

**Hiidenveden kunnostus 2012-2015 -hanke  
Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry**

**Hiidenveden kunnostus- ja  
hoitosuunnitelma -Osa II  
ravintoketjukurin**

Jyväskylän yliopisto  
Ympäristöntutkimuskeskus

Tutkimusraportti 194/2012

Heikki Alaja, Pekka Sundell, Arja Palomäki &  
Juhani Hynynen





# SISÄLLYS

<b>1. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN TEORIATAUSTA .....</b>	<b>1</b>
1.1. REHEVÖITYMISEN SEURAUKSET .....	1
1.2. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSELLA TAVOITELTAVAT MUUTOKSET .....	3
1.3. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN ONNISTUMISEN EDELLYTYKSET .....	4
<b>2. HIIDENVEDEN RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSET VUOSINA 1994-2005 .....</b>	<b>6</b>
2.1. PYYNTIPONNISTUS.....	6
2.2. SAALIIT .....	7
2.3. YKSIKKÖSAALIIT .....	11
<b>3. HIIDENVEDEN KALASTO- JA RAVINTOVERKKOTUTKIMUKSET.....</b>	<b>12</b>
3.1. YHTEENVETO KESKEISTEN KALASTOTUTKIMUSTEN TULOKSISTA .....	12
3.1.1. Verkkokoekalastukset.....	12
3.1.2. Kaikuluotaukset.....	20
3.1.3. Kalojen ravinnonkäyttö ja kasvu.....	20
3.1.4. Kalataloudelliset tarkkailut.....	21
3.2. HIIDENVEDEN RAVINTOVERKKOTUTKIMUKSET .....	22
3.3. HIIDENVEDEN EKOLOGINEN TILA.....	25
<b>4. TOTEUTETTUJEN HOITOKALASTUSTEN VAIKUTUKSET HIIDENVEDELLÄ</b>	
.....	<b>26</b>
4.1. KOKONAISSFOSFORI.....	26
4.2. KASVIPLANKTON JA KLOOROFYLLI.....	26
4.3. KOKONAISSFOSFORIN JA KLOOROFYLLIN SUHDE .....	27
4.4. SULKASÄÄSKI .....	27
4.5. KALASTO .....	28

<b>5. HOITOKALASTUKSEN SOVELTUVUUS KUNNOSTUSMENETELMÄKSI</b>	
<b>HIIDENVEDELLE.....</b>	<b>29</b>
5.1. JÄRVEN MORFOLOGIA .....	29
5.2. VEDENLAATU JA KUORMITUS .....	29
5.3. RAVINTOVERKON ERITYISPIIRTEET .....	31
5.4. HIIDENVEDEN OSA-ALUEIDEN SOVELTUVUUS HOITOKALASTUKSEEN .....	31
5.5. HIIDENVEDEN RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN NELIKENTTÄANALYYSI .....	35
5.6. INTRESSIRYHMIEN MIELIPITEET.....	37
<b>6. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN TOTEUTTAMISEN SUUNNITTELU.....</b>	<b>41</b>
6.1. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN OSATEKIJÄT .....	41
6.2. ULKOISEN KUORMITUKSEN VAIKUTUS HOITOKALASTUKSEN TOTEUTTAMISEEN .....	42
6.2.1. <i>Hoitokalastuksen ajoittaminen suhteessa ulkoiseen kuormitukseen.....</i>	42
6.2.2. <i>Saalistavoitteiden arviointi.....</i>	43
6.2.3. <i>Teoreettiset saalistavoitteet erilaisilla ulkoisen kuormituksen tasoilla.....</i>	45
6.2.4. <i>Hoitokalastuksen kustannukset.....</i>	47
6.2.5. <i>Vedestä poistuvan fosforin määrä ja poiston kustannukset.....</i>	48
6.3. PETOKALAKANTOJEN VAHVISTAMINEN OSANA RAVINTOKETJUKUNNOSTUSTA.....	50
6.3.1. <i>Kalastuksensääätely.....</i>	50
6.3.2. <i>Kuhakantojen hoidon mahdollisuudet.....</i>	51
6.3.3. <i>Kalojen lisääntymis- ja elinalueiden kunnostukset.....</i>	52
6.3.4. <i>Istutukset.....</i>	53
<b>7. HOITOKALASTUSTEN VAIKUTUSTEN SEURANTA .....</b>	<b>54</b>
7.1. HOITOKALASTUKSEN PYYNNIN JA SAALIIDEN SEURANTA .....	54
7.2. HOITOKALASTUKSESTA RIIPPUMATON KALASTOSEURANTA .....	54
<b>8. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN TOIMENPIDE-ESITYS .....</b>	<b>55</b>
8.1. HOITOKALASTUKSEN ALOITTAMISEN EHDOT.....	55
8.2. HOITOKALASTUSTEN TOTEUTTAMINEN.....	57

8.3. HOITOKALASTUKSEN KUSTANNUKSET.....	59
8.4. ARVIO RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN VAIKUTUKSESTA EKOLOGISEEN TILAAN .....	59
8.5. NYKYTILANTEESSA SUOSITELTAVAT TOIMENPITEET.....	60
<b>9. TUTKIMUSTARPEET.....</b>	<b>60</b>
9.1. HIIDENVEDEN KALASTO JA KALASTUS.....	60
9.2. KASVILLISUUSRANTOJEN KARTOITUS JA KEHITTÄMINEN .....	60
9.3. JÄRVEN HISTORIAN SELVITTÄMINEN .....	61
9.4. ELÄINPLANKTONYHTEISÖN MUUTOKSET .....	62
<b>10. YHTEENVETO.....</b>	<b>62</b>
<b>TIETOLÄHTEET.....</b>	<b>63</b>



# 1. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN TEORIATAUSTA

## 1.1. REHEVÖITYMISEN SEURAUKSET

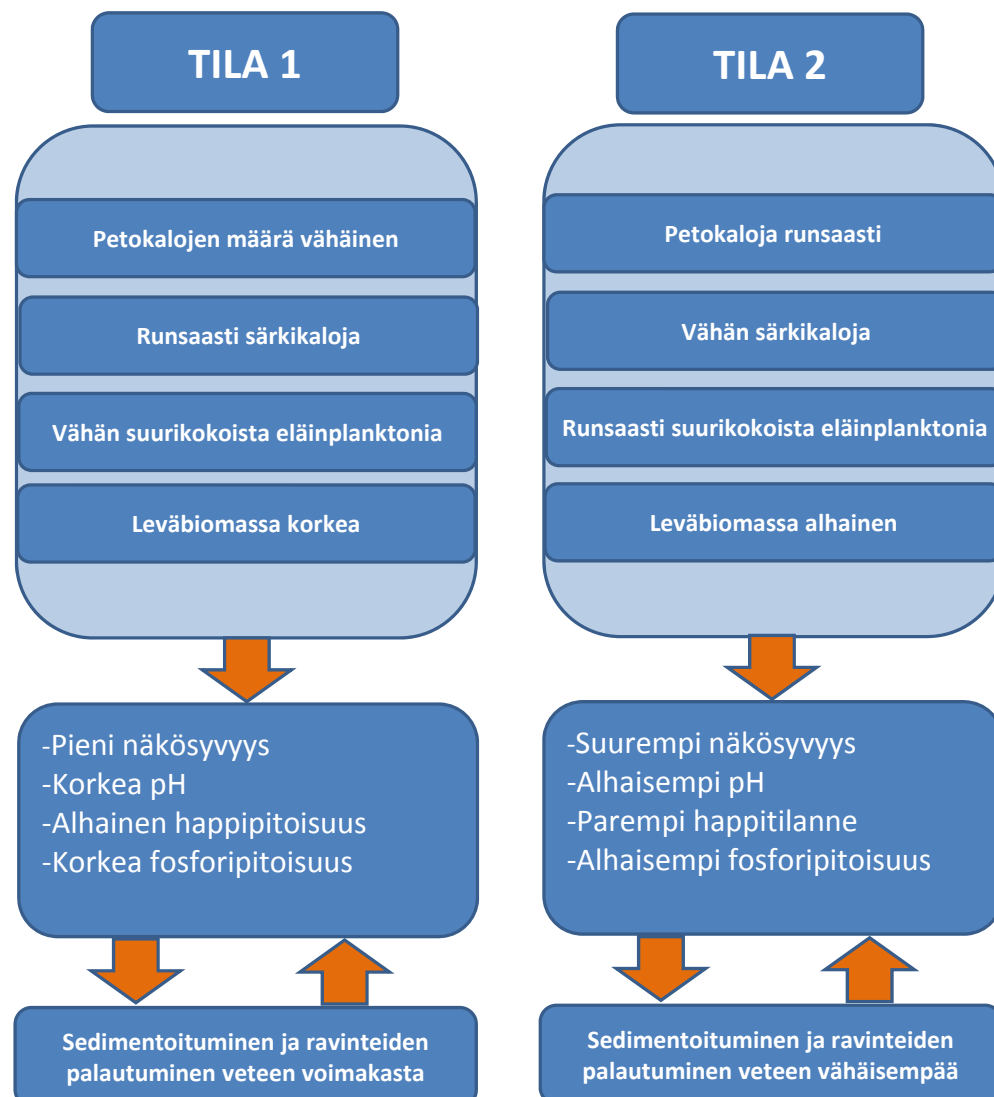
Järven rehevöityminen on seurausta kasvaneesta ulkoisesta ravinnekuormasta. Rehevöityminen edistää erityisesti särkikalojen lisääntymistä, ja rehevässä järvessä pienet särkikalat ovat vallitsevia ja niiden biomassassa voi olla erittäin suuri. Samalla petokalojen osuus vähenee (Jeppesen ym. 1990, Tammi ym. 1997, Olin ym. 2002). Kalaston rakenteen muutoksella on voimakas vaikutus muuhun ekosysteemiin. Eläinplanktonin koostumuksella on suuri merkitys kasviplanktonin säätelijänä, ja isojen vesikirppujen määrä on tässä suhteessa oleellinen. Planktonsyöjien saalistus vähentää voimakkaasti suurikokoista eläinplanktonia, ja pienikokoiset lajit tulevat vallitseviksi. Tässä tilanteessa eläinplankton ei kykene kontrolloimaan kasviplanktonin määrää, jolloin kasviplanktonbiomassa kasvaa. Särkikalavaltaisissa rehevissä järvissä klorofyllin ja fosforin suhde on korkeampi kuin karuissa järvissä (Mazumder 1994).

Kalatiheys vaikuttaa ravinteiden kiertoon ja ravinnesuhteisiin. Suuret planktoneläimet varastoivat merkittävästi ravinteita omaan biomassaansa, sen sijaan pienet plankterit palauttavat ravinteet nopeasti takaisin levien käyttöön. Vesikirppujen erittämien ravinteiden tyyppi ja fosforin suhde on korkeampi kuin rataseläimillä ja hankajalkaisilla, joita tavataan rehevissä järvissä ylitiheän kalaston yhteydessä. Siten tiheän kalaston vallitessa on ulappa-alueen ravinnekierrossa sinileville edullinen matala tyyppi ja fosforin suhde. Särkikalojen vähentämisellä pyritään muuttamaan ekologisia vuorovaikutuksia sinileväkukintoja vähemmän suosiviksi. Eläinplanktonin lajikoostumus vaikuttaa myös ravinteiden vajoamiseen pois tuottavasta kerroksesta (Persson ym. 1988, Sarvala ym. 1995, Jeppesen ym. 1991, 2000, Sammalkorpi & Horppila 2005).

Eläinplanktoniyhteisön muutosten lisäksi särkikaloilla on muitakin haitallisia vaikutuksia veden laatuun. Kalojen biomassaan voi olla varastoituneena yhtä paljon ravinteita kuin koko muuhun vesimassaan. Ravinteita vapautuu kalojen erityksessä ja kuolleiden kalojen hajotessa. Etenkin pohjaeläimiä, sedimentin pinnan leviä ja uposkasveja syövät kalat, kuten särki ja lahna, siirtävät ulosteissaan suuria määriä ravinteita pohjasta veteen, mikä voi kesäaikana vaikuttaa oleellisesti järven ravinnetasoon. Ravinteita myös siirtyy lietteestä veteen kalojen pölyttäessä pohjaa ruokaa etsiessään (Sarvala ym. 1995).

Suuresta levämassasta aiheutuva samennus johtaa näkösyvyyden pienenemiseen, mikä huonontaa uposkasvien elinolosuhteita ja estää niiden kasvun syvemmillä pohjan alueilla (Jeppesen ym. 2000). Vesikasvillisuus toimii suojapaikkana eläinplanktonille, joten kasvillisuuden taantuminen heikentää eläinplanktonin olosuhteita ja altistaa ne kalojen saalistukselle.

Vinoutuneessa ekosysteemissä (Kuva 1: Tila 1) toimii vain yksi top-down -säätelymekanismi, planktonsyöjäkalojen eläinplanktoniin kohdistama säätely. Peto-kalojen ja planktonsyöjäkalojen suhde on epäedullinen, eivätkä petokalat pysty säätelemään särkikalakantoja (Kuva 1). Liiallinen ravinnekuormitus ja valikoiva petokaloihin kohdistuva kalastus edesauttaa tilan 1 säilymistä.



Kuva 1. Top-down -hypoteesin mukaiset tasapainotilat.



## 1.2. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSELLA TAVOITELTAVAT MUUTOKSET

Yleisimmin ravintoketjukkunnostuksella tarkoitetaan ns. vähäarvoisten kalojen poistoon perustuvaa menetelmää, jota usein tuetaan petokalaistutuksilla. Rehevöityneiden vesien kunnostuksessa tähdätään niiden alentuneen raakavesi-, kalatalous- ja virkistysarvon palauttamiseen lähinnä levähaittoja vähentämällä.

Ravintoketjukkunnostuksella pyritään saamaan aikaan kaksi säätelymekanismia, petokalojen planktonsyöjäkaloihin sekä eläinplanktonin kasviplanktoniin kohdistama säätely ja vakiinnuttamaan uusi tasapainotilanne järvessä. Jos kalojen poisto on tehokasta, saadaan usein aikaan selviä muutoksia jo lyhyellä aikavälillä. Kasviplanktonbiomassa pienenee ja näkösyvyys kasvaa, ja klorofyllin ja kokonaisfosforin suhde voi alentua (Hrbáček ym 1978, Mazumder 1994, Sarvala ym. 2000). Kalaston manipulointi voi johtaa parhaassa tapauksessa kokonaisfosforipitoisuuden 30-50 % pienentymiseen (Søndergaard ym. 2000).

Tehokalastus poistaa fosforia vesistöstä; kalojen mukana poistunut fosfori- ja typipimäärä on ylittänyt veden keskimääräisen pitoisuuden monissa järvissä ja saattaa olla 20-30 % ulkoisesta kuormituksesta (Jeppesen & Sammalkorpi 2002). Kalatiheyden pienentyessä särkikalojen aiheuttama pohjalietteen ravinteiden sekoittuminen veteen vähenee. Kun ravinnepitoisuudet alenevat, niiden kiertonopeus kasvaa, jolloin pienikokoinen kasviplankton korvaa suurikokoiset, mahdollisesti haitalliset lajit (esim. sinilevät). Kasviplanktonbiomassan ja perustuotannon pienentyessä hajotettavaa ainesta syntyy vähemmän, happiongelmat, kasvukauden aikainen pH:n nousu ja fosforin liukeneminen pohjalietteestä vähenevät.

Veden kirkastuminen edistää uposkasvien kilpailukykyä, mahdollistaa niiden leviämisen syvemmillä vesialueille ja vahvistaa siten kalastomuutoksen myönteisiä vaikutuksia. Uposkasvit ja erityisesti perifytonlevät kilpailevat ravinteista kasviplanktonin kanssa, ja runsas vesikasvil-lisuus vähentää kasviplanktonin käytettävissä olevien ravinteiden määrää (Carpenter & Lodge 1986). Toisaalta kasvillisuus edistää sedimentoitumista ja vähentää pohjasedimentin uudelleen liettymistä veteen. Joidenkin tutkimusten mukaan osa vesikasveista saattaa tuottaa kasviplanktonin kasvua inhiboivia aineita (esim. Jasser 1995, Nakai ym. 1999). Vesikasvillisuus myös vaikuttaa kalojen saalistustehokkuuteen ja sitä kautta tasapainottaa petokalojen ja saaliskalojen sekä planktonia syövien kalojen ja eläinplanktonin keskinäisiä suhteita (Persson ym. 1988, Diehl 1988), mm. tarjoamalla suojapaikkoja eläinplanktereille (Stansfield ym. 1997).

