelussa joudutaan sopeutumaan valunnan, eroosion ja ravinnekuormituksen lisääntymiseen. Tämä tuo haasteita erityisesti maatalouden vesiensuojelulle. Sateet lisäävät ravinteiden huuhtoutumista sulasta maasta vesistöihin, joiden rehevöityminen voi kiihtyä. Eri viljelytoimenpiteillä (mm. suojavyöhykkeet ja talviaikainen kasvipeitteisyys kaltevilla pelloilla) ja tarkemmalla lannoituksella ilmastomuutoksen vaikutusta maatalouden vesistökuormitukseen voidaan hillitä (Ruuhela 2012, Maa- ja metsätalousministeriö 2014).

3.4 Tavoitetilan määrittely

Tavoitetilan määrittelyä lähestyttiin usealla eri tavalla: ekologisen luokituksen kannalta, kriittisen fosforikuormituksen näkökulmasta sekä havaitun vedenlaadun kannalta. Tavoitetilaa tarkasteltiin myös virkistyskäytön kannalta.

3.4.1 Ekologinen tila, fosforipitoisuus ja kriittinen kuormitus

Viimeisimmän ekologisen luokituksen mukaan Annilanselän-Kyyhkylänselän vesimuodostuman ekologinen tila on tyydyttävä ja Ukonveden vesimuodostuman tila hyvä. Pelkästään luokittelun perusteella vesistön tilaa olisi tarpeen parantaa vain Annilanselän-Kyyhkylänselän vesimuodostuman alueella (taulukko 12). Hyvän tilan saavuttamiseksi Annilanselän-Kyyhkylänselän fosforipitoisuutta tulisi pienentää keskimäärin 15 %, a-klorofyllipitoisuutta noin 40 % ja kasviplanktonin biomassaa noin 30 %. Taulukossa 6 klorofyllin ja kasviplanktonbiomassan vähennystarve on muunnettu fosforin vähentämistarpeeksi regressioyhtälöiden avulla (ks. menetelmät).

Tavoitetilaa (hyvä ekologinen tila) tarkasteltiin tarkemmin allaskohtaisesti vuosien 2003-2012 vedenlaatuhavaintojen avulla. Fosforipitoisuuden vähentämistarve on Visulahti-Mustaselällä noin 20 % ja Pappilanselkä-Launialanselällä 5 %. Klorofyllipitoisuuden perusteella laskettu fosforin vähennystarve vaihtelee Visulahti-Mustaselän 56 %:sta Annilanselän ja Kyyhkylänselän reiluun 20 %:iin. Kasviplanktonbiomassan avulla laskettu vähennystarve on Pappilanselän-Launialanselän alueella jonkin verran pienempi ja Kyyhkylänselällä taas suurempi kuin klorofylliarvojen avulla laskettu (taulukko 12).

Biologiset suureet osoittavat huomattavasti suurempaa fosforikuorman vähennystarvetta kuin fosforipitoisuus. Tähän on kaksi syytä: Hyvän ja tyydyttävän ekologisen luokan välinen raja-arvo fosforipitoisuudelle on rehevyydystason kannalta katsottuna melko korkea (28 µg/l). Toiseksi vesialue on luonteeltaan hyvin tuottava, koska matalia alueita on laajalti, mistä johtuen fosforin kierto on tehokasta ja sedimentaatio vähäistä. Alusveden pieni tilavuus ja lyhyt viipymä vähentävät fosforin sedimentaatiota.

Kriittisen fosforikuorman perusteella ulkoista fosforikuormaa tulisi vähentää Visulahti-Mustaselältä Kyyhkylänselälle ulottuvalla vesialueella 17-44 %. Suomen ympäristökeskuksen kehittämä LLR-työkalu (Lake Load Response) laskee kokonaistypen ja kokonaisfosforin tavoitekuorman hyvän ja tyydyttävän tilan luokkarajojen perusteella. LLR-työkalun avulla laskettu tavoite kuormitusvähennykselle oli fosforin osalta Visulahden-Mustaselän alueella 20 % ja Pappilanselän-Launialanselän alueella 13 %.

LLR-työkalulla laskettu typpikuormituksen vähennystarve on merkittävä koko suunnittelualueella lukuun ottamatta Pohjoisselkä-Leppäselkää, jonne jätevedenpuhdistamon typpikuorma ei ulotu. Typpikuorman vähennystavoite vaihtelee Visulahti-Mustaselän 42 %:sta Annilanselän 67 %:iin.

Taulukko 12. Eri menetelmin laskettu fosforin ja typen vähennystarve Mikkelin alapuolisen Sai-
maan järvioltailla. (- ei vähennystarvetta, .. aineisto puuttuu)

Vesialue	Fosfori								Typpi
	Ekologinen luokittelu			Vedenlaatuhavainnot			Kriittinen kuormitus	LLR	LLR
	P-pit. vähennystarve			P-pit. vähennystarve					
	P	klorof.	kpl-biom.	P	klorof.	kpl-biom.	P	P	N
Visulahti-Mustaselkä	15 %	41 %	29 %	21 %	56 %	..	21 %	20 %	42 %
Pappilanselkä-Launialanselkä	15 %	41 %	29 %	5 %	32 %	21 %	44 %	13 %	62 %
Annilanselkä	15 %	41 %	29 %	-	23 %	25 %	31 %	-	67 %
Kyyhkylänselkä	15 %	41 %	29 %	-	25 %	33 %	17 %	-	61 %
Ukonvesi-Päähkeenselkä	-	-	-	-	-	-	-	-	45 %
Pohjoisselkä-Leppäselkä	-	-	-	-	-	-	-	-	-

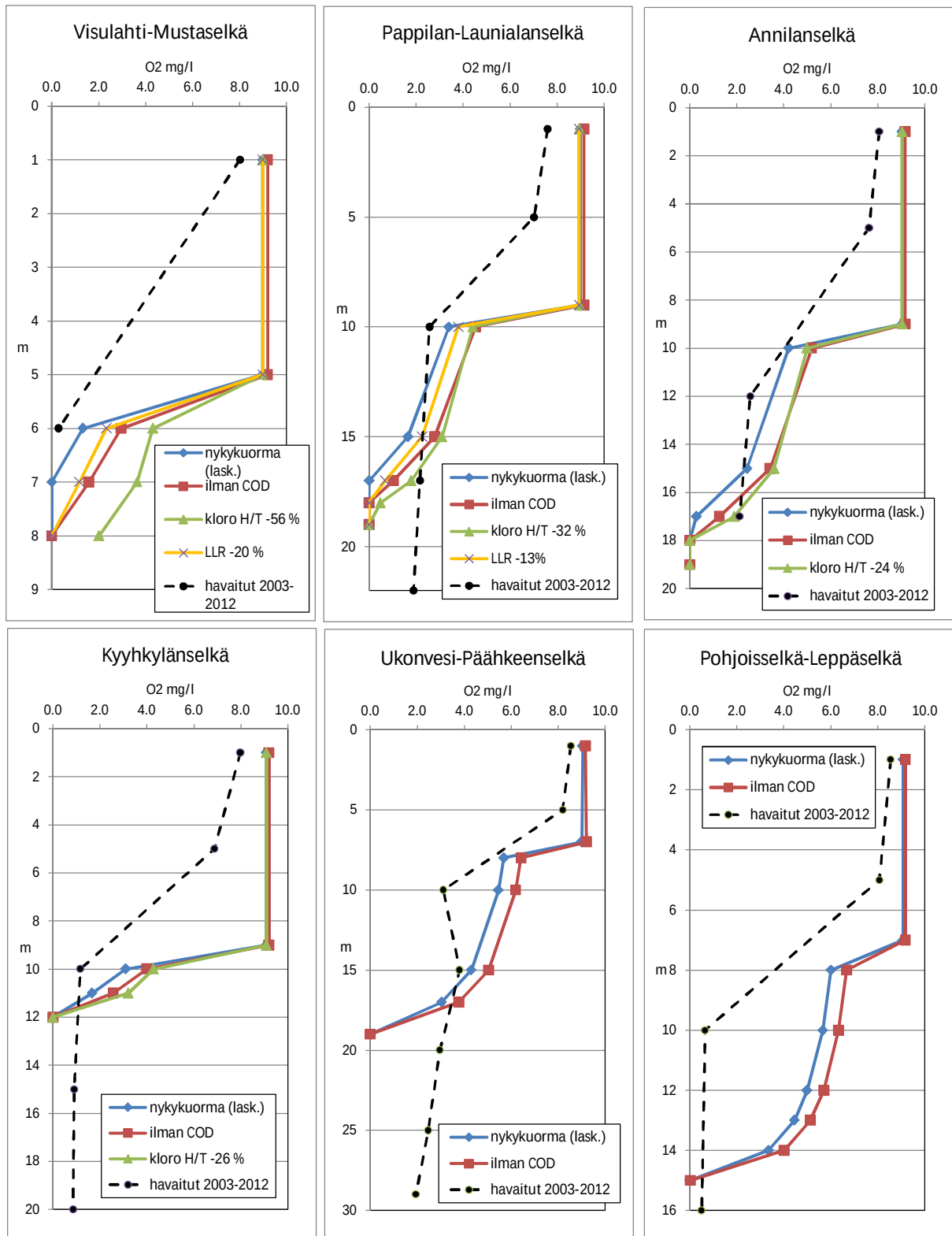
3.4.2 Happitilanne

Kuormitustekijöiden vaikutusta järvioltaiden loppukesän happitilanteeseen tarkasteltiin dynaamisen happimallin (Lappalainen 1978, Granberg & Granberg 2006) avulla. Tarkasteluun otettiin laskennallinen happitilanne 1) nykyisessä kuormitustilanteessa, 2) ilman COD-kuormaa, 3) tilanteessa, jossa fosforipitoisuus on pienentynyt tavoitetilaan (Hyvä/Tyydyttävä-raja) klorofyllin perusteella, 4) LLR-työkalulla lasketussa fosforikuorman tavoitetilassa, sekä 5) havaittujen loppukesän happipitoisuuksien keskiarvo vuosina 2003-2012.

Kuvassa 9 esitetyissä laskelmissa ei ole otettu huomioon hapetuksen vaikutusta, sillä tarkoituksena oli verrata eri kuormitustekijöiden vaikutusta ilman korjaavia tekijöitä. Hapetusta tehdään Launialanselällä, Lamposaarenselällä, Annilanselällä ja Kyyhkylänselällä.

Kaikilla järvioltailla alusveden havaitut happipitoisuudet ovat pieniä loppukesällä. Happitilanne on ollut heikoin Visulahdella ja Leppäselällä, joita ei hapeteta. Pappilanselän-Launialanselän alueella sekä Annilanselällä alusveden happipitoisuus on pysynyt hapetuksen avulla keskimäärin tasolla 2 mg/l. Kyyhkylänselän syvänteen tilavuus on hyvin pieni, ja alusveden happipitoisuus painuu kesällä alle 1 mg/l, vaikka hapetus on käynnissä. Hapetus pitää alusveden happipitoisuuden lähes samana harppauskerroksesta pohjaan saakka kaikilla hapetettavilla altailla. Ukonveden ja Pähkeenselän alusveden tilavuus on muihin altaiisiin verrattuna suuri. Ukonveden alusveden happipitoisuus on keskimäärin 2-4 mg/l ja Pähkeenselän noin 1-2 mg/l. Ukonvettä ja Pähkeenselkää ei hapeteta.

Visulahden-Mustaselän alueella klorofylli/fosforipitoisuuden vähentäminen hyvän tilan edellyttämään tavoitteeseen parantaisi selvästi alusveden happitilannetta, ja alimman vesikerroksen happipitoisuus olisi noin 2 mg/l (kuva 9). LLR-mallilla laskettu fosforin vähennystavoite ei ole riittävä happitilanteen kannalta. Orgaanisen aineen happea kuluttava vaikutus (noin 2 mg/l) alusvedessä on tällä vesialueella selvästi suurempi kuin muilla järvioltailla. Orgaanisen aineen kuormituksen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet kannattaa ottaa käyttöön, vaikka niillä ei olisi merkitystä ravinnekuorman vähentämisen kannalta.



Kuva 9. Mikkelin alapuolisen Saimaan järvi-altaiden laskennallinen loppukesän happitilanne 1) nykyisessä kuormitustilanteessa, 2) ilman COD-kuormaa, 3) tilanteessa, jossa fosforipitoisuus on pienentynyt tavoitetilaan (H/T) klorofyllin perusteella laskettuna, 4) LLR-työkalulla lasketussa fosforikuorman tavoitetilassa ja 5) havaittujen loppukesän happipitoisuuksien keskiarvo vuosina 2003-2012. Vaihtoehdoissa 1) – 4) ei ole otettu huomioon hapetuksen vaikutusta.

Pappilanselän-Launialanselän, Annilanselän ja Kyyhkylänselän alueilla hyvän tilan edellyttämä fosforivähennys vaikuttaa vähemmän alusveden happitilanteeseen kuin Visulahden-Mustaselän alueella. Alusveden hapettaminen on todennäköisesti tarpeen kuormitusvähennyksen jälkeenkin.

3.4.3 Virkistyskäytön asettamat tavoitteet

Tavoitetilaa voidaan tarkastella paitsi vesistön tilan ja ekologisen luokituksen kannalta, myös vesistön käyttäjien kannalta. Virkistyskäyttöpaine, kalastus, veneily ja uinti sekä maisemalliset ja esteettiset tekijät vaikuttavat hoitotoimenpiteiden valintaan.

Tiheä asutus suunnittelualueen pohjoisosissa Visulahden, Pappilanselän-Launialanselän sekä Annilanselän valuma-alueilla aiheuttaa suuremman virkistyskäyttöpaineen verrattuna alueen eteläosiin. Sataman kehityshanke, veneilymahdollisuuksien kehittäminen sekä tulevat asuntomessut lisäävät entisestään painetta vesistön virkistyskäytölle.

Kunnostuksella pyritään nostamaan vesialueen yleistä tai käyttömuotokohtaista arvoa. Useimmiten tavoitteena on virkistyskäyttöarvon parantaminen.

Ihanteellista monikäyttövesistöä voidaan luonnehtia seuraavasti:

- *vesi on kirkasta ja puhdasta*
- *levähaittoja ei ole*
- *kalasto on monipuolinen ja kalastettavaksi sopivia petokaloja on runsaasti*
- *vesikasvillisuutta on riittävästi, mutta ei liikaa, ja sopivissa paikoissa*
- *järvessä on uimarannaksi sopivia hyviä hiekkarantoja*
- *taajama-alueella rannat ovat siistejä ja hoidettuja*
- *virkistysalueiden varustelu on riittävä ja alueista pidetään huolta*
- *luonnonsuojelulliset näkökohdat on otettu huomioon vesistön käytössä*

3.5 Kuormituksen vähentämistarve

Taulukossa 13 sekä kuvassa 10 on esitetty Vemala-kuormitusmallista saatu järviältäiden ulkoinen fosfori- ja typpikuorma sekä kuormituksen vähentämistarve. Fosforin vähennystarve on päädytty esittämään ekologisen luokituksen biologisten suureiden, lähinnä klorofyllipitoisuuden perusteella. Typen vähennystarve on LLR-mallin laskema kuormituksen vähennystavoite. Taulukossa on esitetty ainoastaan ulkoinen kuorma.

Taulukossa 13 on esitetty myös 3. jakovaiheen valuma-alueiden vesistökuorma. Valuma-alueilla muodostuvan kuorman vähennystarve on suhteutettu sen altaan kuormituksen vähennystarpeeseen, johon kuormitus kohdistuu. Ukonveden järviäille tuleva kuorma ei

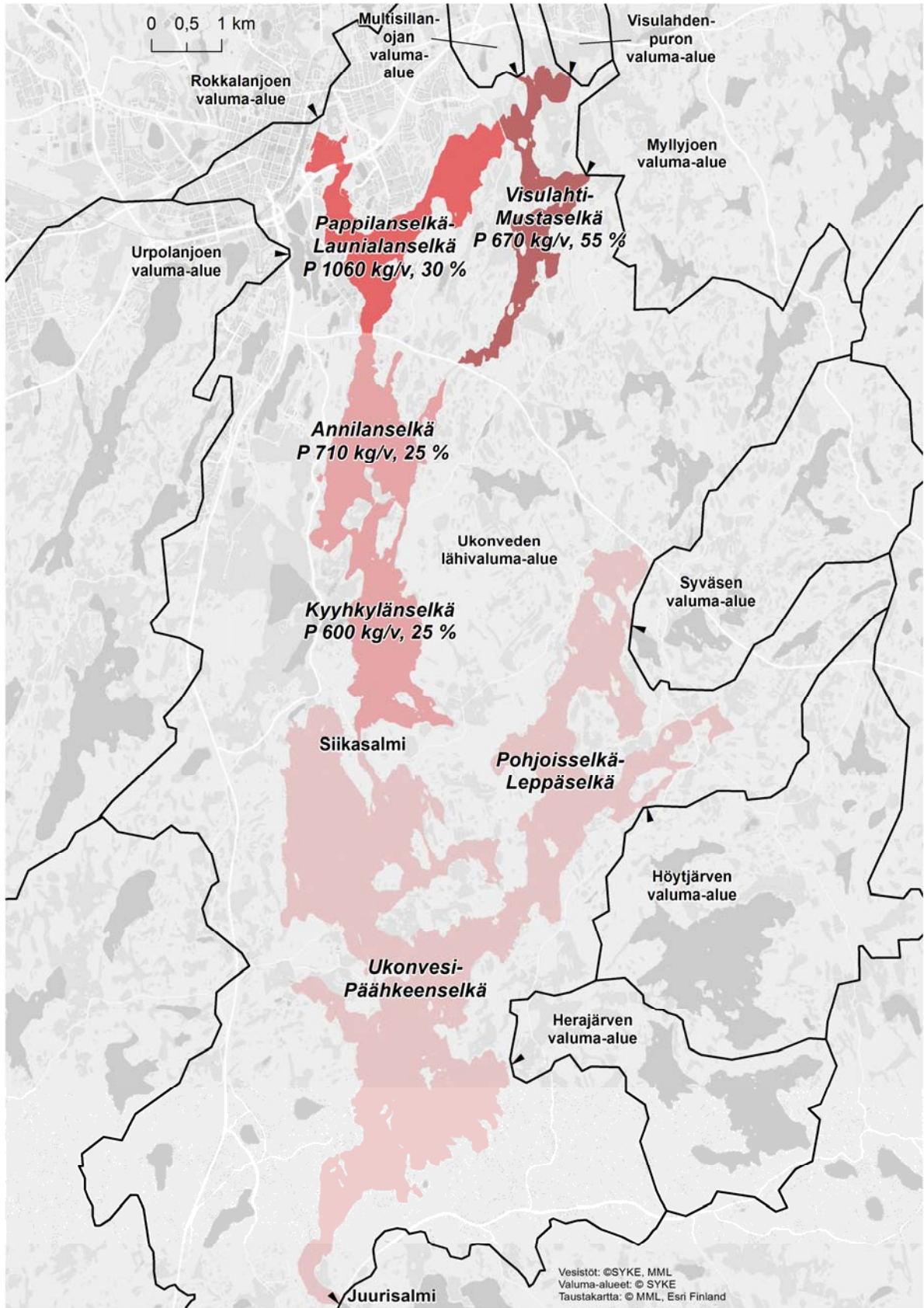
ole valuma-alueilla syntyvän vesistökuorman summa, sillä osa kuormasta pidättyy valuma-alueen järviin. Esimerkiksi Myllyojan valuma-alueella syntyvä vesistökuorma on noin kaksinkertainen verrattuna kuormaan, joka päättyy Visulahden-Mustaselän vesialueelle. Ukonveden lähialueen kuormitus kohdistuu kaikille järvioltaille, ja kuormituksen vähennystarve on altain keskiarvo. Lähivaluma-alueen kuormituksen vähennystarve painottuu kuitenkin alueen pohjoisosiin, Mustaselältä Kyyhkylänselälle ulottuvalle alueelle.

Taulukko 13. Mikkelin alapuolisen Saimaan järvielten ulkoinen fosfori- ja typpekuorma sekä kuormituksen vähennystarve järvieltä. Ulkoinen kuorma on päivitetty Vemalasta vuosijaksolle 2000-2013. Valuma-alueilla muodostuvan fosforin vesistökuorman vähennystarve on suhteutettu sen altaan vähennystarpeeseen, johon kuormitus kohdistuu.

Järvi/Valuma-alue	Ulkoinen	P-kuorman		Ulkoinen	N-kuorman	
	P-kuorma	vähentämistarve		N-kuorma	vähentämistarve	
	kg/v	kg/v	%	t/v	t/v	%
Ukonveden lähialue 4.151	4160	1470	35	202		
Visulahti-Mustaselkä	1220	670	55	27	11	40
Multasillanojan va. 4.154	170	95		4.4		
Visulahdenpuron va. 4.155	265	145		5.6		
Myllyjoen va. 4.156	970	535		18		
Pappilanselkä-Launialanselkä	3540	1060	30	214	130	60
Urpolanjoen va. 4.152	715	215		18		
Emolanjoen va. 4.153	1965	590		47		
Annilanselkä	2840	710	25	203	130	65
Kyyhkylänselkä	2410	600	25	193	115	60
Ukonvesi-Päähkeenselkä	3950	-	-	214	95	45
Herajärven va. 4.159	166			3.5		
Pohjoisselkä-Leppäselkä	510	-	-	10.8	-	-
Syväsän va. 4.157	188			3.5		
Höytjärven va. 4.158	257			6.0		
Yhteensä	14480	3040	21	861	480	

Suunnittelun pohjoisosissa Mustaselältä Kyyhkylänselälle on alkuvaiheessa painotettava ulkoisen kuormituksen vähentämistä, sillä sisäisen kuormituksen vähentämiseen tähtäävillä toimenpiteillä ei saavuteta pysyviä tuloksia, ennen kuin ulkoista kuormitusta on saatu merkittävästi pienentymään. Tämä ei sulje pois järvielten tehtävien hoitotoimenpiteiden edistämistä rannan valuma-alueilla tehtävien toimien kanssa.

Kuormituksen vähentämistoimenpiteiden tarkastelussa on jäljempänä keskitytty fosforikuormitukseen. Typpikuormitusta on tarkasteltu lähinnä jätevedenpuhdistamon kuormitusta käsittelevässä osassa. Fosfori on vesialueen rehevyytensä säätelevä ravinne; lisäksi KUTOVA-työkalu laskee vain fosforikuorman vähennyksen ja kustannustehokkuuden eri toimenpiteille.



Kuva 10. Mikkelin alapuolisen Saimaan järviältaiden fosforikuorman vähentämistarve.

4. OSA 2. VALUMA-ALUEILLA TOTEUTETTAVAT TOIMENPITEET

4.1 Pistekuormituksen vähentäminen

Vesialueelle tulee varsinaista pistekuormitusta kahdesta lähteestä, asumajätevedenpuhdistamolta ja Misawan sahalta. Molemmat kuormittavat Lamposaarenselkää. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti viemäriverkoston vuotoriskiä.

4.1.1 Jätevedenpuhdistamo

Ylivoimaisesti suurin pistekuormittaja on Mikkelin Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamo, jonka jätevedet johdetaan Lamposaarenselän Savilahteen. Mikkeliin tullaan rakentamaan uusi puhdistamo, joka sijoitetaan Metsä-Sairilan jätekeskuksen yhteyteen Mustaselän itäpuolelle. Puhdistetut jätevedet tullaan suunnitelman mukaan johtamaan Lamposaarenselälle Rauhaniemen eteläpuolelle, jossa virtausolosuhteet ovat jäteveden laimenemisen kannalta edullisemmat ja vesistön käytölle aiheutuvat haitat vähäisempiä kuin Savilahdella (Ramboll 2010). Puhdistamon rakentamisen piti alkuperäisen suunnitelman mukaan ajoittua siten, että se olisi ollut käytössä vuonna 2014 (ympäristölupapäätös ISAVI 1/2012/1; 12.1.2012). Kaavasta ja rakennusluvasta tehtyjen valitusten takia puhdistamon käyttöönoton arvioidaan viivästyvän vähintään vuoteen 2018 saakka.

Viimeisten 10 vuoden aikana jätevedenpuhdistamon fosforikuorma on ollut keskimäärin 1400 kg/v (3,8 kg/vrk) ja typpikuorma 157 000 kg/v (430 kg/vrk) (taulukko 14, VAHTI-rekisteri).

Taulukko 14. Mikkelin Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon vesistökuorma vuosina 2004-2013 (VAHTI-rekisteri).

Vuosi	Bod ₇ / ATU kg/v	COD _{Cr} kg/v	Kiintoaine kg/v	Kokonaisfosfori kg/v	Kokonaistyyppi kg/v	Virtaama m ³ /v
2004	16 974	149 901	22 700	923	130 075	4 315 875
2005	36 099	301 195	45 241	1 894	256 977	8 700 755
2006	17 028	159 001	28 916	1 180	116 316	4 262 585
2007	18 315	172 262	29 874	1 257	140 671	4 680 900
2008	20 971	175 162	30 682	1 325	153 207	5 006 194
2009	20 389	144 601	29 851	1 162	158 273	4 261 106
2010	40 341	182 446	54 865	2 279	155 109	4 264 041
2011	23 387	154 574	35 279	1 259	163 111	4 614 540
2012	26 640	165 485	51 844	1 539	174 189	4 941 999
2013	20 122	113 873	39 150	1 166	119 825	3 125 735
Ka.	24 026	171 850	36 840	1 398	156 775	4 817 373

Uuden puhdistamon vesistökuorma on merkittävästi pienempi kuin nykyisen puhdistamon. Lupahakemuksessa uuden puhdistamon kuormituksen on ennakoitu kehittyvän siten, että puhdistamon valmistuttua fosforikuorma on noin 750 kg/v ja typpikuorma noin 60 000 kg/v. Vuoteen 2030 liittyjämäärän arvioidaan kasvavan siten, että fosforikuorma on noin 900 kg/v ja typpikuorma 72 000 kg/v (taulukko 15).

Vesilaitokselta (johtaja Reijo Turkki, suullinen tieto) saatujen tietojen mukaan uuden puhdistamon fosforikuorma on lupahakemuksessa arvioitu liian suureksi. Kuorma on laskettu lähtevän jäteveden pitoisuudella 0,2 mg/l, kun uudella puhdistamotekniikalla tullaan pääsemään 0,1 mg/l pitoisuuteen. Vuotuinen fosforikuorma olisi tällöin puhdistamon käyttöönoton jälkeen 375 kg P/v ja vuonna 2030 450 kg P/d. Toimenpidevaihtoehtojen harkinnassa on käytetty näitä arvoja lähtökohtana.

Uuden puhdistamon myötä fosforikuorma pienentyy arvion mukaan noin 1020 kg/v, mikä on noin 96 % Pappilanselkä-Launialanselälle asetetusta fosforikuorman vähentämistavoitteesta. Typpikuorman ennakoitaan pienentyvän noin 60 % (97 000 kg/v), mikä on 46 % Pappilanselän-Launialanselän typpikuorman vähentämistarpeesta. Puhdistamon kuorman pienentyminen vaikuttaa myös Annilanselän ja Kyyhkylänselän kuormituksen määrään.

Taulukko 15. Mikkelin asumajätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemuksessa esitetyt sekä asiantuntija-arvion perusteella tehdyt laskelmat puhdistamon kuormituksesta uuden puhdistamon käyttöönoton jälkeen sekä vuonna 2030. Vertailun vuoksi on esitetty vuoden 2008 kuormitus.

	Lupahakemuksen mukaan			Asiantuntija-arvio (Reijo Turkki, vesilaitos)	
	vuosi 2008	käyttöönoton jälkeen	vuosi 2030	käyttöönoton jälkeen	vuosi 2030
BOD7 kg/v	20 951	29 930	36 135		
Kiintoaine kg/v	30 952	24 966	30 113		
Kok.N kg/v	153 811	59 933	72 270		
NH4-N kg/v	2 646	2 646	3 176		
Kok.P kg/v	1 351	748	902	375	450

4.1.2 Viemäriverkoston laajentuminen ja hallittavuus

Uuden puhdistamon mitoituksessa on varauduttu asukasvastineluvun kasvuun 62 900:aan nykyisestä 44 300:sta vuoteen 2030 mennessä (Metsä-Sairilan jätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemus). Mikkelin kaupungin asukasluvun ennustetaan pysyvän nykyisellä tasolla (noin 48 000 henkeä) seuraavan 25 vuoden ajan. Puhdistamon ennakoitu kuormituksen kasvu aiheutuu viemäriverkoston laajentumisesta ja siitä johtuvasta liittyjämäärän kasvusta sekä haja-asutusalueiden jätevesiratkaisuista, jotka lisäävät ulkopuolisia liete-kuormia. Uusia siirtoviemärihankkeita on tällä hetkellä suunnitteilla Heinälahteen (raken-teilla), Pitkäjärvelle, Orijärvelle, asuntomessualueelle, Löytö-Vitsiälään (mahdollisesti vuonna 2017) sekä mahdollisesti Vuolinkojärvien alueelle.

Viemäriin maastosta vuotavien vesien osuuden puhdistamolle tulevasta jätevedestä arvioidaan pienentyvän nykyisestä 38 %:sta noin 25 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Vähentäminen toteutetaan viemäriverkostoa saneeraamalla. Mikkelin vesilaitoksella on otettu käyttöön Maailman terveysjärjestö WHO:n lanseeraama Water Safety Plan –konsepti (WSP), jonka avulla voidaan hallita ja arvioida juomaveden laatuun liittyviä riskejä. Tähän sisältyy esimerkiksi viemäriverkoston ja pumppaamojen kunnon ja vuotoriskien kartoitus ja hallinta.

Vesienhoidon kannalta erityisen riskin aiheuttavat vesistöjen alitukset. Vedenlaatuhavaintojen perusteella Ukonveden pohjoisosan alittavassa viemäriässä Siikaniemen ja Läskikamarinniemen välillä saattaa olla vuotoja, koska suolistoperäisten bakteerien määrät ovat täällä kohonneet. Heinälahden ja Annilanselän alueilla on paljon vesistöjen alituksia, joiden kunto on syytä tarkistaa.

4.1.3 Kustannukset

Vuonna 2013 jätevesien käsittelyyn liittyviin toimintoihin käytettiin Mikkelin kaupungissa kaikkiaan 3,662 milj. euroa, josta $\frac{3}{4}$ voidaan arvioida kohdistuvan Juurisalmen yläpuoliselle Saimaalle. Summaan sisältyvät jätevesien puhdistus, viemäriverkostojen käyttö ja kunnossapito sekä ympäristöluvassa määrätty vesistön hoito. Jätevesien käsittelyyn liittyvät investoinnit olivat kaikkiaan 1,806 milj. €. Jätevedestä poistetun fosforikilon hinnaksi tulisi näin laskien noin 96 €.

4.1.4 Misawan saha

Misawan sahalta (Misawa Homes of Finland Oy) tuleva fosforikuorma on ollut noin 75-100 kg/v; kuorma aiheutuu tukkien kastelusta kesäaikana asfalttikentällä sadettimien avulla. Kasteluvesi otetaan Pappilanselältä ja puretaan sinne takaisin viemärijärjestelmän kautta. Sadetusvesien vesistökuormitus oli vuoden 2012 tutkimuksessa seuraava: fosfori 0,2 kg/vrk, typpi 1,5 kg/vrk, kiintoaine 25 kg/vrk, COD 168 kg/vrk ja BOD 46 kg/vrk.

Laitoksen ympäristöluvan muutosta koskevassa hakemuksessa on esitetty useita toimenpiteitä vesistökuormituksen pienentämiseksi sekä kuormitustarkkailun toteuttamista kastelukaudella. Mikkelin kaupungin ympäristölautakunta hyväksyi luvan muutoksen 29.4.2013 (asianro 539/2300/2013). Kuormituksen vähentämistoimenpiteiden vaikutusta on vaikea arvioida ennen kuin kuormitustarkkailusta on saatavissa tuloksia.

4.2 Maatalouden vesiensuojelu

4.2.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla

Suunnittelualueella oli vuonna 2011 94 maatilaa, joista 61 kasvinviljelytilaa ja 33 kotieläin-tilaa. Vuoden 2012 tilastojen mukaan noin kaksi kolmannesta peltoalasta oli nurmella ja lähes yksi kolmannes kevätiljalla (taulukko 16; Maaseutuvirasto, Tike 2012). Muiden viljelykasvien osuus peltoalasta oli varsin pieni.

Taulukko 16. Viljelykasvien viljelypinta-ala Ukonveden osavaluma-alueilla vuoden 2012 tilastojen mukaan.

Valuma-alue nro	Nimi	Juurikkaat	Viljelykasvi, viljeltyä ha				Yhteensä
			Nurmet	Puutarha	Syysvilja	Kevätvilja	
04.151	Ukonveden lähialue	4.6	724.8	13.9	2.0	381.8	1127.0
04.152	Urpolanjoen va		175.8	0.3		89.7	265.8
04.153	Emolanjoen va	0.1	455.2	12.2	20.4	124.5	612.4
04.154	Multasillanojan va		62.5		0.8	57.9	121.2
04.155	Visulahdenpuron va		134.9		1.5	60.8	197.2
04.156	Myllyjoen va	2.3	297.6	15.1		88.0	403.0
04.157	Syväsän va		22.1			1.2	23.3
04.158	Höytjärven va		55.3	9.9		21.9	87.1
04.159	Herajärven va		54.3	0.0	2.5	25.6	82.5
Yhteensä		7.0	1982.4	51.5	27.2	851.4	2919.5

Peltoviljelyn osuus fosforikuormasta on keskimääräistä suurempi Ukonveden lähivaluma-alueella (58 %; ilman pistekuormitusta laskettuna), Urpolanjoen (51 %), Multasillanojan (68 %), Visulahdenpuron (75 %), Myllyjoen (53 %) ja Herajärven (62 %) valuma-alueilla.

Kun otetaan huomioon sekä peltoviljelyn määrällinen kuorma että osuus valuma-alueen kokonaiskuormituksesta, maatalouden vesiensuojeluun on kiinnitettävä erityistä huomiota seuraavilla valuma-alueilla ja osavaluma-alueilla (ks. myös kuormitusselvitys):

- *Ukonveden lähivaluma-alue, erityisesti Surnuin alue*
- *Emolanjoen valuma-alue*
- *Multasillanojan valuma-alue*
- *Visulahdenpuron valuma-alue*
- *Myllyjoen valuma-alue*

Muilla valuma-alueilla riittävät tavanomaiset vesiensuojelun toimenpiteet.

Seuraavilla valuma-alueilla on kiinnitettävä mahdollisuuksien mukaan huomiota orgaanisen aineksen kuormituksen vähentämiseen:

- *Multasillanojan valuma-alue*
- *Visulahdenpuron valuma-alue*
- *Myllyojan valuma-alue*

4.2.2 Käytettävissä olevat toimenpiteet

Suomen ympäristökeskuksen KUTOVA-laskentatyökalulla on mahdollista käsitellä seuraavat maatalouden kuormituksen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet:

- Suojavyöhykkeet
- Kosteikot
- Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (eroosion torjunta)
- Monivuotinen nurmiviljely
- Säättösalaojitus
- Ravinnetaseen hallinta/Optimaalinen lannoitus
- Kipsin levitys pelloille

Säättösalaojitusta ei käytetä Ukonveden valuma-alueella, eikä sitä tulla maatalousviranomaisten mukaan ottamaan käyttöön tulevalla tukikaudellakaan.