Planktonia ja pohjaeläimiä syöviä kaloja vähentämällä ja petokaloja lisäämällä voidaan periaatteessa parantaa veden laatua sekä eläinplanktonin laidunnuksen kautta että vaikuttamalla useita eri reittejä ravinteiden saatavuuteen. Rehevöityminen suosii särkikalojen lisääntymistä, joka taas edelleen voimistaa rehevöitymistä. Ravintoketjukurjennostuksen tavoitteena on katkaista tämä itseään vahvistava kehä. Ravintoketjukurjennostuksen avulla vesistön käyttökelpoisuutta pyritään parantamaan monipuolisesti (Kairesalo ym. 1990, Torpström & Lappalainen 1992, Sarvala 1995).

### **1.3. RAVINTOKETJUKURJENNOSTUKSEN ONNISTUMISEN EDELLYTYKSET**

Ennen järven kunnostusmenetelmän valintaa ja kunnostuksen aloittamista on tunnettava järven tilan kehityshistoria sekä ravinnekuormituksen taso. Järven teoreettinen, ulkoisen kuormituksen aikaansaama ravinnepitoisuus voidaan laskea esim. OECD:n mallin avulla (Vollenweider & Keregis 1982) ja verrata saatuja arvoja järven todellisiin pitoisuuksiin. Mikäli laskennallinen kokonaisfosforipitoisuus on matalissa järvissä (keskisyvyys alle 3 metriä)  $>50-100 \mu\text{g/l}$  ja syvissä järvissä (keskisyvyys yli 10 metriä)  $>15-20 \mu\text{g/l}$ , on ulkoista kuormaa pienennettävä ennen kunnostuksen aloittamista. Jos ulkoinen kuormitus on suuri, on todennäköistä, ettei kunnostuksella saavuteta pysyviä tuloksia, vaan hoitotoimien on oltava jatkuvia (Jeppesen & Sammalkorpi 2002).

Mikäli todellinen fosforipitoisuus on matalissa järvissä  $100 \mu\text{g/l}$  ja syvissä järvissä  $20 \mu\text{g/l}$  tienoilla, kalatiheys on suuri ja kalasto särkikalavaltainen ja klorofylli/fosfori -suhde korkea, ravintoketjukurjennostusta voidaan käyttää kunnostusmenetelmänä (Jeppesen & Sammalkorpi 2002). Äystön (1997) kunnostusmenetelmien arvioinnin mukaan edellytyksenä ravintoketjukurjennostuksen soveltuvuudelle on lisäksi, että eläinplankton on pienikokoista.

Jos mitattu kesäaikainen kokonaisfosforipitoisuus on selvästi korkeampi kuin ulkoisen kuormituksen perusteella laskettu teoreettinen pitoisuus ja pitoisuus nousee säännöllisesti kasvukaudella verrattuna muihin vuodenaikoihin, sisäinen kuormitus on merkittävää. Erittäin voimakkaasti sisäkuormitteisissa järvissä tarvitaan todennäköisesti ravintoketjukurjennostuksen lisäksi muitakin kunnostustoimia, kuten hapestusta tai pohjalietteen käsittelyä.

Kunnostuksen onnistumisen ehdoton edellytys on, että kalojen poisto on tehokasta (Jeppesen & Sammalkorpi 2002, Olin ym. 2006, Søndergaard ym. 2008). Riittämä-

tön kannan pienentäminen on ollut pääasiallinen syy kunnostusten epäonnistumiseen. Onnistuneissa kunnostuskohteissa on yleensä poistettu 70-80 % särkikalojen biomassasta lyhyessä ajassa (Perrow ym. 1997, Hansson ym. 1998, Meijer ym. 1999). Päämääränä on jättää järveen särkikalaja enintään noin 50 kg/ha (Jeppesen & Sammalkorpi 2002).

Poistettavan kalamäärän määrittämiseksi kalaston rakenne ja tiheys selvitetään koekalastamalla verkkosarjoilla, nuotalla tai troolilla, kaikuluotauksella tai merkin-tä-takaisinpyynti -menetelmillä (ks. mm. Horppila ym. 1996, Berg ym. 1997, Perrow ym. 1998, Peltonen ym. 1999). Jos ei ole mahdollisuutta arvioida pyyntitavoitetta kalastotutkimusten perusteella, voidaan kalakannan koon ja pyyntitavoitteen arviointiin käyttää erilaisia yhtälöitä, jotka perustuvat käytännön havaintoihin kokonaisfosforipitoisuuden ja kalabiomassan suhteista (Jeppesen & Sammalkorpi 2002). Yhtälöissä TP = kokonaisfosfori  $\mu\text{g/l}$ , kalamäärät kg/ha.

Kalamassan arviointi (Hanson & Leggett 1982):

$$\text{Kalabiomassa} = 2.17 \text{ TP}^{0.78} \quad (1)$$

Yllä oleva yhtälö aliarvioi kannan matalissa, runsasravinteisissa ja särkikalavaltaisissa järvissä. Tanskalaisista järvistä saatujen tulosten mukaan tällaisissa järvissä voidaan käyttää seuraavia yhtälöitä (J.P. Müller & H. Jerl Jensen, julkaisematon; ks. Jeppesen & Sammalkorpi 2002):

$$\text{Kalabiomassa} = 9.42 \text{ TP}^{0.62} \text{ (kaikki kalat)} \quad (2)$$

$$\text{Kalabiomassa} = 1.46 \text{ TP}^{0.93} \text{ (planktonsyöjä- ja pohjakalat)} \quad (3)$$

Suomen, Skandinavian ja Alankomaiden särkikalavaltaisista järvistä saatujen koke-musten mukaan pyyntitavoite (kg/ha) vuodessa on suurempi kuin yhtälöstä (1) saa-tava kokonaisbiomassa.

$$\text{Pyyntitavoite} = 16.9 \text{ TP}^{0.52} \quad (4)$$

Kunnostuksen onnistuminen edellyttää paitsi särkikalakantojen pienentämistä myös petokalakantojen vahvistamista. Tärkeimmät keinot tähän ovat petokalojen istutus, pyyntirajoitukset sekä habitaattien kunnostus. Istutusten tulisi käsittää sekä ranta-alueilla eläviä (hauki) että ulapalla eläviä petokaloja (esim. kuha). Pyynti-

rajoitusten avulla pyritään takaamaan, että petokalat saavuttavat riittävän koon kyetäkseen kontrolloimaan särkikalojen tiheyttä. Hauenpoikaset tarvitsevat vesikasvillisuuden tarjoamia suojapaikkoja, sillä kannibalismi on haukipopulaatiossa yleistä. Hauki vaatii sopivaa kasvillisuutta myös kutualueellaan.

Hiidenveden tyyppisessä järvessä savisameus aiheuttaa omat piirteensä ravintoketjun rakenteeseen. Sulkasääsken toukat pystyvät esiintymään poikkeuksellisen runsaina, koska ne voivat paeta kalojen saalistusta sameaan alusveteen. Sulkasääski käyttää ravintonaan eläinplanktonia, johon kohdistuu saalistuspaine sekä kalojen että selkärangattomien petojen taholta. Hoitokalastusta suunniteltaessa on otettava huomioon, että planktonia ja sulkasääskiä ravintonaan käyttävien kalojen vähentäminen voi johtaa sulkasääsken voimakkaaseen runsastumiseen. Silloin eläinplanktoniin kohdistuva saalistuspaine ei välttämättä pienene eikä eläinplankton edelleenkaan pysty kontrolloimaan kasviplanktonin määrää. On mahdollista, että osa epäonnistumisista hoitokalastuksissa on johtunut juuri sulkasääsken runsaudesta.

## **2. HIIDENVEDEN RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSET VUOSINA 1994-2005**

Hiidenvesi 2000-projektiin liittyvät hoitokalastukset aloitettiin Hiidenvedellä vuonna 1995. Suunnitelman mukaisesti hoitokalastukset jaettiin kolmeen vaiheeseen: vuonna 1995 sisäänajovaihe, vuosina 1996-1998 tehostetun pyynnin vaihe ja vuonna 1999 hoitokalastuksen ylläpitovaihe. Saalistavoitteeksi asetettiin tehostetun pyynnin vaiheessa 100 kg/ha ja ylläpitovaiheessa 50 kg/ha vuodessa.

Hiidenvedellä toteutettujen hoitokalastusten saaliita on esitelty mm. Hiidenveden kunnostussuunnitelmassa, Hiidenvesi 2000 -projektin raporteissa sekä HOKA-hankkeen julkaisuissa (Saarijärvi ym. 2003, Savola 1996, Penttilä 2001, Niinimäki 2005, Olin ym. 1999, Olin & Ruuhijärvi 1999, 2000, 2001, 2002). Tässä luvussa esitetyt pyynti- ja saaliskoosteet pohjautuvat em. julkaisuihin sekä Petri Savolan (Uudenmaan ELY) toimittamiin saalistietoihin vuosilta 1996-2001.

### **2.1. PYYNTIPONNISTUS**

Vuonna 1996 nuottakalastuksen pyyntiponnistus oli 74 apajaa (Savola 1996). Vuosina 1997-2001 talvinuottauksen pyyntiponnistus oli Hiidenvedellä arviolta 184 apajaa (*l. vetoa*) ja avovesinuottauksen 348 apajaa (Taulukko 1). Talvinuottausta teh-

tiin useimmin Nummelanselällä, kun taas avovesinuottauksen pyyntiponnistus oli suurin Kiihkelyksenselällä. Nuottausta harjoitettiin eniten vuonna 2000. Rysäkalastuksen pyyntiponnistus (*rysien lkm x pyyntivuorokausien lkm*) oli vuosina 1997-2001 yhteensä 7625 rysävrk. Rysäpyynnin pyyntiponnistus oli suurimmillaan vuonna 1997.

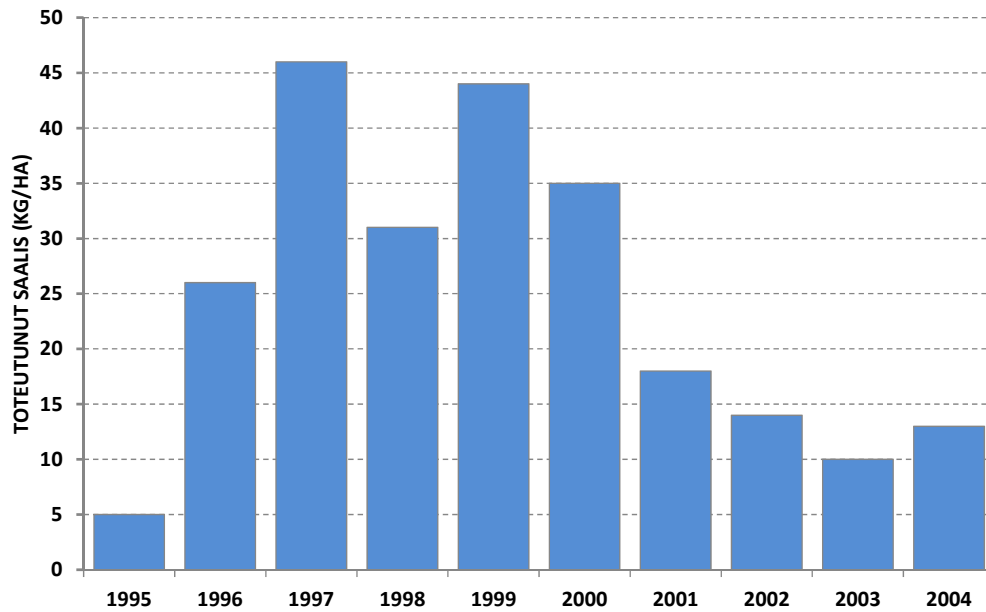
Taulukko 1. Hoitokalastuksen pyyntiponnistus Hiidenvedellä vuosina 1997-2001.

H1=Kirkkoselkä-Mustionselkä, H2=Nummelanselkä ja H3=Kiihkelyksenselkä. Nuotan osalta on esitetty vetojen lukumäärä ja rysän osalta rysävuorokausien lukumäärä. Lähde: Olin ym. 2002.

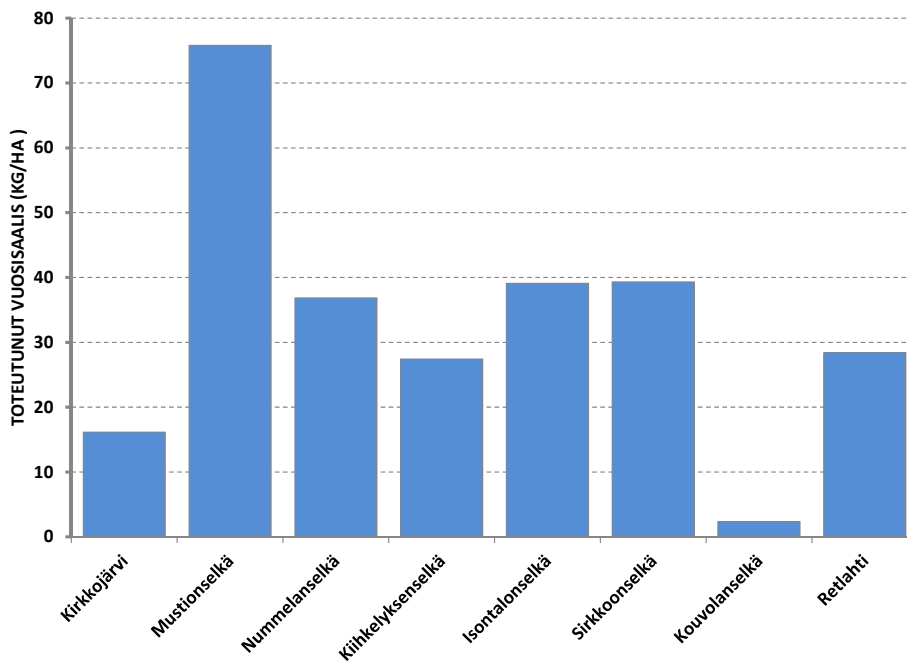
Pyydys	Alue	1997	1998	1999	2000	2001	Yht.
Talvinuottaus	H1	3	19	6	5	7	40
	H2	9	7	9	12	11	48
	H3	11	4	5	16	4	40
	Muut	11	26	11	8	-	56
	Yht.	34	56	31	41	22	184
Avovesinuottaus	H1	2	7	23	47	8	87
	H2	5	2	16	17	9	49
	H3	43	15	27	25	3	113
	Muut	41	7	25	14	12	99
	Yht.	91	31	91	103	32	348
Nuottaus	Yht.	125	87	122	144	54	532
Rysä	Yht.	3298	1601	1366	1011	349	7625

## 2.2. SAALIIT

Niinimäen (2005) mukaan hoitokalastusten kokonaissaalis oli vuosina 1995-2004 noin 718 tonnia eli 242 kg/ha. Toteutunut hoitokalastussaalis oli siten noin 24 kg/ha vuodessa, kun se suhteutettiin koko järven vesipinta-alaan. Runsaimmin saalista saatiin vuonna 1997, jolloin kalaa pyydettiin noin 46 kg/ha. Lähes yhtä paljon kalaa saatiin myös vuonna 1999, mutta vuodesta 2001 alkaen vuosittaiset hoitokalastussaaliit olivat jo verrattain pieniä (Kuva 2). Vuosina 1996-2002 hoitokalastussaaliiden alueellisessa jakautumisessa oli verrattain suuria eroja. Keskimäärin runsaimmin saalista saatiin Mustionselältä, jossa hehtaarisaaalis oli noin 76 kg/ha vuodessa (Kuva 3). Kirkkojärven saaliit olivat kuitenkin sen rehevyystasoon nähden odotettua vähäisempiä. Myös syvimmän osa-alueen, Kiihkelyksenselän, saaliit olivat hieman muita osa-alueita alhaisempia.



Kuva 2. Hiidenveden hoitokalastusten saalis (kg/ha) vuosina 1995-2004 (Niinimäki 2005).



Kuva 3. Hiidenveden hoitokalastusten saalis (kg/ha a) osa-alueittain vuosina 1996-2002.

Vuosien 1995-2004 hoitokalastusten saaliista 41 % saatiin rysällä, 37 % avovesinuotalla ja 21 % talvinuotalla. Vuodesta 2002 alkaen avovesinuotan osuus saaliista oli hyvin alhainen (Taulukko 2). Troolia kokeiltiin vain vuonna 1999, joten sen

osuus kokonaissaaliista oli alle 1 %. Hiidenvedellä rysäpyynnin laskennallinen hehtaarisaa-  
lis oli 10 kg/ha a.

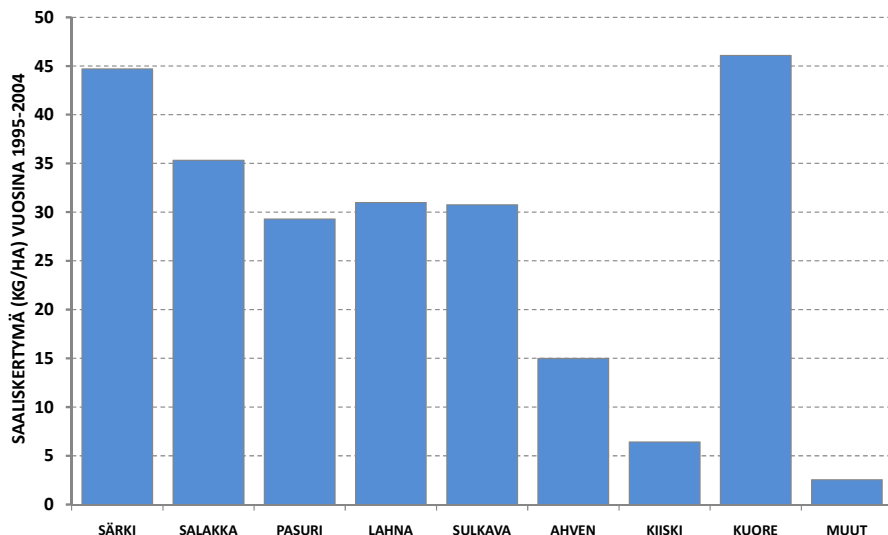
Vuosien 1995-2004 hoitokalastussaa-  
liin massasta arviolta noin 72 % koostui särki-  
kaloista ja 9 % ahvenkaloista. Yksittäisistä lajeista runsain oli kuore, jonka osuus oli  
noin 19 % (46 kg/ha) saaliin massasta (Kuva 4). Seuraavaksi runsaimmat saalis-  
lajit olivat särki (45 kg/ha) ja salakka (35 kg/ha). Lahnan, pasurin ja sulkavan osuus saa-  
liin massasta oli 12-13 %.

Taulukko 2. Hiidenveden hoitokalastussaa-  
liiden jakautuminen pyydyksittäin vuosina 1995-  
2004.

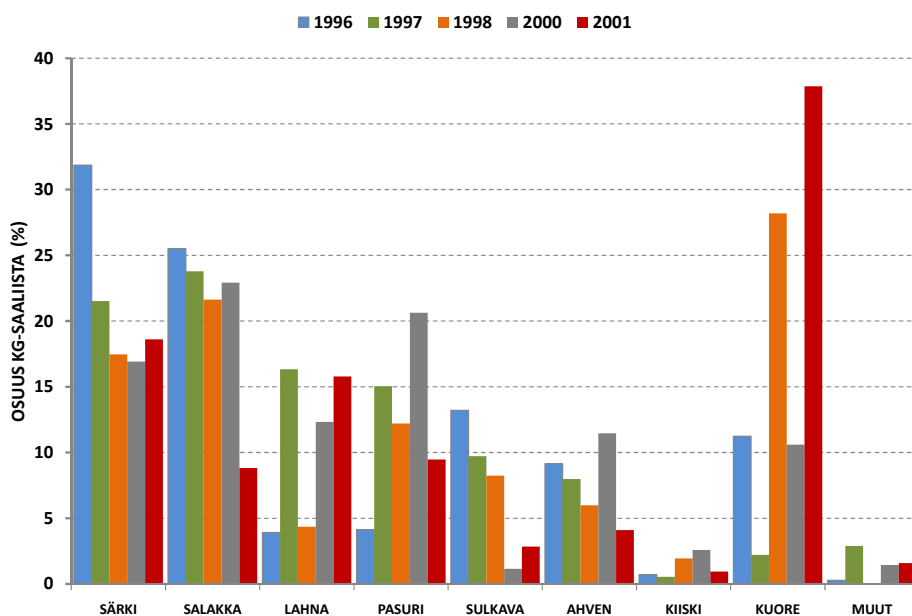
Vuosi	Talvinuottoaus		Rysäpyynti		Avovesinuottoaus		Troolaus		Yht. (kg)
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	
1995	1000	6,7	10000	66,7	4000	26,7	0	0,0	15000
1996	0	0,0	40060	52,1	36890	47,9	0	0,0	76950
1997	25820	19,0	59810	44,1	50000	36,9	0	0,0	135630
1998	34150	37,0	38400	41,6	19670	21,3	0	0,0	92220
1999	15980	12,3	39940	30,7	70270	54,0	4000	3,1	130190
2000	23100	22,1	22300	21,3	59310	56,6	0	0,0	104710
2001	7450	14,3	22850	43,9	21750	41,8	0	0,0	52050
2002	15151	36,2	25580	61,1	1120	2,7	0	0,0	41851
2003	16580	57,0	11450	39,4	1049	3,6	0	0,0	29079
2004	12790	32,1	24995	62,7	2100	5,3	0	0,0	39885
Summa (kg)	152021	21	295385	41	266159	37	4000	1	717565
K.a. (kg a)	15202	24	29539	46	26616	30	727	0	71757
S.d. (kg a)	10726	17	15115	14	26066	21	1618	1	42645
Summa (Kg/ha)	51		99		89		1		241
K.a. (kg/ha a)	5		10		9		0		24
S.d. (kg/ha a)	4		5		9		0		14

Penttilän (2001) mukaan Hiidenveden hoitokalastuksissa vuosina 1996-1998 rysä-  
pyynnin valtalajit olivat massamääräisen saaliin perusteella särki (25 %) ja salakka  
(23 %). Kuoreen osuus oli tuolloin 14 %, sulkavan 11 % ja lahnan 10 %. Nuotta-  
pyynnissä saatiin saaliiksi runsaimmin sulkavaa (27 %), särkeä (21 %) ja kuoretta  
(18 %). Vuosina 1996-2001 rysäpyynnin saalisjakoumassa havaittiin erityisesti kuo-

reen osalta huomattavaa vuosien välistä vaihtelua. Kuoreen osuus kokonaissaaliista oli alimmillaan vuonna 1997 ja korkeimmillaan vuonna 2001 (Kuva 5).



Kuva 4. Hiidenveden hoitokalastusten saalis (kg/ha) lajeittain vuosina 1995-2004. Arvio pohjautuu vuosien 1996-2002 ja 2004 saalistilastoihin. Saalislajien jakaumat puuttuivat noin 194 tn osalta.



Kuva 5. Saalislajien osuudet (%) rysäpyynnin massamääräisestä saaliista vuosina 1996-2001. Lajisaalistiedot puuttuivat vuodelta 1999.



### 2.3. YKSIKKÖSAALIIT

Vuosina 1997-2001 talvinuotan keskimääräisen yksikkösaaliin vaihteluväli oli Kirkkojärven-Mustionselän alueella 257-633 kg/veto. Korkeimmillaan yksikkösaalis oli vuonna 1997 ja alhaisimmillaan vuonna 2001 (Taulukko 3). Yksikkösaaliiden perusteella näyttäisi siltä, että hyviä nuottauspaikkoja löydettiin myös Kiihkelyksenselän eteläpuoliselta alueelta.

Käytettävissä olleiden tietojen pohjalta ei voitu arvioida luotettavasti sitä, johtuiko yksikkösaaliiden aleneminen Kirkkojärven-Mustionselän alueella kalakannan runsauden muutoksista vai muista tekijöistä, kuten apajapaikkojen vaihtumisesta. Mustionselällä pyynti oli huomattavasti voimakampaa kuin muilla alueilla, joten ainakin periaatteessa havaitut yksikkösaaliin muutokset saattoivat olla yhteydessä kalamäärän vähenemiseen.

Vuosien välisten erojen todentamista vaikeutti suurelta osin apaja- ja kokukertakoh- taisten saalistietojen puuttuminen, joten vuosikeskiarvoja ei voitu testata tilastolli- sesti. Pyyntipaikkakohtaisia saalistietoja saatiin käyttöön vain vuosien 1996-1997 pyyntien osalta.

Taulukko 3. Talvi- ja avovesinuottauksen yksikkösaaliit (kg/veto) Hiidenvedellä vuosina 1996-2001. H1=Kirkkojärvi-Mustionselkä, H2=Nummelanselkä, H3=Kiihkelyksenselkä, Muut= Muut kuin em. osa-alueet (Tietolähde: Olin ym. 2002).

Pyydys		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Talvinuotta	H1	-	633	484	500	320	257
	H2	-	447	343	626	535	391
	H3	-	514	538	400	740	338
	Muut	-	1295	785	486	619	-
	<i>Yht.</i>	-	759	546	515	605	339
Avovesinuottaus	H1	?	200	460	1436	694	550
	H2	?	93	525	594	306	539
	H3	?	485	270	417	637	300
	Muut	?	690	1564	660	441	967
	<i>Yht.</i>		461	549	623	772	581

Rysäkalastuksessa pyydysvuorokautta kohden lasketut yksikkösaaliit olivat verrat- tain alhaisia. Rysäkalastus keskittyi pääasiassa kevääseen, jolloin myös yksikkösaaliit

olivat jonkin verran korkeampia kuin myöhemmin kesällä (Taulukko 4). Vuoden 1996 rysäkohtaisten saalistietojen pohjalta suurimmat saaliit saatiin useimmilla pyyntipaikoilla toukokuun alussa pian rysien pyyntiin asettamisen jälkeen (Savola 1996).

Taulukko 4. Rysäkalastuksen pyyntiponnistus, saalis ja yksikkösaalis (kg/rysävrk) Hiidenvedellä vuosina 1997-2001.

Vuosi	Ajankohta	Pyyntiponnistus (Pyyntivrk x rysien lkm)	Saalis (kg)	Yksikkösaalis (kg/rysävrk)
1997	avovesi	3298	69250	21
1998	kevät	530	21200	40
	kesä	1071	12850	12
1999	kevät	748	29900	40
	kesä	619	4950	8
2000	kevät	1011	22300	22
2001	kevät	349	22850	66
1997-2001	yht.	7624	183300	24

Hiidenveden hoitokalastussaaliiden seuranta oli vuosina 1995-2004 ajoittain puutteellista. Esimerkiksi vuoden 1999 talvinuottauksista, kesärysäpyynnistä ja kesätroolauksesta ei lajijakaumanäytteitä otettu lainkaan. Tarkkojen tietojen puuttuminen vaikeutti erityisesti toimenpide-esityksen laatimista, koska aiemmin käytettyjä pyyntipaikkoja ei voitu asettaa paremmuusjärjestykseen yksikkösaaliiden ja saalisjakauksen perusteella.

### **3. HIIDENVEDEN KALASTO- JA RAVINTOVERKKOTUTKIMUKSET**

#### **3.1. YHTEENVETO KESKEISTEN KALASTOTUTKIMUSTEN TULOISTA**

##### **3.1.1. Verkkokoekalastukset**

Verkkokoekalastuksilla on tutkittu vuosina 1995-2004 tehtyjen hoitokalastusten vaikutuksia Hiidenveden kalastoon. Vuoden 1997 jälkeen yleiskatsausverkoilla on tehty koekalastuksia yhteensä 544 pyyntivuorokauden edestä. Näistä kalastuksista 63 % on tehty Kiihkelyksenselällä, 21 % Mustionselän alueella sekä 17 % Numme-

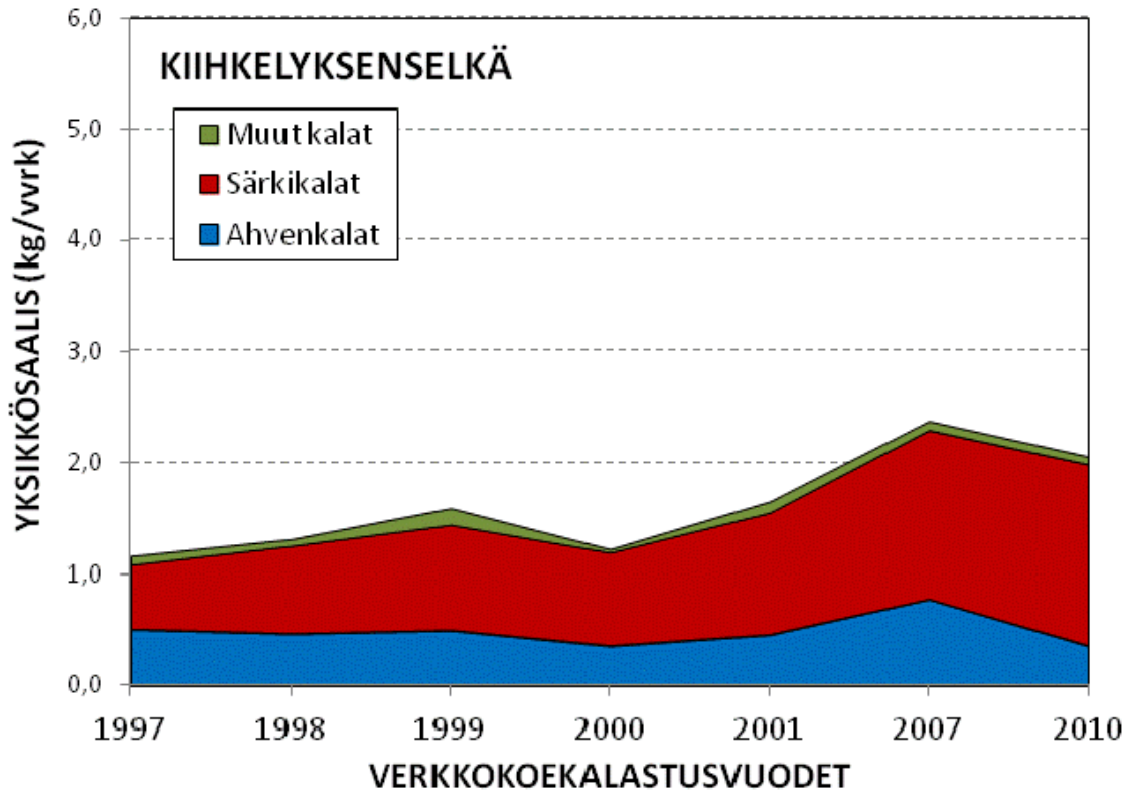
lanselällä. Vuoden 2001 jälkeen verkkokoekalastuksia on tehty vain Mustionselällä ja Kiihkelyksenselällä, jotka kattavat yhteensä vain 44 % Hiidenveden vesipinta-alasta. 38 % Hiidenvedestä on aluetta, missä ei ole tehty koekalastuksia yleiskatsausverkoilla lainkaan (Taulukko 5).

Taulukko 5. Hiidenveden alueella yleiskatsausverkoilla tehdyt koekalastukset vuonna 1997 ja sen jälkeen.