Kipsin levittämistä pelloille ei suositella sellaisten järvien valuma-alueilla, joiden sulfaattipitoisuus on pieni. Kipsin levittäminen lisää vesistön sulfaattipitoisuutta ja päätyessään järvialtaisuun sulfaatti voi kiihdyttää sisäistä kuormitusta (Ekholm ym. 2011). Kipsin levittämistä ei suositella tässä suunnitelmassa.

4.2.3 Suositellut toimenpiteet

KUTOVA-mallin mukaan suojavyöhykkeitä kannattaa perustaa erityisesti kaltevimmille peltolohkoille. Kosteikot ovat kustannustehokkaimmillaan valuma-alueilla, joilla peltojen osuus on suuri. Monivuotinen nurmiviljely ja talviaikaisen eroosion torjunta ovat kustannustehokkaita kaltevilla peltolohkoilla. KUTOVA-malli on kuitenkin teoreettinen ja se sisältää monia epävarmuustekijöitä. Tarkempaa suunnittelua varten olisi hyvä saada lisätietoa peltolohkoista, joiden vesiensuojeluun kannattaa panostaa. Tästä syystä peltolohkokohtaisten kuormitusarvioiden hyödyntämistä suositellaan osana tilakohtaista viljelytoimenpiteiden suunnittelua.

Realistisena tavoitteena voidaan pitää noin 5 kosteikon lisäystä nykytasoon ja suojavyöhykkeiden lisäämistä nykyisestä noin hehtaarilla, mikä tarkoittaa noin 12,5 ha peltoalaa. Peltoista kasvipeitteisenä (ko. viljelykasvit, kesannot, nurmet ym.) oli Etelä-Savossa vuonna 2012 noin 90 %. Peltojen talviaikaisen eroosion torjunnan kannalta osuuden kasvattaminen voi olla vaikeaa, joten tavoitteena on talviaikaisen kasvipeitteisyyden pitäminen vähintään nykytasolla.

Ravinteiden käytön hallinta tulee olemaan pakollisena osana ympäristökorvausjärjestelmää. Tavoitteena on, että vähintään 70 % peltoalasta tulee ravinteiden käytön hallinnan (mm. ravinnetaseiden hallinta) piiriin. Monivuotisen nurmiviljelyn osuutta arvioidaan olevan mahdollista kasvattaa enintään 10 % nykytasosta.

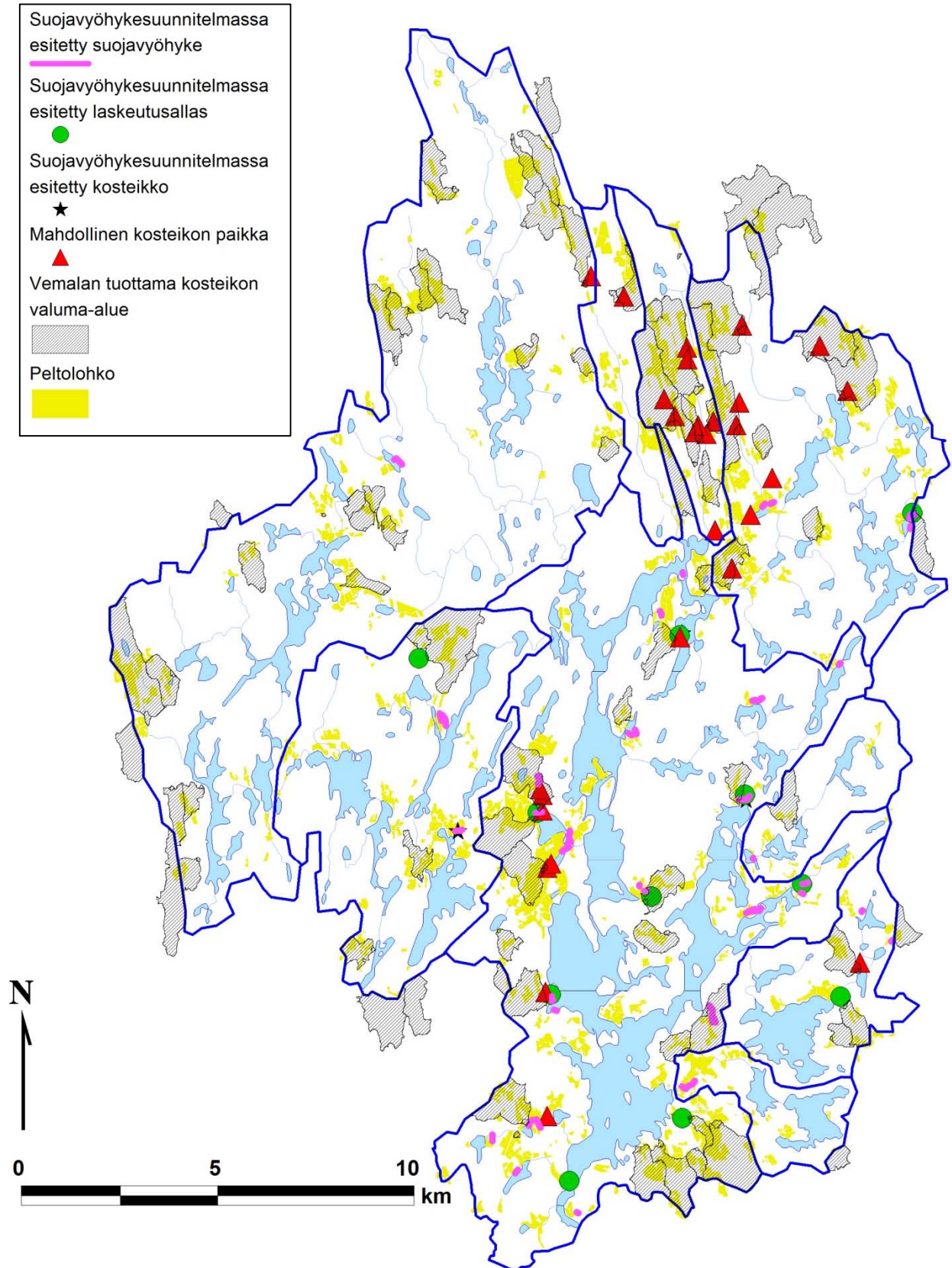
Maatalouden uusi ympäristökorvausjärjestelmä tulee voimaan vuoden 2015 alusta lähtien. Toimenpiteiden suunnittelua vaikeuttaa se, että vielä ei ole tiedossa ympäristökorvausjärjestelmään sitoutuvien maatilojen määrää tai tarkkoja viljelijöille maksettavia toimenpidekohtaisia tuen määriä, jotka osaltaan vaikuttavat toimenpiteiden valintaan.

Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteistä valittiin KUTOVA-tarkastelun avulla ne, joilla on paras kustannustehokkuus ja jotka maatalouden asiantuntijoiden mukaan on käytännössä mahdollista toteuttaa (taulukko 17). Lisäksi erityistä huomiota vaativilla valuma-alueilla on otettu mukaan joitakin sellaisia toimenpiteitä, joiden kustannustehokkuus ei ole kovin hyvä. KUTOVAN toimenpideyhdistelmät on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 5.

Kuvassa 11 on esitetty Vemalan tuottamat kosteikkojen valuma-alueet ja niistä valitut sopivimmat kosteikkojen paikat sekä suojavyöhykesuunnitelmassa (Mikkola 2001) esitetyt suojavyöhykkeet, laskeutusaltaat ja kosteikot.

Taulukko 17. KUTOVA-työkalulla lasketut maatalouden vesiensuojelun toimenpiteet, toimenpiteiden kustannustehokkuus sekä saavutettava kuormitusvähennys.

Toimenpide	Lähtökuorma kg P	Reduktio	Teor. maksimi- määrä	Toteutettava määrä	yksikkö	Kustannuste- hokkuus (€/P kg)	Kustannus (€)	Saavutettava kuormitusvä- hennys (P kg)
Lähivaluma-alue (04.151)								
Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	899	7 %	19	2	ha	139	900 €	6
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	951	2 %	2	2	ha	55	900 €	16
Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	28	34 %	2	1	kpl	151	708 €	5
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	97	34 %	3	2	kpl	184	4 044 €	22
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	16	34 %	1	1	kpl	376	2 022 €	5
Eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus	955	1 %	82	82	ha	909	4 100 €	5
Eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	947	2 %	177	177	ha	514	8 850 €	17
Eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	941	5 %	232	232	ha	225	11 600 €	51
Eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	961	1 %	30	30	ha	122	1 500 €	12
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	944	12 %	1	1	ha	104	50 €	0,5
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	963	4 %	1	1	ha	44	50 €	1
Ravinteiden käytön hallinta	1717	7 %	1284	900	ha	524	45 000 €	86
Yhteensä							79 724 €	227
Urpolanjoen va (04.152)								
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	251	3 %	1	1	ha	55	450 €	8
Eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	256	2 %	38	38	ha	492	1 900 €	4
Eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	254	6 %	68	68	ha	220	3 400 €	15
Eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	258	2 %	7	7	ha	119	350 €	3
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	256	13 %	2	2	ha	102	100 €	1
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	261	6 %	6	6	ha	41	300 €	7
Ravinteiden käytön hallinta	386	7 %	330	231	ha	626	11 550 €	18
Yhteensä							10 050 €	56
Emolanjoen va (04.153)								
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	389	2 %	1	1	ha	77	450 €	6
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	67	34 %	2	1	kpl	168	2 022 €	12
Eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	361	1 %	80	80	ha	755	4 000 €	5
Eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	361	3 %	77	77	ha	330	3 850 €	12
Eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	367	1 %	12	12	ha	177	600 €	3
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	387	7 %	7	7	ha	148	350 €	2
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	393	3 %	1	1	ha	60	50 €	1
Ravinteiden käytön hallinta	879	8 %	798	547	ha	564	27 350 €	49
Yhteensä							38 672 €	90
Multasillanojan va (04.154)								
Eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus	70	1 %	14	14	ha	1015	700 €	1
Eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	69	3 %	25	25	ha	588	1 250 €	2
Eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	70	3 %	12	12	ha	244	600 €	2
Eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	71	1 %	1	1	ha	112	50 €	0,4
Ravinteiden käytön hallinta	110	8 %	125	88	ha	698	4 400 €	6
Yhteensä							7 000 €	11



Kuva 11. Suojavyöhykesuunnitelmassa esitetyt suojavyöhykkeet, laskeutusaltaat ja kosteikot sekä Vemalan tuottamat kosteikkojen valuma-alueet ja niistä valitut sopivimmat kosteikkojen paikat.

4.3 Metsätalouden vesiensuojelu

4.3.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla

Metsätalouden osuus fosforin kokonaiskuormituksesta on pieni, ja vaihtelee 2-4 % 3. jakovaiheen valuma-alueilla.

Mahdollisimman tehokkaat metsätalouden vesiensuojelutoimet tulee ottaa käyttöön niillä valuma-alueilla, joilla turvemaiden osuus on keskimääräistä suurempi:

- Emolanjoen valuma-alueen pohjoisosa
- Multasillanojan valuma-alue
- Visulahdenpuron valuma-alue
- Myllyjoen valuma-alue

Tavoitteena on vähentää paitsi fosforin, myös orgaanisen aineen kuormitusta vesialueen pohjoisosassa, jossa se lisää hapenkulumista ja heikentää happitilannetta. Muilla valuma-alueilla riittävät tavanomaiset metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteet.

4.3.2 Käytettävissä olevat toimenpiteet

KUTOVA-työkalu tarjoaa seuraavat metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteet:

- Uudistushakkuiden suojakaista
- Lannoitusten suojakaista
- Metsätalouden pintavalutuskentät
- Metsätalouden putkipadot
- Metsätalouden pohjapadot
- Metsätalouden kosteikot

4.3.3 Suositellut toimenpiteet

Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteistä valittiin KUTOVA-tarkastelun avulla ne, joilla on paras kustannustehokkuus ja jotka on käytännössä mahdollista toteuttaa (taulukko 18).

KUTOVA-työkalu ei tarjonnut lainkaan vesiensuojelutoimenpiteitä Multasillanojan, Visulahdenpuron, Syväsen, Höytjärven ja Herajärven valuma-alueille. Tästä huolimatta suositellaan tehostettuja toimenpiteitä Multasillanojan ja Visulahdenpuron valuma-alueilla, mm. uudistushakkuiden suojakaistoja. Kunnostusojitusten vesiensuojeluun on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Keskeisimmille osavaluma-alueille suositellaan ns. tehostettua vesiensuojelun suunnittelua. Toimenpiteeseen kuuluvat esimerkiksi Kestävän metsätalouden rahoituslailla (KEMERA)

toteutettujen luonnonhoitohankkeiden suunnittelu sekä muu valuma-aluekohtainen suunnittelu, jonka perusteella suunnitellaan vesiensuojelurakenteet yksityiskohtaisemmin.

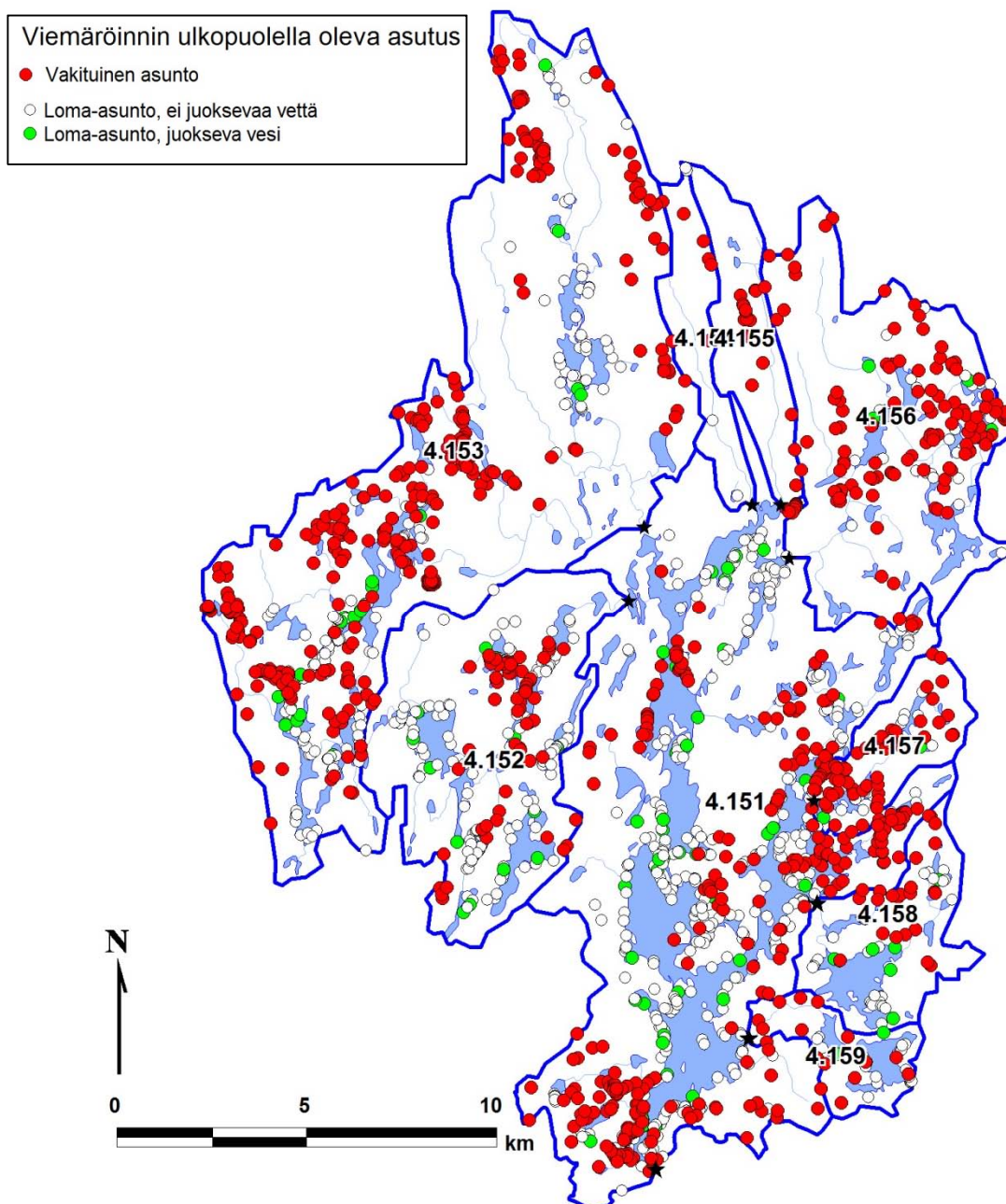
Taulukko 18. KUTOVA-työkalulla lasketut metsätalouden vesiensuojelun toimenpiteet, toimenpiteiden kustannustehokkuus sekä saavutettava kuormitusvähennys.

Toimenpide	Lähtö- kuormitus kg P	Reduktio	Teoreettinen maksimi- määrä	Toteutettava määrä	Yksikkö	Kustannus- tehokkuus (€/P kg)	Kustannus (€)	Saavutettava kuormitus- vähennys (P kg)
Ukonveden lähialue (04.151)								
Uudistushakkuiden suojakaista	8	10 %	2	2	ha	1063	888 €	1
Metsätalouden putkipadot	42	50 %	2	2	kpl	21	519 €	25
Yhteensä							1 407 €	26
Urpolanjoen va (04.152)								
Uudistushakkuiden suojakaista	3	10 %	1	1	ha	1039	444 €	0,4
Metsätalouden putkipadot	17	50 %	1	1	kpl	20	260 €	13
Yhteensä							704 €	13
Emolanjoen va (04.153)								
Uudistushakkuiden suojakaista	11	10 %	3	3	ha	1072	1 333 €	1
Lannoitusten suojakaista	7	50 %	1	1	ha	49	170 €	3
Metsätalouden putkipadot	54	50 %	2	2	kpl	21	519 €	25
Yhteensä							2 022 €	29
Myllyjoen va (04.156)								
Uudistushakkuiden suojakaista	4	10 %	1	1	ha	1099	444 €	0,4
Metsätalouden putkipadot	21	50 %	1	1	kpl	22	260 €	12
Yhteensä							704 €	12
Kaikki yhteensä							4 837	81

4.4 Haja-asutuksen vesiensuojelu

4.4.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla

Haja-asutuksen fosforikuorma on kaikkiaan 11 % fosforin kokonaiskuormituksesta. Haja-asutuksen fosforikuorma on merkittävin Ukonveden lähivaluma-alueella, Emolanjoen va-alueella ja Myllyjoen valuma-alueella. Painevedellisiä loma-asuntoja on eniten lähivaluma-alueella (taulukko 19, kuva 12). Pinta-alaan suhteutettuna vakituista asutusta on eniten Syväsen valuma-alueella.



Kuva 12. Viemäriverkostoihin liittymättömät kiinteistöt suunnittelualueella.

Taulukko 19. Viemäröinnin ulkopuolella oleva vakituinen ja loma-asutus (huomioitu vain painevedellinen loma-asutus) valuma-alueittain.

Valuma-alue	Nimi	Vakituisia asuntoja	Loma-asuntoja
4.151	Ukonveden lähi-va	272	47
4.152	Urpolanjoen va	68	15
4.153	Emolanjoen va	301	24
4.154	Multasillanojan va	5	0
4.155	Visulahdenpuron va	16	0
4.156	Myllyjoen va	117	4
4.157	Syväsen va	53	2
4.158	Höytjärven va	22	6
4.159	Herajärven va	13	2
Yhteensä		867	100

4.4.2 Mahdolliset lisätoimenpiteet

Taulukossa 20 on esitetty viemäriverkostoon kuulumattomien kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmän tila. Noin 30 % järjestelmistä täyttää vaatimukset (valtioneuvoston asetus 209/2011) nykyisellään ja 70 % on uusittava tai korjattava vuoteen 2016 mennessä. Lisätoimenpiteet ovat tarpeen niillä kiinteistöillä, joilla on järjestelmän uusimistarve.

Osa taulukon 20 tiedoista on epävarmoja (Vesihäisi, Viinamäki, muut alueet), koska kiinteistöjen jätevesijärjestelmistä, niiden kunnosta ja viemäriverkostoon liittymisestä ei ole olemassa yhtenäistä rekisteriä, minkä vuoksi kuormitustilanteen ja normin toimeenpanon kehittymistä ei voida luotettavasti seurata.

Haja-asutuksen jätevesikuormituksen arvioimiseksi kunnan on tarpeen ryhtyä kirjaamaan yhtenäisesti

- *rakennus- ja toimenpideluvat, joilla on ratkaistu jätevesijärjestelmän rakenne, sijaintitietoineen*
- *ympäristöviranomaisen vaatimuksenmukaisuuslausunnot sijaintitietoineen*
- *luettelo vesihuoltoliittymistä (puhdasvesi- ja jätevesiverkosto) sijaintitietoineen*

Taulukko 20. Viemäriverkostoon kuulumattomien kiinteistöjen jakautuminen jätevesijärjestelmän kunnan mukaan vesiosuuskuntien alueella (kunnan ympäristöviranomaisen selvitysalueet).

	Täyttää vaatimukset	Uusittava 2016 mennessä	Viemäriverkostoon kuulumattomia kiinteistöjä yhteensä	Viemäriverkostoon liittyneiden kiinteistöjen osuus
Koivikko	7 %	93 %	29	83 %
Tarsala	26 %	74 %	27	80 %
Vatila-Tuukkala	10 %	90 %	32	68 %
Vesihäisi	19 %	81 %	21	47 %
Viinamäki	22 %	78 %	29	67 %
Muut alueet	32 %	68 %	785	
Keskiarvo	30 %	70 %		

Taulukko 21. Viemäriverkkoon liittymättömien kiinteistöjen arvioitu jäteveden käsittelyjärjestelmän uusiminen ja viemäriverkkoon liittyminen vuosina 2013-2027.

Vuosi	Muutos jaksolla %	Kertymä jakson loppuun %
2013	3	3
2016	7	10
2021	15	25
2027	15	40

Voidaan arvioida, että vakituisen ja loma-asutuksen jätevesijärjestelmien uusiminen ja viemäriverkostoon liittyminen ei edisty kovin nopeasti lähivuosina (taulukko 21). Tarkastelujakson lopulla vuonna 2027 40 % nykyisestä viemäroimättömästä haja-asutuksesta arvioidaan liittyneen viemäriverkostoon tai uusineen jätevesijärjestelmänsä.

Vakituisesti asuttuja pientaloja rakennetaan koko Mikkelin alueella 50 - 100 vuodessa, joista noin 50 % sijoittuu haja-asutusalueelle. Suunnittelualueelle vuosittain rakennettavien pientalojen määrän arvioidaan olevan 20 - 30 kpl. Viemärijärjestelmän ulkopuoliselle alueelle rakennetaan tällä hetkellä noin 10 - 20 pientaloa vuodessa.

4.4.3 Suositellut toimenpiteet

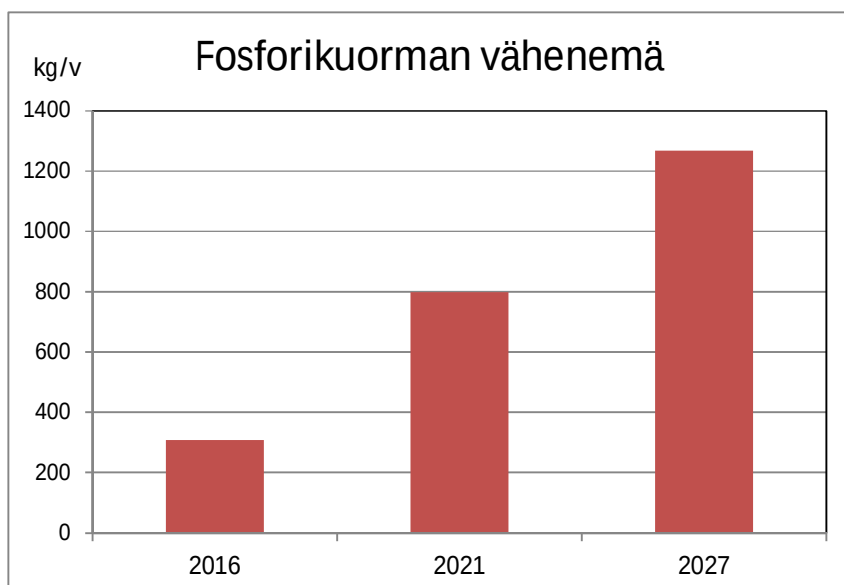
KUTOVA-tarkastelu antaa seuraavat haja-asutuksen vesiensuojelutoimenpiteet:

- Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille
- Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät
- Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät
- Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen

Kaikki mainitut toimenpiteet on otettu huomioon suosituksissa vesiensuojelutoimenpiteiksi (taulukko 22). KUTOVA-tarkastelussa on käytetty vuoden 2021 arviota käsittelyjärjestelmien uusimisesta ja viemäriverkkoon liittymisestä (25 %).

Haja-asutusalueiden uudisrakentamisen osalta suositellaan, että vesiensuojelunäkökulma huomioidaan esimerkiksi suunnittelutarveratkaisuja tehtäessä.

Kuvassa 13 on esitetty viemäroimättömän haja-asutuksen aiheuttaman fosforikuormituksen vähentyminen vuodesta 2016 vuoteen 2027. Laskennassa on käytetty taulukossa 20 esitettyjä arvioita viemäriverkkoon liittyvien ja jätevesijärjestelmänsä uusivien kiinteistöjen osuudesta.



Kuva 13. Viemäriverkkoon liittymättömän haja-asutuksen fosforikuormituksen arvioitu vähentyminen vuoteen 2027 saakka.

Taulukko 22. KUTOVA-työkalulla lasketut haja-asutuksen vesiensuojelun toimenpiteet, toimenpiteiden kustannustehokkuus sekä saavutettava kuormitusvähennys tarkastelujakson 2013-2021 lopussa.

Toimenpide	Lähtö-kuormitus kg P	Reduktio	Teoreettinen maksimimäärä	Toteutettava määrä kiinteistöä	Kustannustehokkuus (€/P kg)	Kustannus (€)	Saavutettava kuormitusvähennys (P kg)
Ukonveden lähialue (04.151)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	411	95 %	163	68	308	35388 €	115
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	411	85 %	163	68	339	46 339 €	103
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	30	70 %	47	12	145	3 126 €	22
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	72	85 %	29	7	316	4 770 €	15
Yhteensä						89 623 €	254
Urpolanjoen va (04.152)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	168	95 %	41	17	189	8 847 €	47
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	168	85 %	41	17	207	11 585 €	42
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	16	70 %	15	4	88	1 042 €	12
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	30	85 %	7	2	193	1 363 €	7
Yhteensä						22 837 €	108
Emolanjoen va (04.153)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	413	95 %	181	75	340	39 031 €	115
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	413	85 %	181	75	373	51 109 €	103
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	14	70 %	24	10	159	2 605 €	16
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	73	85 %	32	8	348	5 452 €	16
Yhteensä						98 197 €	250

Toimenpide	Lähtö-kuormitus kg P	Reduktio	Teoreettinen maksimi- määrä	Toteutettava määrä kiinteistöä	Kustannustehokkuus (€/P kg)	Kustannus (€)	Saavutettava kuor- mitusvähenneys (P kg)
Multasillanojan va (04.154)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	31	95 %	3	1	75	520 €	7
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	31	85 %	3	1	82	681 €	6
Yhteensä						1 202 €	13
Visulahdenpuron va (04.155)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	53	95 %	10	4	140	2 082 €	15
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	53	85 %	10	4	154	2 726 €	13
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	9	85 %	2	1	144	681 €	5
Yhteensä						5 489 €	33
Myllyjoen va (04.156)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	181	95 %	70	29	302	15 092 €	50
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	181	85 %	70	29	331	19 762 €	45
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	3	70 %	4	1	141	260 €	2
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	32	85 %	12	3	309	2 044 €	7
Yhteensä						37 159 €	103
Syväsen va (04.157)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	37	95 %	32	13	674	6 765 €	10
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	37	85 %	32	13	739	8 859 €	9
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	1	70 %	2	1	316	260 €	1
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	6	85 %	6	2	690	1 363 €	2
Yhteensä						17 248 €	22
Höytjärven va (04.158)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	14	95 %	13	6	714	3 122 €	4
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	14	85 %	13	6	784	4 089 €	4
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	2	70 %	6	2	335	521 €	2
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	3	85 %	2	1	732	681 €	1
Yhteensä						8 414 €	11
Herajärven va (04.159)							
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	8	95 %	8	3	738	1 561 €	2
Uudet haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	8	85 %	8	3	810	2 044 €	2
Uudet loma-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmät	1	70 %	2	1	346	260 €	1
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	1	85 %	1	1	756	681 €	1
Yhteensä						4 548 €	6
Kaikki yhteensä						284717	800

4.5 Hulevesien käsittely

4.5.1 Kuormituksen vähentämistarve osavaluma-alueilla

Hulevesien kokonaisvaltainen hallinta tulee yhä tärkeämmäksi, kun ilmastonmuutos saa aikaan entistä useammin ääreviä sääilmiöitä, mm. rankkasateita. Viemäriverkostoa ei ole suunniteltu äkillisille isoille sadevesimäärille, mikä aiheuttaa tulvimisvaaran. Hulevedet aiheuttavat myös epäpuhtauksien ja ravinteiden kulkeutumista vesistöön, ja ehkä suurimman vaaratekijän aiheuttaa pohjavesialueiden pilaantumisuha.

Ongelmana on tähän saakka ollut, että kokonaisvastuu hulevesien hallinnasta ja käsittelystä ei ole selkeästi kuulunut millekään organisaatiolle. Lakimuutoksen myötä vastuu hulevesien hallinnasta on siirtymässä kunnille. Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmän raportissa (2010) esitetään, että hulevesien ja perustusten kuivatusvesien viemärointi erotetaan vesihuoltolain mukaisesta vesihuollosta, ja kunnalle säädetään maankäyttö- ja rakennuslakiin kirjattavin säännöksiin velvollisuus huolehtia hulevesien hallinnasta asemakaava-alueilla.

Lakimuutos edellyttää hulevesien hallintasuunnitelman laatimista, ja Mikkelin kaupungin ympäristöstrategiassa (2010) onkin edellytetty, että hulevesien käsittelystä ja hallinnasta laaditaan erillinen ohjelma. Vuonna 2013 valmistuneessa Mikkelin kaupungin vuosien 2012-2017 hulevesiohjelman luonnoksessa (julkaisematon) kuvataan kantakaupungin osalta hulevesien hallinnan nykytila ja tämän hetken hulevesiongelmat sekä määritellään tavoitteet ja toimenpiteet hulevesien paremman hallinnan järjestämiseksi. Mikkelin ammattikorkeakoulussa tehdyssä opinnäytetyössä on erikseen tarkasteltu hulevesien aiheuttamaa kuormitusta 7-nimiselle joelle (Heilajoki-Rokkalanjoki, Emolanjoen valuma-alue) (Lampinen 2013).

Suunnittelualueella on kaupunkimaista asutusta hulevesijärjestelmiseen Ukonveden lähivaluma-alueella sekä Emolanjoen, Urpolanjoen, Multasillanojan ja Visulahdenpuron valuma-alueilla. Hulevesiohjelman mukaan kantakaupungin alueella on tällä hetkellä hulevesiviemäreitä 240 km, ja verkostoa rakennetaan vuosittain lisää noin 3-4 km. Kuvassa 14 on esitetty Mikkelin kaupungin hulevesien valuma-alueet. Mikkelin kantakaupungin alueella on sekaviemäreitä jäljellä vain vähän, ja pääosa on toteutettu erillisviemärointinä.

Uudisrakentamisen myötä lisääntyy myös hulevesien määrä. Mikkelin kasvualueita ovat Visulahti, Karilan alue, Riutan alue, Kirkonvarkauden eteläpuolinen osa, Salosaaren länsiranta, Tusku, Raviradan alue sekä Pitkäjärven alue. Yleiskaavoja laadittaessa on tarpeen tehdä hulevesien käsittelysuunnitelma ja varata käsittelylle alueet. Kuvassa 15 on esitetty kaupungin taajama-alueen lähistöllä omistamat maat sekä valtatie 5:n uusi linjaus.



Fosforipitoisuuden on todettu vähintään kaksinkertaistuvan jokireitillä Naistingista Satamanlahteen, ja kuormitus tulee edelleen kasvamaan kaupunkirakenteen tiivistyessä (Mikkelin kaupungin hulevesiohjelma 2012-2017; luonnos, julkaisematon).

- jätevesipumppaamojen ja viemäriverkoston vuodot
- lentokentän pohjoispuolella sijaitseva teollisuusalue
- mahdolliset luvattomat lakaisujätteen ja lietepesien tyhjennyssakkojen tyhjennyspisteet sekä luvattomasti kitakaivoihin tyhjennetyt ylijäämävedet

Jätevesivuotoja sekä luvaton jätteen sijoittamista saattaa esiintyä myös muilla alueilla kuin 7-nimisen jokireitin valuma-alueella.

Suunnitteilla tai tekeillä olevia hulevesiin liittyviä toimia ovat:

- Mikkelin vesilaitos tekee vuoden 2014 aikana viemäriverkoston ylläpitoon varautumissuunnitelman, jolla pyritään vähentämään pumppaamovuotojen riskiä.
- Hulevesien hallintaa Mikkelin kaupunkikeskustan alueella tarkastellaan osana tulevan yleiskaavan taustaselvityksiä.
- Hulevesikuormitusta selvitetään tarkemmin Mikkelin keskustaajama-alueella osana Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden seurantaohjelmaa sekä erillisissä hankkeissa.

4.5.2 Käytettävissä olevat toimenpiteet

Hulevesien käsittelyssä voidaan käyttää seuraavia menetelmiä (Inha 2010, Hulevesiopus 2012):

- johtaminen
 - viherpainanteet
 - rakennetut kanavat ja norot
 - kivetyt painanteet ja kourut
- vähentäminen
 - imeytyskaivannot, -painanteet ja -ojat
 - läpäisevät päällysteet
 - viherkatot
- viivyttäminen
 - hulevesilammikot
 - viivytyksaltaat, -painanteet ja -kaivannot
 - hulevesikosteikot
- muut käsittelyt
 - öljynerottimet
 - suodatinkaivot
 - kaivosuodattimet

4.5.3 Suositellut toimenpiteet

Mikkelin kaupungin hulevesiohjelmassa on käyty läpi hulevesien käsittelyn tavoitteet ja toimenpiteet, joten niitä ei ole tarpeen kerrata tässä suunnitelmassa. Seuraavassa on nostettu esiin joitakin esimerkkejä toimenpiteistä sekä yksittäisiä toimenpiteitä, joita ei ole mainittu hulevesiohjelmassa.