Vuosi	Mustionselkä (Sis. Kirkkojärvi 1.8+2.7=4.5 km <sup>2</sup> )	Nummelan- selkä (3.8 km <sup>2</sup> )	Kiihkelyksen- selkä (10.5 km <sup>2</sup> )	Muut alueet (11.5 km <sup>2</sup> )	Pyynti (vvrk)
1997	16	18	46	0	80
1998	16	18	46	0	80
1999	16	18	46	0	80
2000	16	18	46	0	80
2001	16	18	46	0	80
2007	16	0	56	0	72
2010	16	0	56	0	72
YHT. (vvrk)	112	90	342	0	544
(%)	20.6	16.5	62.9	0.0	100.0

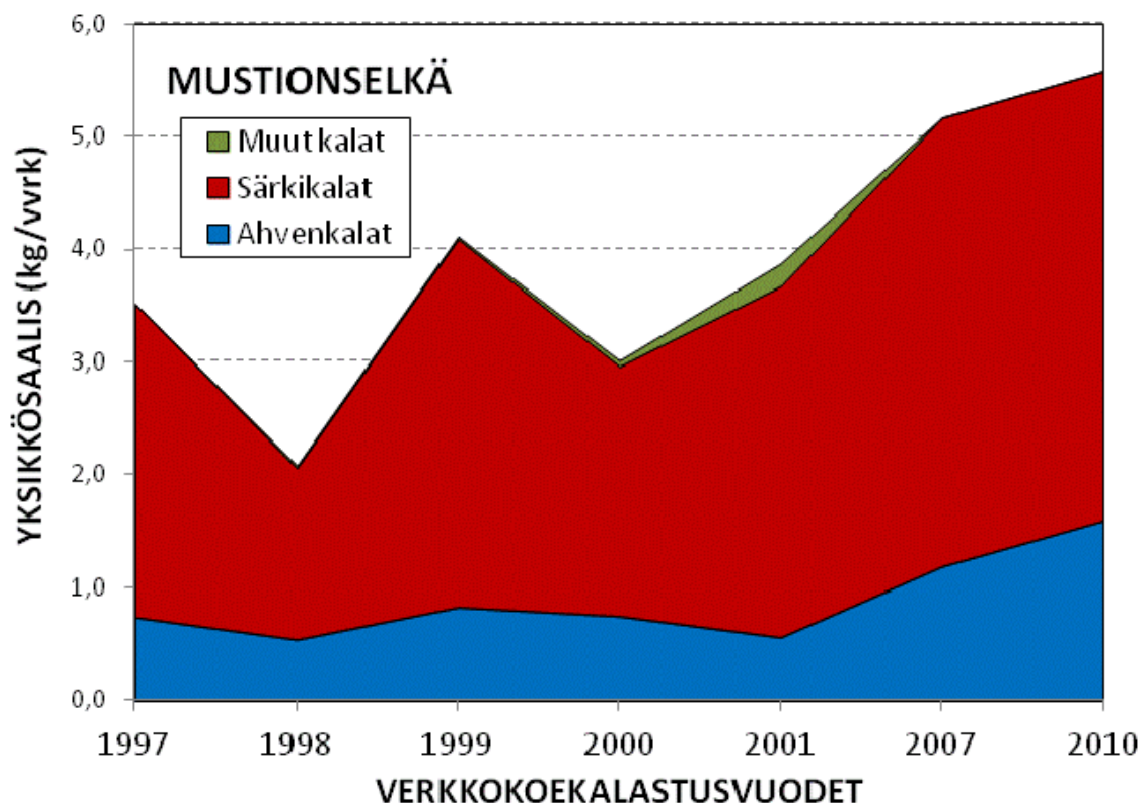
Hiidenveden osa-alueet ovat olosuhteiltaan erilaisia, joten kahdella osa-alueella tehtyjen verkkokoekalastusten pohjalta ei voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä muiden osa-alueiden kalaston määrästä ja rakenteesta.

Kiihkelyksenselällä tehtyjen verkkokoekalastusten mukaan ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde oli vuonna 1997 1:1.14 (0.51=>0.58 kg/vvrk), eli särkikaloja oli saaliin massassa (kg) vain 14 % enemmän. Seuraavien 13 vuoden aikana ahvenkalojen osuus massasta hieman väheni ja särkikalojen osuus lisääntyi huomattavasti. Ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde oli vuonna 2010 1:4.56 (0.36=>1.64 kg/vvrk), eli särkikalojen osuus saaliin massasta oli lähes viisinkertainen ahvenkalojen osuuteen verrattuna (Kuva 6). Verkkokoekalastusten yksikkösaalis kasvoi vuosien 1997 ja 2010 välisenä aikana noin 1.8-kertaiseksi (1.17=>2.07 kg/vvrk).



Kuva 6. Hiidenveden Kiihkelyksensselältä vuosina 1997-2010 tehdyissä verkkokoeikalastuksissa saadut yksikkösaaliit (kg/vvrk) ja saaliiden jakautuminen ahvenkaloihin, särkikaloihin ja muihin kaloihin.

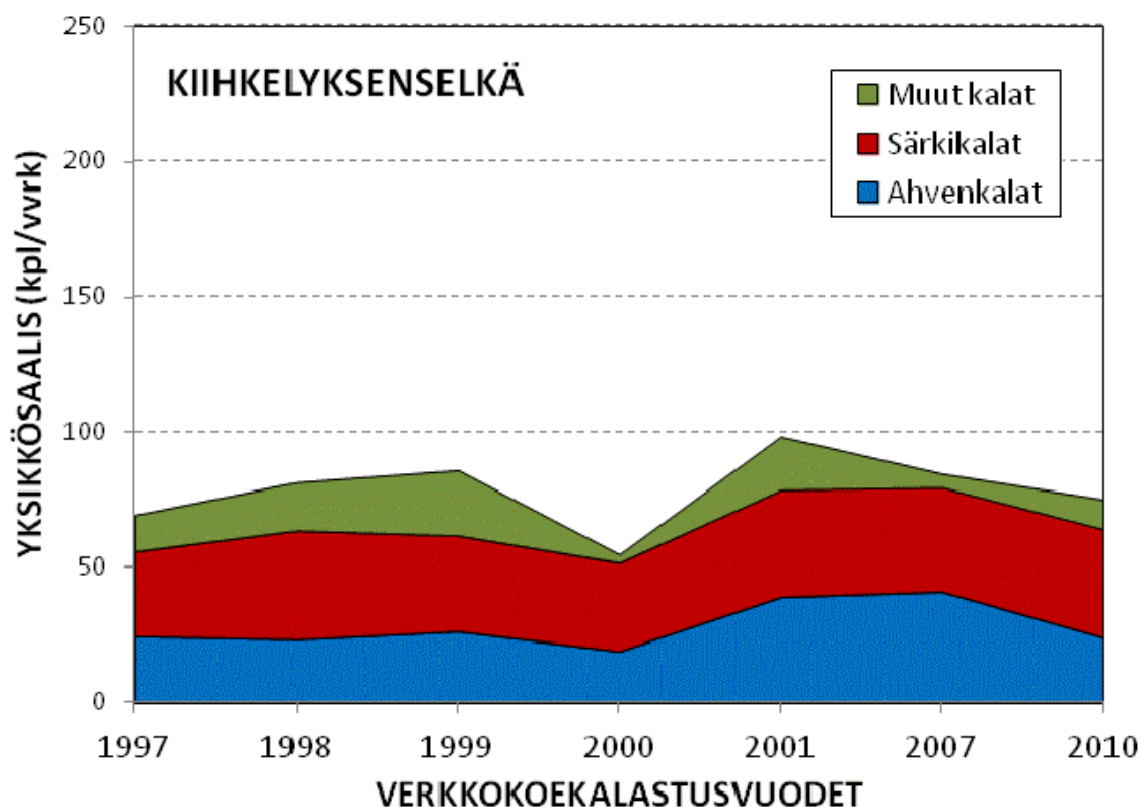
Ahven muodosti Kiihkelyksensselällä suurimman osuuden koekalastussaaaliin massasta (kg) vuonna 1997 ( liite 1). Särki oli runsain saalislaji vuosina 1998-2010 (30-51 %). Mustionselällä tehtyjen verkkokoeikalastusten mukaan ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde saaliin massassa (kg) oli vuonna 1997 1:3.76 (0.74=>2.78 kg/vvrk), eli särkikalaja oli saaliin massassa (kg) lähes nelinkertainen määrä ahvenkaloihin verrattuna. Seuraavien 13 vuoden aikana särkikalojen osuus massasta hie- man väheni. Molempien kalaryhmien yksikkösaaliit kuitenkin kasvoivat selvästi. Ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde oli vuonna 2010 1:3.34 (1.19=>3.98 kg/vvrk), eli särkikalojen osuus saaliin massasta oli edelleen reilusti yli kolminker- tainen ahvenkalojen osuuteen verrattuna (Kuva 7). Verkkokoeikalastusten yksik- kösaalis kasvoi vuosien 1997 ja 2010 välisenä aikana noin 1.5-kertaiseksi (3.52=>5.17 kg/vvrk).



Kuva 7. Hiidenveden Mustionselältä vuosina 1997-2010 tehdyissä verkkokoeikalastuksissa saadut yksikkösaaliit (kg/vvrk) ja saaliiden jakautuminen ahvenkaloihin, särkikaloihin ja muihin kaloihin.

Sulkava muodosti Mustionselällä suurimman osuuden koeikalastussaaaliin massasta (kg) vuosina 1997, 1999, 2007 ja 2010 (32-47 %). Pasuri oli runsain saalislaji vuosina 1998 ja 2000, särki vuonna 2001 (liite 1).

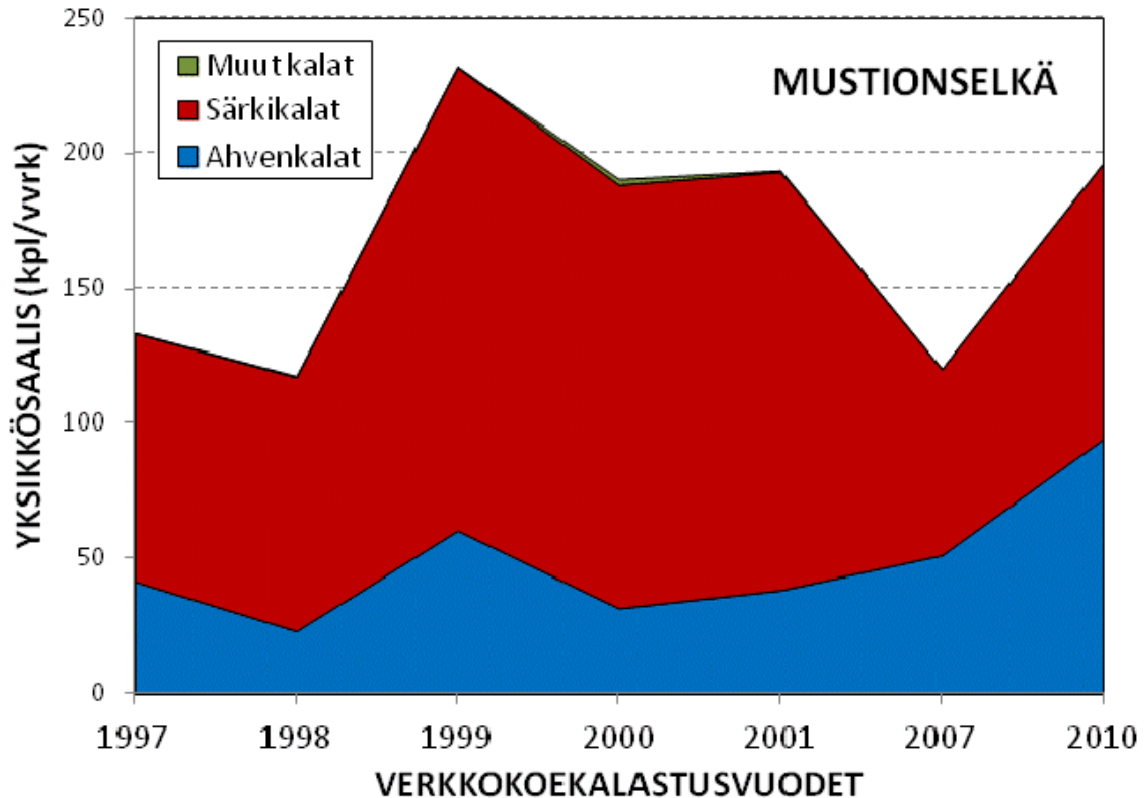
Kiihkelyksenselällä tehtyjen verkkokoeikalastusten mukaan ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde kappalemääräisessä saaliissa oli vuonna 1997 1:1.25 (24.9=>31.1 kpl/vvrk), eli särkikaloja oli kappalemääräisessä saaliissa (kpl) 25 % enemmän. Seuraavien 13 vuoden aikana ahvenkalojen osuus saaliissa pysyi ennallaan ja särkikalojen osuus hieman lisääntyi. Ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde oli vuonna 2010 1:1.64 (24.4=>39.9 kpl/vvrk), eli särkikalojen osuus kappalemääräisessä saaliissa oli noin 1.5-kertainen ahvenkalojen osuuteen verrattuna (Kuva 8). Verkkokoeikalastusten yksikkösaalis kasvoi vuosien 1997 ja 2010 välisenä aikana vain hieman (69.6=>75.4 kpl/vvrk).



Kuva 8. Hiidenveden Kiihkelyksensselältä vuosina 1997-2010 tehdyissä verkkokoekalastuksissa saadut yksikkösaaliit (kpl/vvrk) ja saaliiden jakautuminen ahvenkaloihin, särkikaloihin ja muihin kaloihin.

Ahven muodosti Kiihkelyksensselällä suurimman osuuden verkkokoekalastusten kappalemääräisestä saaliista (kpl) vuosina 1997 ja 2007 (23-39 %). Särki oli runsain saalislaji vuosina 1998, 2000, 2001 ja 2010 (25-35 %) sekä kuore vuonna 1999 (liite 1).

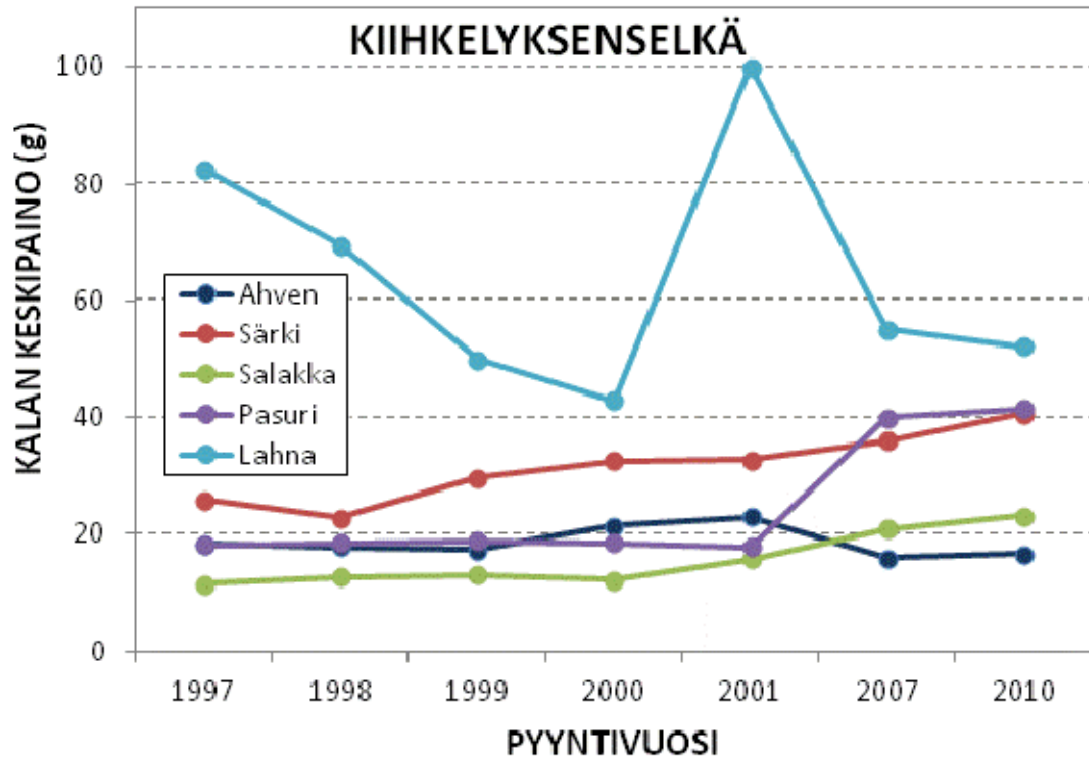
Mustionselällä tehtyjen verkkokoekalastusten mukaan ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde kappalemääräisessä saaliissa oli vuonna 1997 1:2.19 (41.8=>91.6 kpl/vvrk), eli särkikalaja oli kappalemääräisessä saaliissa (kpl) yli kaksinkertainen määrä ahvenkaloihin verrattuna. Seuraavien 13 vuoden aikana ahvenkalojen osuus saaliissa lisääntyi ja särkikalojen väheni. Ahvenkalojen ja särkikalojen välinen suhde oli vuonna 2010 1:1.34 (51.4=>68.9 kpl/vvrk), eli särkikalojen osuus kappalemääräisessä saaliissa oli enää vain noin kolmanneksen suurempi ahvenkalojen osuuteen verrattuna (Kuva 9). Verkkokoekalastusten yksikkösaalis pieneni vuosien 1997 ja 2010 välisenä aikana 11 % (133.5=>120.3 kpl/vvrk). Pasuri oli molempina vuosina särkikalosta runsain saalislaji (liite 1).



Kuva 9. Hiidenveden Kiihkelyksenselältä vuosina 1997-2010 tehdyissä verkkokoekalastuksissa saadut yksikkösaaliit (kpl/vvrk) ja saaliiden jakautuminen ahvenkaloihin, särkikaloihin ja muihin kaloihin.

Pasuri muodosti Mustionselällä suurimman osuuden koekalastussaaaliin massasta (kg) vuosina 1997-2001 ja 2010 (24-43 %). Ahven oli runsain saalislaji vuonna 2007 (liite 1).

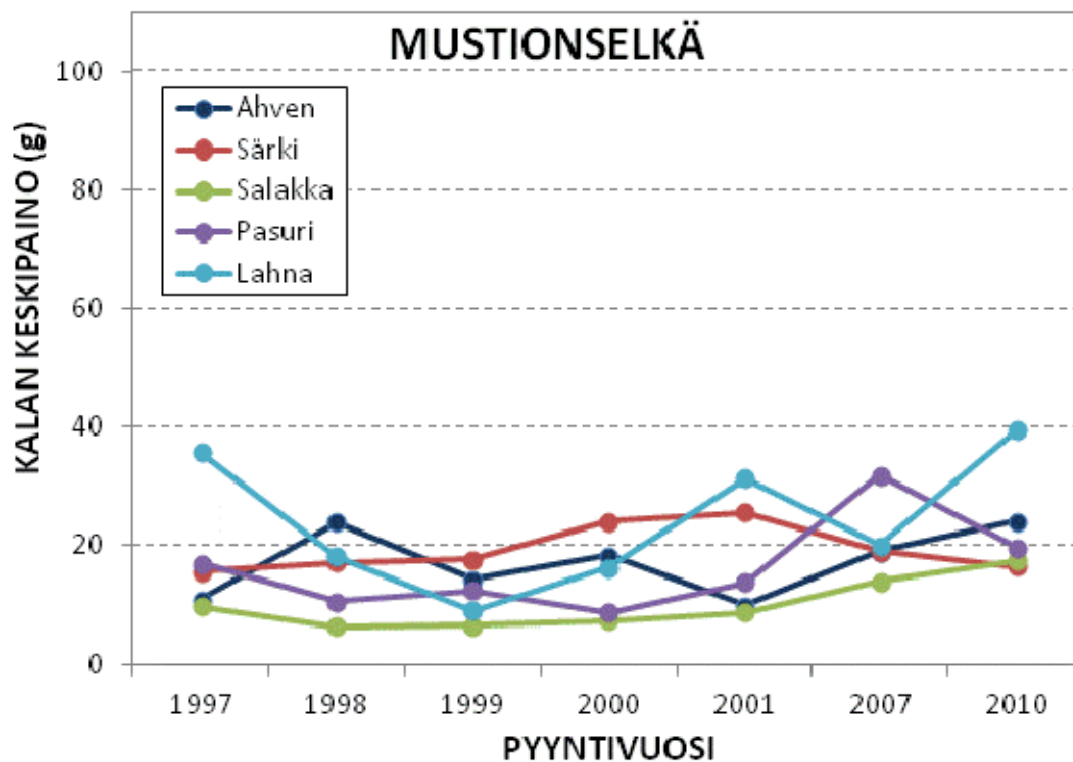
Huomattava osuus verkkokoekalastusten saaliin massassa Kiihkelyksenselällä tapahtuneista muutoksista johtui, kappalemääräisen saaliin kasvun lisäksi, saaliskalojen koon kasvusta. Kasvua tapahtui etenkin muutamien särkikalojen (särki, salakka, pasuri) koossa. Voimakkainta kasvu oli kuitenkin sulkavan kohdalla, jonka keskimääräinen saaliskoko kasvoi Mustionselällä 161=>424 ja Kiihkelyksenselällä 79=>364 grammaan. Lahnan keskikoko puolestaan pieneni vuoden 1997 jälkeen. Myös ahvenen saaliskoko pieneni vuosien 1997 ja 2010 välisenä aikana hieman (kuva 10, liite 1).



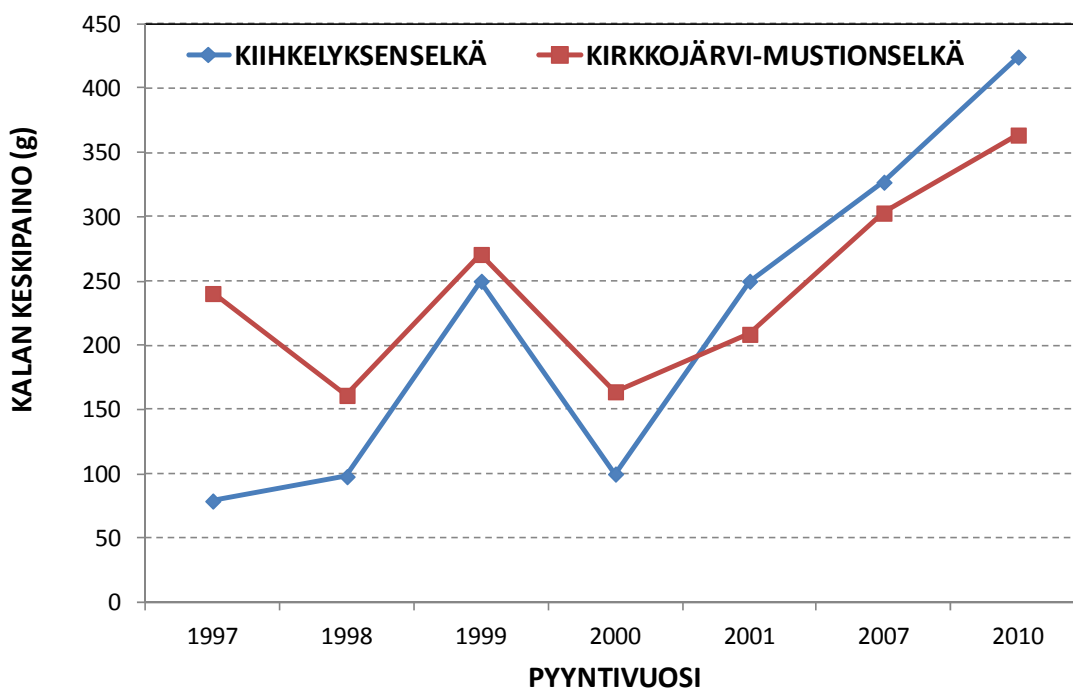
Kuva 10. Ahvenen, särjen, salakan, pasurin ja lahnan keskikoko (g) Hiidenveden Kiihkelyksensselältä vuosina 1997-2010 tehdyissä verkkokoekalastuksissa.

Mustionselällä yleisimpien saalislajien keskikokoissa ei ollut, Kiihkelyksensselän tapaan, havaittavissa mitään selviä kehityssuuntia (Kuva 11, Liite 1). Merkittävimmät muutokset saaliskalojen keskikokoissa vuosien 1997 ja 2010 välillä havaittiin sulkavan ja ahvenen kohdalla. Saaliiksi saatujen sulkavien keskikoko kasvoi 123 ja ahventen 13 grammaa. Sulkavan keskikokoinen kasvu on ollut samansuuntaista molemmilla osa-alueilla, joka saattaa viitata siihen, että kannan rakenteessa tai kalojen kasvussa on tapahtunut muutoksia (Kuva 12). Sulkavan kasvunopeuden muutoksia tulisi tarkastella luutumanäytteistä taannehtivasti.





Kuva 11. Ahvenen, särjen, salakan, pasurin ja lahnan keskikoko (g) Hiidenveden Kiihkelyksenselältä vuosina 1997-2010 tehdyissä verkkokoekalastuksissa.



Kuva 12. Sulkavan keskikoko (g) Kiihkelyksenselän ja Kirkkojärven-Mustionselän koekalastussaaliissa vuosina 1997-2010.

### 3.1.2. Kaikuluotaukset

Vuonna 2007 Kiihkelyksenselän kaikuluotauksella ja koetroolauksella saatu kalatiheysarvio vaihteli 2000 ja 14000 yks./ha välillä ajankohdasta riippuen (Malinen ym. 2008). Kiihkelyksenselän yli 5 m syvällä alueella kuoreen osuus oli kaikkina tutkimusajankohtina yli 90 %. Biomassasta kuoreen osuus oli 42 – 66 %. Kuoreen lisäksi ulappa-alueella esiintyi huomattavia määriä kuhaa, pasuria, lahnaa ja sulkavaa. Niidenkin osuus lukumäärästä oli pieni, mutta pasurin, lahnan ja sulkavan yhteenlaskettu osuus biomassasta oli 8-40 %.

Malisen ym. (2008) mukaan Kiihkelyksenselällä 0-vuotiaat kuoret ja kuhanpoikaset esiintyvät kesäkerrostuneisuuden aikaan joko päällysvedessä tai harppauskerroksen yläosassa, kun taas vanhemmat kuoret ja muikut esiintyvät huomattavasti syvemmillä. Yöllä ja toisaalta kesäkerrostuneisuuden purkauduttua jakaumat muuttuvat päällekkäisemmiksi. Kiihkelyksenselän kalaston rakenne ei näyttäisi olennaisesti muuttuneen vuodesta 2001, jolloin kuore oli ylivoimaisesti runsain laji, samalla kun muiden lajien osuus lukumäärästä oli hyvin pieni (Malinen ym. 2005).

### 3.1.3. Kalojen ravinnonkäyttö ja kasvu

#### *Särkikalat*

Vinni ym. (2000) vertailivat viiden Hiidenvedessä yleisesti esiintyvän särkikalalajin ravinnonkäyttöä, kasvua ja runsautta Kirkkojärven-Mustionselän (matala) ja Kiihkelyksenselän (syvä) alueella. Hiidenveden matalissa osissa särki käytti ravintonaan pääasiassa pohjaeläimiä, kuten simpukoita ja kotiloita. Elokuussa pienikokoiset särjet alkoivat käyttämään myös heikompilaatuista pohjaravintoa (detritusta), kun taas isommilla yksilöillä (>120 mm) kasvuravinnon osuus kasvoi. Muutokset särjen ravinnonkäytössä ilmensivät sopivan eläinravinnon puutetta. Kiihkelyksenselällä sulkasääsken (*C. Flavicansin*) osuus särjen ja salakan ravinnossa oli alhainen, kun taas pasurin, sulkavan ja lahnan ravinnossa sen osuus oli selvästi suurempi.

#### *Kuore*

Hiidenvedellä särjen, salakan, pasurin ja lahnan kasvunopeus oli alhainen, kun taas sulkavan havaittiin kasvavan verrattain nopeasti. Tutkimustulosten perusteella ai-noastaan lahna hyötyi jossakin määrin runsaasta sulkasääskipopulaatiosta. Toisaalta

lahnan kannantiheys oli muita särkikalalajeja heikompi, mahdollisesti sen joustamattomamman ravinnonkäytön vuoksi.

Vinnin ym. (2004) mukaan 1-2-vuotiaiden kuoreiden kasvu oli Kiihkelyksenselällä hyvin hidasta erityisesti ravinnon epätasaisen saatavuuden ja ravintokilpailun vuoksi. Vanhempien kuoreiden kasvu kiihtyi selvästi niiden siirtyessä sulkasääskistä kalaravintoon.

#### *Kuha*

Helttusen (2005) mukaan Hiidenvedellä vuonna 2005 pyydetyistä naaraskuhista hieman yli puolet oli saavuttanut sukukypsyyden pituusluokissa 44-45 cm. Tuolloin 40 mm solmuvälillä saaduista naaraskuhista vain 24 % oli sukukypsiä, mutta 45 mm ja 50 mm verkoilla sukukypsien naaraiden osuudet olivat jo 54 ja 58 %. Tulosten pohjalta voitiin arvioida karkeasti kuhan kestävän kalastuksen suuntaviivoja Hiidenvedellä.

#### **3.1.4. Kalataloudelliset tarkkailut**

Vihdin jätevedenpuhdistamon kalataloudellisen velvoitetarkkailuun liittyen Hiidenveden Kirkkojärven ja Mustionselän kalastusta ja kalansaaliita on selvitetty 1980-luvulta lähtien mm. kalastustiedustelujen avulla. Vuoden 2010 kalastustiedustelun perusteella Kirkkojärvellä ja Mustionselällä vastanneiden ruokakuntien saalis oli keskimäärin 27 kg. Runsaimmat saalislajit olivat hauki (41 %), ahven (23 %) ja kuha (16 %). Kalastus oli vesialueen rehevyyteen nähden melko monipuolista. Esimerkiksi verkkokalastusta harjoitettiin n. 6,6 vrk/ha/a. (Valjus 2011)

Pitkällä aikavälillä kalansaaliin määrässä ja koostumuksessa näyttäisi tapahtuneen muutoksia. Valjuksen (2011) mukaan ruokakuntakohtainen vuosisaaliit olivat suurimmillaan 1990-luvun puolivälissä (n. 120 kg/ruokakunta), jonka jälkeen ne ovat pudonneet huomattavasti alhaisemmalle tasolle (alle 30 kg/ruokakunta). Myös saalislajien suhteissa on tapahtunut muutoksia. Ahvenen, hauen ja kuhan osuus kokonaisuudessa näyttäisi kasvaneen pitkällä aikavälillä, kun taas lahan ja sulkavan saalisosuudet ovat laskeneet.

Vuoden 2010 kalastustiedustelun perusteella useimmin kalastusta haittaavina tekijöinä pidettiin veden sameutta, veden likaantumista, vesikasvillisuuden runsautta ja

vähäistä kalaistutusten määrää. Merkittävä osa katsoi haitaksi myös vesistön sääntelyyn ja kalalajiston vääränlaisen koostumuksen (Valjus 2011).

### **3.2. HIIDENVEDEN RAVINTOVERKKOTUTKIMUKSET**

#### *Kasvi- ja eläinplankton*

Hiidenveden planktonyhteisöjä on tutkittu hoitokalastushankkeen yhteydessä vuosina 1997-2001 (Eloranta ym. 2001, Horppila ym. 2005), ja kasviplanktonitutkimuksia on lisäksi tehty mm. Hiidenveden yhteistarkkailun puitteissa (mm. Ranta & Valtonen 2011). Sinileväkukinnat ovat toistuva ilmiö Hiidenvedellä, mutta myös piilevät voivat olla ajoittain erittäin runsaita varsinkin syvemmillä alueilla. Kokonaisbiomassa on suuri, toisinaan erittäin suuri, ja jo 1970-luvun alussa on havaittu 20 000 µg/l biomassa Kiihkelyksenselällä (ympäristöhallinnon kasviplanktonrekisteri). Leväbiomassa on yleensä suurin rehevimmillä Kirkkojärvellä ja Mustionselällä.

Eläinplanktonyhteisön koostumus on tyypillinen eutrofisille järville (Eloranta ym. 2001). Äyriäisplanktonia dominoivat Cyclopoida-hankajalkaiset, kun taas vesikirppujen biomassa on pieni ja koostuu pääasiassa pienikokoisista yksilöistä. Rehevimmillä alueilla, Kirkkojärvellä ja Mustionselällä, yhteisössä vallitsevat *Daphnia cristata* ja *Limnospira frontosa*, ja *Bosmina*-lajit ovat harvalukuisia. Vähäravinteisemmalla Kiihkelyksenselällä ne runsastuvat jonkin verran.

Eläinplanktonin vuodenaikaisvaihtelu on poikkeuksellista rehevälle vesialueelle, sillä tyypillinen kevään maksimi puuttuu lähes kokonaan. Ilmeisesti sulkasääski säätelee pitkälti eläinplanktonin määrää, sillä tutkimusten mukaan vesikirppujen biomassan kehitys on käänteinen sulkasääsken biomassalle. Eläinplanktonin biomassa on suurimmillaan elokuussa, jolloin sulkasääsket kuoriutuvat. Kirkkojärvellä vesikirppujen pieni biomassa saattaa johtua osittain suuresta kiintoaineen määrästä, joka haittaa niiden ravinnonottoa (Eloranta ym. 2001).