7-niminen joki

7-nimisellä jokireitillä sijaitsevassa *Hanhilammessa* on aloitettu jatkuvatoiminen veden laadun mittaus sekä tarkennettu vesinäytteenotto, joilla pyritään selvittämään, ovatko satunnaiset korkeat ulosteperäisten bakteerien esiintymispiikit sateiden aikaisten hulevesien aiheuttamia vai esimerkiksi pumppaamojen vuodoista johtuvia. Erityisesti tulee selvittää, voiko alueelle johdettavista hulevesistä ym. syistä johtuvalla Hanhilammen vedenlaadun vaihtelulla olla vaikutusta vedenhankintaan.

Pankalammella sijaitsee EU-uimaranta, jonka vuoksi lammen ekologinen tila on luokiteltava. Lammen tila on luokiteltu välttäväksi, joten tilan parantamiseksi lampeen tulevaa kuormitusta tulisi vähentää.

7-nimiselle jokireitille on tarpeen laatia erillinen *toimenpideohjelma*, jonka avulla tunnistetaan ja selvitetään toisaalta aitojen hulevesien vaikutus, toisaalta pistemäiset kuormituslähteet, kuten jätevesipumppaamojen vikatilanteet ja luvattomat jätteiden sijoittamiset. Toimenpideohjelma on tarpeen mukaan yleistettävissä myös Ukonveden lähialueelle ja Urpolanjoen alaosan valuma-alueelle.

Lähemäen Ratinlampi

Lähemäelle on suunniteltu kaavoitettavaksi uutta rakennusaluetta Ratinlammen ympäristöön. Ratinlampi on erinomainen luontainen kosteikon tai pintavalutuskentän tyyppinen hulevesien käsittelypaikka. Ratinlammen vedet laskevat Satamanlahteen Saksalan kaupunginosan eteläpuolelle.

Kaihunlahti – Lokkiluhta

Valtatie 5 tiehankkeen välillä Pitkäjärvi – Asema rakennussuunnitelmaan sisältyy Mikkelin kaupungin hulevesien hallinnan parantamissuunnitelma Kaihun ja Aseman eritasoliittymien kohdalla. Suunnitelman mukaan Kaihunlahteen johdetut kaupunkialueen hulevedet tullaan johtamaan Lokkiluhdalle ja edelleen Savilahteen. Lokkiluhta toimii hulevesien viivästysaltaana. Valtatie 5:n luiskien hulevedet johdetaan suoraan Saimaaseen. Hulevesijärjestelyt alueella vähentävät pohjaveden pilaantumisriskiä Pursialan pohjavesialueella.

Visulahti

Visulahden alueelle ollaan suunnittelemassa uutta asutusaluetta. Koska Visulahteen kohdistuva vesistökuormitus on kriittisellä tasolla, on tärkeää, että hulevesien aiheuttama kuormitus ei kasva nykyisestä. Maankäytön suunnitteluun on sisällytettävä alusta alkaen hulevesien käsittelysuunnitelmat ja ne on toteutettava ennen rakentamisen aloittamista. Visulahden rannalle on jo rakennettu kosteikkotyyppinen hulevesiallas vuosina 2011-2012.

Valtatie 5 parantamisesta välillä Tuppurala-Vehmaa on laadittu tiesuunnitelma vuonna 2012. Suunnittelualueella tielinjaus kulkee Holminojan, Kapakanojan ja Myllyjoen valuma-alueiden läpi. Vedet virtaavat pienvesiä myöten Visulahteen. Merkittävimmät haitalliset vaikutukset aiheutuvat todennäköisesti vesistönylityksistä, joista merkittävin on Myllylammen ylitys. Tielinja kulkee myös Ekslammen välittömässä läheisyydessä. Vaikutuksia saattaa esiintyä myös Loukionlammessa. Merkittävimmät haitat todennäköisesti aiheutuvat rakennusaikaisesta toiminnasta.

Kun Liikennevirasto tekee tarkemman VT5 -rakennussuunnitelman, tulisi Visulahteen kohdistuva valuma-alue huomioida mahdollisimman hyvin tehokkaina vesiensuojelutoimina mm. kiintoaine-, ravinne- ja samennushaittojen vähentämiseksi. Hulevesien käsittelyratkaisut on toteutettava ennen rakentamisen aloittamista. Työnaikaiset käsittelysuunnitelmat ja -ohjeet tulee laatia sellaisten tilanteiden varalle, joissa joudutaan patoamaan kivi- ja savipölyä.

5. OSA 3. JÄRVIALTAISSA TOTEUTETTAVAT TOIMENPITEET

5.1 Vesikasvien vähentäminen

5.1.1 Alustavat niittokohteet

Vesikasvien niiton tavoitteena on

- veden vaihtuvuuden parantaminen ja umpeenkasvun estäminen
- virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen erityisesti taajamien lähellä
- kalojen lisääntymis- ja elinalueiden parantaminen
- fosforin poisto kasvimassan mukana

Kalaston hoidon kannalta harvojen ilmaversoiskasvustojen tai kelluslehtisten vesikasvien poisto ei ole järkevää, vaan lisääntymis- ja elinalueiden kunnostus tulisi suunnata hauen osalta ylitiheisiin ilmaversoiskasvustoihin. Ylipäänsä kasvillisuusrantojen laajamittainen niitto ei ole rehevissä vesissä suositeltavaa, koska vesikasvillisuus sitoo ravinteita ja vähentää sedimentin resuspensiota (Horppila & Nurminen 2003).

Mikkelin alapuoliselle Saimaalle on tehty vesikasvien niittotarvekartoitus vuonna 2011 (Remonen 2011) ja sen pohjalta valituille kohteille luontoarvoselvitys vuonna 2012 (Suonio 2012). Niittotarveselvityksen kohteet sekä alustavat niittokohteet on esitetty kuvan 16 kartassa. Alustavia niittokohteita on kaikkiaan noin 22 ha alalla, ja poistettava kasvillisuus on järviruokoa.

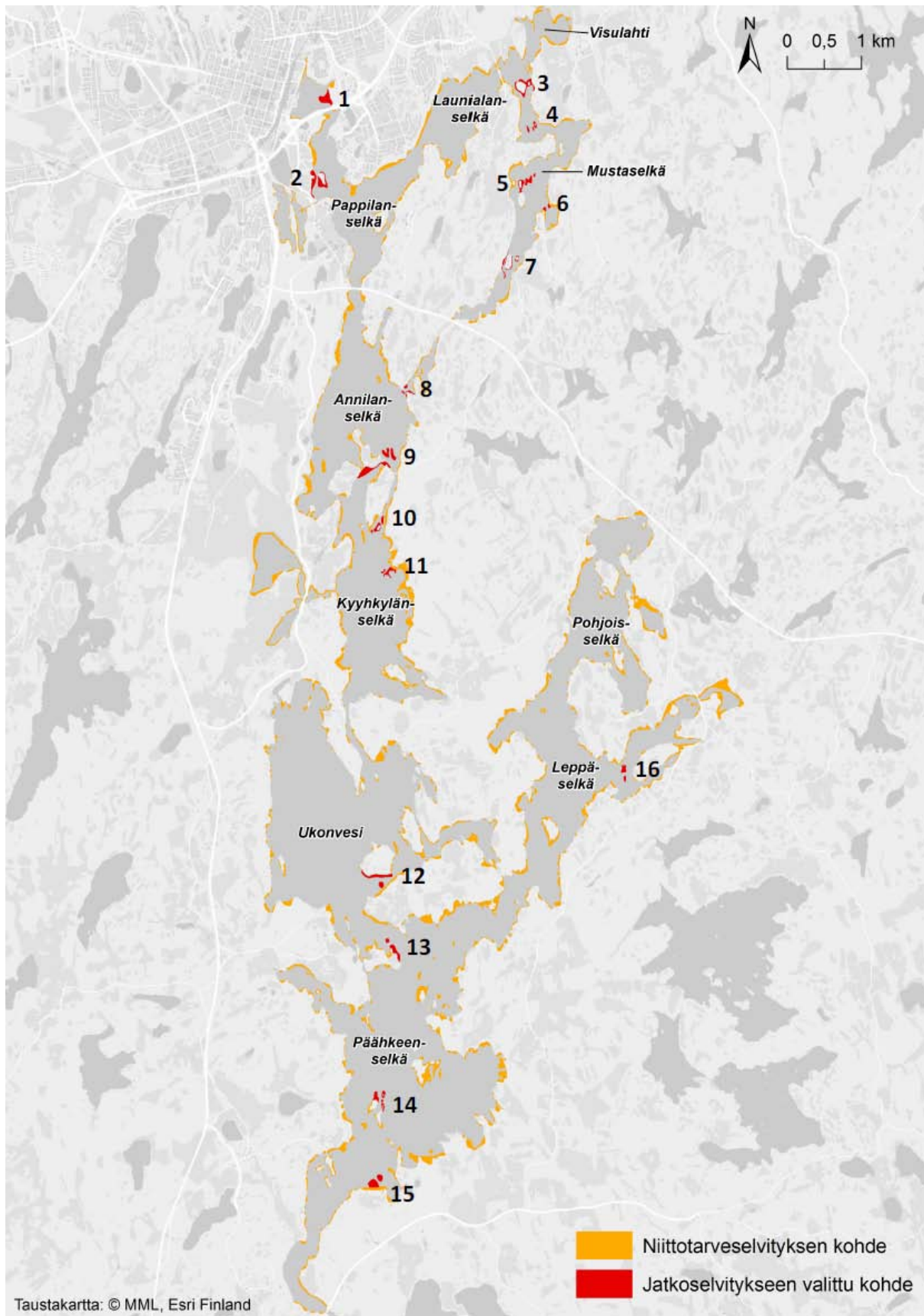
5.1.2 Niittokohteiden valinta ja niittojen toteuttaminen

Vesikasvien vähentämisen pääkohteeksi on tässä valittu Siikasalmen yläpuolinen vesialue eli alue, jolla veden laadun parantamiseen on eniten tarvetta. Ensisijaisiksi niittokohteiksi on valittu lähinnä ne, joissa niitoilla on mahdollista parantaa veden virtausta. Osa niittotarveselvityksen kohteista on varsin matalia, ja vaatisivat veden virtauksen parantamiseksi niiton lisäksi ruoppauksia. Näiden kohteiden kunnostustyö ei ole kustannustehokasta.

Mikkelin sataman, Pappilanselän (Aitosaari-Kenkävero), Visulahden ja Annilanselän kohteissa niitoilla on merkitystä myös virkistyskäytön ja maisemallisten tekijöiden kannalta. Taulukossa 23 on esitetty kohteiden pinta-alat ja priorisointi. Ensisijaisten kohteiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 14 ha.

Taulukko 23. Mikkelin alapuolisen Saimaan niittokohteet ja niiden priorisointi: 1) ensisijainen niittokohde, 2) toissijainen kohde, niittoja voidaan harkita myöhemmin. Kohteiden numerointi vastaa karttakuvan 8 numerointia.

Vesialue	Kohde nro	Kohteen nimi	Pinta-ala ha	Priorisointi
Mikkelin satama	1	Savilahti	1,85	1
Pappilanselkä	2	Aitosaari	2,46	1
Visulahti	3	Heinäsaari-Kielosaari	1,65	1
Mustaselkä	4	Kotiranta-Suvantola	0,54	1
	5	Laitsaari	1,38	1
	6	Pitkälähti	0,31	1
	7	Mustasaari	0,83	1
Annilanselkä	8	Kuivalahti	0,59	1
	9	Annilansaari-Pynnönsaari-Ajosaari	3,50	1
	10	Hirmulanlahti	0,90	1
Kyyhkylänselkä	11	Savilahti	0,79	2
Ukonvesi	12	Papinsaari	1,97	2
Leppäselkä	13	Heinälahti	0,79	2
Päähkeenselkä	14	Päähkeensaari	1,35	2
	15	Heinäpää-Kangassaari	1,38	2
	16	Hankataipaleenlahti	1,86	2



Kuva 16. Mikkelin alapuolisen Saimaan niittotarveselvityksen kohteet sekä jatkoselvitykseen valitut kohteet.

Niittoja tehtäessä on otettava huomioon luontoarvoselvityksessä esitetyt suojeltavia lajeja koskevat havainnot. Ruovikon epäsäännöllisyys ja mosaiikkimaisuus on eduksi monille ruovikkolajeille kuten linnuille, sudenkorennoille ja viitasammakolle sekä hauen kutualueiden parantamisen kannalta. Mutkittlevaa ja avovesilampareita jättävää leikkuutapaa olisi hyvä suosia siellä missä se on mahdollista. Myös ympäristöstä poikkeavan kasvillisuuden säilyttäminen lisää monimuotoisuutta eri lajien elinympäristönä.

Pääosin ruovikoiden niitto selvitysalueella ei uhkaa suojeltavaa lajistoa tai luonnon monimuotoisuutta. Havaituilla viitasammakon elinalueilla (Kuivalahti, kohde 8 ja Annilansaari-Pynnönsaari-Ajosaari, kohde 9) ja ruskosuohaukan pesintäpaikassa (Annilansaari-Pynnönsaari-Ajosaari, kohde 9) tulee luontoarvot kuitenkin huomioida vesikasvien niiton toteutuksessa (Suonio 2012).

Vesikasvien niitot tulee tehdä mieluiten loppukesällä, kun kasvusto on täysin kehittynyt, mutta ennen kuin se alkaa syksyllä kuihtua ja ravinteet siirtyä juuristoon. Loppukesällä tehty niitto ei myöskään haittaa lintujen pesimistä.

Niittojen suunnittelu ja toteuttaminen tarjoaa osakaskunnille ja mökkiläisille sopivan tavan osallistua vesistön hoitoon. Niitot voidaan toteuttaa osakaskuntien johdolla ja heidän asiantuntemustaan mm. kalojen kutualueista voidaan käyttää niittoalueiden tarkempaan rajaukseen.

5.1.3 Niittojen kustannukset

Järviruokoa niittämällä voidaan poistaa typpeä 50 kg/ha ja fosforia 4,5 kg/ha (Komulainen ym. 2004). Etelä-Savon työllisyystöitä koskevan kustannustiedon (Reijo Lähtenmäki, julkaisematon tieto) sekä urakoitsijoiden hintatietojen perusteella niiton kustannusten voidaan arvioida olevan noin 450 €/ha. Tämän lisäksi on huomioitava töiden suunnittelukustannukset, arviolta noin 100 €/ha. Poistetun fosforikilon hinnaksi tulisi näin ollen 125 €.

Niitto on tehtävä useampana vuonna peräkkäin, jotta kasvuston poistaminen jää pysyväksi. Taulukossa 24 on arvioitu niiton kokonaiskustannuksen kolmena peräkkäisenä vuonna. Laskelmassa on käytetty 3 %:n indeksikorotusta.

Taulukko 24. Kasvimassan mukana poistuvan fosforin määrä sekä niiton kustannukset Mikkelin alapuolisella Saimaalla kolmena peräkkäisenä vuonna.

	Poistuva fosfori kg (14 ha)	Niiton kokonaiskustannukset (14 ha)
1. vuosi	63	7 700 €
2. vuosi	63	7 900 €
3. vuosi	63	8 200 €
Yhteensä	189	23 800 €

5.2 Poistokalastus

5.2.1 Suunnittelualueen soveltuvuus poistokalastukseen

Osa-aitaiden hydrologis-morfologisten ominaisuuksien ja aiemmin harjoitetun uittotoiminnan perusteella Mikkelin alapuolisen Saimaan hoitokalastukset tulisi tehdä pääasiassa rysällä (liite 6). Useimmilla osa-aitailla nuottakalastus voitaisiin aloittaa vasta apajapaikkojen kartoituksen ja niiden mahdollisen raivauksen jälkeen. Suunnittelualueella ensimmäiset nuottauskelpoiset alueet sijaitsevat Ukonselällä (Lähtenmäki 2013, suullinen tiedonanto).

Suunnittelualueen pinta-ala on verrattain suuri, joten poistokalastusta ei ole mahdollista toteuttaa yhtä aikaa kaikilla osa-alueilla. On kuitenkin huomattava, että mikäli poistopyyntialue rajataan liian pieneksi, sen ulkopuolelta vaeltavat kalat saattavat heikentää vaikutusten pysyvyyttä. Karttatarkastelun perusteella tärkein kalastoa jakava alue on Siikasalmi, jonka alapuolella avautuvat ensimmäiset suuremmat selkävedet. Tämän perusteella poistopyyntialueena voisi olla siten joko Siikasalmen yläpuolinen (Visulahti-Kyyhkylänselkä) tai sen alapuolinen (Ukonsekä-Päähkeenselkä, Leppäselkä) alue.

Nykyhetkellä ulkoinen kuormitus on vaarallisen kuorman ylittävällä tasolla Visulahden ja Kyyhkylänselän välisellä alueella, mutta lähellä sallitun kuorman tasoa Ukonveden-Päähkeenselän ja Pohjoisselän-Leppäselän alueella. Ennalta arvioiden hoitokalastusten vaikutusten pysyvyys olisi parhain vähiten kuormitetuilla osa-aitailla Siikasalmen eteläpuolella.

Hoitokalastuksella voidaan vähentää veden klorofylli- ja fosforipitoisuutta sekä kasvattaa jossakin määrin veden näkösyvyyttä. Siikasalmen alapuolisella alueella valuma-alueelta tuleva kuormitus laimenee suurempaan vesimassaan ja veden ravinnepitoisuudet ovat jo nykyhetkellä pääosin hyväksyttävällä tasolla. Tämän lisäksi veden näkösyvyys on siellä huomattavasti suurempi kuin pohjoisilla osa-aitailla, jotka ovat rehevämpiä ja vastaanottavat enemmän humuskuormitusta. Siikasalmen yläpuolisen alueen ekologinen tila on tyydyttävä. Hyvä ekologinen tila tulisi saavuttaa vuoteen 2021 mennessä. Vedenlaadulle ja ekologiselle tilalle asetettujen tavoitteiden kannalta järven sisäiset toimet olisivat tarpeellisia erityisesti Siikasalmen yläpuolisella alueella (taulukko 25).

Kalatalouden harjoittamisen kannalta Mikkelin alapuolisen Saimaan osa-aitaiden välillä on selviä eroja. Siikasalmen eteläpuolisella alueella kalastossa esiintyy muikkua, joka on merkittävän pyynnin kohteena. Visulahden ja Kyyhkylänselän välisellä alueella muikun merkitys saalislajina on nykyhetkellä kuitenkin vähäinen. Koekalastusten perusteella saatiin viitteitä siitä, että kalaston särkikalavaltaisuus vähenee ja petokalojen osuus kasvaa pohjois-etelä-suunnassa (liite 6). Kalaston rakenteen muuttamisen tarve on suurempi Siikasalmen yläpuolisella kuin sen alapuolisella alueella.

Suurin osa suunnittelualueen asutuksesta on keskittynyt Siikasalmen yläpuoliselle alueelle, mutta kalastus on voimallisempaa Siikasalmen eteläpuolella. Mikäli hoitokalastuksella saataisiin muutettua esimerkiksi kalaston rakennetta tai vedenlaatua, pohjoisten osa-aitaiden virkistysarvo saattaisi kasvaa nykyisestä huomattavasti.

Siikasalmen yläpuolisella alueella merkittävä pohjavesialue rajautuu Surnuihin, joihin kohdistuu merkittävää ravinnekuormitusta valuma-alueelta. Järvissä on havaittu happikadoista johtuvia kalakuolemia, joiden mahdollisesti haitallista vaikutusta pohjaveden laatuun voitaisiin vähentää riittävän tehokkaalla poistokalastuksella. Surnuilla saattaa olla merkitystä myös kaloja keräävänä alueena, joten tältäkin osin se olisi perusteltua ottaa huomioon poistokalastettavia alueita valittaessa.

Suunnittelualue on pinta-alaltaan melko laaja ja se koostuu ominaisuuksiltaan sekä kuormitukseltaan erilaisista osa-aitaista. Käytettävissä olevien tietojen perusteella hoitokalastuksen tarve on suurin Visulahdesta Kyyhkylänselkään ulottuvalla alueella. Nykytilanteessa poistokalastuksen vaikutusten pysyvyys on siellä kuitenkin heikompi kuin vähemmän kuormitetuilla alueilla Ukonvedellä, Päähkeenselällä tai Leppäselällä. Lähivuosina Siikasalmen yläpuolisen alueen ulkoisessa kuormituksessa ei ole näkyvissä sellaisia muutoksia, jotka mahdollistaisivat pysyvien kalasto- ja vedenlaatuvaikutusten saavuttamisen verrattain lyhytkestaisen poistokalastushankkeen avulla.

Taulukko 25. Yhteenveto Siikasalmen yläpuolisen ja alapuolisen alueen soveltuvuudesta hoitokalastukseen eri tekijöiden osalta. Kaksi ensimmäistä tekijää kuvaavat nykytilaa, muut tekijät potentiaalia. + = soveltuu varauksin, ++ = soveltuu hyvin, - = soveltuu heikosti

Tekijä	Visulahti- Kyyhkylänselkä	Ukonvesi- Päähkeenselkä, Leppäselällä
Altaiten morfologia ja ominaisuudet	+	++
Kuormitustaso	-	++
Vedenlaadun parantaminen	++	+
Kalaston rakenteen muuttaminen	++	+
Kalastuksen monipuolistuminen	++	+
Virkistyskäytön lisääntyminen	++	+
Alueen vetovoiman kasvu	++	++
Vesienhoidon tavoitteet	++	-

SWOT-analyysi

Poistokalastussuunnitelmaa varten on pyritty keräämään mahdollisimman kattavasti paikallista seuranta- ja tutkimustietoa. Poistokalastushankkeen käytännön toteuttamista ja sen tavoitteiden saavuttamista edesauttaa alueen toimijoiden vahva käytännön kokemus vastaavista hankkeista (taulukko 26).

Hoitokalastushankkeen tavoitteiden saavuttamisen ja vaikutusten pysyvyyden kannalta merkittävimmät uhkatekijät ovat korkea ulkoinen kuormitus ja pyyntimenetelmiin liittyvät rajoitteet. On epävarmaa, pystytäänkö pelkästään rysäpyynnillä poistamaan riittävästi pienikokoista särkikalaa, jolla on todennäköisesti merkittävin vaikutus ravintoverkon toimintaan ja vedenlaatuun.

Jos poistokalastushanke halutaan aloittaa jo lähitulevaisuudessa, tulisi toimijoiden olla valmiita sitoutumaan siihen pitkäjänteisesti (jopa >10 v). Lyhyellä hankkeella ei todennäköisesti saavuteta pysyviä vaikutuksia, mikäli kuormitus ei laske nykytasosta selvästi. Ainoa lähivuosina varmuudella toteutuva vesiensuojeluinvestointi on uuden jätevedenpuhdistamon rakentaminen. Vaikka uuden jätevedenpuhdistamon myötä erityisesti Pappilanselän-Launialanselän alueen fosforikuormitus alenee selvästi, jää ulkoinen kuormitus ilman valuma-alueen lisätoimenpiteitä (maa- ja metsätalouden vesiensuojelu) edelleen kriittisen tason yläpuolelle.

Tavoitteiden saavuttamisen kannalta olisi tärkeää, että vesialueen omistajat olisivat osallista valmiita sitoutumaan järven hoitotoimiin. Rikkonaista vesialueiden omistusta tulisi yhtenäistää. Osakaskuntien ja järjestäytymättömien vesialueiden yhdistäminen laajemmiksi kokonaisuuksiksi toisi synergiaetuja esim. kalavesien hoidon järjestämistä ajatellen. Poistokalastushankkeen vaikutusten pysyvyyden kannalta olisi edullista, jos vesialueen omistajat voisivat osallistua tehokalastuksen jälkeen kalaston rakenteen ylläpitoon.

Taulukko 26. Poistokalastuksen SWOT-analyysi.

<u>Vahvuudet</u>	<u>Mahdollisuudet</u>
- Poistokalastussuunnitelmassa on hyödynnetty ensisijaisesti suunnittelualueelta kerättyä tietoa - Maakunnassa on vahvaa osaamista tehokalastusten toteuttamisesta	- Veden kirkastuminen, levähaittojen väheneminen ja kalaston rakenteen myönteiset muutokset - Järven virkistysarvon ja alueen kiinteistöjen arvon kasvu - Kalastusmatkailun kehittyminen
<u>Heikkoudet</u>	<u>Uhat</u>
- Pyyntimenetelmiin liittyvät rajoitteet sekä korkea ulkoinen kuormitus vaikeuttavat hankkeen tavoitteiden saavuttamista lähitulevaisuudessa - Kalavesien omistus edelleen pirstaleista	Vaikutukset jäävät lyhytaikaisiksi tai odotettua vähäisemmiksi, jos ulkoinen ravinnekuormitus ei laske riittävästi, saalistavoitteita ei saavuteta tai pienikokoisten särkikalajien määrää ei voida vähentää merkittävästi

5.2.2 Ehdotus poistokalastuksen toteuttamiseksi

Poistokalastus toteutetaan tehokalastuksena, jonka tavoitteena on vaikuttaa ravintoverkoon ja pohjasedimentistä vapautuvien ravinteiden määrään vähentämällä särkikalojen biomassaa voimakkaasti kolmen vuoden aikana. Tehokalastuksen jälkeen siirrytään useita vuosia kestävään ylläpitovaiheeseen. Toimenpiteet kohdistetaan suunnittelualueella Siikasalmen yläpuoliselle alueelle.

Toteuttaminen ja kustannukset

Tehokalastus kohdistetaan ensisijaisesti särkikaloihin. Ennalta arvioiden saaliissa esiintyvät runsaimpina lahna, särki ja salakka, joilla on myös suurin merkitys ravintoverkon toiminnan ja biomanipulaation onnistumisen kannalta. Saaliissa tulee esiintymään myös jonkin verran ahventa, kuoretta ja kiiskeä. Saalis otetaan talteen kokonaisuudessaan, mutta petokalat (hauki, kuha, made, taimen, kookas ahven) ja lohikalat (siika) vapautetaan. Petokaloiksi luetaan myös yli 15 cm mittaiset ahvenet. Koska hoitokalastushankkeen aikana saattaa muodostua erittäin runsaita särkikalojen vuosiluokkia (ns. baby boom), kaikkien petakalojen vapauttaminen on tärkeää, jotta luontainen saalistuspaine pysyisi mahdollisimman korkeana.

Tehokalastusvaihe toteutetaan ensisijaisesti rysillä, mutta mahdollisuuksien mukaan myös nuotalla. Rysäpyynti keskitetään touko-kesäkuuhun ja tarvittaessa sitä jatketaan syksyllä. Rysäkalastuksen vuosittainen saalistavoite voidaan saavuttaa suurelta osin jo keväällä, mikäli pyynnissä on noin kymmenen hoitokalastusrysää kuukauden ajan. Nuottakalastuksen toteuttamismahdollisuuksia tulisi arvioida tarkemmin jo ennen hankkeen aloittamista, koska on todennäköistä, että pelkästään rysäpyynnillä ei voida vähentää riittävästi pienikokoisten särkikalojen määrää.

Visulahden ja Kyyhkylänselän väliseltä alueelta tulisi poistaa kolmen tehopyyntivuoden aikana särkikaloja vähintään 170 kg vesihehtaaria kohden eli yhteensä noin 45000-55000 kg vuodessa (taulukko 27). Ylläpitovaiheessa tavoiteltava saalis olisi vähintään 23000 kg vuodessa. Kokonaissaalistavoitteista ei tulisi ilman vahvoja perusteita tinkiä. Myöskään poistokalastettavan alueen pienentämistä ei lähtökohtaisesti suositella. Tehokalastukset tulisi tehdä hoitokalastusammattilaisten toimesta, mutta ylläpitovaiheessa myös kalavesien omistajien rooli voisi olla merkittävä.

Taulukko 27. Poistokalastuksen suuntaa antavat saalistavoitteet, pyyntikustannukset ja poistuvan fosforin määrä vuosittain eri osa-alueilla. Esitetyt saalistavoitteet minimivaatimuksia. Pyyntikustannukset noin 0,75 €/kg + 2 % vuotuinen inflaatiokorotus. Hankkeen kokonaiskustannuksiin on sisällytetty hoitokalastuksen perusseuranta ja vedenlaadun tehostettu seuranta (ks. luku 5.2.5.) sekä raportointi, mutta ei mahdollisia hallinnointikustannuksia (hoidetaan virkatyönä).

	1. vuosi (60 kg/ha)	2. vuosi (60 kg/ha)	3. vuosi (50 kg/ha)	4.-8. vuosi (25 kg/ha a, välivuotia)
Saalistavoite (kg)				
Visulahti-Mustaselkä	11800	11800	9600	4800
Pappilanselkä-Launialanselkä	14900	14900	12200	6100
Annilanselkä	12100	12100	9900	5000
Kyyhkylänselkä	12800	12800	10500	5200
Iso- ja Pieni-Surnu	3400	3400	2800	1400
Saalistavoite yhteensä (kg)	55000	55000	45000	22500
Poistuva fosforin määrä (kg)	440	440	360	180
Pyyntin kustannukset (€)	41000	42000	35000	19000
Hankkeen kokonaiskustannukset (€)	51000	52000	45000	26000

Pyyntin kustannukset ovat tehokalastusvaiheessa 35000-41000 € vuodessa ja tilaa ylläpitävässä hoitovaiheessa noin 23 000 € vuodessa. Pyyntin ohella hoitokalastushankkeelle aiheutuu kustannuksia seurannasta, raportoinnista, hankkeen hallinnoinnista ja tiedotuksesta. Saaliiden perusseuranta ja vedenlaadun tehostettu seuranta ovat ensisijaisia keinoja seurata hoitokalastuksen vaikutuksia kalastoon. Pelkästään hoitokalastajan suorittama saaliskirjanpito ei vielä riitä kalastomuutosten todentamiseen, vaan siihen tarvitaan myös yksityiskohtaisempaa mittaustietoa. Saalisseurannan toteuttamistavasta riippuen sen kustannukset voivat vaihdella huomattavasti. On kuitenkin varauduttava siihen, että teho-
pyyntin aikana saaliiden seurannasta ja raportoinnista aiheutuu kustannuksia ainakin noin 8000 euroa vuodessa. Vedenlaadun tehostettu seuranta (klorofylli-a ja kokonaisfosfori, 3 ylim. näyttekertaa) tulisi maksamaan noin 1800 €/vuodessa ja eläinplanktonseuranta noin 6700 € vuodessa (4 krt/vuosi, 6 aluetta).

Ennen hoitokalastusten aloittamista tulisi vakavasti harkita myös laajemman kalastoselvityksen tekoa, jotta kalaston koostumuksesta ja runsaudesta saataisiin edustava kuva hanketta edeltävältä ajalta. Kaikuluotauksella ja koekalastusverkoilla tehtävän kertaluonteisen selvityksen kokonaiskustannus on noin 25 000 euroa.

Hankkeen ajoittaminen ja kesto

Poistokalastushankkeen vaikutusten pysyvyys riippuu ennen kaikkea ulkoisen ravinnekuormituksen tasosta. Jos tehokalastus aloitetaan ulkoisen kuormituksen ollessa nykytasolla, otetaan merkittävä riski, että vedenlaatu ja kalasto palautuvat ennalleen pian hankkeen lopettamisen jälkeen. Valuma-alueella maa- ja metsätalouden vesiensuojelutoi-

menpiteiden toteutumisen tasoa ja ajankohtia on vaikea ennustaa. Vapaaehtoisuuteen perustuvat parannukset valuma-alueen vesiensuojelussa tapahtuvat yleensä hitaasti. Vaikutusten pysyvyyden näkökulmasta tehokalastukset olisi perusteltua aloittaa aikaisintaan uuden jätevedenpuhdistamon valmistumisen jälkeen.

Poistokalastuksen toteuttamisen ajalliset vaihtoehdot:

Vaihtoehto 1: Poistokalastus aloitetaan mahdollisimman pian (v. 2014).

- Vaatii pitkäjänteisen sitoutumisen, mikäli ulkoinen kuormitus ei laske merkittävästi nykytilasta.
- Vaikutusten pysyvyys heikoimmillaan, joten ylläpitokalastusta joudutaan jatkamaan toistaiseksi.
- Esitetty saalistavoite saattaa olla liian alhainen

Vaihtoehto 2: Poistokalastus aloitetaan uuden jätevedenpuhdistamon käyttöönoton jälkeen.

- Poistokalastuksen vaikutusten pysyvyys on todennäköisesti nykyistä paremmalla tasolla.
- Hyvän ekologisen tilan saavuttamisen todennäköisyys suurempi kuin vaihtoehdossa 1.

Suunnittelualueen kalabiomassaa tai kalaston tuottokykyä ei tunneta tarkasti. Myöskään ulkoisen kuormituksen alenemisesta ei ole varmaa tietoa muutoin kuin uuden jätevedenpuhdistamon osalta. Edellä mainittujen epävarmuustekijöiden vuoksi poistokalastuksen tarvittavasta kestosta on vaikea antaa tarkkaa arviota. Optimistiseksi lähtökohdaksi voidaan ottaa hanke, jossa tehokalastusvaiheen kesto on kolme vuotta ja ylläpitovaiheen kesto vähintään viisi vuotta. Tehokalastuksen vaikutuksia tulee seurata vedenlaadun ja kalaston muutoksia. Mikäli esim. veden klorofyllipitoisuudessa, näkösyvyyydessä tai saaliin koostumuksessa ei havaita tavoiteltuja muutoksia tehokalastusvaiheen aikana, ylläpitovaiheeseen ei kannata vielä siirtyä. Tällöin vaihtoehdoiksi jää joko pyyntitehon kasvattaminen tai hankkeen keskeyttäminen.

Ylläpitovaiheen aikana poistokalastuksessa pidetään välivuosia, joiden avulla voidaan arvioida sitä, kuinka voimakkaasti kalasto ja vedenlaatu pyrkivät palautumaan kohti lähtötilaa (kuva 17).

Vaihtoehto 1 -tehokalastus aloitetaan vuonna 2014

Vaikutusten pysyvyys alkaa parantua ==>											
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
T	T+K	T	T+(K)	T+JVP	T	K	H				K

Vaihtoehto 2 -tehokalastus aloitetaan vasta uuden jvp:n valmistumisen jälkeen

Vaikutusten pysyvyys alkaa parantua ==>											
2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
JVP+T	T	T+K	T+H	T+(K)	T		K				

	Tehokalastusvaihe	JVP	Jätevedenpuhdistamon arvioitu valmistumisvuosi
	Ylläpitovaihe	K	Kalataloustarkkailun verkkokoekalastukset
	Välivuosi	(K)	Mahdollinen ylimääräisen koekalastuksen toteuttamisvuosi
H	Hyvä ekologinen tila saavutettava	T	Tehostettu vedenlaadun seuranta

Kuva 17. Poistokalastushankkeen mahdollinen eteneminen vaihtoehtoissa 1 ja 2.