Kirkkojärvellä ja Mustionselällä eläinplankton käyttää vain alle 10 % kasviplanktonbiomassasta. Näin ollen eläinplankton ei pysty säätelemään kasviplanktonia, vaan sen kasvua rajoittaa lähinnä sameuden aiheuttama valon puute. Vähemmän rehevillä alueilla eläinplankton saattaa kontrolloida kasviplanktonia keskikesän maksimin aikana (Eloranta ym. 2001).

### *Sulkasääski*

Leimallista Hiidenveden ravintoverkolle on sulkasääsken runsaus ja sen vaikutukset muuhun ravintoverkkoon. Sulkasääsken toukat ovat selkärangattomia petoja, jotka käyttävät ravintonaan eläinplanktonia, lähinnä rataseläimiä, vesikirppuja ja hankajalkaisia. Monet eläinplanktonilajit puolestaan käyttävät ravintonaan kasviplanktonia eli levää, mikä vähentää kasviplanktonin määrää ja vaikuttaa näin positiivisesti järven ekologiseen tilaan. Voimakas sulkasääsken eläinplanktoniin kohdistama saalistuspaine voi pahimmillaan lisätä levän määrää järvessä dramaattisesti, aiheuttaa sinilevähaittoja, kiihdyttää vesistön rehevöitymistä ja huonontaa kaikin puolin järven ekologista tilaa (Liljendahl-Nurminen ym. 2003, Malinen ym. 2008). Toisaalta sulkasääsken toukat, kuten myös eläinplankterit, ovat monien planktivori-kalojen ravintokohteita, ja niihin voi kohdistua ajoittain ja paikallisesti hyvinkin voimakas saalistuspaine. Esimerkiksi Hiidenvedellä sulkasääsken on todettu olevan kuoreen, pasurin, lahnan ja sulkavan ravintoa, mutta järven syvimmillä alueilla, Kiihkelyksen selällä, ainoastaan sulkavan saalistus kohdistuu uuden sukupolven pienikokoisiin toukkiin (Vinni ym. 2000). Sulkavalla voidaankin katsoa olevan tätä kautta merkitystä sulkasääskitiheyksien säätelyssä ja sitä kautta myös järven rehevyydestason säätelyssä.

Sulkasääskellä on useita käyttäytymismalleja, joiden avulla se voi menestyksekkäästi välttää kalojen aiheuttamaa saalistuspainetta. Se on aktiivinen uimari ja kykenee tekemään vesimassassa pitkiä, syvyysuuntaisia vuorokausivaelluksia, joiden tarkoituksena on yhtäältä optimoida ravintovarojen käyttöä ja säädellä energian kulutusta sekä toisaalta suojautua kalojen saalistukselta (Horppila ym. 2000, Liljendahl-Nurminen ym. 2002, Paasivirta 2006, Malinen ym. 2007, 2010, 2012 ja Valonen 2009). Laji on myös ympäristönsä laadun suhteen vaatimaton kestäen hyvin vesistön rehevöitymisen ja erityyppisen kuormituksen aiheuttamaa veden laadun heikkenemistä, alusveden happivajetta sekä ympäristölle haitallisten yhdisteiden myrkyvaikutuksia (esim. Malinen ym. 2007, 2012, Hynynen 2004). Edellä mainitusta johtuen laji on vahva ravintokilpailija, joka käyttää tehokkaasti hyväkseen heikkoa veden laatua suojautuessaan elinympäristönsä suhteen vaateliaampien lajien saalistukselta. Sietokykyinen sulkasääski muodostaa usein rehevöityneisiin ja kuormitetuihin vesistöihin tiheitä massaesiintymiä, mistä voi olla seurauksena ravintoverkkojen vääristyminen ja järven rehevöitymiskehityksen kiihtyminen. Hiidenvesi on tyyppiesimerkki järvestä, jossa ulkoinen, valuma-alueelta tuleva ravinteiden, orgaanisen aineksen ja saviaineksen kuormitus on ylittänyt järven sietorajan ja luonut sulkasääsken massaesiintymiselle suotuisat olosuhteet, mikä uhkaa edelleen kiihdyt-

tää järven rehevöitymiskehitystä (Liljendahl-Nurminen ym. 2002, 2003, Liljendahl-Nurminen 2006).

Yleistäen voidaan sanoa, että syvillä selkävesillä sulkasääsken toukat oleilevat päi- väsaikaan yli 10 m syvyydessä, missä viileä vesi alentaa niiden energiankulutusta ja valon vähäisyys suojelee kalojen saalistukselta. Mikäli alusvedessä ei esiinny täydellistä hapettomuutta, osa toukista voi myös kaivautua syvänteiden pohjasedimenttiin, joka antaa lisäsuojaa kalojen saalistuspainetta vastaan (Valonen 2009). Hiidenveden kaltaisessa rehevässä, savisamenteisessa, paikoitellen syvähkössä ja alusveden ajoittaisesta hapenvajauksesta kärsivässä järvessä ainoastaan pienen osan toukista on todettu kaivautuvan keskikesän maksimaalisen valon ja suurimman predaatioalttiuden aikaan sedimenttiin, koska ne voivat välttää kalojen näköaistiin perustuvan saalistuksen veden savisameuden avulla sekä ”kätkeytymällä” heikon veden laadun tarjoamiin pakopaikkoihin eli tässä tapauksessa alusveden niukkahappiseen vesikerrokseen tai sen alapuolelle, mihin saalistajat eivät voi niitä seurata (Horppila ym. 2000, 2009, Liljendahl-Nurminen 2006, Malinen ym. 2012).

Yöllä sulkasääsken toukat nousevat pintaa kohden, missä ne saalistavat eläinplanktereita (Horppila ym. 2000, Liljendahl-Nurminen 2002, Paasivirta 2006, Malinen ym. 2012). Hiidenvedellä sulkasääsket oleilevat öisin ylimmän kahdeksan metrin alueelta, missä niiden on todettu saalistavan pääasiassa rataseläimiä, *Daphnia*- ja *Bosmina*-sukujen vesikirppuja sekä hankajalkaisia (Horppila ym. 2000, 2009, Valonen 2009). Sulkasääsket säätelevät Hiidenveden eläinplanktoniyhteisöä pitämällä suurikokoisten, kasviplanktonia tehokkaasti suodattavien vesikirppujen määrän pienenä (Liljendahl-Nurminen ym. 2003) ja kilpailevat näin ravinnosta planktonsyöjäkalojen kanssa.

Sulkasääsken massaesiintymillä on todettu olevan suuri merkitys monien rehevöityneiden järvien ravintoverkoissa, kuten esimerkiksi Hiidenvedellä (Horppila 2000, 2009, Liljendahl-Nurminen ym. 2002, 2003, Malinen ym. 2007, 2010, 2012), Kaukjärvellä (Malinen ym. 2008), Enäjärvellä (Paasivirta 2006) ja Mustialanlammilla (Malinen ym. 2010b). Monet järvien tehokalastushankkeet ovat todennäköisesti epäonnistuneet sulkasääsken toukkien takia, sillä massoina esiintyessään ne aiheuttavat kovan saalistuspaineen eläinplanktonille, mistä johtuen planktonsyöjäkalojen pyynnillä toteutettu ravintoverkkokunnostus ei ole onnistunut (Horppila & Liljendahl-Nurminen 2005). Sulkasääsken merkittävä rooli erityisesti syvien ja savisameiden järvien ravintoverkoissa on yllättänyt tukijat. Malisen ym. (2008) mukaan kaikki toimenpiteet, jotka vähentävät saviaineksen huuhtoutumista järveen, heikentävät

sulkasääsken toukkien elinmahdollisuuksia järvessä. Siten valuma-alueella tehtävät vesiensuojelutoimenpiteet saattavat vaikuttaa ravinnekuormituksen vähenemisen lisäksi myös sulkasääsken toukkien vähenemisen kautta järven tilaan.

### **3.3. HIIDENVEDEN EKOLOGINEN TILA**

Ympäristö- ja paikkatietopalvelun (OIVA) mukaan Hiidenveden ekologisen tilan arvio on tehty ns. suppean aineiston perusteella, jossa on huomioitu veden fysikaalis-kemialliset ominaisuudet, kasviplankton sekä kalasto.

Hiidenvesi kuuluu tyypiltään runsasravinteisten (Rr) järvien ryhmään. Hiidenveden ekologinen tila on luokiteltu edellisellä luokittelukierroksella kasviplanktonin perusteella tyydyttäväksi. Luokittelu on tehty pelkästään a-klorofyllin perusteella, koska muiden muuttujien tuloksia oli vain yhdeltä näytteenottokerralta. Luokitteluohjeessa ei myöskään ole annettu tälle tyyppille vertailuolujen tai luokkarajojen arvoja muille kuin a-klorofyllille aineiston puuttumisen vuoksi. Uudessa ohjeessa on edelleen esitetty luokkarajat vain a-klorofyllille, eivätkä rajat ole muuttuneet edelliseen ohjeeseen verrattuna.

Luokittelu on tehty ohjeen mukaisesti koko vesimuodostuman alueelle, mutta Hiidenveden osa-alueet ovat rehevyystasoltaan varsin erilaisia. Kirkkojärven vuosien 2003-2011 a-klorofyllipitoisuuden mediaani on 29 µg/l, Nummelanselän 19 µg/l ja Kiihkelyksenselän 10 µg/l. Näiden arvojen perusteella Kiihkelyksenselkä olisi nykyisin ekologiselta luokaltaan erinomainen, Nummelanselkä hyvä ja Kirkkojärvi tyydyttävä. Pelkästään ekologisen luokittelun kannalta Hiidenveden tilaa on siis tarpeen parantaa lähinnä kaikkein rehevimmillä alueilla, Kirkkojärvellä ja todennäköisesti Mustionselällä. Hyvän ja tyydyttävän luokan raja-arvo a-klorofylli 20 µg/l saavutetaan noin 43 µg/l fosforipitoisuudella, mikä tarkoittaa rehevimmillä alueilla nykyisen kuormituksen puolittamista. On huomioitava, että luokkarajat on asetettu melko pienen aineiston ja vain yhden muuttujan perusteella. Kasviplanktonin ekologiselle luokittelulle ei ole syytä asettaa kovin suurta painoarvoa asetettaessa kunnostuksen tavoitteita.

Kalastopohjaisessa ekologisen tilan seurannassa käytetään nordic-tutkimusverkkoa, jonka yksikkösaaliin katsotaan kuvaavan kalaston suhteellista runsautta ja siten myös järven yleistä rehevyystasoa. Vuoden 2010 koekalastusten perusteella Kiihke-

lyksenselän ekologinen tila oli hyvä, kun Mustionselän tila oli sitä vastoin välttävän ja huonon rajalla.

Koska verkkokoekalastuksia on tehty viime vuosina vain Mustionselällä ja Kiihkelykselällä, tulosten pohjalta saadaan ainoastaan suuntaa antava kuva Hiidenveden ekologisesta tilasta. Verkkokoekalastusten yksikkösaalis ja saalislajien osuudet vaihtelevat merkittävästi luontaisten tekijöiden (esim. veden lämpötila) vuoksi, joten tilaluokka saattaa parantua näennäisesti, vaikka kohdevesistön tilassa ei olisi tapahtunut merkittäviä muutoksia. Kalaston pohjalta tehdyn ekologisen tilan arvion tulisi perustua aina usean tarkkailuvuoden aineistoon.

## **4. TOTEUTETTUJEN HOITOKALASTUSTEN VAIKUTUKSET HIIDENVEDELLÄ**

### **4.1. KOKONAISFOSFORI**

Sisäkuormitteisissa vesistöissä fosforipitoisuus yleensä kasvaa loppukesää kohti. Hiidenveden rehevimmällä osa-alueella Kirkkojärvellä fosforipitoisuus on tyypillisesti ollut suurimmillaan elokuussa, kun taas Nummelanselällä ja Kiihkelyksenselällä pitoisuus on pysynyt melko tasaisena kasvukauden ajan tai jopa pienentynyt loppukesää kohti (Liite 2). Intensiivisimmän hoitokalastusjakson aikana Kirkkojärvellä ei tapahtunut muutosta fosforin käyttäytymisessä. Nummelanselällä pitoisuus kasvoi poikkeuksellisesti loppukesää kohti ja Kiihkelyksenselällä pysyi jokseenkin tasaisena. Odotettua muutosta fosforin käyttäytymisessä ei siis tapahtunut hoitokalastuksen seurauksena.

Kasvukauden kokonaisfosforipitoisuus ei myöskään ole pienentynyt, kun tarkastellaan pitoisuuksia vuositasolla. Keskimääräinen pitoisuus on päinvastoin hieman kasvanut Kiihkelyksenselällä ajanjaksolla 1992-2011.

### **4.2. KASVIPLANKTON JA KLOOROFYLLI**

Kasviplanktonin biomassa- ja klorofyllimittausten perusteella Hiidenvesi on rehevä. Hoitokalastuksen vaikutus ei näkynyt kasviplanktonia kuvaavien mittareiden arvoissa vuosina 1996-2001, jolloin hoitokalastus oli tehokkainta (Liite 3-7). Sen sijaan vuosina 2009-2010 sekä sinilevien osuus että lajiston perusteella laskettu tro-



fiaindeksi (TPI) olivat Kiihkelyksenselällä ja Nummelanselällä selvästi pienempiä kuin aiempina vuosina. Samoin kokonaisbiomassa ja keskimääräinen klorofyllipitoisuus olivat tavallista pienempiä. Kirkkojärven kasviplanktonaineisto on niin vähäinen, että sen perusteella ei voi tehdä päätelmiä rehevyydestä, mutta klorofyllipitoisuudet olivat sielläkin keskimääräistä pienempiä. Ilmiö saattaa olla tilapäinen ja johtua esimerkiksi sääolosuhteista, sillä vuoden 2011 a-klorofyllipitoisuudet olivat jälleen selvästi suurempia kuin vuosina 2009-2010.

### **4.3. KOKONAISFOSFORIN JA KLOOROFYLLIN SUHDE**

Kokonaisfosforin ja klorofyllin suhde kertoo eläinplanktonin kyvystä pitää kurissa kasviplanktonbiomassaa ja toisaalta 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.

Kerrostumattomassa Kirkkojärvässä fosforin ja klorofyllin suhteen perusteella pienet vesikirput ovat vallitsevia, Nummelanselällä vesikirput ovat suurikokoisempia (Liite 7). Kirkkojärvässä ja Nummelanselällä ei ole tapahtunut muutoksia fosforin ja klorofyllin suhteessa vuosijaksolla 1992-2011. Kerrostuvalla Kiihkelyksenselällä vesikirput näyttäisivät olevan tämän tarkastelutavan perusteella pieniä, eivätkä kykene kontrolloimaan kasviplanktonbiomassaa. Kiihkelyksenselän fosfori-klorofylli-suhteessa näyttää tapahtuneen hienoista siirtymää alaspäin vuosien 1996-2011 aikana.

### **4.4. SULKASÄÄSKI**

Hiidenvedellä vuosina 1999 - 2011 toteutettujen sulkasääsken tiheyksien seurannoista (Taulukko 6) nähdään, että kanta oli erityisen tiheä vuosina 2007 ja 2011 (Malinen ym. 2012). Sen sijaan vuonna 2009 sulkasääskipopulaation tiheys romahti. Kun samalla pidetään mielessä, että Hiidenveden hoitokalastukset olivat tehokkaammillaan 2000-luvun alkupuolella ja loppuivat keväällä 2005, niin johtopäätöksenä aineistosta on se, että hoitokalastukset eivät todennäköisesti ole juurikaan säädelleet sulkasääsken populaatiotiheyttä. Todennäköisesti kesän sääolot, erityisesti edellisen kesän lämpösusma on ollut avainasemassa populaatiokoon säätelijänä.

Toukkien kuoriutumisen ja lisääntyminen vaatii tyyntä, lämmintä ja sateetonta ilmaa, ja kesinä 2006 ja 2010 tehollinen lämpösumma Etelä-Suomessa oli kolmen suurimman joukossa koko mittaushistorian aikana. Sen sijaan vuonna 2008 lämpösumma oli korkeintaan keskimääräinen (Taulukko 6). Myös Mustialanlammin tuloksissa oli selkeä sulkasääsken populaatiotiheyden romahdus v. 2008, mikä tukee Hiidenveden tuloksia (Malinen ym. 2008).