Tehokalastuksen arvioidut vaikutukset

Särkikalojen biomassan riittävän voimakas vähentäminen mahdollistaa suurikokoisen eläinplanktonin runsastumisen, joka säätelee tehokkaasti kasviplanktonin määrää. Tästä seuraava leväsamennuksen väheneminen näkyy erityisesti veden näkösyvyyden kasvuna. Tehokalastuksen myötä myös pohjasedimentistä veteen vapautuvien ravinteiden määrä vähenee. Tehokalastuksen vaikutus ei näy välttämättä huomattavana veden fosforipitoisuuden tai klorofyllipitoisuuden alenemisena, vaan enemmänkin kasviplanktonin biomassassa ja lajikoostumuksessa, jonka seurauksena esimerkiksi haitallisten sinileväkukintojen todennäköisyys pienenee (taulukko 28).

Ehdotetun poistokalastuksen vedenlaatuvaikutukset ovat ennalta arvioiden suurimmat Visulahden ja Mustaselän alueella. Mikäli saalistavoitteet saavutetaan, veden fosforipitoisuus voi alentua 5-10 %. Klorofyllipitoisuudessa havaittava alenema on luultavasti tätä suurempi, arviolta 15-20 % lähtötasoon nähden. Pohjoisimmilla osa-alueilla, kuten Visulahdes- sa, veden humuspitoisuus saattaa jossakin määrin peittää leväsamennuksen vähenemisestä seuraavaa veden kirkastumista.

Tehokalastuksen vaikutusten pysyvyys riippuu ensisijaisesti ulkoisen kuormituksen tasosta, mutta merkittävästi myös eliöyhteisön rakenteesta. Jo tehokalastuksen aikana saattaa syntyä hyvin runsaita särjen vuosiluokkia, jotka heikentävät merkittävästi saavutettua vedenlaatua. Tehokalastuksen jälkeen tulisi pystyä ylläpitämään saavutettua tilaa hoitokalastuksen avulla useiden vuosien ajan.

Taulukko 28. Ehdotetun poistokalastuksen arvioidut vaikutukset vedenlaatuun ja eliöstöön kohdealueella.

Tarkasteltava tekijä	Ennustettu muutos
Veden fosforipitoisuus	Alenee 5-10 %
Veden klorofylli-a -pitoisuus	Alenee 15-20 %
Näkösyvyys	Kasvaa <0,5 m (Huom. valuma-alueen humuskuormitus)
Eläinplankton	Suurikokoisten suodattajien määrä kasvaa merkittävästi
Kasviplankton	Pienikokoiset lajit runsastuvat, biomassaa alenee
Sinilevät	Ei massaesiintymiä hankkeen aikana
Kalaston rakenne	Särkikalojen osuus vähenee, petokalojen osuus kasvaa, lohikalojen elinolosuhteet paranevat
Ekologinen tila	Hyvän tilan saavuttamisen edellytykset paranevat

5.2.3 Poistokalastuksen tavoitteita tukevat toimenpiteet

Petokalakannat säätelevät luontaisesti särkikalojen määrää. Kun kalaston rakenne on viinoutunut ja kalastus kohdistuu pääasiassa petokaloihin, luontainen saalistuspaine on usein liian pieni säädelläkseen särkikalojen määrää. Erään arvion mukaan n. 25 - 30 %:n petokalojen osuus kalaston biomassasta riittäisi säätelämään särkikalakantoja (Mehner ym. 2004). On mahdollista, että suunnittelualueella petokalojen runsaus ei ole vielä tasolla, joka pystyisi estämään merkittävästi särkikalakantojen runsastumista.

Petokalakantojen tilaa voidaan kohentaa petokalaistutuksin, lisääntymis- ja elinalueita kunnostamalla tai kalastuksensäätelystä kehittämällä. Suunnittelualueella esiintyviä, kalastuksen kohteena olevia petokaloja ovat hauki, kuha, made, ahven ja taimen. Järvialtaissa voitaisiin harkita tukitoimenpiteinä lähinnä kuhaistutusten lisäämistä (liite 7). Taimenistutusten suunnittelussa tulisi puolestaan huomioida Mikkelin kaupungin alueella sijaitsevat virtavedet (mm. Urpolanjoki), joissa on todettu taimenen luontaista lisääntymistä.

Vesikasvien niitosta saattaisi olla hyötyä tilanteessa, jossa rantavyöhykkeen ilmaversoiset vesikasvit muodostavat ylitieheitä kasvustoja vähentäen haulle soveltuvien habitaattien pinta-alaa. Lisääntymis- ja elinalueiden kunnostukseen tähtäävä niitto toteutettaisiin kevyesti vesikasvillisuusvyöhykkeen rikkonaisuutta lisäämällä. Laajoja yhtenäisiä alueita ei tulisi niittää. Nähtävästi vesikasvillisuus ei nykyhetkellä rajoita merkittävästi haukikannan kokoa suunnittelualueella. Pienimuotoista hauen elinympäristöjen parantamista voitaisiin kuitenkin tehdä esim. osakaskuntien toimesta sopiviksi katsotuilla alueilla.

Poistokalastushankkeen vaikutusten pysyvyyden kannalta olisi edullista, jos osakaskunnat voisivat jatkaa vähäarvoisen kalan pyyntiä hankkeen loppumisen jälkeen ainakin pienessä mittakaavassa. Ylipäänsä vähäarvoisena pidettyjen lajien kalastusta tulisi kaikin keinoin suosia. Ranta-asukkaiden ja kalastajien omaehtoiseen kalavesien hoitoon tulisi kannustaa. Esimerkiksi hoitokalastuspyydysten rakentamisesta voitaisiin järjestää kursseja. Mikkelin alapuolisella Saimaalla voitaisiin myös järjestää erityinen särkikalojen katiskapyyntikilpailu, jolla alueen vesienhoidolle saataisiin positiivista medianäkyvyyttä. Edellä kuvattujen toi-

menpiteiden toteuttaminen edellyttää alueen osakaskuntien yhdistymistä vesien hoidon kannalta riittävän suuriksi kokonaisuuksiksi.

Poistokalastuksen tukitoimenpiteitä:

- *Kalastuksensääntely (solmuvälirajoitukset, ala- ja ylämitat)*
- *Petokalaistutukset*
- *Vähäarvoisten kalojen pyyntiin kannustaminen (osakaskuntien rooli!)*
- *Hauen elinalueiden kunnostukset varauksin*

Tehokalastuksen kompastuskivet ja vaihtoehdot

Järven ravintoverkon rakenteessa ja toiminnassa on merkittävää vesistökohtaista vaihtelua, joten myös vasteet erilaisiin häiriötekijöihin poikkeavat toisistaan. Laajoissa hoitokalastuksen vaikutuksia käsitelleissä tutkimuksissa on havaittu, että edes voimakkaalla kalaston harventamisella ei aina päästä pysyvään lopputulokseen. Tähän ovat voineet vaikuttaa mm. seuraavat tekijät:

- Ulkoinen kuormitus ylläpitää voimakasta perustuotantoa ja särkikalakantojen runsautta, jolloin lyhytkestoisen poistokalastuksen vaikutusten pysyvyys on jäänyt heikoksi
- Kalojen merkitys vedenlaatua säätelevänä tekijänä on osoittautunut ennakoitua vähäisemmäksi (esim. Hiidenveden sulkasääski-ongelma)
- Tehokalastus on johtanut nuorten särkikalojen voimakkaaseen runsastumiseen
- Vesistön kalabiomassaa, kalantuotantoa ja sen luontaista vaihtelua on aliarvioitu suunnitteluvaiheessa
- Esitettyihin saalistavoitteisiin ei ole päästy pyynnin ongelmien tai taloudellisten resurssien niukkuuden vuoksi

Koska perinteisellä tehokalastuksella ei ole aina päästy myönteiseen lopputulokseen, on poistokalastusmenetelmien kehittymisen kannalta edullista, että myös vaihtoehtoiset lähestymistavat ovat alkaneet vähitellen saada jalansijaa. Esimerkiksi ns. sääntelyhoitokalastuksen avulla on ajateltu voitavan vaikuttaa kalakannan rakenteeseen ja vedenlaatuun myönteisesti ilman, että kalastoa pyritään harventamaan mahdollisimman voimakkaasti. Suomessa tämän tyyppistä hoitokalastusta on kehittänyt hoitokalastusyrittäjä Kari Kinnunen (Niinimäki & Penttinen 2014).

5.2.4 Vaikutusten seuranta

Lähtötilanteen kartoitus

Siikasalmen yläpuolisen alueen kalabiomassaa on arvioitu viimeksi vuonna 1996. Alueelta on olemassa kalataloudellisten velvoitetarkkailujen koekalastustuloksia mm. vuodelta 2010, mutta pelkästään niiden pohjalta ei voida arvioida luotettavasti esim. alueen kalabiomassaa tai poistettavia kalamääriä. Syvänealueiden kalamäärät voitaisiin arvioida helpoimmin kaikuluotauksella. Koska kaikuluotauksella ei kuitenkaan saada tietoa syvänealueiden pintakerroksen tai matalien alueiden kalamäärästä, tulisi sen tukena käyttää verkkokoekalastusta. Kaikuluotaus tulisi toteuttaa ainakin kertaalleen kesäkerrostuneisuuden aikana. Nuottauksen tai troolauksen soveltuvuus kalabiomassan arviointiin on kyseenalainen alueen uittohistorian vuoksi.

Saaliiden perusseuranta

Hoitokalastusten vaikutuksia kalastoon seurataan ensisijaisesti saalis seurannan avulla. Ilman sitä hoitokalastuksen tuloksellisuuden arviointia ei voida tehdä luotettavasti. Hoitokalastuksen suorittajan velvollisuutena on tilastoida pyydys- ja kokukertakohtainen saalis lajeittain kalastuspöytäkirjaan. Kalastajan tulee pitää kirjata ylös myös pyydysten sijainti, pyyntisyvyys, veden lämpötila ja tiedot pyydyksen ominaisuuksista (tyyppi, mitat, perän harvuus jne.).

Kalastajan toteuttaman saalistilastoinnin lisäksi tarvitaan riittävä määrä valikoimattomia saalisnäytteitä, joiden perusteella voidaan arvioida eri saalislajien kappale- ja massamääräiset osuudet, saaliskalojen keskipaino sekä pituusjakaumat. Saalisnäytteet kerätään rysäkohtaisesti esim. joka toisella ja kolmannella kokukerralla. Nuottapyynnissä saalisnäytteet on syytä ottaa jokaisesta vedosta.

Vuosittaisessa seurantaraportissa tulee esittää yhteenveto seuraavista muuttujista:

- Hoitokalastuksen massamääräinen saalis (kg) ja yksikkösaalis (kg/pyyd.vrk) lajeittain eri pyydysten osalta
- Eri lajien keskipaino (g) saalisnäytteissä
- Kalojen pituusluokkajakaumat saalisnäytteissä
- Arvio hoitokalastuksen kappalemääräisestä saaliista lajeittain (saalisnäytteistä arvioituna)

Vuosiraportin liitteenä tulee esittää myös hoitokalastusten saalis kalastuspöytäkirjan merkintöjen tarkkuudella. Esimerkiksi rysäpyynnin yksikkösaaliille voidaan laskea hajontaluku ja vain, jos saaliit on kirjattu pyydys- ja kokukertakohtaisesti. Ensimmäisen poistokalastusvuoden jälkeisessä raportissa arvioidaan lähtötilannetta ja seuraavissa raporteissa kiinnitetään erityistä huomiota kalaston rakenteen muutoksiin. Mikäli alueella päädytään teke-

mään myös talvinuottauksia, tulisi raportissa tarkastella myös saaliin alenemaa, jotta saadaan käsitys syvänealueiden kalabiomassan mahdollisista muutoksista hankkeen aikana.

Hoitokalastuksesta riippumaton kalastoseuranta

Saalis seurannan lisäksi tarvitaan myös muuta kalastoseuranta, jonka avulla saadaan tietoa koko kalaston, ei pelkästään pyynnin kohteena olevien lajien suhteellisesta runsaudesta ja sen muutoksista. Yleensä tällaista seurantatietoa on kerätty verkkokoekalastusten ja kaiku-luotausten avulla. Suunnittelualueella on tehty viiden vuoden välein kalataloudelliseen velvoitetarkkailuun liittyviä verkkokoekalastuksia. Mikäli tarkkailujen rytmitys ei muutu, seuraavan kerran koekalastukset tehdään vuonna 2015. Velvoitetarkkailusta saatavia tuloksia tulee hyödyntää hankkeen vaikutusten seurannassa. Koska velvoitetarkkailujen väli on kuitenkin pitkä, tulisi verkkokoekalastuksia tehdä mahdollisuuksien mukaan useammin. Yhden verkkokoekalastusselvityksen lisääminen seurantaohjelmaan lisää hankkeen kustannuksia noin 13000 € toteutustavasta riippuen.

Tehostettu vedenlaadun seuranta

Mikkelin alapuolisella Saimaalla vedenlaadun seuranta on pääosin riittävällä tasolla hoitokalastusten vaikutusten todentamista varten. Selkeänä puutteena voidaan kuitenkin pitää sitä, että klorofylli-a -näytteitä ei oteta säännönmukaisesti kaikkina kesäkuukausina. Hoitokalastushankkeen aikana klorofylli-a- ja kokonaisfosforinäytteet tulisi ottaa kesä-, heinä-, elo- ja syyskuussa.

Hoitokalastuksen vaikutusten seurantaan voitaisiin sisällyttää myös määrävuosina tehtävät eläinplanktonselvitykset, joiden avulla saataisiin tietoa mm. poistopyynnin vaikutuksesta ravintoverkkoon. Ensimmäinen eläinplanktonselvitys tulisi tehdä mieluiten ennen poistokalastushankkeen aloittamista ja toinen selvitys viimeisenä tehokalastusvuonna.

Hoitokalastuksen vaikutuksia tulee seurata vähimmillään:

- Saaliskirjanpidon avulla
- Saalisenäytteiden avulla
- Tehostetun vedenlaadun seurannan avulla
- Mahdollisuuksien mukaan ylimääräisten verkkokoekalastusten avulla

5.2.5 Yhteenveto hoitokalastuksen toteuttamisesta

Tehokalastuksen avulla pyritään parantamaan Siikasalmen yläpuolisen alueen kalaston rakennetta ja vedenlaatua. Tehokalastuksella vaikutetaan järven ravintoverkon rakenteeseen ja hidastetaan järven sisäistä ravinnekiertoa. Poistokalastuksen onnistumiseksi tarvittava saalismäärä on ennalta arvioiden 170 kg/ha, joka tulisi pystyä poistamaan kolmen vuoden aikana (taulukko 29). Tämän jälkeen tarvitaan lisäksi saavutettua tilaa ylläpitävää hoitokalastusta, jota tulisi pystyä jatkamaan useita vuosia ulkoisen kuormituksen tasosta riippuen.

Taulukko 29. Yhteenveto poistokalastussuunnitelman toteuttamisesta

Tavoitteet:	Sisäisen kuormituksen vähentäminen, vedenlaadun parantaminen ja kalaston rakenteen muuttaminen
Toimenpiteet:	Tehokalastus: n. 170 kg/ha 3 vuodessa, sen jälkeen ylläpitovaihe 25-30 kg/ha vuodessa*
Kesto:	3 v tehokalastus + vähintään 5 v ylläpitävä hoitokalastus - Riippuu ulkoisen kuormituksen tasosta ja kalakannan tuottokyvystä
Yhtymäkohdat muihin hankkeisiin ja ohjelmiin:	- Pintavesien hoidon toimenpideohjelma - Mikkelin kaupunkikalastus-hanke
Reunaehdot:	- Ulkoisen kuormituksen tulisi laskea nykytasosta - Tehokalastukseen tulisi saada riittävä rahoitus - Pitkäjänteinen sitoutuminen hoitokalastukseen - Vesialueen osakaskuntien yhdistäminen riittävän suuriksi kokonaisuuksiksi
Keskeiset uhkatekijät:	- Vaikutusten pysyvyys heikko, mikäli ulkoinen kuormitus ei alene tai särkikalajien nuoret ikäryhmät runsastuvat voimakkaasti - Saalistavoitteita ei saavuteta
Tukitoimet:	- Petokalaistutukset - Kalastuksen säätely ja monipuolistaminen - Osakaskuntien yhdistyminen
Ravinteiden poistuma:	- Fosfori 350-450 kg / v** - Typpi 1200-1500 kg / v**
Kustannukset	n. 45000-52000 €/vuosi

*Ylläpitovaiheessa välivuotia, **Tehokalastusvaihe 60 ja 50 kg/ha a, typpipoistuma vain kaloihin sitoutunut määrä.

Mikkelin alapuolisen Saimaan hoitokalastus on mainittu lisätoimenpiteenä Etelä-Savon pintavesien hoidon toimenpideohjelmassa. Poistokalastushanke tukisi osaltaan myös Mikkelin kaupunkikalastus -hankkeen päämääriä.

Poistokalastushankkeen tavoitteiden saavuttamisen ja vaikutusten pysyvyyden kannalta merkittävin uhkatekijä on ulkoinen kuormitus. Näyttäisi siltä, että uuden jätevedenpuhdistamon rakentamisesta huolimatta fosforikuormitus tulee lähivuosina pysymään edelleen kriittisen tason yläpuolella. Ehdotetun poistokalastushankkeen vuotuiset kustannukset olisivat tehokalastuksen aikana noin 45 000- 52 000 euroa vuodessa ja ylläpitovaiheessa noin 19 000 euroa vuodessa.

5.3 Hapetus ja ilmastus

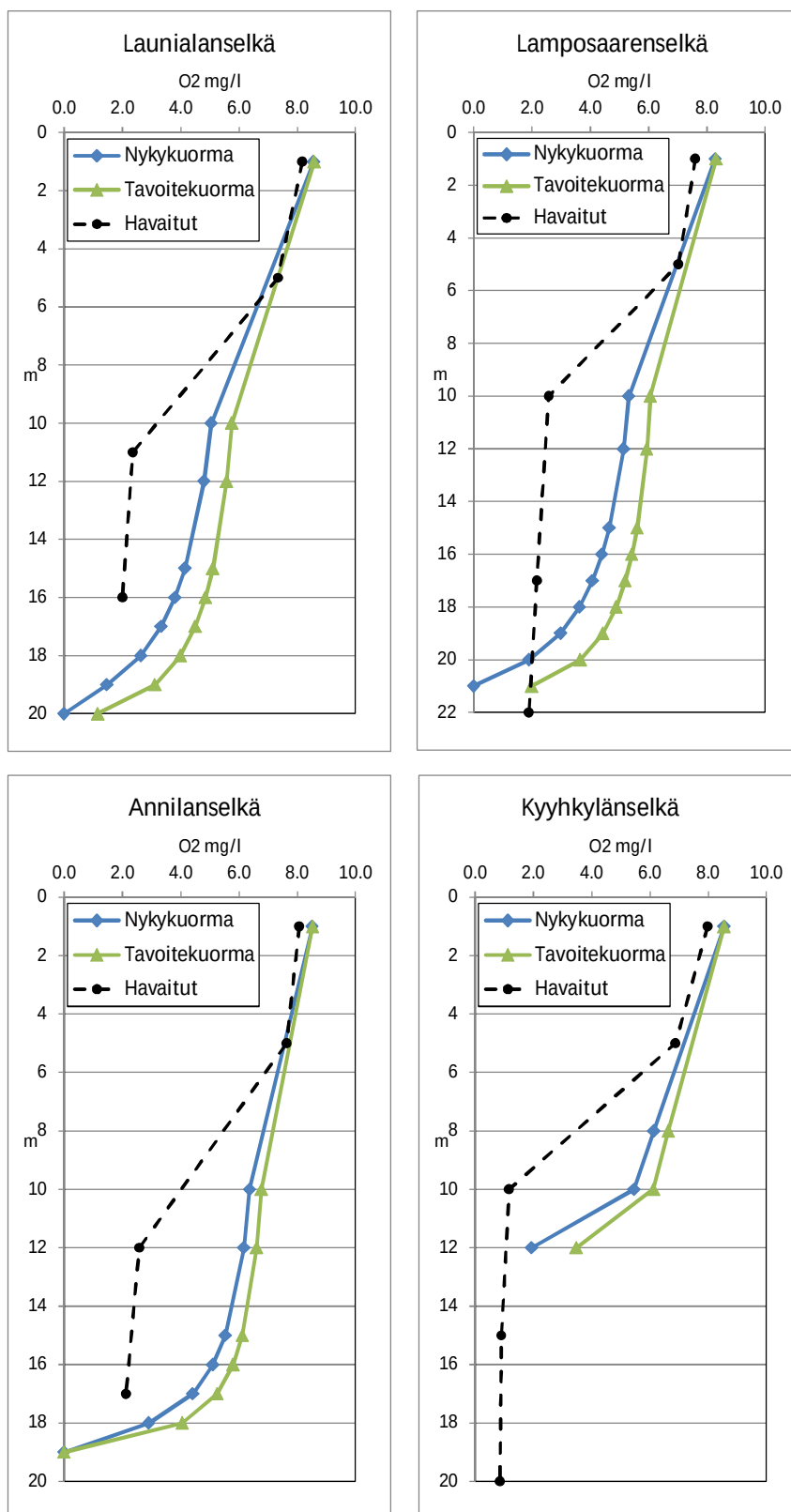
5.3.1 Nykyisen hapetuksen riittävyys

Mikkelin vesilaitokselle on Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon ympäristöluvassa (nro 3/03/2; 6.2.2003)) määrätty hapetusvelvoite Launialanselällä, Lamposaarenselällä, Annilanselällä ja Kyyhkylänselällä. Purkupaikan lähimmillä vesialueilla Lamposaarenselällä ja Annilanselällä on tehokkaammat hapetinlaitteet kuin yläpuolisella Launialanselällä ja alapuolisella Kyyhkylänselällä. Hapetinlaitteiden tyypit ja tehot sekä tiedot hapetuksesta vuonna 2013 käyvät ilmi liitteestä 8 (Vesi-Eko Oy).

Hapetus on pitänyt kaikkien hapetettavien altainen alusveden hapellisena, eikä täydellistä hapettomuutta ole esiintynyt. Alusveden havaitut happipitoisuudet ovat kuitenkin pieniä loppukesällä; talvikerrostuskaudella happiongelmia ei ole. Launialanselällä, Lamposaarenselällä ja Annilanselällä alusveden happipitoisuus on pysynyt hapetuksen avulla keskimäärin tasolla 2 mg/l. Kyyhkylänselän syvänteen tilavuus on hyvin pieni (liite 9), ja alusveden happipitoisuus painuu kesällä alle 1 mg/l, vaikka hapetus on käynnissä. Hapetus pitää alusveden happipitoisuuden lähes samana harppauskerroksesta pohjaan saakka kaikilla hapetettavilla altailla (kuva 18).

Vaikka happipitoisuudessa näkyy selvä kerrosteisuus, lämpötilakerrostus on heikko hapetuksen takia kesäaikaan. Hapetus nostaa huomattavasti alusveden lämpötilaa ja nopeuttaa orgaanisen aineen hajoamista ja siten lisää alusveden hapenkulutusta. Hapetus (veden kiertäys) todennäköisesti hidastaa fosforin sedimentoitumista ja pitää osaltaan fosforivarat levien saatavilla, mikä lisää tuottavuutta ja hajotettavan levämassan määrää. Toisaalta hapetus vähentää pohjalietteen fosforin liukenemista alusveteen. Päällysveden (1 m) ja pohjanläheisen vesikerroksen fosforipitoisuudessa ei ole ollut juurikaan eroa lukuun ottamatta Kyyhkylänselkää, jossa pitoisuus on ollut keskimäärin 7 µg/l korkeampi pohjan lähellä kuin päällysvedessä.

Nykyinen hapetus on riittävän tehokas pitämään Launialanselän, Lamposaarenselän ja Annilanselän alusveden hapellisena. Kyyhkylänselällä hapetuksen teho ei ole aivan riittävä, mutta on huomattava, että alusveden tilavuus ja harppauskerroksen alapuolisen vesimassan tilavuus on hyvin pieni ja merkitys koko vesialtaan fosforipitoisuudelle melko vähäinen.



Kuva 18. Mikkelin alapuolisen Saimaan hapetettavien selkien loppukesän havaitut happipitoisuudet (vuosien 2003-2012 keskiarvot) sekä laskennalliset happipitoisuudet hapetuksen ollessa käynnissä: fosforin nykykuormitus ja tavoitekuorma.

5.3.2 Hapetusta koskevat suositukset

Happimalli ei kuvaa tarkasti hapetuksen aikaansaamaa happipitoisuutta, vaan antaa alusveden yläosassa liian suuria ja pohjan lähellä liian pieniä arvoja eli lähempänä normaalia pitoisuusjakaumaa olevia pitoisuuksia kuin havaitut pitoisuudet ovat olleet (kuva 18). Laskennallisen pitoisuuden ero fosforin nykykuormalla ja tavoitekuormalla kuvaa kuitenkin fosforikuorman vähentämisen vaikutusta happipitoisuuksiin, kun hapetus on käynnissä.

Launialanselällä ja Lamposaarenselällä fosforikuormituksen vähentämisen vaikutus on noin 1-2 mg O₂/l, Annilanselällä ja Kyyhkylänselällä pienempi, noin 1 mg O₂/l. Pelkkä kuormituksen vähentäminen ei riitä vielä pitämään koko alusvettä hapellisena ilman hapetusta (ks. kuva 7). Lamposaarenselän, Annilanselän ja Kyyhkylänselän hapetusta on syytä jatkaa vähintään siihen saakka, kunnes uusi puhdistamo on toiminnassa ja kuormitus siltä osin pienentynyt. Launialanselän kuormituksen vähentäminen saattaa olla hitaampaa, joten hapetus voi olla tarpeen pitempään kuin muilla selillä.

Vesialueen syvänteiden happitilannetta tulee seurata edelleen, kesäaikana mieluiten 2-3 kertaa nykyisen yhden näytteenottokerran sijaan. Hapetuksen keskeyttämistä voidaan kokeilla, kun altaiden fosforipitoisuus on alkanut pienentyä. Hapetuksen lopettamista tulee harkita, mikäli keskeytys ei aiheuta lisääntyviä happiongelmia. Järvialtaiden toipuessa kuormituksesta hapetuksen haitat voivat tulla suuremmiksi kuin saavutettava hyöty (Kuha ym. 2014).

5.4 Sedimentin ruoppaus

5.4.1 Ruoppaustarpeen arviointi

Ruoppaamalla voidaan poistaa vesistön virkistyskäyttöhaittaa erityisesti matalilta ja lietteisiltä alueilta. Toimenpiteellä ei kuitenkaan ole laajempaa vesiensuojelullista merkitystä. Mikkelin alapuolisella Saimaalla laajamittainen sedimentin poisto vesistön tilan parantamiseksi ei tule kyseeseen alueen laajuuden vuoksi. Toimenpide olisi erittäin kallias eikä siten kustannustehokas.

Mikkelin alapuolisen Saimaan sedimenttien haitta-ainepitoisuuksia on tutkittu eri rakennushankkeissa ja selvityksissä ja haitta-aineita on todettu esiintyvän monin paikoin. Laajamittaisiin ruoppauksiin sisältyy riski haitta-aineiden vapautumisesta veteen ja riskienhallintaa nostaa kustannuksia. Pienialaisia rantakohteita voidaan tarvittaessa ruopata virkistyskäytön tarpeisiin.

5.4.2 Ruoppausta koskevat suositukset

Tässä suunnitelmassa ei anneta ruoppausta koskevia suosituksia.

6. YHTEENVETO

6.1 Vesienhoidon ongelmat, tavoitteet ja toimenpiteet

Mikkelin alapuolisella Saimaalla Mustaselältä Kyyhkylänselälle ulottuvan vesialueen tilaa heikentää lähinnä liiallinen rehevyys, jota ilmentävät korkeat fosfori- ja klorofyllipitoisuudet, ja jonka seurauksena syvänteet kärsivät happiongelmista erityisesti kesäaikana. Alueen pohjoisosissa veden väri ja humuksen määrä ovat korkeahkoja. Väriarvo pienenee jonkin verran Annilänselällä ja Kyyhkylänselällä, ja Ukonvesi, Päähkeenselkä ja Leppäselkä ovat lievästi ruskeavetisiä. Rehevyystaso pienenee selvästi vasta Ukonvedellä ja Päähkeenselällä. Leppäselkä on vesialueista vähiten rehevä, mutta sitäkään ei voida luonnehtia karuksi.

Mikkelin alapuolisen Saimaan ja valuma-alueen hoidon ja kunnostuksen yleissuunnitelman tavoitteena on ohjata käytännön vesiensuojelutoimenpiteitä siten, että vesien tilatavoitteet saavutetaan. Tavoitteena on vesistön veden laadun, ekologisen tilan sekä virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen.

Kuormituksen vähentämistavoite määriteltiin hyvän ekologisen tilan, tarkemmin sanottuna a-klorofyllin ja kasviplanktonin biomassan raja-arvojen avulla. Pelkästään vesistön fosforipitoisuuden perusteella tarkasteltuna kuormituksen vähentämistarve olisi huomattavasti pienempi.

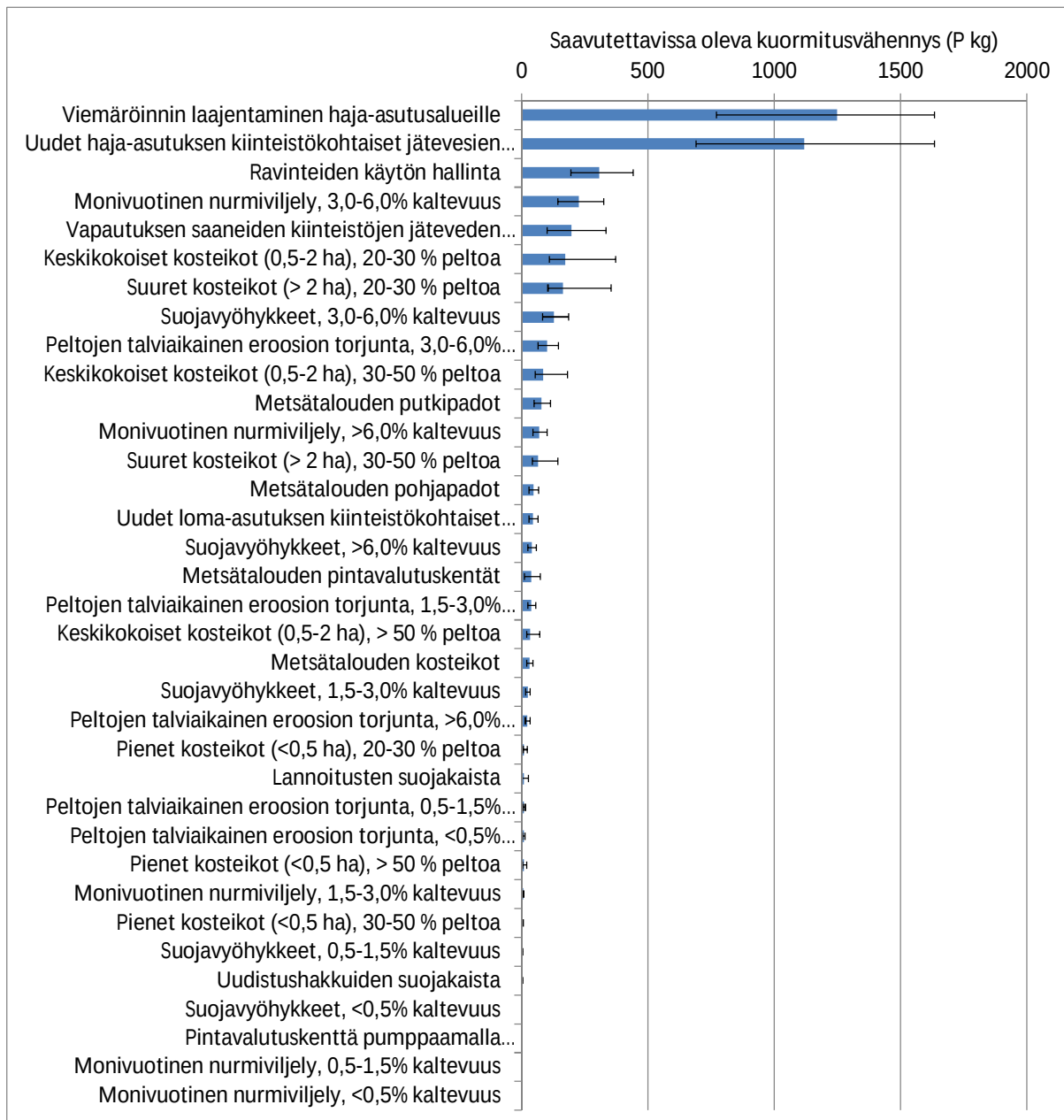
Valuma-alueella tehtäviä toimenpiteitä tarkasteltiin lähinnä Suomen ympäristökeskuksen kehittämän KUTOVA-työkalun avulla, jolla valittiin maa- ja metsätalouden sekä haja-asutuksen kustannustehokkaimmat toimenpiteet. Asumajätevedenpuhdistamon kuorma tulee pienentymään yli 70 %, kun uusi puhdistamo otetaan käyttöön mahdollisesti vuonna 2018. Lisäksi tarkasteltiin taajama-alueiden hulevesien aiheuttamia ongelmia sekä mahdollisuuksia niiden vähentämiseen.

Järvialtaissa toteutettavista toimenpiteistä esitetään vesikasvien vähentämistä, hoitokalastusta sekä hapetuksen jatkamista vähintään siihen saakka, kunnes asumajätevesien aiheuttama kuormitus pienenee. Hoitokalastus suositetaan tehtäväksi aluksi tehokalastuksena kolmena peräkkäisenä vuonna ja sen jälkeen kevennettynä useita vuosia, jolloin välivuodet ovat mahdollisia. Hoitokalastuksen ajoitus riippuu paitsi kuormitustilanteen otollisesta kehityksestä, myös mm. rahoitusmahdollisuuksien ajoittumisesta.