Taulukko 6. Hiidenveden sulkasääskipopulaation tiheys (yks/m<sup>2</sup>) vv. 1999-2011 sekä tehollinen lämpösumma Helsinki Vantaalla vuosina 2006-2011 (Malinen ym. 2012 ja Ilmatieteen laitos)

1999	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011
(Kpl/m <sup>2</sup> )	°C vrk	(Kpl/m <sup>2</sup> )	°C vrk	(Kpl/m <sup>2</sup> )	°C vrk	(Kpl/m <sup>2</sup> )	°C vrk
1000	1763	1700	1370	400	1711	2300	1829

Mikäli sulkasääsken toukat kalojen sijasta säätelevät eläinplanktonin esiintymistä, eivätravintoketjukurunostuksen takana olevat alkuperäiset teoriat enää päde, ja tehokalastus tällaisessa tilanteessa voikin olla kestävä ratkaisu (Liljendahl-Nurminen 2006, Malinen ym. 2008).

#### 4.5. KALASTO

Olinin & Ruuhijärven (2002) mukaan Hiidenveden hoitokalastukset eivät olleet vuoden 2001 mennessä riittäviä estämään särkikannan kasvua. Myöskään muiden särkikalajien tai kuoreen määriin ei suhteellisen pienitehoisella hoitokalastuksella näytännyt olevan merkittävää vaikutusta.

Hoitokalastusten seurauksena tehokkaimman kalastuksen kohteena olleen Mustionselän särkikalakannat nuorenivat jonkin verran tehokkaimpien pyyntivuosien aikana, mutta vuonna 2007 saalis koostui jälleen hiukan suuremmista yksilöistä. Todennäköisesti särkikalakannat korvasivat poistetun biomassan ainakin osittain tehokkaalla lisääntymisellä ja nopeutuneella kasvulla (Malinen ym. 2008).

Hoitokalastus on saattanut jossakin määrin edesauttaa muikun runsastumista pääaltaalla, jota on esiintynyt Kiihkelyksenselän verkkokoekalastussaaliissa hoitokalastushankkeen jälkeen kaikkina seurantavuosina. Muikun runsastuminen saattaa joh-

tua esimerkiksi vähentyneestä ravintokilpailusta kuoreen kanssa tai sen kannan runsauden luontaisesta vaihtelusta. Asiasta ei ole kuitenkaan olemassa tarkempaa tutkimustietoa. Hoitokalastuksen vaikutuksia olisi voitu arvioida huomattavasti paremmin, jos vuosittainen kalastoseuranta olisi aloitettu ennen pyyntien aloittamista.

## **5. HOITOKALASTUKSEN SOVELTUVUUS KUNNOSTUSMENETELMÄKSI HIIDENVEDELLE**

### **5.1. JÄRVEN MORFOLOGIA**

Hiidenvesi koostuu useasta ominaisuuksiltaan erityyppisestä ja –kokoisesta altaasta. Järven koillisosan altaat ovat kauttaaltaan matalia ja lyhytviipymäisiä. Kirkkojärven keskisyvyys on 1,2 m ja Mustionselän 1,7 m. Osa-alueiden mataluuden vuoksi vesikasvillisuuden peittävyys on verrattain suuri. Nummelanselkä on edellisiä syvempi, mutta sielläkin matalan veden osuus on vielä merkittävä. Syvyysuhteiltaan muista altaista eroaa selvimmin Kiihkelyksenselkä, joka on osa-alueista laajin ja keskisyvyydeltään 11,3 m. Retlahti on osa-alueista toiseksi syvin. Selvimmin se eroaa muista alueista pitkän laskennallisen viipymän perusteella. Kiihkelyksenselän eteläpuoliset alueet ovat matalahkoja ja lyhytviipymäisiä. Osa-alueiden morfologiset tiedot on esitetty tarkemmin osassa 1 (Ramboll).

### **5.2. VEDENLAATU JA KUORMITUS**

Hiidenveden ulkoisen fosforikuorman arvioidaan olevan nykyisin 28800 kg vuodessa (79 kg/d) (kunnostussuunnitelma, osa I). Arvio on tehty käyttäen Syken VEMALA-vesistömallijärjestelmää.

Vesistöön tulevaa kuormaa voidaan arvioida myös vesistössä vallitsevasta fosforipitoisuudesta lähtien. Kolmen altaan (Kirkkojärvi, Nummelanselkä, Kiihkelyksenselkä), joista on kattavimmin vedenlaatutietoja, tuleva fosforikuorma arvioitiin päällysveden (1 m arvot) keskimääräisen fosforipitoisuuden, altaan tilavuuden sekä keskivirtaaman avulla (Frisk 1979). Fosforin sietorajat laskettiin Vollenweiderin (1975) mukaan. Tuleva kuorma oli Kirkkojärvellä noin 4-kertainen, Nummelanselällä noin 2-kertainen ja Kiihkelyksenselällä noin 2.6-kertainen ylempään sietorajaan verrattuna. Erot VEMALA-mallilla laskettuihin ulkoisiin kuormiin johtuvat laskentatavan

erilaisista lähtökohdista. Altaiisiin tulevan fosforikuorman suhde sietorajaan oli kuitenkin jokseenkin sama molemmilla laskentatavoilla.

Taulukko 7. Hiidenveden ja sen kolmen osa-altaan päällysveden (1 m) keskimääräinen fosforipitoisuus vuosina 2002-2011, laskennallinen fosforikuorma, fosforin sietorajat sekä levätuotannon avulla arvioitu sisäinen fosforikuorma.

Vesialue	P-pitoisuus ka. 2002- 2011	P-kuorma (Frisk 1979)	Sietoraja		P-kuorma/ ylempi sieto- raja	Sisäinen P-kuorma (perustuot.) kg/d
			alempi	ylempi		
	µg/l	kg/d	kg/d	kg/d		
Kirkkojärvi	89	21	2.9	5.0	4.2	38
Nummelanselkä	50	16	4.4	8.2	2.1	42
Kiihkelyksenselkä	37	61	12	22	2.6	54

Vuonna 2002 laaditussa kunnostussuunnitelmassa (Marttila 2003) Hiidenveden sisäistä fosforikuormaa on arvioitu sedimentaatiomittausten (Tallberg 2002) perusteella lasketun bruttosedimentaation avulla. Sisäisen kuormituksen määräksi saatiin noin 1100 kg/d, joka on noin 14-kertainen ulkoiseen kuormitukseen verrattuna. Hiidenveden tyyppisessä vesistössä, jossa pohjasta resuspendoituvan aineksen fosforin sekä valuma-alueelta huuhtoutuvan saviainekseen sitoutuneen fosforin osuus bruttosedimentaatiosta on suuri, levien käytettävissä olevan ja niin ollen rehevyystasoon vaikuttavan fosforin sisäinen kuorma on todennäköisesti huomattavasti pienempi.

Vertailun vuoksi bruttosedimentaatio ja edelleen fosforin sisäinen kuorma laskettiin lähtien liikkeelle havaintopaikkojen keskimääräisistä klorofyllipitoisuuksista. Laskennallisten perustuotantoarvioiden ja levien C:N:P-suhteen perusteella voitiin arvioida ravinnemäärä, jonka levät ovat kasvukauden aikana käyttäneet (Granberg & Harjula 1982). Käyttämällä näitä lukuja bruttosedimentaation arvoina fosforin sisäinen kuorma on Kirkkojärvellä ja Nummelanselällä noin kaksinkertainen ja Kiihkelyksenselällä samaa suuruusluokkaa ulkoiseen kuormaan verrattuna. Hiidenveden rehevimmillä osa-alueilla sisäisen kuorman osuus on merkittävä. Lukuarvot ovat suuntaa-antavia, mutta ovat todennäköisesti lähempänä todellisia arvoja kuin suoraan mitatusta bruttosedimentaatiosta laskettu sisäinen kuorma.

Hiidenvedellä hoitokalastuksen mielekkyys on nykyhetkellä kyseenalainen, koska ulkoinen kuormitus näyttäisi laskentatavasta riippumatta ylittävän järven sietokyvyn selvästi. Käytännössä nykyinen ulkoinen kuormitus asettaa korkeita tavoitteita hoitokalastuksen järjestämiselle, kun tavoitellaan vedenlaadun parantamista ravintoketjuvaikutuksen kautta.

### **5.3. RAVINTOVERKON ERITYISPIIRTEET**

Selkärangattomien petojen, lähinnä sulkasääsken runsaus aiheuttaa erityishaasteita hoitokalastuksen toteuttamiselle Hiidenvedellä. Kuten aiemmin on todettu, sulkasääsken eläinplanktoniin kohdistama predaatio saattaa tehdä tyhjäksi hoitokalastuksen teorian mukaisen vaikutuksen. Sulkasääsket voivat jopa runsastua hoitokalastuksen seurauksena. Näin voi käydä erityisesti, jos kalastus kohdistuu voimakkaana sulkasääskiä ravintonaan käyttäviin kalalajeihin. Eläinplanktonin koostumus ei muutu kookkaampaan suuntaan, eikä kasviplanktoniin kohdistuva säätelymekanismi toteudu. Tämä koskee erityisesti Kiihkelyksenselän ulappa-alueita. Matalilla alueilla sulkasääsken tiheys on pieni, koska ne eivät pysty pakenemaan kalojen saalistusta sameaan ja vähähappiseen alusveteen.

Matalilla, rehevillä ja savisameilla Kirkkojärvellä ja Mustionselällä veden runsas kiintoaine vaikeuttaa vesikirppujen ravinnonottoa ja sitä kautta lisääntymistä, mikä voi heikentää hoitokalastuksen vaikutuksia. Kiintoainekuorman vähentäminen olisikin yksi kunnostuksen tärkeimmistä tavoitteista.

### **5.4. HIIDENVEDEN OSA-ALUEIDEN SOVELTUVUUS HOITOKALASTUKSEEN**

#### *Kirkkojärvi*

Vuosina 1995-2004 Kirkkojärvellä hoitokalastusta tehtiin lähes yksinomaan rysillä ja muihin alueisiin nähden kokonaissaaliit jäivät alhaisiksi. Kohtalaisen hyviä rysäsaaliita on kuitenkin saatu sekä Vihtijoen suualueelta että pääsyvänteestä keväällä (mm. Savola 1996). Olinin & Ruuhijärven (2002) mukaan edellisen hoitokalastushankkeen aikana sopivien nuottauspaikkojen puute rajoitti jossakin määrin poistopyyntien tehokasta toteutusta. Savolan (2012) mukaan Kirkkojärveltä on sittemmin raivattu nuottaukseen soveltuvia pyyntipaikkoja, mutta luotausten ja koenuottausten saalis on jäänyt sekä kesällä että talvella heikoksi.

Kirkkojärven rysäsaaliissa on esiintynyt kuoretta. Sen osuus saaliin massasta on jäänyt yleensä alhaiseksi, mutta kappalemääräisestä saaliista kuoreen osuus saattaa olla ajoittain merkittävä. Kevään jälkeen kuoreen osuus saaliista vähenee ja saalis koostuu pääasiassa pienikokoisista särkikaloista (Savola 2012). Kesällä ja alkusyksyllä suuri osa Kirkkojärven särkikaloista oleskelee pääasiassa vesikasvillisuusvyöhykkeellä, josta niitä ei voida nuotata. Käytävissä olevien tietojen perusteella Kirkkojärvi soveltuu ainoastaan kohtalaisesti hoitokalastukseen, vaikka veden rehevyyden vuoksi poistopyynnin tarve olisi suuri. Savolan (2012) mukaan Kirkkojärvi soveltuu paremmin rysä- kuin nuottapyyntiin.

#### *Mustionselkä*

Mustionselän hoitokalastussaaliit olivat pinta-alayksikköä kohden laskettuna huomattavasti suurempia kuin muilla osa-alueilla. Mustionselällä voidaan harjoittaa talvi- ja avovesinuottausta sekä rysäpyyntiä, joten se soveltuu hoitokalastukseen hyvin. Alueen läpi vaeltavaa kuoretta esiintyy saaliissa lähinnä keväällä. Mustionselältä saadaan saaliiksi kaikkia Hiidenveden särkikalalajeja. Koska Mustionselkä on tärkeä kuhan kutualue, lajin erottelu muusta hoitokalastussaaliista voi aiheuttaa merkittävää lisätyötä (2 h/nuotanveto tai 0,5-1 h rysän kokukertaa kohden) (Savola 2012). Hoitokalastuksen tavoitteiden saavuttamisen kannalta Mustionselällä ja Kirkkoselällä on keskeinen rooli.

#### *Nummelanselkä*

Nummelanselän pohjoisosa on matalaa ja suhteellisen loivarantaista aluetta. Lanteen päin mentäessä rannat jyrkkenevät ja vesisyvyys kasvaa, mutta maksimisyvyys jää selvästi alle 10 metrin. Savolan (2012) mukaan kuoretta esiintyy saaliissa ympäri vuoden. Voimakkaat länsituulet vaikeuttavat syysnuottausten toteuttamista. Myös Nummelanselän alittava maakaasuputki saattaa jatkossa haitata nuottauksen ja troolipyynnin järjestämistä alueella.

#### *Kiihkelyksenselkä*

Elorannan ym. (2005) mukaan Kiihkelyksenselällä sulkasääski (*C. flavicans*) säätelee voimakkaasti levää laiduntavan eläinplanktonin määrää, eikä kalaston poistaminen heijastu siten vedenlaatuun ravintoketjuvaikutuksen kautta. Myöskään sisäisen kuormituksen ei voida vaikuttaa merkittävästi, koska ulappa-alueella kalasto koostuu pääasiassa pinta- ja välivedessä ruokailevista planktonsyöjäkaloista. Malisen ym.

(2008) mukaan esim. kuoreen osuus Kiihkelyksenselän ulapan kalabiomassasta oli vuonna 2007 42-66 % tutkimusajankohdasta riippuen. Koska Kiihkelyksenselän valtalajin, kuoreen, on todettu käyttävän ravintonaan merkittävästi sulkasääskeä, voimakas kuorekannan verottaminen saattaisi entisestään vahvistaa sulkasääskikantaa.

Savolan (2012) mukaan isokokoisempien särkikalajien parvet talvehtivat syvänteiden reunoilla, mutta toisaalta kuoretta esiintyy saaliissa ympärivuotisesti. Kiihkelyksellä nuottausta tulee välttää ainakin loppusyksyllä ja talvella, koska tällöin kuoreen osuus saaliista on suuri (Niinimäki 2005, Malinen ym. 2007). Lehtosen ym. (2006) mukaan eräänä mahdollisuutena voisivat olla yöllä tehtävät nuottaukset, joista voidaan saada saaliiksi erityisesti suurikokoisia lahnoja. Yönuottausten toteuttaminen käytännössä saattaa olla kuitenkin haastavaa. Avovesiaikana voimakkaat tuulet haittaavat sekä rysäkalastusta että nuottausta.

Koska Kiihkelyksenselän alue on hyvin laaja, sen kalakannalla on merkitystä koko järven tilan kehittymisen kannalta. Edellä käsiteltyjen tutkimustulosten valossa Kiihkelyksenselkää ei tulisi jatkossa pitää ensisijaisena hoitokalastuskohteena.

#### *Retlahti*

Retlahti on kohtalaisen syvä osa-alue ja sen viipymä on pitkä. Kuoreen tiheydet näyttäisivät olevan likimain Kiihkelyksenselän tasolla (Malinen ym. 2005). Retlahden syvimmissä osissa saattaa myös esiintyä sulkasääskeä suuria määriä, joten ravintoketjuvaikutuksen aikaansaaminen planktonsyöjäkalajien poistopyynnillä on epävarmalla pohjalla. Kalastuksellisessa mielessä Retlahti soveltuu hyvin sekä nuottaukseen että rysäpyyntiin, joskin kuoreen osuus erityisesti kappalemääräisestä saaliista voi olla suuri (n. 50 %). Koska Retlahden ravintoverkko on todennäköisesti samankaltainen kuin Kiihkelyksenselällä, ei aluetta tule jatkossa pitää ensisijaisena hoitokalastuskohteena.

#### *Isontalonselkä*

Kiihkelyksenselän eteläpuoliselta Hiidenvedeltä puuttuvat tarkat tutkimustiedot niin kalaston koostumuksesta kuin sulkasääskien runsaudesta. Aiempien hoitokalastusten perusteella alueelta voidaan kuitenkin saada runsaasti kalaa.