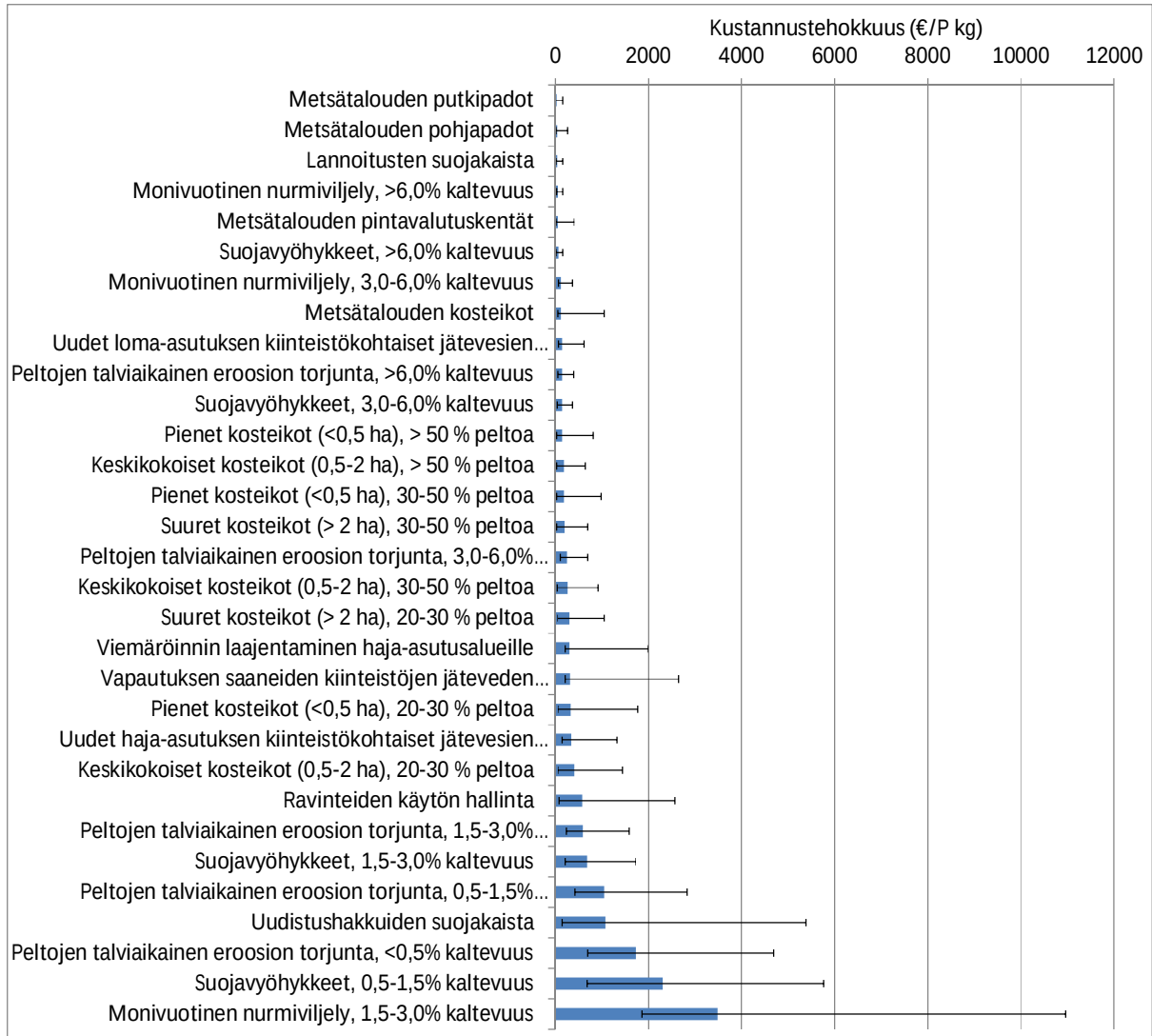
6.2 Toimenpiteiden vaikutukset ja kustannustehokkuus

6.2.1 KUTOVA-työkalun avulla tarkastellut toimenpiteet

KUTOVA-työkalulla tehtyjen laskelmien perusteella yksittäisistä toimenpiteistä suurin kuormitusvähennys saavutetaan viemäröinnin laajentamisella haja-asutusalueille ja kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien uusimisella (kuva 19). Maatalouden vesiensuojelumenetelmistä ravinteiden käytön hallinta tuottaa vertailussa parhaimman tuloksen. Muiden maatalouden menetelmien tulos on sitä heikompi, mitä vähäisempi peltojen kaltevuus on.



Kuva 19. KUTOVA-työkalulla laskettu yksittäisillä toimenpiteillä saavutettavissa oleva kuormitusvähennys Ukonveden valuma-alueella (04.15).



Kuva 20. KUTOVA-työkalulla laskettu yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuus Ukonveden valuma-alueella (04.15).

Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteet ovat kaikkiaan varsin kustannustehokkaita, joten niitä kannattaa tehdä, vaikka määrällinen kuormitusvähennys ei olekaan haja-asutuksen ja maatalouden toimenpiteiden luokkaa. Maatalouden toimenpiteissä kustannustehokkuus on pääsääntöisesti sitä parempi, mitä kaltevammille pelloille toimenpiteet kohdistetaan (kuva 20). Suojakaistojen rakentaminen kaltevuudeltaan alle 0,5 %:n pelloille on tehoonsa nähden hyvin kallista, joten toimenpide jätettiin pois kuvaajasta.

6.2.2 Toimenpiteiden kustannustehokkuus

Taulukossa 30 on esitetty kustannustehokkaimpien vesiensuojelutoimenpiteiden yksikköhinta (€/kg P) sekä valuma-alueella että vesistössä tehtäville toimenpiteille. Hulevesien käsittelyn ja hapetuksen kustannustehokkuutta ei ole esitetty, koska sen arvioiminen on erittäin vaikeaa. Vähiten kustannustehokkaat maatalouden toimenpiteet on samoin jätetty pois; näitä ovat lähinnä tasaisimmilla peltolohkoilla toteutettavat toimenpiteet. Jäteveden

puhdistuksen kustannustehokkuus on laskettu nykyisten kulujen mukaan, eikä siinä ole otettu huomioon uuden puhdistamon investointikuluja.

Taulukko 30. Vesiensuojelutoimenpiteiden fosforinpoiston kustannustehokkuus.

Vesiensuojelutoimenpide	€/kg P
<i>Valuma-alueella tehtävät toimenpiteet</i>	
Jätevedenpuhdistamo	96
Maatalouden toimenpiteet	
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	50
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	62
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	117
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	144
Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	148
Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	152
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	182
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	184
Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	202
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	256
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	262
Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	301
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	329
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	410
Ravinteiden käytön hallinta	570
Metsätalouden toimenpiteet	
Metsätalouden putkipadot	21
Metsätalouden pohjapadot	35
Lannoitusten suojakaista	40
Metsätalouden pintavalutuskentät	58
Metsätalouden kosteikot	121
Uudistushakkuiden suojakaista	1070
Haja-asutuksen toimenpiteet	
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	144
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	307
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	314
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	337
<i>Vesistöissä tehtävät toimenpiteet</i>	
Vesikasvien vähentäminen	125
Poistokalastus	116

6.2.3 Vesiensuojelutoimenpiteiden yhteisvaikutus

Mikäli vesiensuojelutoimenpiteet onnistutaan toteuttamaan suunnitellulla tavalla, fosforikuormituksen vähennystarve saavutetaan esitetyillä toimenpiteillä (taulukko 31). Erityisesti maa- ja metsätalouden kuormituksen vähentäminen saattaa kuitenkin olla hidasta eivätkä suunnitellut toimenpiteet toteudu kokonaisuudessaan.

Taulukko 31. Valituilla vesiensuojelutoimenpiteillä saavutettava fosforin kuormitusvähennys vuosisatasolla sekä fosforikuormituksen vähennystarve. Hulevesien käsittelyn ja järvisyvänteiden hapetuksen aikaansaamaa kuormitusvähennystä ei ole arvioitu.

Toimenpide	vähennys kg P
Jätevedenpuhdistamo (uusi)	1025
Maatalouden vesiensuojelu	510
Metsätalouden vesiensuojelu	80
Haja-asutuksen vesiensuojelu (2021 mennessä)	800
Vesikasvien niitot	60
Tehokalastus	440
Hulevesien käsittely	?
Hapetus	?
Yhteensä	3280
Vähennystarve	3040

Lähdeluettelo

Brabrand, Å., Faafeng, B., Källqvist, T. & Nilssen, J. 1984. Can iron defecation from fish influence phytoplankton production and biomass in eutrophic lakes. *Limnol. Oceanogr.* 29(6): 1330-1334.

Ekholm, P., Jaakkola, E., Kiirikki, M., Lahti, K., Lehtoranta, J., Mäkelä, V., Näykki, T., Pietola, L., Tattari, S., Valkama, P., Vesikko, L. & Väisänen, S. 2011. The effect of gypsum on phosphorus losses at the catchment scale. *The Finnish Environment* 33/2011, 44 s.

Granberg, K. & Harjula, H. 1982a. On the relation of chlorophyll-a to phytoplankton biomass in some Finnish freshwater lakes. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 16: 63-75.

Granberg, K. & Harjula, H. 1982b. Nutrient dependence of phytoplankton production in brownwater lakes with special reference to Lake Päijänne. *Hydrobiologia* 86: 129-132.

Granberg, K. & Granberg, J. 2006. Yksinkertaiset vedenlaatumallit. Keski-Suomen ympäristökeskuksen raportti. 107 s.

Hewett, S.W. & Johnson, B.L. 1992. A generalized bioenergetics model of fish growth for micro-computers. University of Wisconsin Sea Grant institute. UW Sea Grant Tech. Rep. WIS-SG-92-250. 79 s.

Horppila, J. & Peltonen, H. 1997. A bioenergetic approach on the food consumption of roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in a eutrophic lake. *Archiv für Hydrobiologie* 139: 207-222.

Hulevesityöryhmä 2007. Hulevesien hallinta – esiselvitys organisointimalleista. Loppuraportti 19.4.2007. 15 s + liitteet.

Huttunen, I., Huttunen, M., Vehviläinen, B., Taskinen, A., Tattari, S. & Koskiahio, J. 2006. Development of phosphorus transport model component to a large scale hydrological model system. XXIV Nordic Hydrological Conference 2006. NHP Report No. 49, s. 297-304.

Huttunen, I., Huttunen, M., Vehviläinen, B. & Tattari, S. 2007. Large scale phosphorus transport model. The 5th International Phosphorus Workshop (IPW5) 3-7 September 2007, Silkeborg, Denmark. DJF Plant Science No. 130, pp. 215-217.

Huttunen I., Huttunen, M., Tattari, S. & Vehviläinen, B. 2008. Large scale phosphorus load modeling in Finland. XXV Nordic Hydrological Conference 2008. NHP Report No. 50, s. 548-556.

Huttunen, I., Huttunen, M., Seppänen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. (submitted) 2013b. A national scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. Environmental Modeling and Assessment.

Huttunen, M., Huttunen, I., Seppänen, V., Korppoo, M. & Vehviläinen, B. 2014. SYKE-WSFS-VEMALA – vesistömallin vedenlaatuosio. Koko Suomen kattava kuormituslaskenta typelle, fosforille ja kiintoainekselle. Suomen ympäristökeskus, esitelmä vesistömallijärjestelmän käyttäjäpäivillä 12.2.2014.

Inha, L. 2010. Hulevesien hallinta rakennetuilla alueilla. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan koulutusohjelma. 73 s.

Jeppesen, E. & Sammalkorpi, I. 2002. Lakes. s. 297-324. Teoksessa: Perrow, M. & Davy, T. (toim.). Handbook of Ecological Restoration, Volume 2: Restoration practice. Cambridge University Press.

Komulainen, M., Simi, P., Hagelberg, E., Ikonen, I. & Lyytinen, S. 2004. Ruokoenergiaa – järviruo'on energiankäyttämahdollisuudet Etelä-Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 66.

Kotamäki, N., Pätynen, A., Malve, O., Huttula, T. & Rasmus, K. 2008. LakeLoadResponse (LLR) – työkalun esittely. PowerPoint-esitys 11.2.2008. Suomen ympäristökeskus.

Kuha, J., Palomäki, A., Keskinen, T. & Karjalainen, J. High-frequency monitoring helps reveal the disruption in nutrient cycling and thermal stratification in a dimictic lake caused by hypolimnetic oxygenation. Env. Monitoring and Assessment. Käsikirjoitus jätetty arvioitavaksi.

Lappalainen, K.M. 1978. Vesistöjen happimalli. Vesihallituksen tiedotuksia 149. 57 s.

Lappalainen, K.M. 1989. Rehevöityminen vesien uhkatekijänä –särjetkin asialla. Suomen kalastuslehti 3/1989. s. 134-136.

Lappalainen, K. M. 1990. Rehevöityminen seurausilmiöineen. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.) Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino, s. 108-133.

Lappalainen, K.M. & Varis, O. 1987. Haja- ja sisäkuormitus - häiriköt järvelle, tutkimukselle ja hallinnolle. Vesi- ja ympäristöhallinnon monistesarja 22: 75-84.

Liikennevirasto ja Mikkelin kaupunki 2014. Mikkelin kaupungin hulevesien hallinnan parantaminen Kaihun ja Aseman eritasoliittymien kohdalla. Alustava rakennussuunnitelma 15.1.2014.

Maa- ja metsätalousministeriö 2014. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia 2022. Luonnos 7.3.2014.

Metsäntutkimuslaitos 2008-2012. Metsätilastolliset vuosikirjat 2007-2011.

Mikkola, T. 2001. Mikkelin alapuolisen Saimaan suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma. Etelä-Savon ympäristökeskuksen moniste 27. 19 s.

Niinimäki, J. & Penttinen, K. 2014. Vesienhoidon ekologiaa – Ravintoketjukunnostus. Books on Demand GmbH, Helsinki. 140 s.

Penczak, T., Molinski, M., Galicka, W & Prejs, A. 1985. Factors affecting nutrient budget in lakes of the R. Jorka watershed (Masurian Lakeland, Poland) VII. Input and removal of nutrients with fish. *Ekologia Polska* 33: 301-309.

Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiahho, J., Linjama, J., Niinioja, R. & Tattari, S. 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.

Ramboll Oy 2010. Mikkelin Vesilaitos. Pappilanselkä tehokkaasti käsiteltyjen jätevesien purkupaikana. Raportti 10 s + liitteet.

Remonen, I. 2011. Niittotarvekartoitus – Mikkelin alapuolinen Saimaa: Mikkeli-Juurisalmi. Raportti 59 s.

Ruuhela, R. 2012 (toim.). Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? – Yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 6/2011.

Sammalkorpi, I. & Horppila, P. 2005. Ravintoketjukunnostus. s. 169-189. Teoksessa: Ulvi, T & Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 114. 336 s.

Sito 2012. Mikkelin kaupunkiseudun rakennemalli. Elävät keskukset ja sujuva arki. Loppuraportti 20.3.2012. 26 s.

Suomen Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. Helsinki. 298 s.

Suomen ympäristökeskus 2013. Kustannustehokkaiden vesiensuojelutoimenpiteiden valintatyökalu - KUTOVA. (Käyttöopas, versio 1.2, Turo Hjerpe 23.9.2013).

Suonio, M. 2012. Mikkelin alapuolisen Saimaan luontoarvoselvitys vesikasviniittoja varten 2012. Geofield, raportti 14 s + liitteet.

Tarvainen, M., Sarvala, J. & Helminen, H. 2002. The role of phosphorus release by roach [*Rutilus rutilus* (L.)] in the water quality changes of a biomanipulated lake. *Freshwater Biology* 47: 2325-2336.

Torpström, H. & Lappalainen, K.M. 1992. Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -Sarja A 95. 42 s.

Vanhanen, H. 1999. Siikasalmen yläpuolisen Saimaan tehokalastus 1999. 5 s.

Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelun ohjeistus v. 2016-2021. Yhdyskunnat ja haja-asutus. VEHU-ryhmän loppuraportti 10.6.2013. 24 s.

Väisänen, S. 2013 (toim). Mallit avuksi vesienhoidon suunnitteluun GisBloom-hankkeen pilottialueilla. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2013. 186 s.

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

Ympäristö.fi 2013a. Vesistökuormituksen arviointi- ja hallintajärjestelmä VEPS.

<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=185329&lan=fi>>. 14.1.2013

Ympäristö.fi 2013b. Valvonta ja kuormitusjärjestelmä VAHTI.

<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=171145&lan=fi>>. 14.1.2013

Liitteet

Liite 1. Sisäisen kuormituksen laskenta laajennetun ainetaseen avulla.

Liite 2. KUTOVA-työkalun lähtötiedot ja laskentaan liittyvät oletukset.

Liite 3. Kalojen aiheuttaman ravinnekuormituksen arviointi.

Liite 4. Päälysveden keskimääräinen fosforipitoisuus, havaitun fosforipitoisuuden perusteella ennustettu kokonaiskalabiomassa, planktonsyöjä- ja pohjakalojen biomassa ja laskennallinen saalistavoite sekä tässä selvityksessä esitetty tehokalastuksen saalistavoite.

Liite 5. KUTOVA-työkalun avulla tehdyt toimenpideyhdistelmät.

Liite 6. Suunnittelualueen soveltuvuus poistokalastukseen.

Liite 7. Kalaistutukset Visulahden ja Siikasalmen väliselle alueelle sekä Ukonveden alueelle vuosina 2000-2013.

Liite 8. Mikkelin alapuolisen Saimaan syvänteillä olevien hapetinlaitteiden tekniset tiedot.

Liite 9. Mikkelin alapuolisen Saimaan järviältäiden hydrografia.

Liite 1. Sisäisen kuormituksen laskenta laajennetun ainetaseen avulla

Vesistöjen sisäisellä kuormituksella on tavallisesti tarkoitettu ravinteiden siirtymistä sedimentistä yläpuoliseen veteen. Kun happitilanne on heikko ja pohjaliete pelkistyy, tai pH nousee korkeaksi yhteyttämisen seurauksena, fosfori liukenee helposti pohjalietteestä veteen ja sekoittuessaan koko vesimassaan stimuloi levien kasvua.

Laajemmin ymmärrettynä sisäinen kuorma ei kuitenkaan ole vain fosforin siirtymistä sedimentistä veteen, vaan siihen sisältyy myös ravinteiden sitoutuminen vedestä eliöstöön ja vapautuminen uudelleen veteen, ts. fosforin kierto vesimassassa. Fosforin kiertoa: sedimentti - vesi - plankton - muu elollinen aines – vesi – sedimentti säätelevät sekä perustuo-
tanto että hajotus.

Sisäinen kuorma lasketaan laajennetun ainetaseen avulla, jolloin fosforin kokonaissedimentaatio (bruttosedimentaatio) on jaettu nettosedimentaatioksi ja takaisin veteen palautumiseksi. Bruttosedimentaatio tarkoittaa kiintoaineen mukana sedimentoituvia ravinteita, ja siihen sisältyy kuollut ja hajoava, järvessä tuotettu materiaali (lähinnä levät), eläinten ulosteet, järven ulkopuolelta tullut kiintoaine sekä pohjasta resuspendoitunut aines. Järven rehevöityessä bruttosedimentaatio kasvaa, mikä johtuu mm. sedimentoituvan planktonmassan kasvusta.

Laajennettu ainetase koostuu järveen tulevasta ulkoisesta ja sieltä lähtevästä kuormasta, vesimassan ravinnesisällön muutoksesta, bruttosedimentaatiosta sekä sisäisestä kuormituksesta, joka lasketaan edellä mainittujen tekijöiden avulla.

Laajennetun ainetaseen yhtälö on seuraava:

$$UK + SK = LP + BS + dP/dt$$

missä SK = sisäinen kuormitus
LP = poistuva kuorma
BS = bruttosedimentaatio kiintoaineen mukana pohjalle
dP/dT = vesimassan ainevaraston muutosnopeus
UK = ulkoinen kuormitus

Vesimassan ainesisällön muutos (kg/vrk) voidaan laskea esimerkiksi kasvukaudelle seuraavasti:

(pitoisuus syyskuun lopussa - pit. toukokuun alussa) x vesimassan tilavuus/aika
vrk.

Yhtälön menopuoli (järvestä poistuva, bruttosedimentaatio sekä veden ainesisällön muutos) on katettava tuloilla, ulkoisella ja sisäisellä kuormituksella. Sen, mitä ulkoinen kuormitus ei riitä kattamaan, on oltava sisäistä kuormitusta. Sisäisen kuormituksen laskentayhtälöksi saadaan näin ollen:

$$SK = LP + BS + dP/dt - UK$$

Yhtälön ulkoinen tuleva ja lähtevä kuorma saadaan esimerkiksi Vemalan kuormitusarvioista. Bruttosedimentaatio määritetään kiintoaineen laskeuman mittauksena sedimentaatiokeräimillä. Sedimentaatiomittausten puuttuessa bruttosedimentaatio ja fosforin sisäinen kuorma voidaan arvioida lähtien liikkeelle keskimääräisestä klorofyllipitoisuudesta ja näkösyvyydestä. Klorofyllin, näkösyvyyden ja niiden avulla arvioidun perustuotannon sekä levien C:N:P-suhteen (100:13:2.8) perusteella voidaan arvioida fosforimäärä, jonka levät ovat kasvukauden aikana käyttäneet (Granberg & Harjula 1982, Granberg & Granberg 2006). Tätä arvoa käytetään laajennetun ainetaseessa bruttosedimentaation arvona.

Laajennetun ainetaseen avulla laskettu sisäinen kuorma on säännönmukaisesti suurempi kuin Vemalan kuormituslaskelmasta saatu sisäisen kuormituksen arvio. Vemala-arvio sisältää vain sedimentistä liukenevan fosforin, kun taas laajennettuun ainetaseeseen sisältyy lisäksi veden ja biomassan välillä kiertävä fosfori. Eri tavoin laskettujen arvioiden ero on vähintään kertaluokan suuruinen.

Liite 2. KUTOVA-työkalun lähtötiedot ja laskentaan liittyvät oletukset (Käyttöopas versio 1.2, Turo Hjerppe).

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 vesienhoidon sektoritiimien mietinnöistä. Näin on saatu kullekin toimenpiteelle laskettua vuosikustannus käyttäen seuraavaa kaavaa.

$$\text{Yksikkökustannus} = \text{Investointikustannus} / (1 - (1 + \text{korko})^{-\text{kuoletusaika}}) / \text{korko} + \text{käyttökustannus}$$

Kaikkien toimenpiteiden investointikustannukset, kuoletusaika ja käyttökustannukset sekä niiden perusteella laskettu vuosikustannus on esitetty taulukossa 1. Taulukossa 2 on esitelty toimenpiteiden kustannusten perustelut ja taulukossa 3 toimenpiteiden kustannusten kohdentuminen eri toimijoille. Toimenpiteiden kustannuksien minimi- ja maksimiarvojen määrittelyssä on hyödynnetty olemassa olevaa tietoa toteutuneista kustannuksista sekä asiantuntijoiden arvioita kustannusten todellisesta vaihteluvälistä.

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, <0,5ha	kpl	3226	15	397	708 €
Keskikokoiset kosteikot, 0,5-2 ha	kpl	14000	15	673	2 022 €
Suuret kosteikot, >2 ha	kpl	42000	15	1350	5 396 €
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	0	0	50	50 €
Monivuotinen nurmiviljely	ha	0	0	50	50 €
Säätösalaajitus ym.	ha	1000	10	150	280 €
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	0	0	50	50 €
Kipsin levitys pelloille	ha	190	3	0	70 €
Uudistushakkuiden suojakaista	ha	4050	15	54	444 €
Lannoitusten suojakaista	ha	0	0	170	170 €
Metsätalouden pintavalutuskentät	kpl	2500	15	115	356 €
Metsätalouden putkipadot	kpl	1500	15	115	260 €
Metsätalouden pohjapadot	kpl	1500	15	115	260 €
Metsätalouden kosteikot	kpl	5000	15	115	597 €
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	kiinteistö	8000	30	467	987 €
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	6000	20	200	681 €
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	2000	20	100	260 €
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	kiinteistö	6000	20	200	681 €
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ypärivuotinen)	tuotantoha	1400	20	35	147 €
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	300	20	13,5	38 €
Virtaaman säätö	tuotantoha	130	20	7,5	18 €
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	2200	20	175	352 €
Pienkemikalointi	tuotantoha	750	20	140	200 €

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

Toimenpide	Kustannusten perustelut
Suojavyöhykkeet, kosteikot, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely, sääätösalaoitus 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 täysią kuormia, jolloin kuljetuskustannukset ovat alhaisemmat. Hinnat ilman arvon lisäveroa. (Iho ym. 2011).
Uudistushakkuiden suojaakaista, lannoituksen suojaakaista	Kustannus perustuu puuntuoton menetykseen, joka on arvioitu lannoittamattomuudesta aiheutuvana kasvutappiona. Keskimääräinen muokkaamattomuudesta johtuva menetys voidaan arvioida kasvutappion (1 m ³ /ha/v) mukaan. Merkittävimmін kustannuksia syntyy, mikäli suojavyöhykkeelle jätetään puustoa. Puuntuoton menetys on arvioitu tällöin keskimääräisen puuston määrän (150 m ³ /ha) ja keskimääräisen kantohinnan (€/m ³) mukaan. Puuntuoton menetystä ei kuitenkaan ole otettu täysimääräisenä huomioon, sillä suojavyöhykkeeltä voi hakata puita, mikäli puunkorjuu voidaan tehdä suojavyöhykkeen ulkopuolelta maanpintaa ja pintakasvillisuutta rikkomatta (Ympäristö.fi 2012b).
Metsätalouden pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Metsätalouden toimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa (Ympäristö.fi 2012f)
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). Kustannukset Hakeve-hanke/Sanna Vienonen.
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b). Kustannukset Hakeve-hanke/Sanna Vienonen.
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	70 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa. Kustannukset Hakeve-hanke/Sanna Vienonen.
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympäriavuotinen), pintavalutuskenttä (ei pumppausta), virtaaman säätö sekä kemiallinen käsittely ja pienkemikalointi	Kustannusten pohjana on käytetty kesällä 2008 Turveteollisuusliitolta saatuja kustannustietoja (Ympäristö.fi 2012b)

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

Toimenpide	Yksityinen rahoitus	Julkinen rahoitus	Rahoituslähde
Suojavyöhykkeet	0 %	100 %	Maatalouden ympäristötuki
Kosteikot	7-16 %	84-93 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	40 %	60 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Monivuotinen nurmiviljely	40 %	60 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Säätösalaojitus ym.	34 %	66 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	60 %	40 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Kipsin levitys pelloille	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Uudistushakkuiden suojakaista, lannoituksen suojakaista	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
Metsätalouden pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ypärivuotinen)	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Virtaaman säätö	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Kemiallinen käsittely	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Pienkemikalointi	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja

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 käytettävässä VIHMA-mallin versiossa pellot voidaan jakaa 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, tuorerehunurmet, muut nurmet.

Muuttamalla alkutilanteen muokkauskäytäntöä saadaan arvioitua esimerkiksi talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutus fosforikuormitukseen. VIHMA-mallin avulla voidaan arvioida myös suojavaikuteiden vaikutus kuormitukseen.

Muiden toimenpiteiden vaikutuksiin on annettu arvio, jota voidaan muuttaa, jos alueelta on tarkempaa tietoa. Toimenpiteiden vaikutukset fosforikuormitukseen on esitetty taulukossa 4 ja perustelut toimenpiteiden vaikutuksille taulukossa 5.

Taulukko 4. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-työkalussa.

Toimenpide	yksikkö	Reduktio % tulevasta kuormituksesta
Suojavaikuteet	ha	VIHMAN arvio
Kosteikot	kpl	34 %
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	VIHMAN arvio
Monivuotinen nurmiviljely	ha	VIHMAN arvio
Säätösalaoitus ym.	ha	15 %
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	VIHMAN arvio
Kipsin levitys pelloille	ha	54 %
Uudistushakkuiden suojakaista	ha	10 %
Lannoituksen suojakaista	ha	50 %
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 %
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	kiinteistö	85 %
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympäri vuotinen)	tuotantoha	46 %
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	46 %
Virtaaman säätö	tuotantoha	30 %
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	80 %
Pienkemikalointi	tuotantoha	87 %

Taulukko 5. Perusteet toimenpiteiden vaikutuksille.

Toimenpide	P Reduktio
Suojavyöhykkeet	VIHMA: Kaikille viljellyille pelloille perustetaan suojavyöhykkeet. Pellot jaettu kaltevuuden mukaan 5 luokkaan
Kosteikko	Puustinen ym. (2007): kosteikolla saavutettava kuormitusvähennys, kun kosteikon koko on 2 % VA:sta.
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	VIHMA: syyskynnetyt pellot syysviljaksi (perinteinen kyntö/kylvö). Pellot jaettu kaltevuuden mukaan 5 luokkaan.
Monivuotinen nurmiviljely	VIHMA: Viljellyt pellot nurmeksi. Pellot jaettu kaltevuuden mukaan 5 luokkaan.
Säätösalaojitus 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 ym. (2011)
Uudistushakkuiden suojakaista	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 10 % (Ympäristö.fi 2012e)
Lannoitusten suojakaista	50 %, vaihteluväli 0-99%, lähde: Binkley ym. 1999
Metsätalouden pintavalutuskentät	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 20-30 % (Ympäristö.fi 2012e)
Metsätalouden putkipadot	Marttila & Klove (2009): 47-88 %, Marttila & Klove (2010): 67 %
Metsätalouden pohjapadot	30 %, 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)
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	Haja-asutuksen jätevesiasetuksen vaatimusten mukainen: 85 % (Valtioneuvosto 2011)
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ypärivuotinen)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Virtaaman säätö	20-50% (Turveteollisuusliitto 2012)
Kemiallinen käsittely	75-95% (Turveteollisuusliitto 2012)
Pienkemikalointi	87-90 % (Heiderscheidt 2011)

Lähtökuormitus

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

Taulukko 6. Toimenpiteiden lähtökuormitusten määrittäminen sektorikuormituksista.

Toimenpide	Lähtökuormitus
Suojavyöhykkeet	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia
Kosteikot	Pelto-kuormituksen osuus, joka tulee kussakin kategoriassa olevien kosteikoiden valuma-alueelta, kun kosteikot jaettu 9 luokkaan kosteikon koon ja valuma-alueen peltoprosentin suhteen.
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia ja syysviljoja
Monivuotinen nurmiviljely	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia
Säätösälaojitus ym.	40 % maatalouden kuormituksesta
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Maatalouden kuormitus
Kipsin levitys pelloille	Pelloilta tulevan kuormituksen savimailla sijaitsevien peltujen osuus
Uudistushakkuiden suojakaista	Hakkuualueiden osuus metsätalouden kuormituksesta on 15 % MESUVE-loppuraportti
Lannoitusten suojakaista	Lannoituksen osuus metsätalouden kuormituksesta on 10% MESUVE-loppuraportti
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojituksen osuus metsätalouden kuormituksesta on 75 % MESUVE-loppuraportti
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Vakituksen haja-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen. Tästä vähennetty vapautuksen saaneiden kiinteistöjen osuus kuormituksesta.
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Vakituksen haja-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen Tästä vähennetty vapautuksen saaneiden kiinteistöjen osuus kuormituksesta.
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Loma-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen osuus vakituksen haja-asutuksen kuormituksesta, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympäri- vuotinen)	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
Pienkemikalointi	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole kemiallista käsittelyä

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 taulukon 6 mukaisesti.

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.

Maa- ja metsätaloudessa suojavyöhykkeen kustannus on ilmoitettu suojavyöhykkeen alaa kohti, ei siis sen peltolohkon alaa kohti, jolle suojavyöhyke perustetaan. Sen takia täytyy arvioida, mikä on suojavyöhykkeen osuus koko peltolohkosta. Esimerkiksi 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 taulukossa 7.

Toimenpideyhdistelmät

Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja toteuttamisaajuuden 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 toteuttamisaajuuden valinnassa. Lisäksi kokonaiskustannuksille voidaan asettaa tavoitesumma tai tavoiteltava kuormitusvähennys. Työkalu laskee myös valitun toimenpideyhdistelmän kustannusten jakautumisen sektoreittain eri toimijoille sekä toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusvähennyksen sektoreittain ja kokonaiskuormituksesta.

2.5.1 Toimenpiteiden käyttöön liittyvät rajoitukset

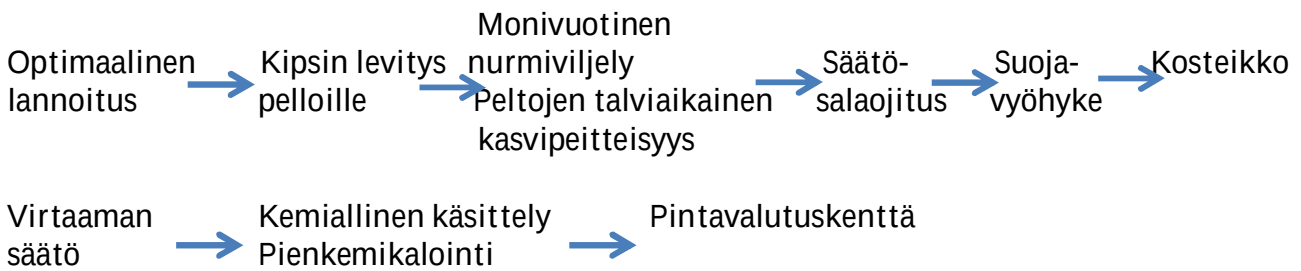
Kipsin levitystä pelloille ei suositella laajalti sellaisien järvien valuma-alueella, joiden sulfaattipitoisuus on pieni. Kipsin levittäminen lisää vesistön sulfaattipitoisuutta ja päätyessään järvioltaisiin sulfaatti voi kiihdyttää sisäistä kuormitusta. Kipsillä saavutettavan fosforikuorman aleneman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

Taulukko 7. Toimenpiteiden maksimialat.

Toimenpide	Maksimiala
Suojavyöhykkeet	Peltopinta-ala (ha) ilman nurmia. Suojavyöhykkeen osuus on noin 8% peltolohkon alasta. Toimenpide on jaettu 5 luokkaan peltojen kaltevuuden mukaan.
Kosteikot	VEMALAn arvioima kosteikkopaikkojen maksimimäärä (kpl), kosteikot ovat laskennallisia, niiden pinta-ala on 2 % yläpuolisen valuma-alueen alasta. Kosteikot on jaettu 9 luokkaan niiden koon ja valuma-alueen peltoprosentin mukaan.
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella tai syysviljoilla. Toimenpide jaettu 5 luokkaan peltojen kaltevuuden mukaan.
Monivuotinen nurmiviljely	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella. Toimenpide jaettu 5 luokkaan peltojen kaltevuuden mukaan.
Säätösalaajitus ym.	Vesienhoidon suunnittelun materiaalissa on arvioitu säätösalaajituksen käyvän keskimäärin 40% peltopinta-alasta (ha).
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Koko peltopinta-ala.
Kipsin levitys pelloille	Savimailla oleva peltopinta-ala
Uudistushakuiden suojakaista	Suojavyöhyke on n. 1% hakkuualasta (ha). (Metsätalouden vesienhoitotoimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa)
Lannoitusten suojakaista	Fosforilannoitusta vain ojitetulle turvemaalle, keskimäärin lannoitetaan 0,15 % pinta-alasta vuodessa, suojakaistan osuus lannoitettavasta metsäalasta 8 %.
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojitusala/50 (ha). Vesiensuojelurakennetta tehdään 1 kpl/50 ojitushectaaria (Ympäristö.fi 2012f).
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Viemäröimätön haja-asutus (kpl) (VEPS) – vapautuksen saaneet kiinteistöt
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäröimätön haja-asutus (kpl) (VEPS) * 0,75 – vapautuksen saaneet kiinteistöt (70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäröimätön loma-asutus (kpl) (VEPS) * 0,25 (20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	SYKEn erillisselvitys vapautuksen saaneista kiinteistöistä. * 0,7. Kansallisella tasolla 15 % vapautuksen saaneita, poistuma 30 %
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.
Pienkemikalointi	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo kemiallinen käsittely.

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 toimenpideyhdistelmiä valittaessa huomioitu maatalouden ja turvetuotannon osalta seuraavasti:



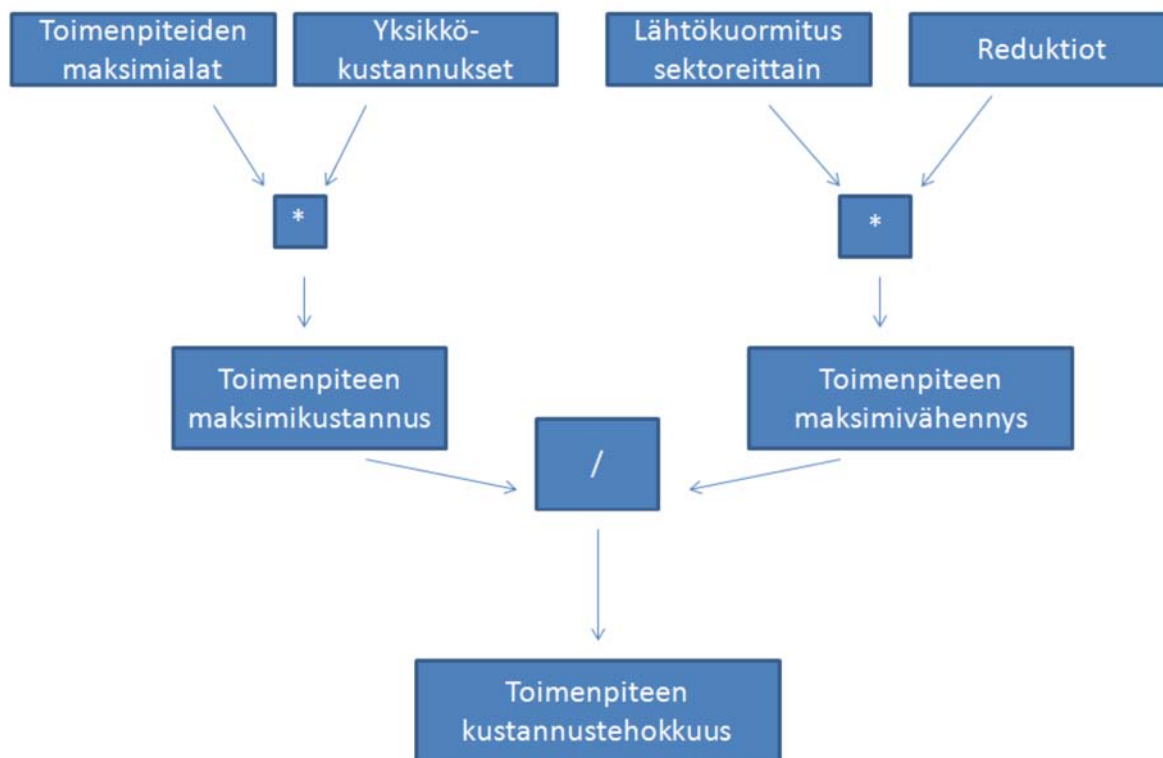
Optimaalinen lannoitus siis vaikuttaa kaikkiin muihin maatalouden toimenpiteisiin, ja suojavyöhykkeet vain kosteikoiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltöjen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säättösalaojituksen, suojavyöhykkeiden ja kosteikoiden 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.

Toisensa poissulkevia toimenpiteitä mallissa ovat peltöjen talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely, viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueelle ja haja-astutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien puhdistusmenetelmät, turvetuotannon pintavalutuskentät pumpaamalla ja ilman pumppausta sekä metsätalouden putki- ja pohjapadot, kosteikot ja pintavalutuskentät. Toimenpiteiden päällekkäisyys on huomioitu mallissa siten, että toimenpideyhdistelmiä tehtäessä toimenpiteen maksimiala pienenee, kun samalla alalla tehtävää toista toimenpidettä lisätään toimenpideyhdistelmään.

Laskentatapa

Toimenpiteen kustannustehokkuus määritetään toimenpiteen kustannusten (maksimikustannus) ja kuormituksen vähennyspotentiaalin (maksimivähennys) suhteena, kun toimenpide toteutetaan maksimilajuuudessaan. Toimenpiteen maksimivähennys saadaan toimenpiteen reduktion ja lähtökuormituksen tulona ja maksimikustannus saadaan yksikkökustannusten ja toimenpiteen maksimialan tulona. Mallin laskentatapa on havainnollistettu kuvassa 1.



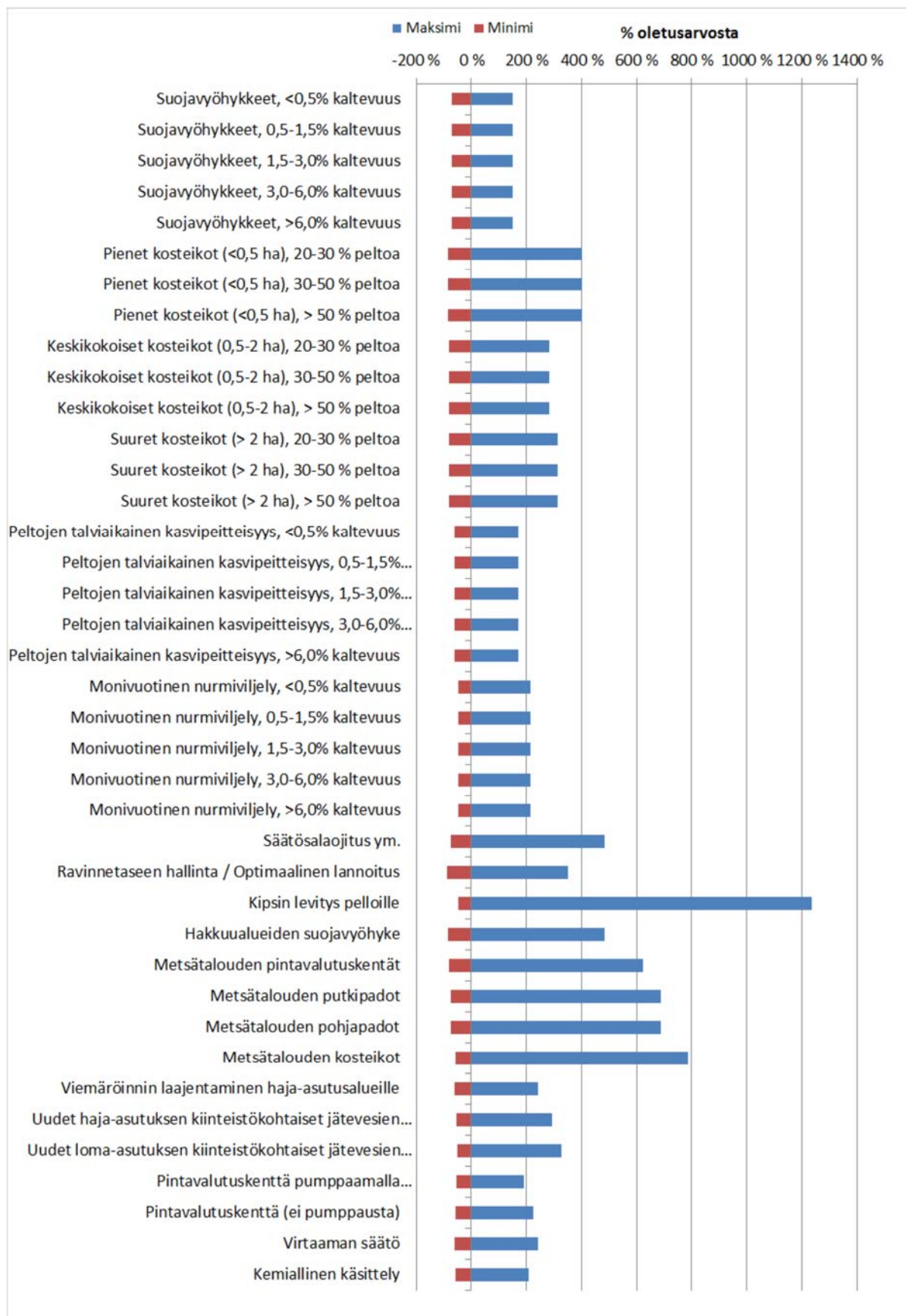
Kuva 1. Systemikaavio KUTOVA-työkalun laskentatavasta.

Herkkyy- ja epävarmuustarkastelu

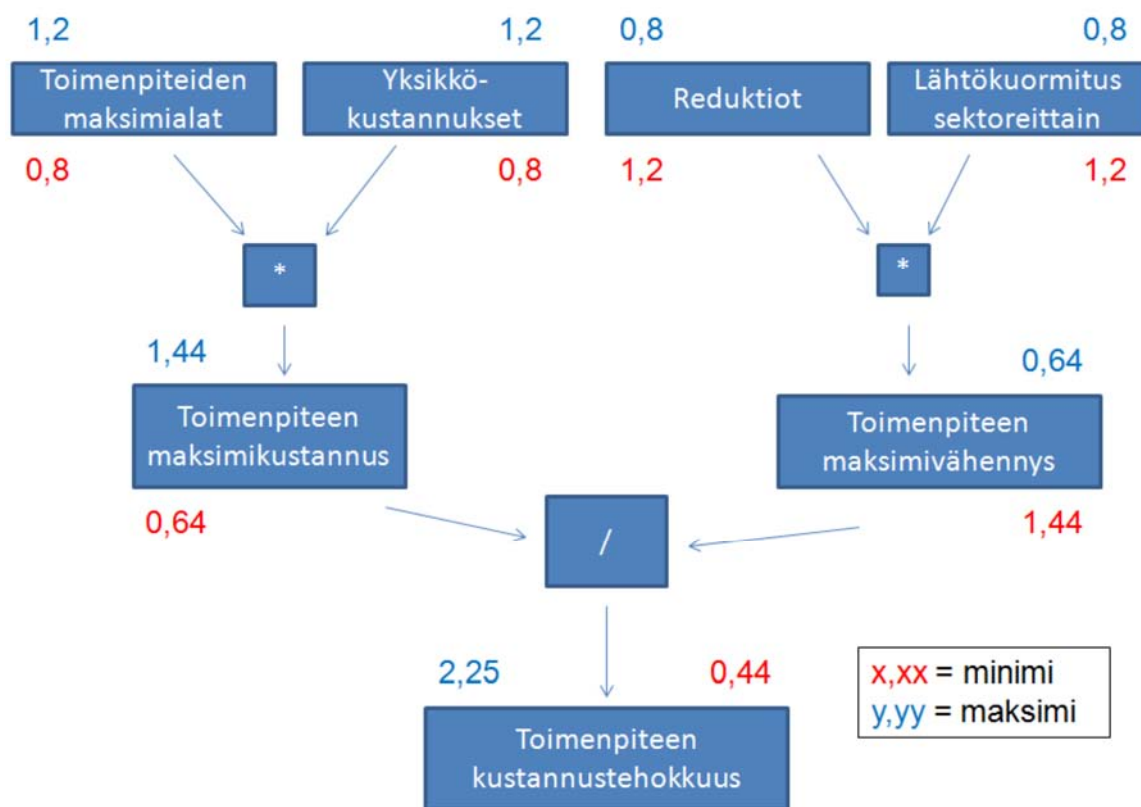
Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 8 mukaisesti. Kuvassa 2 on esitetty kustannustehokkuuden minimi ja maksimi arvon poikkeama mallin oletusarvosta toimenpiteittäin. Erot toimenpiteiden välillä syntyvät erilaisista investointikustannuksista ja kuoletusajoista. Ero minimi- ja maksimiarvojen poikkeaman suuruudessa aiheutuu mallin laskentatavasta (kuva 3) sekä oletuskustannusten sijoittumisesta arvioituun vaihteluväliin. Kustannustehokkuuden maksimiarvo syntyy kun maksimikustannus on oletusarvoa suurempi ja maksimivähennys oletusarvoaan pienempi. Minimiarvoon vaihtelu vaikuttaa päinvastoin.

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	min	Sektoritiimien loppuraporteista	max
Kuoletusaika	+20%	Sektoritiimien loppuraportit	-20%
Korko	-20 %	5%	+20%



Kuva 2. Kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon poikkeama mallin oletusarvosta.

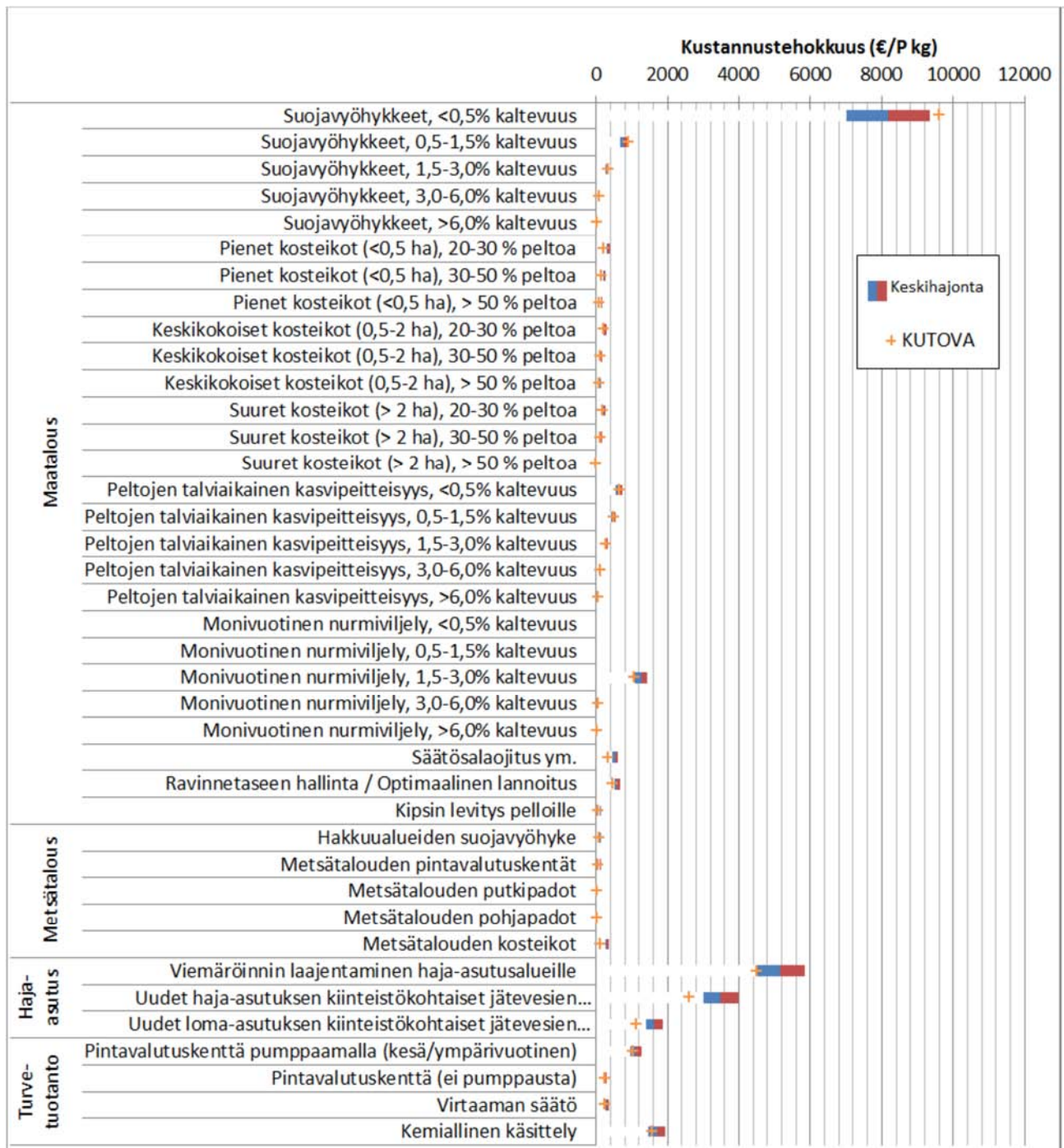


Kuva 3. Laskentatavan vaikutus kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon muodostumiseen ilman koron ja kuoleetusajan vaikutusta. Sinisellä värillä merkatut kertoimet (1=oletusarvo) havainnollistavat maksimiarvon syntymistä ja punaisella merkatut minimiarvon syntymistä.

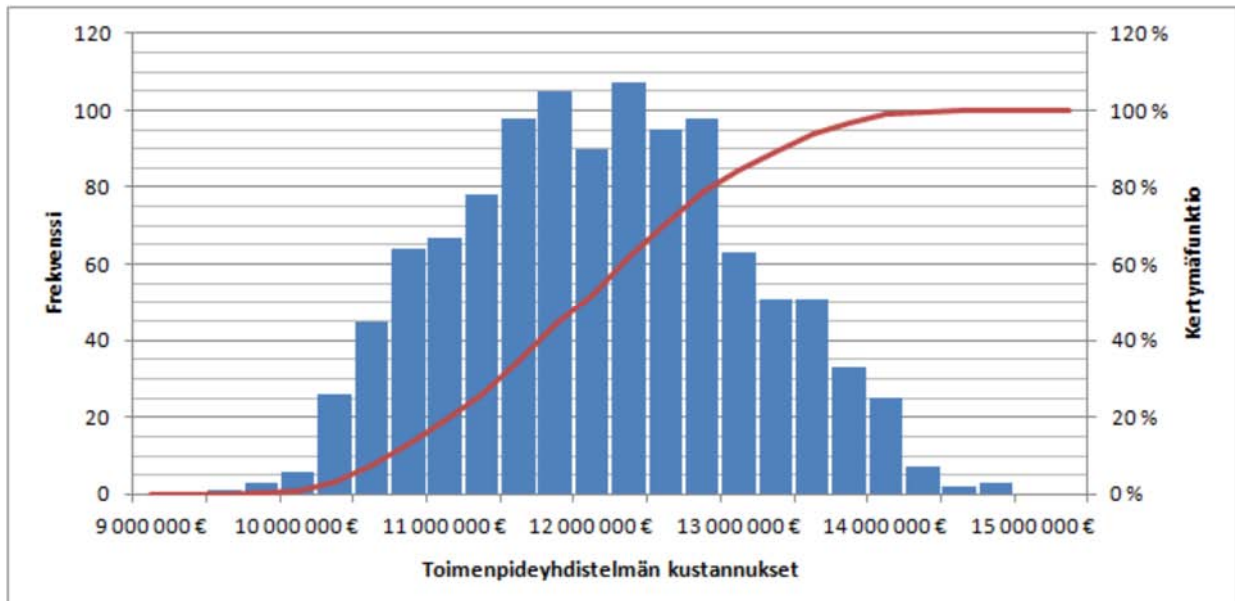
Minimi- ja maksimiarvojen lisäksi malli laskee Monte Carlo -simulointia hyödyntäen kustannustehokkuudelle keskihajonnan, joka antaa paremman kuvan tulosten todellisesta luottamusvälistä kuin minimi- ja maksimiarvot (kuva 4). Monte Carlo -simuloinnissa mallin lähtötietoja poikkeutetaan oletusarvosta taulukon 8 mukaisesti. Kutakin muuttujaa arvotaan laskennassa normaalijakaumaa noudattaen annetun minimi- ja maksimiarvon välillä. Arvonta toistetaan 4000 kertaa ja määritetään arvotuille tuloksille keskiarvo ja keskihajonta.

Yksittäisten toimenpiteiden lisäksi myös toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannuksien ja saavutettavan kuormitusvähennyksen todennäköisyysjakauma määritetään Monte Carlo -menetelmän avulla (kuvat 5 ja 6).

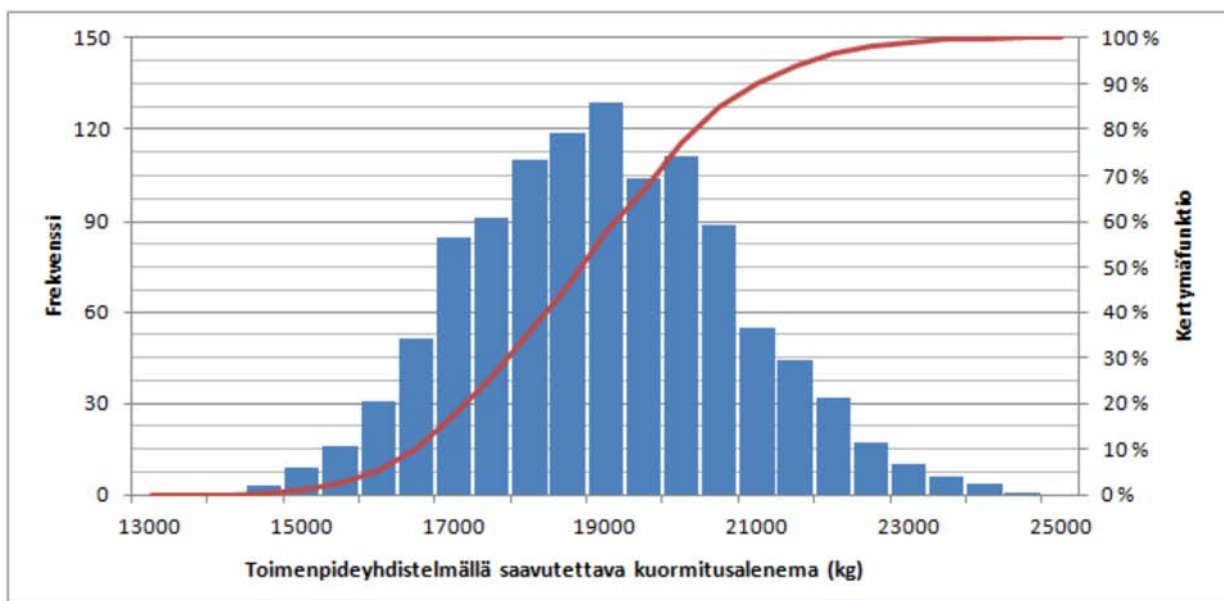
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.



Kuva 4. Esimerkki Monte Carlo -simuloinnin avulla määritetyistä toimenpidekohtaisista kustannustehokkuuksista sekä KUTOVA-laskennan tuloksesta.



Kuva 5. Esimerkki toimenpideyhdistelmän kustannuksien todennäköisyysjakaumasta.



Kuva 6. Esimerkki toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman todennäköisyysjakaumasta.

Liite 3. Kalojen aiheuttaman ravinnekuormituksen arviointi.

Kalojen typpi- ja fosforipitoisuus vaihtelee eri lajeilla ja saman lajin yksilöiden välillä. Lajin sisällä lihaskudoksen ravinnepitoisuuteen vaikuttavat mm. kehitysvaihe ja ravitsemustila (Tarvainen ym. 2002). Tämän suunnitelman laskelmissa kalojen biomassan mukana poistuvan fosforin määräksi oletettiin 0,59 % ja typen määräksi 2,67 % märkämässasta (Penczak ym. 1985).

Hoitokalastuksessa kalabiomassan mukana poistuvan fosforin ja typen määrä ei näy vastaavana muutoksena veden ravinnepitoisuudessa. Kasvaessaan kalat varastoivat ravinteita kudoksiin, joten kalan eläessä fosforia vapautuu veteen lähinnä aineenvaihduntatuotteiden (ulostus ja erityys) ja pohjan pöyhinnän kautta. Tällöinkin on kyse jo aiemmin ekosysteemiin tulleiden (ulkoisen kuormitus) ravinteiden kierrättämisestä. Kalojen on ajateltu nopeuttavan fosforin vapautumista sedimentistä pohjalta ruokaillessaan (bioturbaatio), kun planktonsyöjäkalat lähinnä kierrättävät eliöstöön sitoutunutta fosforia. Mm. Lappalainen (1989, 1990) ja Torpström & Lappalainen (1992) korostivat särkikalojen merkitystä rehevän järven sisäisen kuormituksen lähteenä.

Sedimentin fosforin liukenemista veteen tapahtuu jo ilman kalojen vaikutusta erityisesti alusveden happipitoisuuden alentuessa voimakkaasti. Normaalissa happitilanteessa pääosa pohjasedimentin fosforista on heikosti liukenevassa muodossa esimerkiksi rautaan sitoutuneena, joten pöyhinnän fosforikuormituksen voidaan ajatella muodostuvan lähinnä labiilissa muodossa olevan fosforin liukenemisestä. Yleensä labiilin fosforin pitoisuus on sedimentin pintakerroksessa kuitenkin hyvin alhainen.

On havaittu, että veteen liuennut fosfaattimuodossa oleva fosfori siirtyy kesäaikana hyvin nopeasti levien käyttöön. Levistä fosforia siirtyy edelleen sitä laiduntavaan eläinplanktoniin sekä viiveellä kaloihin ja pohjaeläimiin. Kriittisesti tarkastellen poistopyyntiä seuraava kalojen aineenvaihdunnan fosforikuormituksen väheneminen korvautuu nopeasti alemman trofiatason, kuten pohjaeläimistön aiheuttamalla fosforikuormituksen lisääntymisellä mm. saalistuspaineen alenemisen vuoksi. Tällöin kalojen aiheuttamaksi "aidoksi" kuormitusvaikutukseksi voitaisiin tulkita ainoastaan niiden mekaanisen pöyhinnän sedimentistä vapauttama fosfori sekä detritusravintoon sitoutunut fosfori, joka ei muuntuisi ilman kalojen aineenvaihduntaa leville käyttökelpoiseen muotoon. Detrituksen osuus ravinnosta kasvaa särkikaloilla voimakkaassa kilpailutilanteessa. Brabrand ym. (1984) havaitsivat, että heikon ravintotilanteen aikana särjen mahan sisällöstä jopa 60-70 % koostui pohjasedimentistä. Karjalaisen ym. (1999) mukaan Liperin Pohjalammella särkikalojen ravinnoksi käyttämän pohjasedimentin määrä oli kesällä ennen tehokalastuksen aloittamista noin 620 kg/ha, joka kuitenkin väheni voimakkaan pyynnin myötä peräti 82 %.

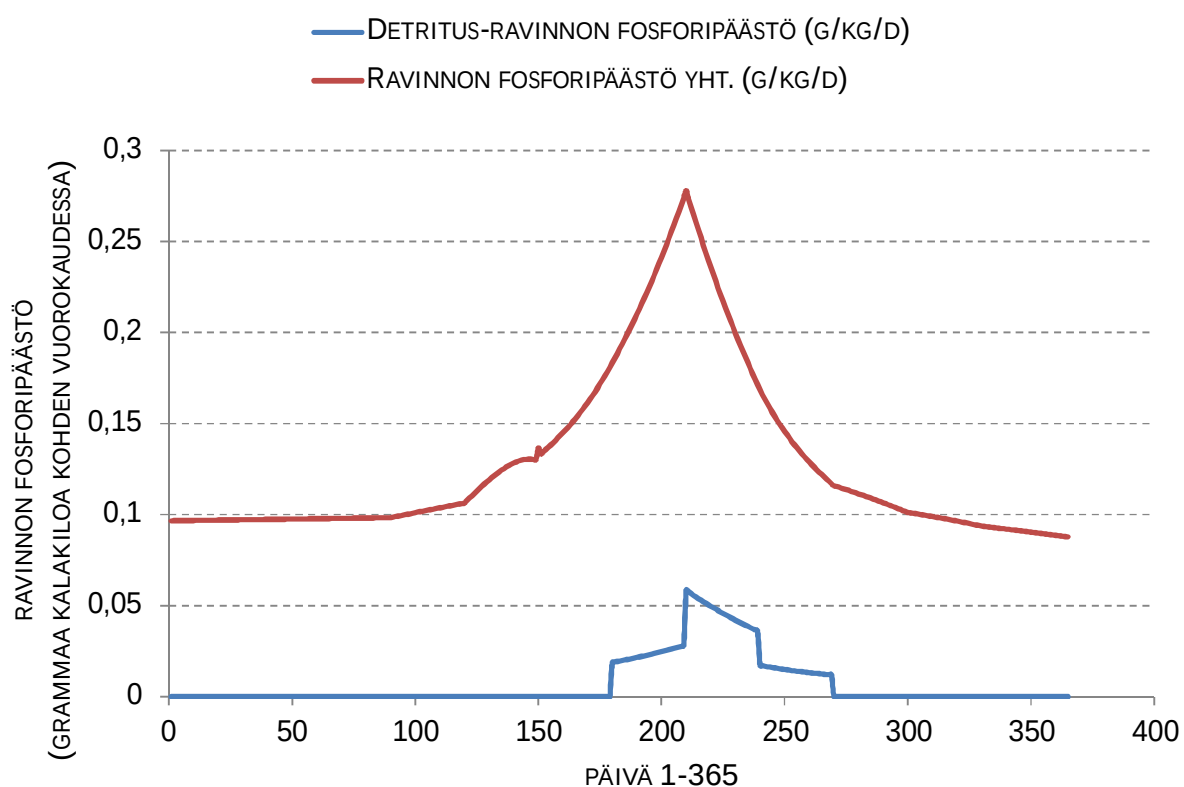
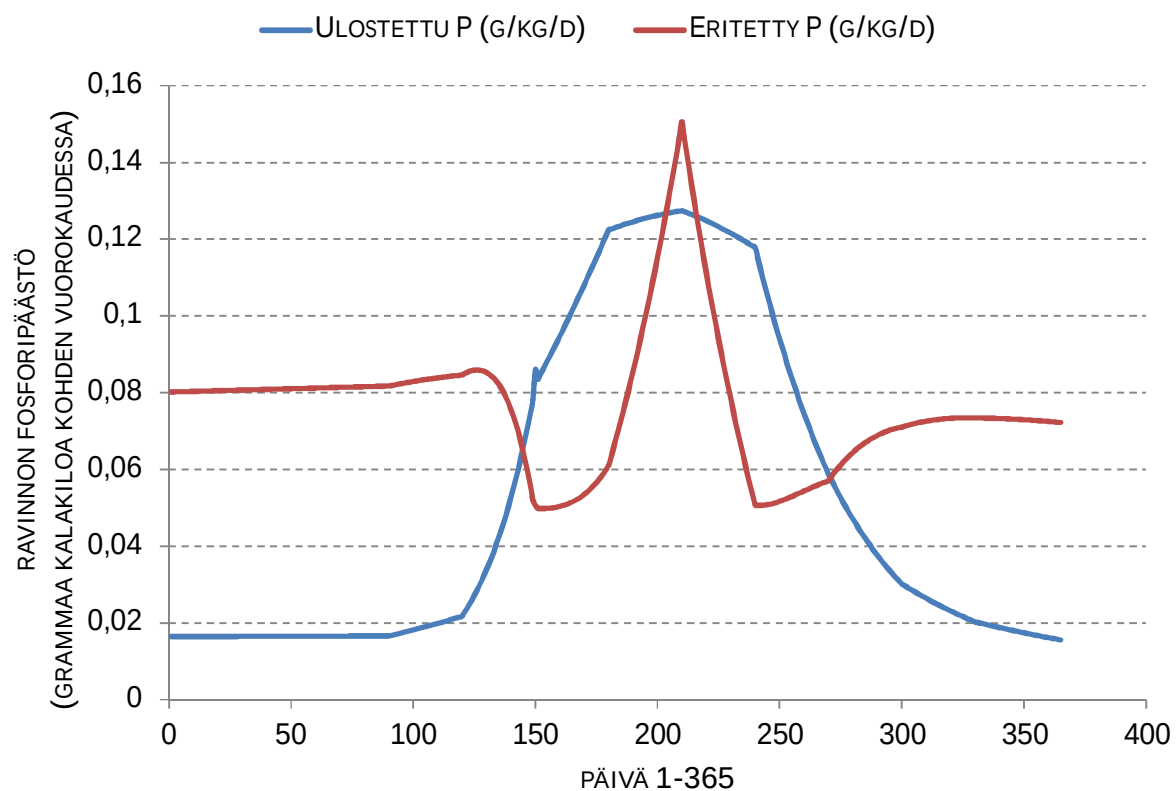
Kalan aineenvaihduntatuotteiden aiheuttamaa fosforikuormitusta arvioitiin suuntaa antavasti särjen bioenergeettisen mallin avulla. Mallin lajikohtaiset parametrit saatiin kirjallisuudesta ja laskelmat tehtiin Fish Bioenergetics 3.0 ohjelmalla (mm. Hewett & Johnson 1992, Horppila & Peltonen 1997). Bioenergeettinen malli kuvaa kalojen energiankäytön jakautumista eri komponentteihin annetuissa olosuhteissa:

Kulutus (consumption) = aineenvaihdunta (metabolism) +
aineenvaihduntatuotteet (wastes) + kasvu (growth)

Aineenvaihduntatuotteet (wastes) jaetaan kahteen luokkaan: ulosteisiin (egestion) ja eritykseen (excretion). Kalojen aineenvaihduntatuotteiden määrään vaikuttavat lajikohtaiset ominaisuudet, kehitysvaihe, veden lämpötila, ravinnon koostumus ja määrä sekä kasvunopeus, joka riippuu voimakkaasti edellä mainituista tekijöistä. Ohjelmaan syötetyt lämpötilatiedot noudattelivat likimain suunnittelualan pintaveden lämpötiloja. Muut tiedot (mm. ravinto ja ravintokohteiden osuudet) eivät pohjautuneet suunnittelualueelta tehtyihin havaintoihin, mutta olivat kirjallisuustietojen perusteella mahdollisia. Bioenergeettisen mallin yksinkertaistamiseksi se luotiin alkupainoltaan (vuoden alku) 50 g:n painoiselle särjelle, joten tulos oli yleistettävissä vain osalle särkipopulaatiota. Vuoden 1999 nuottauksen perusteella särkien pituusjakaumassa vallitsevin kokoluokka oli 130-149 mm (Vanhanen 1999). Suunnittelualueelta ei ollut saatavilla käyttökelpoista tietoa särjen ravinnonkäytöstä, joten sen oletettiin käyttävän ravinnokseen pääosin pohjaeläimiä ja eläinplanktonia sekä kesällä myös detritusta (2 kk 30-50 %).

Suunnitelmassa sovelletun bioenergeettisen mallin mukaan särjen keskimääräinen fosforikuormitus oli 0,129 g P kalakiloa kohden vuorokaudessa, josta erityksen osuus oli 59,3 %. Erityksen kautta veteen vapautuva fosfori on suoraan liukenevassa muodossa. Mallin perusteella arvioitu detritusravinnon aiheuttama fosforikuormitus oli noin 2,5 g P kalakiloa kohti vuodessa ja se muodosti enimmillään noin viidesosan päivittäisen ravinnon fosforikuormituksesta. Arvio kuvasti tilannetta, jossa särki siirtyy esimerkiksi voimakkaan ravintokilpailun vuoksi käyttämään pääasiallisena ravintonaan pohjasedimenttiä. Käytetyillä oletuksilla särkikilon mukana poistuvan fosforin kokonaismääräksi saatiin noin 8,4 g (5,9 g + 2,5 g). Mallin avulla ei voitu arvioida kalojen mekaanisen pöyhinnän aiheuttamasta fosforikuormituksesta, eikä siitä löydetty käyttökelpoista tietoa myöskään kirjallisuudesta.

Lappalainen (1990) arvioi suuntaa antavasti yhden särkikilon aiheuttamaksi kesäaikaiseksi fosforikuormitukseksi noin 0,05-0,06 g vuorokaudessa. Koska särkikalojen aktiivisuus riippuu voimakkaasti veden lämpötilasta, on selvää, että em. tulos ei ole yleistettävissä koko vuodelle, vaan ainoastaan kesäkuukausille. Kalojen aineenvaihdunnasta aiheutuvan fosforikuormituksen riippuvuus lämpötilasta (vaikuttaa ruokailuun ja kasvuun) ilmenee hyvin bioenergeettisen mallin antamista tuloksista (Kuva 1).



Kuva 1. Bioenergeettisen mallin antamia tuloksia yhden särkikilon aiheuttamasta fosforikuormituksesta (grammaa vuorokaudessa) vuoden aikana.

Tarvaisen ym. (2002) mukaan Köyliönjärven särjen aiheuttama fosforikuormitus (eritys+ulosteet) oli nuorimmalla ikäryhmällä (0+) 0,36-0,54 g/kg, mutta vanhemmissa ikäryhmissä "vain" 0,07-0,16 g/kg vuorokaudessa. Em. tutkimuksen tulokset vahvistivat osaltaan käsitystä pienikokoisten särkikalojen suuresta merkityksestä biomanipulaation onnistumisen kannalta. Tehokalastuksen epäonnistuessa pienikokoisten särkikalojen määrä saattaa kasvaa, jolloin fosforin kierto nopeutuu aiheuttaen vedenlaatuongelmia (leväsamennus, hapenkulutuksen kasvu).

Edellä mainittujen seikkojen valossa voidaan todeta, että kalojen poiston vaikutusta järven ravinnekiertoon ja veden fosforipitoisuuteen on vaikea arvioida tarkasti. Vaikutuksen suuruus riippuu voimakkaasti vesistökohtaisista tekijöistä, kuten ravinnekuormasta, hydrologiasta ja kasvi- ja eläinplanktonyhteisöjen sekä kalaston rakenteesta ja kalakannan tuottokyvystä. Tässä suunnitelmassa esitetyissä laskelmissa särkikilon mukana poistuvan fosforin määräksi on arvioitu 8,4 g, joka ei kuitenkaan sisällä mahdollisen mekaanisen pohjan pöyhinnän aiheuttamaa fosforikuormitusta. Laskelmia on pidettävä minimiarvioina.

Tässä suunnitelmassa esitetty poistokalastuksen laskennallinen kustannustehokkuus ei ole vertailukelpoinen valuma-alueen vesiensuojelutoimenpiteisiin nähden. Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että laskennassa on huomioitu kalaan sitoutunut fosforimäärä, jonka poisto ei aiheuta vastaavaa alenemaa veden fosforipitoisuudessa. Tehokalastusten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella kalojen poistolla voidaan saavuttaa parhaimmillaan 20-30 %:n alenema veden fosforipitoisuudessa ja 30-50 %:n alenema klorofylli-a -pitoisuudessa (Sammalkorpi & Horppila 2005). Virkistyskäytön kannalta on vielä merkityksellisempää, että näkösyvyys voi kasvaa leväsamennuksen vähenemisen myötä 0,4-1 m.

Liite 4. Päälyysveden keskimääräinen fosforipitoisuus, havaitun fosforipitoisuuden perusteella ennustettu kokonaiskalabiomassa, planktonsyöjä- ja pohjakalojen biomassa ja laskennallinen saalistavoite sekä tässä selvityksessä esitetty tehokalastuksen saalistavoite.

Osa-altaat	Havaittu kok. P (µg/l) (1)	Kala- biomassa (kg/ha) (2)	Plankti- ja benthivorit (kg/ha) (3)	Laskennallinen saalistavoite (kg/ha) (4)	Esitetty tavoite 1. vuosi (kg/ha) (5)
Visulahti-Mustaselkä	38	90	43	112	73
Pappilanselkä-Launialanselkä	33	82	37	104	62
Annilanselkä	28	74	32	95	53
Kyyhkylänselkä	29	76	33	97	55
Iso- ja Pieni-Surnu	39	92	45	114	74
Koko alue	33	83	38	105	60

(1) Päällisveden keskimääräinen fosforipitoisuus vuosina 2003-2012

(2) Kokonaiskalabiomassa (kg/ha) = 9.42 TP 0,62 (Jeppesen & Sammalkorpi 2002)

(3) Planktonsyöjä- ja pohjakalojen biomassa (kg/ha) = 1.46 TP 0,93 (Jeppesen & Sammalkorpi 2002)

(4) Pyyntitavoite (kg/ha a) tehokalastusvaiheessa = 16.9 TP 0.52 (Jeppesen & Sammalkorpi 2002)

(5) *Esitetty poistokalastuksen saalistavoite (kg/ha) ensimmäisenä vuonna*

Ukonveden lahialue
4.151

Toimenpide	Yksikkö- kustannus €/v	Lähtö- kuormitus kg P	Reduktio	Teoreettinen maksimimäärä	Toteutettava määrä	yksikkö	Kustannus- tehokkuus (€/P kg)	Kustannus (€)	Saavutettava kuormitus- vähennys (P kg)
Suojavyöhykkeet, <0,5% kaltevuus	450 €	958	0 %	8		ha	29803	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 0,5-1,5% kaltevuus	450 €	954	0 %	7		ha	2024	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	450 €	935	1 %	14		ha	619	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	450 €	899	7 %	19	2	ha	139	900 €	6
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	450 €	951	2 %	2	2	ha	55	900 €	16
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	708 €	28	34 %	2	1	kpl	151	708 €	5
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	2 022 €	171	34 %	10		kpl	347	0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	2 022 €	103	34 %	3		kpl	174	0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	2 022 €	16	34 %	1	1	kpl	376	2 022 €	5
Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	4 496 €	154	34 %	4		kpl	344	0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	4 496 €	53	34 %	1		kpl	250	0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, <0,5% kaltevuus	50 €	954	0 %	95		ha	1509	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	955	1 %	82	82	ha	909	4 100 €	5
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	947	2 %	177	177	ha	514	8 850 €	17
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	941	5 %	232	232	ha	225	11 600 €	51
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	50 €	961	1 %	30	30	ha	122	1 500 €	12
Monivuotinen nurmiviljely, <0,5% kaltevuus	50 €	957	-1 %	95		ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	958	0 %	5	5	ha		250 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	949	0 %	0		ha	2786	0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	944	12 %	1	1	ha	104	50 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	50 €	963	4 %	1	1	ha	44	50 €	1
Säätösalaajitus ym.	280 €	598	15 %	338		ha	1054	0 €	0
Ravinteiden käytön hallinta	50 €	1717	7 %	1284	900	ha	524	45 000 €	86
Kipsin levitys pelloille	70 €	1	54 %	1		ha	89	0 €	0
Uudistushakkuiden suojakaista	444 €	8	10 %	2	2	ha	1063	888 €	1
Lannoitusten suojakaista	170 €	6	50 %	0		ha	24	0 €	0
Metsätalouden pintavalutuskentät	356 €	42	25 %	0		kpl	57	0 €	0
Metsätalouden putkipadot	260 €	42	50 %	2	2	kpl	21	519 €	25
Metsätalouden pohjapadot	260 €	42	30 %	0		kpl	35	0 €	0
Metsätalouden kosteikot	597 €	42	20 %	0		kpl	120	0 €	0
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	520 €	411	95 %	163	68	kiinteistö	308	35 388 €	115
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	681 €	411	85 %	163	68	kiinteistö	339	46 339 €	103
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	260 €	30	70 %	12	12	kiinteistö	145	3 126 €	22
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	681 €	72	85 %	29	7	kiinteistö	316	4 770 €	15
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	147 €	#VALUE!	57 %			tuotantoha		0 €	0
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	38 €	#VALUE!	46 %			tuotantoha		0 €	0
Virtaaman säätö	18 €	0	30 %			tuotantoha	#VALUE!	0 €	0
Kemiallinen käsittely	352 €	#VALUE!	80 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
Pienkemikalointi	200 €	#VALUE!	87 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
							Yhteensä	166 960 €	485

17 %

Urpolanjoen va
4.152

[illegible]

Emolanjoen va.
4.153

[illegible]

Toimenpide

Suojavyöhykkeet, <0,5% kaltevuus

Suojavyöhykkeet, 0,5-1,5% kaltevuus

Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus

Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus

Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus

Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa

Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa

Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa

Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa

Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa

Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa

Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa

Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa

Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa

Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, <0,5% kaltevuus

Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus

Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus

Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus

Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus

Monivuotinen nurmiviljely, <0,5% kaltevuus

Monivuotinen nurmiviljely, 0,5-1,5% kaltevuus

Monivuotinen nurmiviljely, 1,5-3,0% kaltevuus

Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus

Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus

Säätösalaajitus ym.

Ravinteiden käytön hallinta

Kipsin levitys pelloille

Uudistushakkuiden suojakaista

Lannoitusten suojakaista

Metsätalouden pintavalutuskentät

Metsätalouden putkipadot

Metsätalouden pohjapadot

Metsätalouden kosteikot

Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille

Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät

Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät

Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen

Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)

Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)

Virtaaman säätö

Kemiallinen käsittely

Pienkemikalointi

[illegible]

24 %

Myllyjoen va
4.156

	Yksikkö- kustannus	Lähtö- kuormitus		Teoreettinen maksimimäärä	Toteutettava määrä		Kustannus- tehokkuus	Kustannus	Saavutettava kuormitus- vähennys
Toimenpide	€/v	kg P	Reduktio			yksikkö	(€/P kg)	(€)	(P kg)
Suojavyöhykkeet, <0,5% kaltevuus	450 €	231	0 %	3		ha	43330	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 0,5-1,5% kaltevuus	450 €	232	0 %	2		ha	2881	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	450 €	226	1 %	5		ha	886	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	450 €	221	5 %	5	5	ha	196	2 250 €	12
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	450 €	232	1 %	0		ha	78	0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	2 022 €	23	34 %	3		kpl	759	0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	2 022 €	30	34 %	1		kpl	196	0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	2 022 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	4 496 €	89	34 %	3		kpl	444	0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	4 496 €	55	34 %	1	1	kpl	239	4 496 €	19
Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, <0,5% kaltevuus	50 €	229	0 %	41		ha	2178	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	230	0 %	25		ha	1331	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	228	2 %	57	57	ha	740	2 850 €	4
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	228	4 %	59	59	ha	322	2 950 €	9
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	50 €	232	1 %	6	6	ha	182	300 €	2
Monivuotinen nurmiviljely, <0,5% kaltevuus	50 €	230	-1 %	41		ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	232	0 %	25		ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	229	0 %	0		ha	4154	0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	229	9 %	1	1	ha	150	50 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	50 €	233	2 %	0		ha	63	0 €	0
Säätösalaojitus ym.	280 €	178	15 %	151		ha	1577	0 €	0
Ravinteiden käytön hallinta	50 €	515	8 %	481	337	ha	583	16 850 €	29
Kipsin levitys pelloille	70 €	0	54 %	0		ha	112	0 €	0
Uudistushakkuiden suojakaista	444 €	4	10 %	1	1	ha	1099	444 €	0
Lannoitusten suojakaista	170 €	3	50 %	0		ha	43	0 €	0
Metsätalouden pintavalutuskentät	356 €	21	25 %	0		kpl	59	0 €	0
Metsätalouden putkipadot	260 €	21	50 %	1	1	kpl	22	260 €	12
Metsätalouden pohjapadot	260 €	21	30 %	0		kpl	36	0 €	0
Metsätalouden kosteikot	597 €	21	20 %	0		kpl	124	0 €	0
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	520 €	181	95 %	70	29	kiinteistö	302	15 092 €	50
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	681 €	181	85 %	70	29	kiinteistö	331	19 762 €	45
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	260 €	3	70 %	1	1	kiinteistö	141	260 €	2
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	681 €	32	85 %	12	3	kiinteistö	309	2 044 €	7
Pintavalutuskenttä pumpaamalla (kesä/ypärivuotinen)	147 €	#VALUE!	57 %			tuotantoha		0 €	0
Pintavalutuskenttä (ei pumpausta)	38 €	#VALUE!	46 %			tuotantoha		0 €	0
Virtaaman säätö	18 €	0	30 %			tuotantoha	#VALUE!	0 €	0
Kemiallinen käsittely	352 €	#VALUE!	80 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
Pienkemikalointi	200 €	#VALUE!	87 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
							Yhteensä	67 609 €	190

Toimenpide	Yksikkö-	Lähtö-	Teoreettinen			Toteutettava	Kustannust	Saavutettava	
	kustannus	kuormitus	Reduktio	maksimi-	määrä			ehokkuus	Kustannus
	€/v	kg P		määrä	määrä	yksikkö	(€/P kg)	(€)	vähennys
									(P kg)
Suojavyöhykkeet, <0,5% kaltevuus	450 €	77	0 %	0	0	ha	32003	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 0,5-1,5% kaltevuus	450 €	76	0 %	0	0	ha	2191	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	450 €	74	2 %	2	2	ha	682	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	450 €	71	8 %	2	2	ha	152	0 €	0
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	450 €	76	2 %	0	0	ha	60	0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	2 022 €	38	34 %	3	3	kpl	467	0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	2 022 €		34 %			kpl		0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	2 022 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, <0,5% kaltevuus	50 €	76	0 %	4	4	ha	1742	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	76	0 %	6	6	ha	1008	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	75	3 %	21	21	ha	550	1 050 €	2
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	75	6 %	23	23	ha	246	1 150 €	5
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	50 €	77	1 %	3	3	ha	151	150 €	1
Monivuotinen nurmiviljely, <0,5% kaltevuus	50 €	76	0 %	4	4	ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	76	0 %	6	6	ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	75	0 %	0	0	ha	2978	0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	75	14 %	0	0	ha	114	0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	50 €	77	4 %	0	0	ha	53	0 €	0
Säätösalaajitus ym.	280 €	46	15 %	16	16	ha	657	0 €	0
Ravinteiden käytön hallinta	50 €	125	6 %	106	74	ha	663	3 700 €	6
Kipsin levitys pelloille	70 €	0	54 %	0	0	ha	101	0 €	0
Uudistushakkuiden suojakaista	444 €	1	10 %	0	0	ha	1118	0 €	0
Lannoitusten suojakaista	170 €	1	50 %	0	0	ha	27	0 €	0
Metsätalouden pintavalutuskentät	356 €	7	25 %	0	0	kpl	60	0 €	0
Metsätalouden putkipadot	260 €	7	50 %	0	0	kpl	22	0 €	0
Metsätalouden pohjapadot	260 €	7	30 %	0	0	kpl	37	0 €	0
Metsätalouden kosteikot	597 €	7	20 %	0	0	kpl	126	0 €	0
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	520 €	14	95 %	13	6	kiinteistö	714	3 122 €	4
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	681 €	14	85 %	13	6	kiinteistö	784	4 089 €	4
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	260 €	2	70 %	2	2	kiinteistö	335	521 €	2
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	681 €	3	85 %	2	1	kiinteistö	732	681 €	1
Pintavalutuskenttä pumpaamalla (kesä/ypärivuotinen)	147 €	#VALUE!	57 %			tuotantoha		0 €	0
Pintavalutuskenttä (ei pumpausta)	38 €	#VALUE!	46 %			tuotantoha		0 €	0
Virtaaman säätö	18 €	0	30 %			tuotantoha	#VALUE!	0 €	0
Kemiallinen käsittely	352 €	#VALUE!	80 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
Pienkemikalointi	200 €	#VALUE!	87 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
							Yhteensä	14 464 €	24

11 %

	Yksikkö- kustannus	Lähtö- kuormitus		Teoreettinen	Toteutettava		Kustannus- tehokkuus	Kustannus	Saavutettava kuormitus- vähennys
Toimenpide	€/v	kg P	Reduktio	maksimimäärä	määrä	yksikkö	(€/P kg)	(€)	(P kg)
Suojavyöhykkeet, <0,5% kaltevuus	450 €	55	0 %	0		ha	47581	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 0,5-1,5% kaltevuus	450 €	55	0 %	1		ha	2484	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	450 €	54	1 %	1		ha	752	0 €	0
Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	450 €	52	6 %	1		ha	165	0 €	0
Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	450 €	55	1 %	0		ha	66	0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	708 €		34 %			kpl		0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	2 022 €		34 %			kpl		0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	2 022 €		34 %			kpl		0 €	0
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	2 022 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	4 496 €		34 %			kpl		0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, <0,5% kaltevuus	50 €	52	0 %	5		ha	1812	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	52	1 %	8		ha	1113	0 €	0
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	51	2 %	12	12	ha	615	600 €	1
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	51	4 %	12	12	ha	269	600 €	2
Peltojen talviaikainen eroosion torjunta, >6,0% kaltevuus	50 €	52	1 %	1	1	ha	119	50 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, <0,5% kaltevuus	50 €	55	-1 %	6		ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 0,5-1,5% kaltevuus	50 €	55	0 %	9		ha		0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 1,5-3,0% kaltevuus	50 €	55	0 %	1		ha	5049	0 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	50 €	55	10 %	1	1	ha	121	50 €	0
Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	50 €	56	2 %	0		ha	37	0 €	0
Säätösalaajitus ym.	280 €	36	15 %	28		ha	1437	0 €	0
Ravinteiden käytön hallinta	50 €	106	7 %	92	64	ha	594	3 200 €	5
Kipsin levitys pelloille	70 €	0	54 %	0		ha	104	0 €	0
Uudistushakkuiden suojakaista	444 €	1	10 %	0		ha	1103	0 €	0
Lannoitusten suojakaista	170 €	0	50 %	0		ha	19	0 €	0
Metsätalouden pintavalutuskentät	356 €	3	25 %	0		kpl	60	0 €	0
Metsätalouden putkipadot	260 €	3	50 %	0		kpl	22	0 €	0
Metsätalouden pohjapadot	260 €	3	30 %	0		kpl	36	0 €	0
Metsätalouden kosteikot	597 €	3	20 %	0		kpl	125	0 €	0
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	520 €	8	95 %	8	3	kiinteistö	738	1 561 €	2
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	681 €	8	85 %	8	3	kiinteistö	810	2 044 €	2
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	260 €	1	70 %	1	1	kiinteistö	346	260 €	1
Vapautuksen saaneiden kiinteistöjen jäteveden käsittelyjärjestelmien tehostaminen	681 €	1	85 %	1	1	kiinteistö	756	681 €	1
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	147 €	#VALUE!	57 %			tuotantoha		0 €	0
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	38 €	#VALUE!	46 %			tuotantoha		0 €	0
Virtaaman säätö	18 €	0	30 %			tuotantoha	#VALUE!	0 €	0
Kemiallinen käsittely	352 €	#VALUE!	80 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
Pienkemikalointi	200 €	#VALUE!	87 %	#VALUE!		tuotantoha		0 €	0
							Yhteensä	9 048 €	15

Liite 6. Suunnittelualueen soveltuvuus poistokalastukseen.

Hydrologia ja morfologia

Mikkelin alapuolinen Saimaa koostuu useista kapeiden salmien erottamasta osa-altaasta. Pohjoiset osa-altaat Visulahdesta Kyyhkylänselkään saakka ovat pinta-alaltaan melko pieniä ja niiden viipymä on verrattain lyhyt (Taulukko 1). Suurimmat yhtenäiset selkävedet ovat Ukonvedellä ja Päähkeenselällä. Osa-altaista matalin on Visulahden ja Mustaselän alue, jonka keskisyvyys on 3 m. Pappilanselän ja Launialanselän alue on jo merkittävästi syvempi. Sen keskisyvyys on noin 6,7 m.

Taulukko 1. Perustietoja osa-alueiden hydrologiasta ja morfologiasta.

Osa-allas	Pinta-Ala (km ²)	Keski-Syvyys (m)	Suurin syvyys (m)	Tilavuus (milj. m ³)	Viipymä (vrk)	Keski-virtaama (m ³ /s)
Visulahti-Mustaselkä	1,61	3,0	15	4,8	81	0,67
Pappilanselkä-Launialanselkä	2,40	6,7	22	16,0	88	2,10
Annilanselkä	2,29	6,4	20	14,6	77	2,16
Kyyhkylänselkä	2,32	4,2	22	9,6	49	2,29
Ukonvesi-Päähkeenselkä	11,70	6,5	30	76,1	260	3,39
Pohjoisselkä-Leppäselkä	4,40	5,1	26	22,6	703	0,37
Yhteensä/keskiarvo	24,72	5,3		143,7	494	

Osa-altaiden hydrologis-morfologisten ominaisuuksien ja aiemmin harjoitetun uittotoiminnan perusteella suunnittelualue soveltuu parhaiten lähinnä rysäkalastukseen. Useimmilla osa-altailla nuottakalastus voitaisiin aloittaa vasta apajapaikkojen kartoituksen ja mahdollisen raivauksen jälkeen. Mikkelin alapuolisella Saimaalla ensimmäiset nuottauskelpoiset alueet sijaitsevat Ukonseällä (Lähtenmäki 2013, suullinen tiedonanto).

Suunnittelualueen pinta-ala on verrattain suuri, joten poistokalastusta ei ole mahdollista toteuttaa yhtä aikaa kaikilla osa-alueilla. On kuitenkin huomattava, että mikäli poistopyyntialue rajataan liian pieneksi, sen ulkopuolelta vaeltavat kalat saattavat heikentää toimenpiteiden pysyvyyttä. Karttatarkastelun perusteella tärkein kalastoa jakava alue saattaa olla Siikasalmi, jonka alapuolella avautuvat ensimmäiset suuremmat selkävedet. Tämän oletuksen perusteella poistopyyntialueena voisi olla joko Siikasalmen yläpuolinen (Visulahti-Kyyhkylänselkä) tai alapuolinen (Ukonseällä-Päähkeenselkä, Leppäselkä) alue.

Veden laatu ja kuormitus

Veden ravinnepitoisuus kuvaa rehevyyttä selvimmin suunnittelualueen pohjoisissa osa-altaissa sekä Surnuissa (Taulukko 2). Pappilanselkä-Launialanselällä ja Annilanselällä jätevedenpuhdistamon kuormitus näkyy erityisesti kohonneina typpipitoisuuksina. Siikasalmen alapuoliset selkävedet sekä Leppäselkä ja Pohjoisselkä ovat huomattavasti pohjoisia altaita niukkaravinteisempia.

Taulukko 2. Pintaveden ravinne- ja klorofylli-a -pitoisuuksia osa-altaittain vuosien 2003-2012 keskiarvoina.

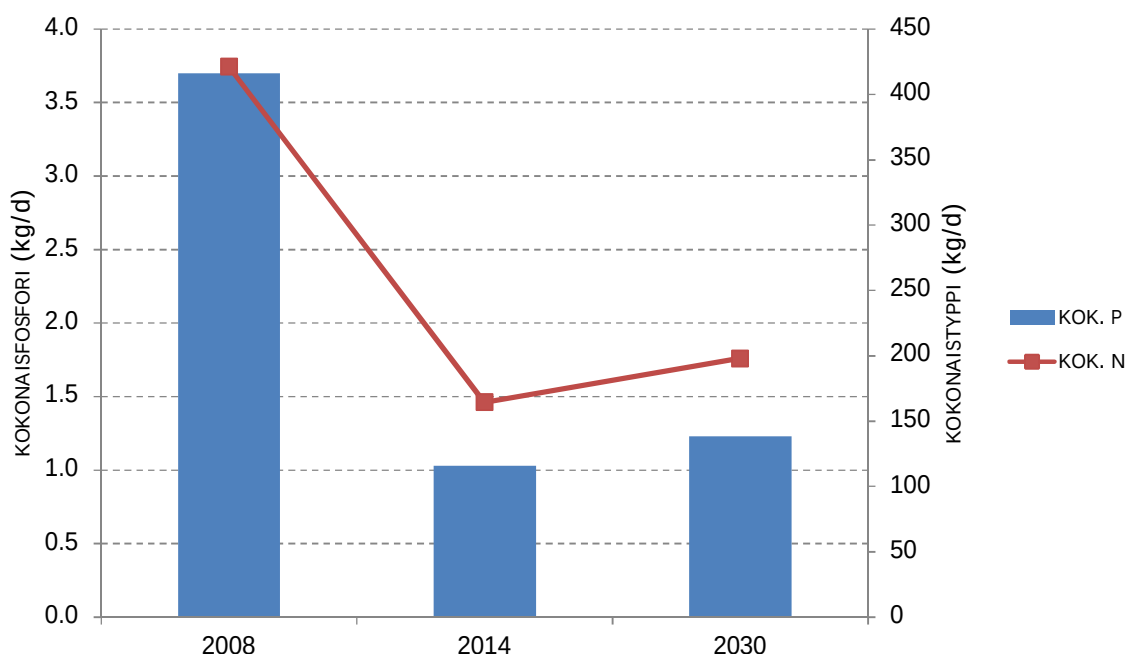
Vuosi	Kok. P (µg/l)	Kok. N (µg/l)	Klorofylli-a (µg/l)
Visulahti-Mustaselkä	36	1200	26
Pappilanselkä-Launialanselkä	30	1800	16
Annilanselkä	25	1900	14
Kyyhkylänselkä	27	1500	15
Pohjoisselkä-Leppäselkä	15	580	8,6
Ukonvesi-Päähkeenselkä	19	1000	11
Iso- ja Pieni-Surnu	39	1100	36

Ulkoisen kuormituksen ollessa yli kriittisen tason Vollenweiderin (1976) mallilla arvioituna hoitokalastuksella on vaikea saavuttaa pysyviä tuloksia (Saarijärvi & Sammalkorpi 2005). Mehnerin ym. (2004) mukaan ulkoisen kuormituksen tulisi olla $<2 \text{ g P m}^2 \text{ a}$, jotta hoitokalastuksen aloittaminen olisi järkevää. Wysujackin & Steinbergin (2000) mukaan lyhytviipymäisissä ja matalissa järvissä ulkoisen kuormituksen pitäisi olla välillä $0,6\text{-}2 \text{ g P m}^2 \text{ a}$, kun taas kerrostuneissa järvissä se saisi olla enintään $0,5 \text{ g m}^2 \text{ a}$.

Nykyhetkellä ulkoinen kuormitus ylittää Visulahden ja Siikasalmen välisellä alueella kriittisen kuormituksen tason. Suunnittelualueen kaikilla osa-altailla kuormitus on kuitenkin alle $2 \text{ g P m}^2 \text{ a}$. Ulkoinen kuormitus on alle kriittisen tason Ukonvälällä, Päähkeenselällä ja Leppäselällä. Näilläkin osa-alueilla kuormitus ylittää kuitenkin vielä sallitun tason.

On syytä olettaa, että erityisesti Siikasalmen yläpuolisella alueella hoitokalastuksen vaikutusten pysyvyys on nykyhetkellä kyseenalainen. Ulkoisen kuormituksen ollessa liian korkealla tasolla myös kalaston poiston lyhytaikaiset vaikutukset voivat jäädä ennakoitua vähäisemmiksi.

Valuma-alueelta tulevan ravinnekuormituksen vähentäminen on avainasemassa Mikkelin alapuolisen Saimaan tilan kehittymisen kannalta, mutta useimpien valuma-alueen suojelutoimenpiteiden toteutumista on hyvin vaikea ennustaa. Nykyhetkellä tiedetään kuitenkin se, että valmistuessaan Metsä-Sairilan uusi jätevedenpuhdistamo tulee vähentämään Mikkelin alapuoliseen Saimaaseen kohdistuvaa ravinnekuormitusta merkittävästi. Mikkelin vesilaitoksen mukaan kokonaisfosforikuormituksen arvioitiin pienenevän vuoteen 2014 mennessä 44 % ja vuoteen 2030 mennessä 32 % Kenkäveronniemen puhdistamoon verrattuna. Kokonaistypen osalta vastaavat vähenemät olivat 61 % ja 53 % (Kuva 1). Kuormituksen vähittäinen kasvu johtuu puhdistamoon liittyvien talouksien määrän kasvusta. Pitkittyneen lupakäsittelyn vuoksi uusi jätevedenpuhdistamo valmistuu mahdollisesti vasta vuoden 2018 aikana. Tämän vuoksi puhdistamon kuormitus tulee pysymään vielä noin viiden vuoden ajan likimain nykyisellä tasolla. Pappilanselän fosforikuormasta peräti 39 % on peräisin Mikkelin kaupungin Kenkäveronniemen puhdistamolta (ISAVI, päätös nro 1/2012/1).



Kuva 1. Metsä-Sairilan suunnitellun jätevedenpuhdistamon arvioitu kokonaisfosfori- ja typpikuormitus (kg/d) alapuoliseen vesistöön vuonna 2014 ja 2030. Vertailukohdaksi otettu Kenkäveronniemen nykyisen puhdistamon kuormitus vuonna 2008. Huom. Vastoin Mikkelin vesilaitoksen alkuperäisiä suunnitelmia vuoden 2014 kuormitustasolle päästään aikaisintaan vuonna 2018, jota ennen uuden puhdistamon arvioidaan saavan lainvoimaisen ympäristöluvan. Lähde: ISAVI, päätös nro 1/2012/1.

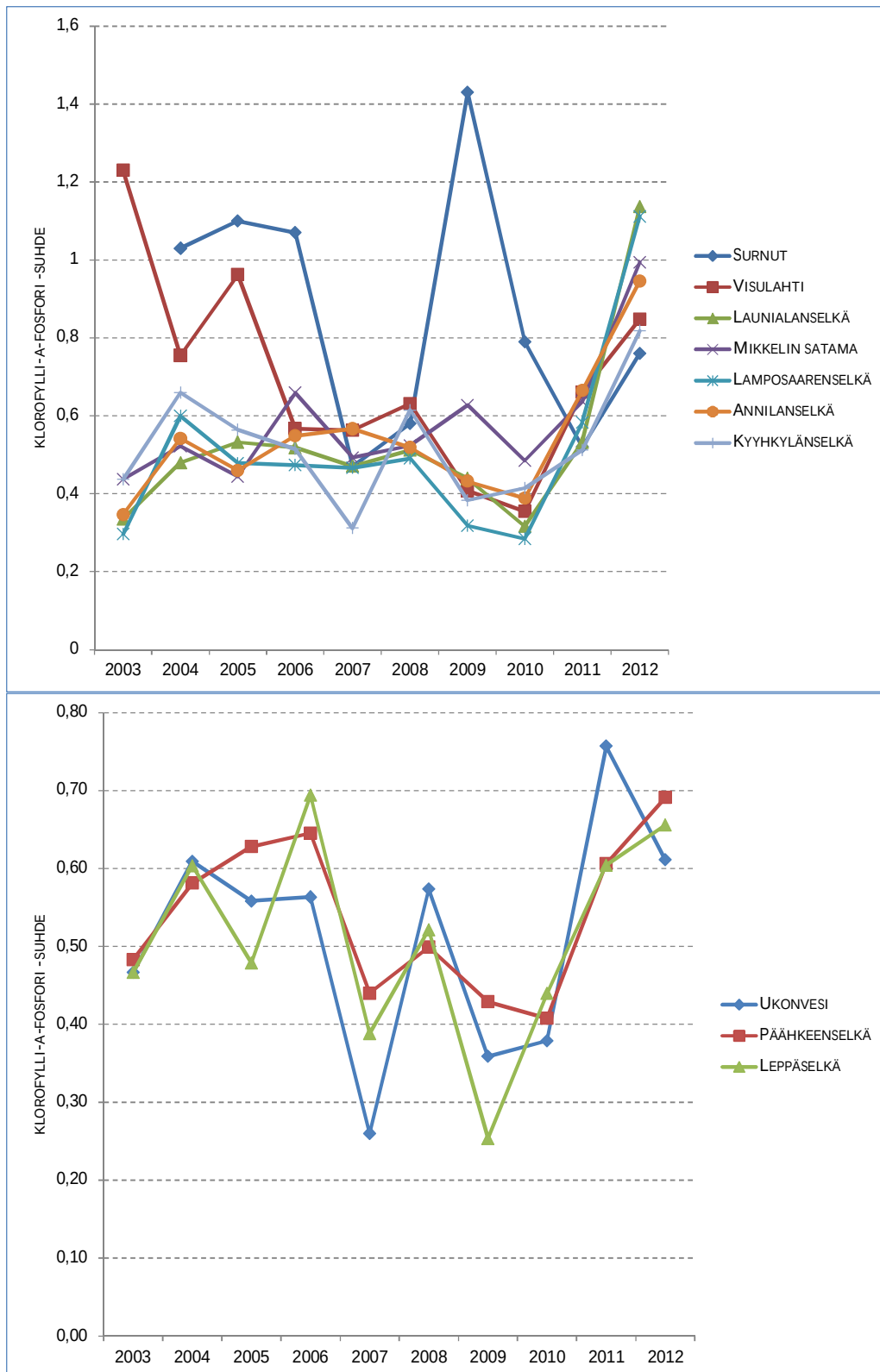
Nykyhetkellä näyttäisi siltä, että ulkoinen kuormitus jää edelleen kriittisen tason tuntumaan uuden jvp:n valmistumisen jälkeen. Koska uuden jätevedenpuhdistamon myötä vesistöön kohdistuva ravinnekuormitus kuitenkin alenee merkittävästi, on mahdollista, että kalaston poistolla saavutetaan ainakin lyhytaikaisia vaikutuksia.

Klorofyllin ja fosforin suhde

Kokonaisfosforin ja klorofyllin suhde kuvastaa eläinplanktonin kykyä säädellä kasviplanktonbiomassaa. Tämän lisäksi se kertoo sisäisen kuormituksen voimakkuudesta. On havaittu, että klorofyllitaso suhteessa fosforipitoisuuteen on korkeampi järvissä, joista puuttuvat suurikokoiset vesikirput kuin järvissä, joissa suuria vesikirppuja on runsaasti (Mazumder 1994, Sarvala ym. 2000). Kerrostuvissa ja ei-kerrostuvissa vesistöissä fosfori-klorofylli-suhde on erilainen.

Vuosina 2003-2012 keskimääräinen klorofylli-fosfori –suhde on vaihdellut osa-altaasta riippuen välillä 0,51-0,86. Suurimmat em. suhteen arvot on havaittu odotusten mukaisesti rehevimmiltä osa-alueilta Visulahdesta ja Surnuista. Nyrkkisääntönä on pidetty, että klorofylli-fosfori -suhteen ollessa $>0,4$, eläinplanktonyhteisössä alkavat dominoida pienet herbivorit, jotka eivät kykene säätelemään leväbiomassaa tehokkaasti.

Chl-a ja P-suhteessa havaittiin melko voimakasta vuosittaista vaihtelua esimerkiksi Surnuissa, mutta mahdollisesti se johtui pääosin pienestä näytemäärästä (alkukesän näytteitä puuttuu). Näyttäisi siltä, että vuodesta 2010 alkaen ko. suhde on kasvanut synkronisesti useimmilla osa-alueilla (Kuva 2). Mikäli tulos kuvastaa todellista tilannetta, kehitys on ollut jossakin määrin huolestuttavaa ja saattaa kertoa eläinplanktonyhteisössä mutta myös kalastossa tapahtuneista epäedullisista muutoksista. Klorofylli-a-pitoisuuksien ja klorofylli-fosfori –suhteen perusteella poistokalastuksen tarve on suurin pohjoisilla osa-alueilla.



Kuva 2. Klorofylli-a -fosfori -suhde eri näytipisteillä vuosina 2003-2012.

Kalasto ja kalastus

Mikkelin alapuolisen Saimaan kalaston rakennetta on seurattu mm. jätevedenpuhdistamolle asetetun kalataloudellisen tarkkailuvelvoitteen vuoksi. Kalaston suhteellista runsautta kuvaava Nordic-koekalastusverkkojen yksikkösaalis (g/verkkoyö) oli vuosina 2005 ja 2010 suurin Annilanselällä ja Lamposaarenselällä. Keskimäärin pienin yksikkösaalis oli Kyyhkylänselällä ja Leppäselällä. Kokonaisuutena yksikkösaaliiden erot osa-alueiden välillä olivat melko pieniä ja ravinnetason perusteella pääosin odotettuja.

Vuosina 2005 ja 2010 särkikalojen osuus saaliin biomassasta oli keskimäärin suurin Kyyhkylänselällä ja Lamposaarenselällä (Taulukko 3). Muita niukkaravinteisemmalla Leppäselän alueella särkikalojen biomassaosuudet olivat likimain samoja kuin voimakkaammin kuormitetuilla alueilla. Kokonaisuutena erot osa-alueiden välillä olivat vähäisiä, kun huomioitiin verkkokoekalastusten tuloksiin liittyvät epävarmuustekijät.

Vuoden 2010 verkkokoekalastuksissa yksikkösaaliiden hajonta oli suurta ja erityisesti pohjaverkoissa oli paikoitellen erittäin runsaasti kalaa. Kyyhkylänselällä ja Annilanselällä myös pintaverkkojen yksikkösaaliit olivat verrattain suuria. Se saattoi osaltaan liittyä alusveden heikkoon happitilanteeseen. Leppäselällä yksikkösaaliit olivat hieman odotettua suurempia (yksikkösaalis >2 kg/verkkoyö 70 %:lla verkoista).

Vuonna 2010 petokalojen osuus koekalastussaaliin biomassasta oli suurin Ukonvedellä ja pienin Lamposaarenselällä. Kaikilla osa-alueilla petokalat koostuivat lähinnä kookkaammista ahvenista. Kuhia saatiin saaliiksi ainoastaan niukasti.

Yleensä verkkokoekalastuksissa ahvenkalojen osuus yliarvioidaan ja särkikalojen osuus aliarvioidaan kannan todelliseen runsauteen nähden. Verkkokoekalastusten avulla ei saada luotettavaa tietoa myöskään lahna- tai haukikannan tilasta. Menetelmällisten epävarmuustekijöiden vuoksi hoitokalastusten suunnittelun tueksi tarvitaan myös muuta tutkimustietoa.

Taulukko 3. Mikkelin alapuolisen Saimaan kalataloudellisen velvoitetarkkailun Nordic-verkkokoekalastusten tuloksia eräiden muuttujien osalta koskien vuosia 2005 ja 2010.

	Yksikkösaalis (g/verkkoyö)			Särkikalojen biomassaosuus (%)			Petokalojen biomassaosuus (%)		
	2005	2010	K.a.	2005	2010	K.a.	2005	2010	K.a.
Lamposaarenselkä	1529	1863	1696	41	57	49	16,2	9,1	12,7
Annilanselkä	1957	1678	1818	48,3	47,3	47,8	17,6	16,3	17,0
Kyyhkylänselkä	1445	1236	1341	51,3	48,5	49,9	15	13,7	14,4
Ukonvesi	1621	1277	1449	44,5	42,1	43,3	21,9	27,2	24,6
Leppäselkä	1112	1738	1425	50,3	46,5	48,4	6,5	21,9	14,2

Kalastustiedustelujen perusteella suunnittelualueella harjoitetaan monipuolista vapaa-ajankalastusta. Ammattikalastusta alueella ei kuitenkaan ole. Merkittävin pyyntimuoto on verkkokalastus. Kalatalouden harjoittamisen kannalta Mikkelin alapuolisen Saimaan osaltaiden välillä on selviä eroja. Siikasalmen eteläpuolisella alueella kalastossa esiintyy muikkua, joka on merkittävän pyynnin kohteena. Visulahden ja Kyyhkylänselän välisellä alueella muikun merkitys saalislajeina on nykyhetkellä kuitenkin vähäinen. Koekalastusten perusteella saatiin viitteitä siitä, että kalaston särkikalavaltaisuus vähenee ja petokalojen osuus kasvaa pohjois-etelä -suunnassa. Velvoitetarkkailuista karttuneen tiedon pohjalta näyttäisi siltä, että kalaston rakenteen muuttamisen tarve on suurempi Siikasalmen yläpuolisella kuin sen alapuolisella alueella.

Koerysäpyynnit ja hoitokalastukset

Siikasalmen yläpuolisella Saimaalla tehtiin vuonna 1996 vähäarvoisten kalojen runsauden kartoitus syksyisellä rysäpyynnillä ja kaikuluotauksella (Vanhanen 1999). Rysä asetettiin pyyntiin Lamposaaren päähän 23.9.1996. Keskimääräinen yksikkösaalis oli 380 kg/rysäyö, jota voidaan pitää hyvänä saaliina. Vuoden 1996 tuloksissa huomionarvoista oli salakan runsaus (Taulukko 4). Se muodosti arviolta 45 % saaliin massasta, kun lahnan osuudeksi arvioitiin vain 10 %. Särjen osuus oli noin 36 %.

Taulukko 4. Vähäarvoisten kalojen runsauden kartoituksen arvioitu rysäsaalis (kg) Lamposaarenselän päästä syksyllä 1996.

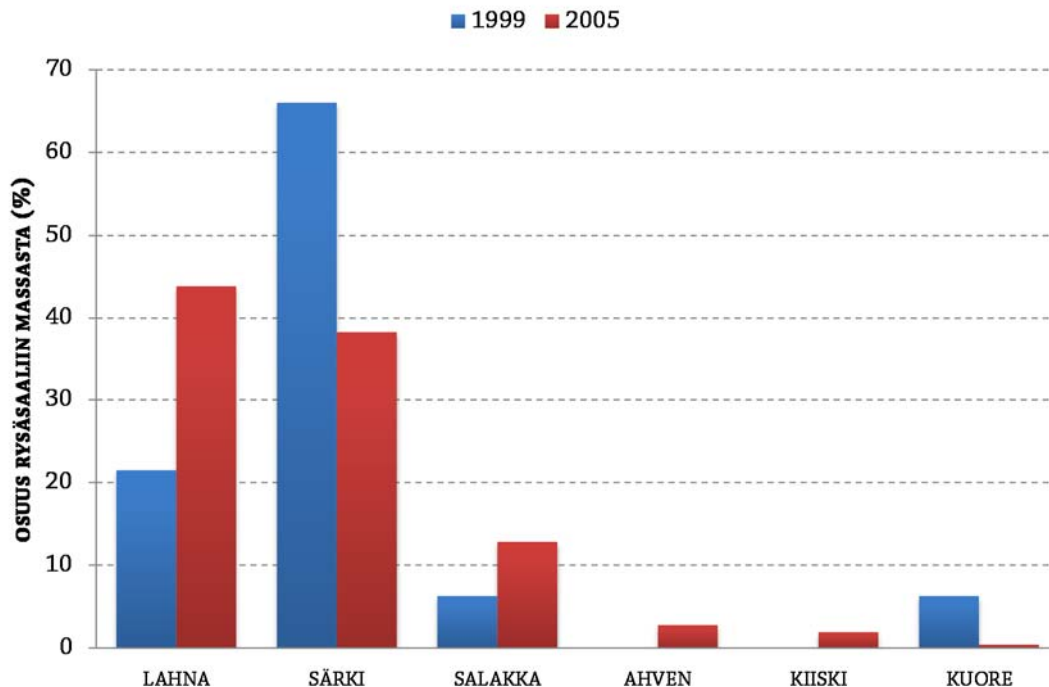
Pvm	Yksikkösaalis (kg/rysäyö)	Saalis (kg)				
		Salakka	Särki	Ahven	Lahna	Kiiski
24.9.	300	150	120	30	0	0
25.9.	250	125	62,5	25	25	12,5
26.9.	320	128	128	32	32	0
27.9.	650	260	260	65	65	0
Yht. (kg)	1520	663	570,5	152	122	12,5
Keskiarvo	380	166	143	38	31	3
%-osuus		44	38	10	8	1

Vähäarvoisen kalan runsauden kartoituksen perusteella syksyisestä rysäsaaliista (8 mm perä) puuttuivat lähes kokonaan särkikalojen nuorimmat ikäryhmät. Vasta yli 12 cm särkiä ja lahnoja esiintyi saaliissa merkittäviä määriä. Nuottakalastuksen toteuttamismahdollisuuksia tulisikin arvioida tarkemmin ennen hoitokalastusten aloittamista, koska on todennäköistä, että pelkästään rysäpyynnillä ei voida vähentää riittävästi pienikokoisten särkikalojen määrää, jotka ovat avainasemassa vedenlaatutavoitteiden saavuttamisen kannalta. Pohjoisilla osa-altailla tulisi aluksi

varautua 1-2 nuotta-apajan raivaamiseen. Nuotta-apajien paikat tulisi valita kalojen vuodenaikaisten parveutumisalueiden mukaan ja erityisesti tulisi löytää alueita, joille kerääntyy runsaasti nuoria särkikaloja. Sompin (1995) mukaan talvella pienikokoisten särkikalojen parvet saattavat liikkua syvänteissä aivan jään alla, josta niiden pyytäminen olisi mahdollista tiheäperäisellä nuotalla. Mahdollisuus harjoittaa tällaista talvinuottausta ilman apajapaikkojen raivausta tulisi selvittää ennen hoitokalastusten aloittamista.

Vuosina 1999 ja 2005 Mikkelin alapuolisella Saimaalla kokeiltiin myös tehokalastusta rysillä. Saadut tulokset ovat tärkeitä, koska pelkästään verkkokoekalastuksella ei saada riittävästi tietoa poistopyyntien suunnittelua varten. Molempina vuosina rysäpyynti aloitettiin toukokuun alussa ja sitä jatkettiin touko-kesäkuun vaihteeseen saakka.

Vuonna 1999 yksikkösaalis oli keskimäärin 306 kg rysän kokemiskertaa kohden, kun vuonna 2005 se oli 200 kg. Rysäpyynnissä massaltaan selvästi runsaimmat saalislajit olivat lahna ja särki (Kuva 3). Vuonna 1999 särkisaalis oli huomattavasti lahnasaalista suurempi, kun taas vuonna 2005 lahnoja saatiin saaliiksi hieman enemmän kuin särkiä. Ahvenen ja kuoreen määrä oli kokonaisuutena hyvin vähäinen. Kuoretta esiintyi saaliissa molempina tehokalastusvuosina vain toukokuun alussa. Tarkemmat koosteet rysäpyyntien saaliista on esitetty taulukoissa 5 ja 6.



Kuva 3. Saalislajien biomassaosuudet (%) vuosien 1999 ja 2005 rysäpyynnissä.

Taulukko 5. Hoitokalastuksen saalis kokemiskerroittain vuonna 1999.

	Saalis (kg)								Yksikkösaalis
	Rysiä	Särki	Ahven	Kiiski	Salakka	Kuore	Lahna	Yht.	(kg/rysä/krt)
4.5.	5	700	0	0	0	200	100	1000	200
5.5.	6	800	0	0	0	100	100	1000	167
6.5.	6	200	0	0	0	1500	100	1800	300
7.5.	6	1500	0	0	0	100	100	1700	283
9.5.	6	1600	0	0	0	200	500	2300	383
11.5.	6	300	0	0	0	0	900	1200	200
12.5.	6	200	0	0	0	0	300	500	83
15.5.	6	2200	0	0	0	0	2000	4200	700
17.5.	6	2200	0	0	0	0	500	2700	450
18.5.	7	2500	0	0	0	0	300	2800	400
20.5.	7	2800	0	0	100	0	300	3200	457
21.5.	7	2500	0	0	400	0	200	3100	443
22.5.	7	900	0	0	900	0	0	1800	257
24.5.	7	1500	0	0	500	0	800	2800	400
25.5.	7	800	0	0	100	0	200	1100	157
26.5.	7	800	0	0	100	0	300	1200	171
28.5.	7	600	0	0	0	0	500	1100	157
Yht. (kg)		22100	0	0	2100	2100	7200	33500	Keskiarvo:
%-osuus		66,0	0,0	0,0	6,3	6,3	21,5		306

Taulukko 6. Hoitokalastuksen saalis kokemiskerroittain vuonna 2005.

Pvm	Arvioitu saalismäärä (kg)								Yksikkösaalis (kg/rysä/krt)
	Rysiä	Särki	Ahven	Kiiski	Salakka	Kuore	Lahna	Yht.	
4.5.	6	630	210	0	105	105	1050	2100	350
5.5.	7	800	100	100	200	0	800	2000	286
6.5.	7	1140	190	0	190	0	380	1900	271
7.5.	7	1600	100	0	100	0	200	2000	286
9.5.	7	1800	0	150	150	0	900	3000	429
11.5.	7	600	75	75	150	0	600	1500	214
12.5.	7	400	0	50	150	0	400	1000	143
13.5.	7	600	100	100	200	0	1000	2000	286
15.5.	7	480	0	60	60	0	600	1200	171
16.5.	7	255	0	0	170	0	425	850	121
19.5.	7	480	0	0	240	0	480	1200	171
21.5.	7	600	0	0	400	0	1000	2000	286
22.5.	7	140	0	0	0	0	560	700	100
23.5.	7	180	0	0	360	0	1260	1800	257
25.5.	7	400	0	0	400	0	1200	2000	286
28.5.	7	240	0	0	360	0	600	1200	171
29.5.	7	150	0	0	100	0	250	500	71
30.5.	5	40	0	0	120	0	240	400	80
31.5.	5	180	0	0	120	0	300	600	120
1.6.	2	30	0	0	20	0	50	100	50
6.6.	2	-	-	-	-	-	-	100	50
Yht. (kg)		10745	775	535	3595	105	12295	28150	Keskiarvo:
%-osuus		38	3	2	13	0,4	44		200

Liite 7. Kalaistutukset Visulahden ja Siikasalmen väliselle alueelle sekä Ukonveden alueelle vuosina 2000-2013. *Lähde: Kalataloushallinnon istutusrekisteri, 18.12.2013.*

	Kuha	Planktonsiika	Järvitaimen	Harjus	Karppi	Yht. (kpl)
Saimaa, Ukonvesi						
2000	15834	5200	0	1290	0	22324
2001	17097	4440	0	0	0	21537
2002	6250	4100	320	0	0	10670
2003	4554	0	0	0	0	4554
2004	13300	500	0	0	0	13800
2005	0	8100	0	0	0	8100
2006	16100	0	0	0	0	16100
2007	1734	4828	0	0	0	6562
2008	5900	0	0	0	0	5900
2009	0	9038	0	0	0	9038
2010	13573	0	1098	0	0	14671
2011	10000	9900	1238	0	0	21138
2012	15715	0	800	0	0	16515
2013	3010	0	726	0	0	3736
Yht.	123067	46106	4182	1290	0	174645
Visulahti-Siikasalmi						
2000	37800	0	1379	0	0	39179
2001	33885	1300	280	0	22	35487
2002	0	0	950	0	0	950
2003	8860	0	1380	0	0	10240
2004	4600	0	1400	0	0	6000
2005	0	1800	2000	0	0	3800
2006	6200	0	1665	0	0	7865
2007	5700	900	1866	0	0	8466
2008	9000	0	1745	0	0	10745
2009	0	873	1060	0	0	1933
Yht.	106045	4873	13725	0	22	124665

Järvitaimen 2-4v

Kuha ja planktonsiika 1k

10.10.2013

Hapetinlaitteiden teknisiä tietoja Mikkelin alapuolisen Saimaan hoito-ohjelmaa varten

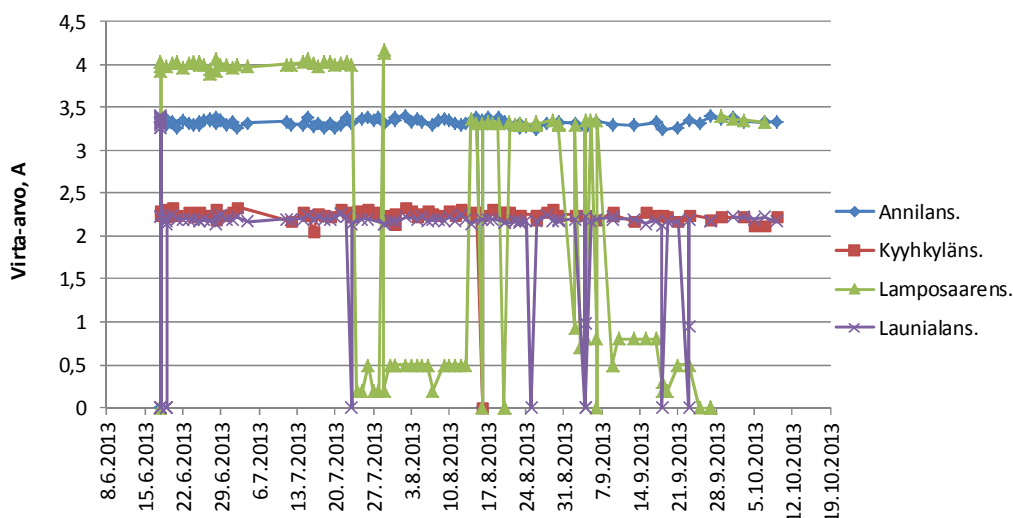
Mikkelin Vesilaitos omistaa seuraavat hapetinlaitteet:

Mikkeli/Launialanselkä MC750
Mikkeli/Lamposaarenselkä MB1000
Mikkeli/Kyyhkylänselkä MC750
Mikkeli/Annilanselkä MB1000

Käyntitiedot:

Hapettimien valvonta on hoidettu kaukovalvontalaitteiden avulla kesäkuusta 2013 alkaen. Valvonnasta vastaa Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd. Kesäkuuta edeltävät käyntitiedot löytyvät Mikkelin Vesilaitokselta. Käsittääksemme hapettimet ovat kuitenkin olleet toiminnassa koko vuoden, koska alkuvuodesta meille ei tullut vikailmoituksia.

- Annilanselän hapetin on toiminut hyvin koko vuoden 2013.
- Kyyhkylänselän hapetin on toiminut hyvin koko vuoden 2013.
- Lamposaaren hapetin oli pysähdyksissä 24.7.-13.8 välisen ajan. Syynä oli vioittunut lämpösuoja. Lisäksi hapetin oli pois päältä 9.-27.9.2013 välisen ajan (lämpösuoja oli edelleen vikaa ja lisäksi sulake oli palanut).
- Launialanselän hapetin on toiminut hyvin koko vuoden 2013.



Hapetinlaitteiden hapetusteho:

Päällysveden happipitoisuus, mg/l	Hapensiirtoteho kg/päivä	
	Teho, Mixox 750	Teho, Mixox 1000
12	420	840
11	385	770
10	350	700
9	315	630
8	280	560
7	245	490
6	210	420
5	175	350
4	140	280
3	105	210
2	70	140
1	35	70
0	0	0

Hapetinlaitteiden tekniset tiedot:

	Laitteet:	
	MC-750	MC-1000
Pumppausteho, m ³ s ⁻¹ :	0,41	0,81
Pumppausteho, m ³ d ⁻¹ :	35000	70000
Laitteen sähköteho (kW):	1,1	2
Virrankulutus päivässä (kWh):	26,4	48
Laitteiden käyttöaika vuodessa (d)	300	
Sähkönkulutus vuodessa (kWh):	7 920	14 400

Laitteita pyöritetään lähes ympärivuotisesti (siitä tuo 300 d). Syystäyskierron aikaan laitteet voidaan pysäyttää.

Terveisin,

Eeva Kauppinen
Suunnittelija

Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd
puh. 044-279 8605
eeva.kauppinen@vesieko.fi

Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd
Yrittäjäntie 12, 70150 KUOPIO
Puh. 017 279 8600
Kotipaikka: Kuopio, Y-2000596-8

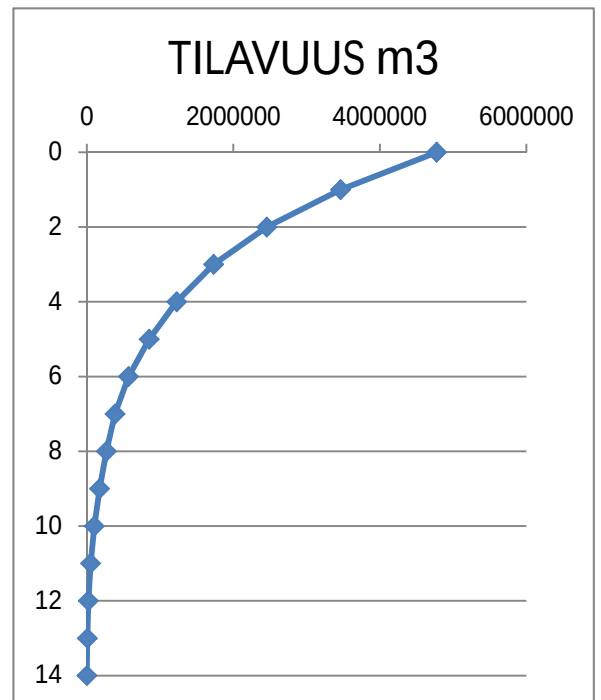
tiedustelut@vesieko.fi
www.vesieko.fi

Liite 9. Mikkelin alapuolisen Saimaan altaiden hydrografia.

Visulahti-Mustaselkä

KESKISYVYYS: 2.97 m

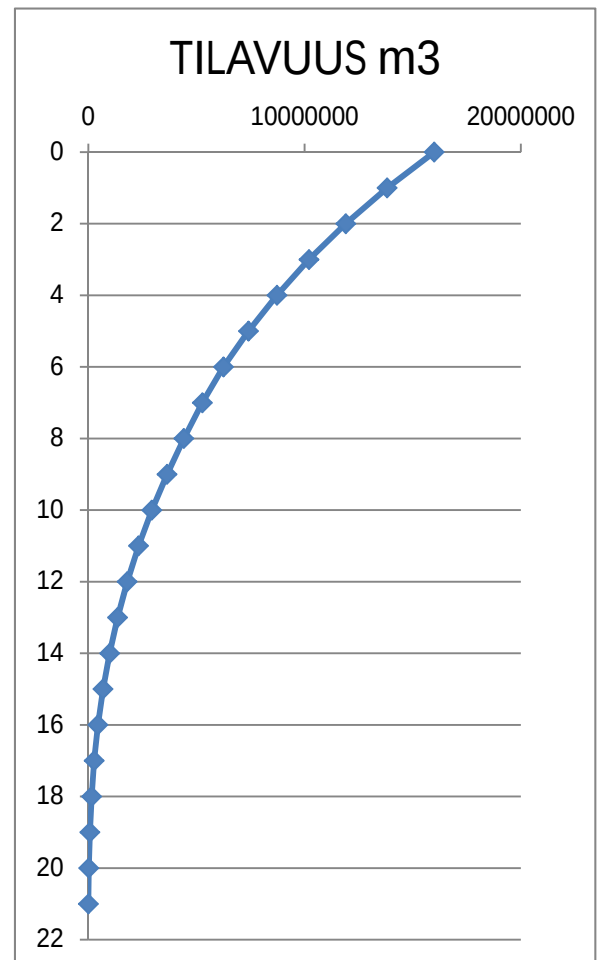
SYVYYS (M)	P-ALA m ²	TILAVUUS m ³	% kok. tilavuudesta
0	1605680	4775475	100.00
1	1150319	3462933	72.51
2	849712	2456965	51.45
3	615007	1731351	36.26
4	431368	1226044	25.67
5	327472	851088	17.82
6	233574	569806	11.93
7	141519	385425	8.07
8	102749	266850	5.59
9	82594	174628	3.66
10	61383	102474	2.15
11	39631	52525	1.10
12	22525	21924	0.46
13	9065	6836	0.14
14	2950	1140	0.02



Pappilan-Launialanselkä

KESKISYVYYS: 6.68 m

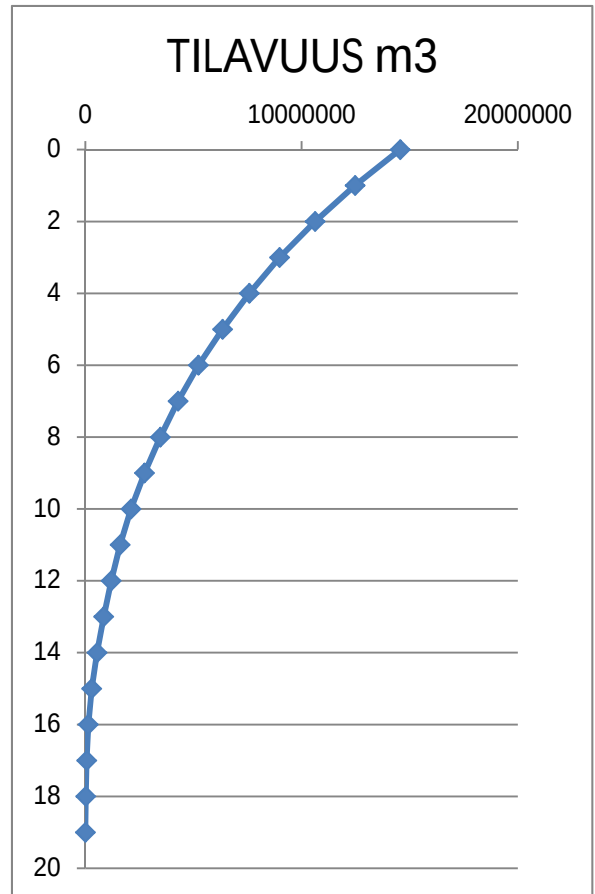
SYVYYS (M)	P-ALA m ²	TILAVUUS m ³	% kok. tilavuudesta
0	2395825	15997209	100.00
1	2042977	13819687	86.39
2	1811871	11904522	74.42
3	1598632	10204982	63.79
4	1397172	8722024	54.52
5	1242820	7408263	46.31
6	1080196	6249887	39.07
7	901024	5272369	32.96
8	818347	4419208	27.62
9	746260	3640626	22.76
10	662410	2937928	18.37
11	572757	2321721	14.51
12	484060	1795874	11.23
13	405273	1353636	8.46
14	336146	984949	6.16
15	272561	680901	4.26
16	206763	441648	2.76
17	139356	269209	1.68
18	96742	153625	0.96
19	67224	71881	0.45
20	31884	21156	0.13
21	6577	2364	0.01



Annilanselkä

KESKISYVYYS: 6.36 m

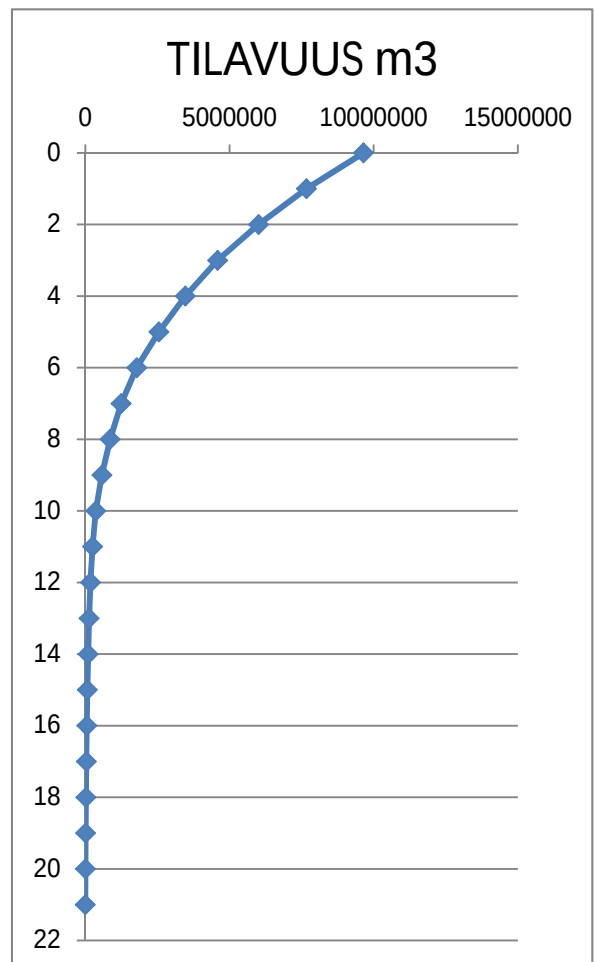
SYVYYS (M)	P-ALA m ²	TILAVUUS m ³	% kok. tilavuudesta
0	2291188	14566559	100.00
1	1959348	12476539	85.65
2	1754015	10627153	72.96
3	1531131	8984737	61.68
4	1307078	7583703	52.06
5	1182180	6345784	43.56
6	1029842	5230862	35.91
7	877651	4289903	29.45
8	778777	3465892	23.79
9	680836	2736238	18.78
10	561744	2112911	14.51
11	453390	1610249	11.05
12	377168	1199435	8.23
13	328956	848009	5.82
14	281960	542236	3.72
15	203414	293328	2.01
16	104471	140237	0.96
17	57551	63235	0.43
18	30586	19909	0.14
19	6990	838	0.01



Kyyhkylänselkä

KESKISYVYYS: 4.16 m

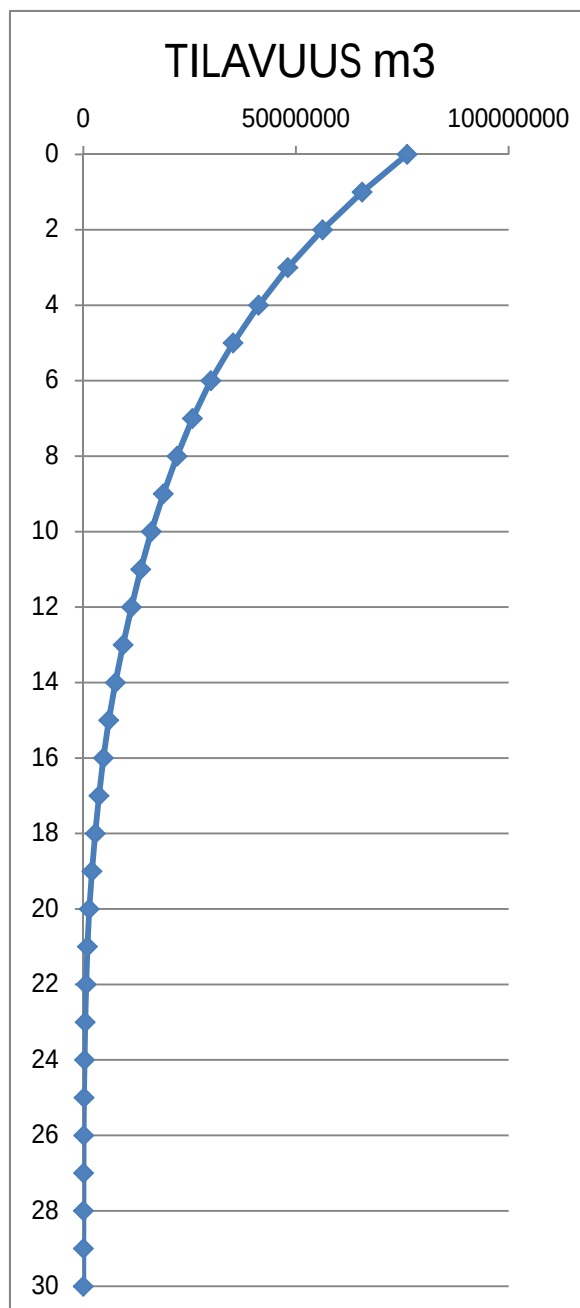
SYVYYS (M)	P-ALA m ²	TILAVUUS m ³	% kok. tilavuudesta
0	2320430	9648898	100.00
1	1795495	7668719	79.48
2	1538969	6010167	62.29
3	1284088	4586912	47.54
4	997595	3469402	35.96
5	845907	2550664	26.43
6	665579	1784733	18.50
7	448169	1241831	12.87
8	328543	860519	8.92
9	250137	572822	5.94
10	159623	363802	3.77
11	84357	250794	2.60
12	58491	180602	1.87
13	39600	132209	1.37
14	29661	98554	1.02
15	23962	72008	0.75
16	19112	50693	0.53
17	15080	33749	0.35
18	11517	20557	0.21
19	8359	10685	0.11
20	5338	3845	0.04
21	1649	219	0.00



Ukonvesi-Päähkeenselkä

KESKISYVYYS: 6.51 m

SYVYYS (M)	P-ALA m ²	TILAVUUS m ³	% kok. tilavuudesta
0	11703712	76136510	100.00
1	9905545	65559989	86.11
2	8760704	56252858	73.88
3	7547275	48095505	63.17
4	6376598	41209386	54.13
5	5640406	35226666	46.27
6	4819147	29974017	39.37
7	3913585	25665312	33.71
8	3401940	22031278	28.94
9	3037566	18821249	24.72
10	2680484	15964600	20.97
11	2309888	13483490	17.71
12	2059966	11313903	14.86
13	1891185	9343170	12.27
14	1704516	7544202	9.91
15	1418223	5967952	7.84
16	1129310	4710491	6.19
17	952883	3675563	4.83
18	826149	2790762	3.67
19	710136	2022793	2.66
20	523914	1391979	1.83
21	353838	964024	1.27
22	249981	665527	0.87
23	184621	449487	0.59
24	137108	290594	0.38
25	100518	170925	0.22
26	58328	91786	0.12
27	33287	47284	0.06
28	18815	21880	0.03
29	10213	7781	0.01
30	3771	774	0.00



Pohjois-Leppäselkä

KESKISYVYYS: 5.14 m

SYVYYS (M)	P-ALA m ²	TILAVUUS m ³	% kok. tilavuudesta
0	4402294	22612051	100.00
1	3488312	18817026	83.22
2	3012323	15582643	68.91
3	2527735	12811608	56.66
4	2058101	10555661	46.68
5	1773350	8650044	38.25
6	1480416	7023098	31.06
7	1165125	5718698	25.29
8	1008030	4641505	20.53
9	878460	3701351	16.37
10	726227	2899134	12.82
11	560229	2266597	10.02
12	478749	1750910	7.74
13	411101	1308400	5.79
14	345969	931140	4.12
15	268627	621014	2.75
16	174957	403334	1.78
17	116435	260717	1.15
18	74352	167686	0.74
19	52103	105899	0.47
20	35216	62536	0.28
21	14908	37549	0.17
22	10665	25500	0.11
23	8415	16086	0.07
24	6451	8727	0.04
25	4421	3291	0.01
26	1379	219	0.00