Osa-alue on altis tuulille ja virtauksille avovesiaikana. Edellisen hoitokalastushankkeen aikana löydettiin kuitenkin muutamia hyviä ja suojaisia rysäpyyntipaikkoja. Hoitokalastuksissa kuoretta saadaan melko tasaisesti koko vuoden, mutta toisaalta alueella liikkuu ajoittain isoja sulkava- ja salakkaparvia, joista mahdollisuus saada suuriakin saaliita (Savola 2012).

#### *Sirkkoonselkä*

Aiemmissa hoitokalastuksissa alueelta löydettiin muutama erinomainen rysäpaikka. Pohjassa on kuitenkin paikoin karikkoja ja puutavaraa, joten nuottauksen järjestäminen vaatisi apajapaikkojen raivausta. Talvella jään kantavuus on paikoitellen heikko mm. Väänteenjoen virtauksen vuoksi (Savola 2012). Lähtökohtaisesti osa-alue soveltuu parhaiten rysäkalastukseen. Malisen (2012) mukaan myös Sirkkoonselällä esiintyy sulkasääskeä, joten kalaston poiston vaikutus ravintoketjuun ja vedenlaatuun on kyseenalainen.

#### *Pullinlahti-Vaanilanlahti*

Osa-alue on hyvin matalaa ja vesikasvillisuus on runsasta erityisesti loppukesällä. Savolan (2012) mukaan osa-alueella esiintyy monipuolisesti (mm. suutari, sorva, ruutana) eri särkikalalajeja, mutta kuore puuttuu lajistosta. Käytettävissä olleiden tietojen pohjalta Pullinlahden-Vaanilanlahden alue soveltuu parhaiten kevät-rysäpyyntiin.

#### *Yhteenveto ja päätelmät*

Aiemman hoitokalastushankkeen aikana Hiidenvedeltä on löydetty hyvin rysäpyyntiin ja nuottaukseen soveltuvia paikkoja sekä raivattu uusia apajia. Jatkossa pyynti tulisi keskittää edelleen helpoimmin kalastettaville ja parhaimpia yksikkösaaliita antaneille paikoille. Taulukossa 8 on kooste Hiidenveden osa-alueiden soveltuvuudesta erilaisille pyyntimenetelmille (Savola 2012).

Tulevat pyyntipaikat tulisi valita siten, että kuoreen osuus saaliista on mahdollisimman pieni. Kuoreen välttämiseksi myös pyynnin ajoittamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Keväällä vaeltavia kuoreita voi esiintyä suuria määriä myös matalilla alueilla. Näyttäisi siltä, että hoitokalastuksia ei kannata lähitulevaisuudessa tehdä Kiihkelyksenselällä, Retlahdella tai Isontalonselällä, joissa esiintyy runsaasti kuoretta ja mahdollisesti myös sulkasääskeä.



Vaikka Hiidenveden osa-alueet eroavat ominaisuuksiltaan toisistaan selvästi, niitä ei tule hoitokalastusta suunniteltaessa nähdä täysin erillisinä systeeminä. Eri kalalajit voivat liikkua eri vuodenaikoina hyvinkin laajoilla alueilla (mm. kutuvaellukset) ja toisaalta myös kalojen poistopyynnit saattavat houkuttaa uusia kaloja jo kertaalleen ”tyhjennetyille” alueille. Periaatteessa yksittäisten osa-alueiden sulkeminen pois hoitokalastuksista aiheuttaa vastaavasti suuremman poistopyyntitarpeen hoitokalastukseen mukaan jääville alueille. Tämä voi merkittävästi vaikeuttaa asetettujen saalistavoitteiden saavuttamista.

Taulukko 8. Hiidenveden osa-alueiden soveltuvuus hoitokalastukseen pyyntimenetelmien, saalislajiston ja saaliin määrän suhteen Savolan (2012) mukaan.

Osa-alue	Soveltuvuus eri pyydyksille					
	Nuotta		Rysä	Trooli	Saalis- lajisto	Saaliin määrä
	talvi	syys				
Kirkkojärvi	-	+	++	+	+	+
Mustionselkä	++	++	++	++	++	++
Nummelanselkä	++ (-)	+ (-)	+	+ (-)	+	+
Kiihkelyksenselkä	++	+	+	++	-	+
Retlahti	++	+	+	++	-	+
Isontalonselkä	++	+	+	++	-	+
Sirkkoonselkä	-	+	+	+	+	+
Vaanilanlahti	-	-	++	-	++	+

++ soveltuu hyvin/hyvä, + soveltuu varauksin / keskinkertainen

- soveltuu heikosti /huono

## 5.5. HIIDENVEDEN RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN NELIKENTTÄANALYYSI

Hiidenveden ravintoverkosta on kerätty runsaasti tietoa erityisesti HOKA-hankkeen ajalta. Tämänkin jälkeen järvellä jatkettu mm. vpd:n mukaista seuranta sekä sulkaääskitutkimuksia. Aiemman hoitokalastushankkeen aikana kerättyä tutkimus- ja tilastotietoa sekä käytännön kokemusta voidaan hyödyntää tulevissa hoitokalastuksissa suuntaamalla pyyntiä kustannustehokkaasti särkikaloiden merkittävimmille esiintymisalueille (Taulukko 9).

Voimakkaan petokalakannan on todettu estävän särkikaloiden runsastumista hoitokalastushankkeen jälkeen. Hoitokalastushankkeen onnistumisen mahdollisuuksia

parantaakin Hiidenveden luontaisesti lisääntyvä kuhakanta, jota tulisi vaalia jatkossa aiempaa enemmän. Kuhakannan tuottoa on mahdollista kasvattaa nykyisestä ilman, että muiden lajien kalastus siitä merkittävästi kärsii. Ravintoketjuvaikutuksen lisäksi hoitokalastuksella on mahdollista muuttaa kalaston lajisuhteita ja parantaa kalojen kasvua.

Maamme vuotuisesta särkikalasaaliista merkittävä osa saadaan hoitokalastuksista. Vajaasti hyödynnettyjen järvikalojen kaupallisten mahdollisuuksien edistämiseksi on toteutettu Suomessa viime vuosina useita tutkimus- ja kehittämishankkeita (Karvinen 2005, Peltomäki 2005, Setälä ym. 2011). Vaikka särkikalajien elintarvikekäytön kehittäminen tarjoaa monia mahdollisuuksia, niiden hyödyntämisessä on vielä lukuisia haasteita. Esimerkiksi kalojen viennin kehittämisen edellytyksenä ovat riittävän suuret toimituserät ja toimitusvarmuus. Käyhkön ym. (1997) mukaan suurimmat järvikalojen kaupalliseen hyödyntämisen ongelmat liittyvät raaka-aineen huonoon saatavuuteen, kalastuksen, keräilyn ja jalostuksen heikkoon kannattavuuteen, vähäiseen yhteistyöhön, raaka-aineen laatuvaihteluihin (esim. kylmäketjun toimivuus suurien kertasaaliiden yhteydessä) sekä markkinointivaikeuksiin.

Nykyhetkellä Hiidenveden hoitokalastushankkeen aloittamisen suurimpana esteenä on voimakas ulkoinen kuormitus, joka on edelleen 2000-luvun alun tasolla. Korkea ulkoinen kuormitus ja järven suuri pinta-ala lisäävät voimakkaasti hoitokalastuksen kustannuksia, koska vuosittaiset saalistavoitteet ovat suuria ja pyyntejä täytyy varautua jatkamaan toistaiseksi. Edellisessä hoitokalastushankkeessa kokonaissaalis oli vain noin kolmannes asetetusta tavoitteesta. Hoitokalastushankkeissa poistopyyntien tehokkuus on yleensä selvästi yhteydessä vedenlaatutavoitteiden saavuttamiseen.

Korkean ulkoisen kuormituksen lisäksi on huomioitava sulkasääsken runsas esiintyminen syvänealueella, joka säätelee mahdollisesti planktonsyöjäkaloja enemmän eläinplanktonin biomassaa sekä lajikoostumusta ja estää näin normaalin ravintoketjuvaikutuksen syntymistä hoitokalastuksen yhteydessä.

Pitkällä aikavälillä ilmastossa tapahtuvat muutokset saattavat lisätä vesistöön huuhtoutuvien ravinteiden määrää ja kasvattaa särkikalakantojen (lämpötila, ravinteet) tuottoa vaikeuttaen siten hoitokalastushankkeen tavoitteiden saavuttamista.

Ravintoketjukunnostuksella voidaan vaikuttaa järven tilaa kohentavasti, kun ulkoinen kuormitus ja järven ravintoverkko sen sallivat. Sillä ei kuitenkaan voida vaikut-

taa tekijöihin, jotka määräytyvät esimerkiksi valuma-alueen tai järven luontaisten ominaisuuksien kautta. Hiidenveden luontainen savisameus ja rehevyys ovat esimerkkejä tällaisista tekijöistä. Ne asettavat rajat sille mihin tilaan kunnostus- ja hoitotoimilla on ylipäänsä mahdollista päästä.

Taulukko 9. Hiidenveden hoitokalastuksen nelikenttäanalyysi.

<p style="text-align: center;"><b><u>Vahvuudet</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Järvestä ja sen kalastosta on olemassa monipuolista tutkimustietoa etenkin Mustionselän ja Kiihkelyksenselän väliseltä alueelta</li> <li>• Aiemmista hoitokalastuksista saatuja kokemuksia voidaan hyödyntää järven hoidon toteuttamisessa</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Mahdollisuudet</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Petokalakantojen hoito tukee mahdollisen hoitokalastuksen tavoitteita</li> <li>• Särkikalajien määrän väheneminen tuottaa elintilaa arvokaloille</li> <li>• Levähaittojen väheneminen</li> <li>• Järven virkistysarvon ja kiinteistöjen arvon nousu</li> <li>• Saaliin kaupallinen hyödyntäminen ja tuet</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b><u>Heikkoudet</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nykyhetkellä lyhytkestoisien hoitokalastuksen avulla ei voida vaikuttaa pysyvästi Hiidenveden vedenlaatuun, koska ulkoinen ravinnekuormitus on liian suurta</li> <li>• Sulkasääsken runsaan esiintymisen vuoksi ulappa-alueella kalaston poistopyynnillä ei voida vaikuttaa vedenlaatuun</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Uhat</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ravintoverkon erityispiirteet heikentävät hoitokalastuksen tuloksia</li> <li>• Särkikalakannat runsastuvat ja vedenlaatu palautuu ennalleen hoitokalastuksen lopettamisen jälkeen</li> <li>• Ilmastonmuutos vähentää valuma-alueen suojelutoimien vaikuttavuutta ja kasvattaa särkikalakantojen tuottoa</li> </ul>

## 5.6. INTRESSIRYHMIEN MIELIPITEET

### *Asiantuntijaverkoston palaverit*

Hiidenveden kunnostus- ja hoitosuunnitelman laadinnan tueksi kerättiin asiantuntijoiden näkemyksiä kahdessa ravintoketjukunnostusta käsitelleessä asiantuntijapalaverissa, joista toisessa otettiin vastaan palaute hoitokalastusta koskevasta suunnitelmaluonnoksesta (1. luonnos). Asiantuntijapalaveriin osallistui yhteensä 10 asiantuntijaa sekä yhteensä viisi tilaajan ja konsulttien edustajaa (Liite 8).

Ensimmäisessä asiantuntijapalaverissa 7.9.2012 esiteltiin mm. kunnostus- ja hoitosuunnitelman sisältöä, aiemman hoitokalastushankkeen keskeisiä tuloksia ja esitettiin arvio hoitokalastuksen saalistavoitteesta nykyisen ulkoisen kuormituksen tasolla. Toisessa asiantuntijapalaverissa esiteltiin kunnostus- ja hoitosuunnitelman alustava toimenpide-esitys ja otettiin vastaan asiantuntijoiden palautteet suunnitelmaan liittyen. Ensimmäisessä palaverissa asiantuntijat toivat esille mm. seuraavia seikkoja:

- Laajamittaiseen hoitokalastukseen ei ole lähiaikoina perusteita nykyisen ulkoisen kuormituksen suuruuden vuoksi.
- Savisameus saattaa lisätä sinilevien osuutta suhteessa muihin leviin.
- Veden kirkastuminen voisi lisätä vesikasvillisuuden määrää Kirkkojärven alueella.
- Kalojen biomassojen arviointia pidettiin ongelmallisena matalilla alueilla.

Toisessa asiantuntijapalaverissa kommentteja esitettiin mm. alustavan toimenpideesityksen saalistavoitteista sekä hoitokalastuksen aloittamisen ehdoista. Toisessa palaverissa tuotiin esille mm. seuraavia seikkoja:

- Saalistavoitteiden arviointia pidettiin Hiidenveden osalta keskimääräistä vaikeampana, koska savisameille järville ei ole olemassa räätälöityjä malleja tarvittavien saalismäärien arviointiin.
- Hoitokalastuksen aloittamista vain osassa järveä ei pidetty hyvänä vaihtoehtona.
- Kalojen parveutuminen savisameassa vedessä on heikkoa, joten saaliit saattavat jäädä tasolle 50 kg/ha.
- Savisameiden järvien kalabiomassojen arveltiin olevan alhaisempia kuin keskivertojärvissä.
- Hoitokalastuksen aloittamisen kynnyksen tulisi käyttää absoluuttisen kuormituksen sijasta mieluiten kriittistä kuormitusta.
- Sameudelle on vaikea asettaa selkeää kynnyksarvoa hoitokalastuksen aloittamisen mielekkyyden suhteen.

*Asiantuntijaverkoston kommentit*

Ravintoketjukurinostusta koskevaan kunnostus- ja hoitosuunnitelman luonnokseen saatiin kommentteja Suomen ympäristökeskuksesta Ilkka Sammalkorvelta (S-posti 4.12.2012) ja Markku Puustiselta (28.11.2012).

Sammalkorven mukaan kunnostus- ja hoitosuunnitelmassa ollaan ravintoketjukurinostuksen toimivuuden suhteen melko epäileväisiä. Ehdotusta kuoreen pyynnin välttämistä sen esiintymisalueilla pidettiin kuitenkin oikeasuuntaisena, koska sulkaääsken on ainakin kalattomissa olosuhteissa osoitettu lisäävän leväkukintariskiä. Kommentissa myös järven suurta pinta-alaa pidettiin suurena haasteena hoitokalastuksen toteuttamisen kannalta, koska rahallisen panostuksen täytyy olla suurta, että vaikutuksia voidaan nähdä. Jos tulosta ei näy, voidaan ajatella, että menetelmä ei ole oikea, vaikka syynä voi olla liian pieni kalaston poisto ja liian vähäinen petokalojen vaikutus.

Sammalkorven mielestä Hiidenveden suuri ulkoinen kuormitus ei kuitenkaan välttämättä merkitse sitä, ettei myönteisiä vaikutuksia voida särkikaloja vähentämällä saada. Hänen mukaansa ongelman saattaa sen sijaan aiheuttaa se, että kalatuotto on nykytilanteessa niin kova, että riittävän pyyntitehon pitkäjänteinen toteuttaminen tulee todella kalliiksi. Lisäksi pyynnin kohdentamisessa voidaan tehdä virheitä ilman tarkempaa tutkimustietoa järven kalastosta. Sammalkorven mukaan luonnoksessa olisi voitu painottaa enemmän sosioekonomisia tekijöitä.

Puustisen mukaan Hiidenvedellä tarvitaan sekä valuma-alueella tehtäviä toimenpiteitä että järvikunnostustoimenpiteitä samanaikaisesti toteutettuna. Puustisen mielestä kriittisen kuormituksen tasolle on kuitenkin mahdollista päästä myös ”ylisuurin” ulkoisen kuormituksen tilanteessa, jos kuormitusylitys kompensoidaan poistamalla vastaava määrä ravinteita suoraan järvestä järvikunnostustoimenpiteillä. Em. mainitun pohdinnan ja siitä seuraavien päätelmien katsottiin puuttuvan luonnoksesta.

Puustisen mielestä kunnostus- ja hoitosuunnitelman vakuuttavuutta parantaisi kokonaistavoitteiden (kuormituksen puolittaminen) esittäminen pitkän aikavälin tavoitteina ja niiden osittaminen lyhyempien aikavälien osatavoitteiksi. Osatavoitteista ja niitä koskevista toimenpiteistä muodostuisi lopullinen kokonaistavoite, toimenpide-ohjelma ja kokonaisaikataulu.

*Yhteistyöverkoston palaverit ja kommentit*

Hiidenveden yhteistyöverkoston jäsenille pidettiin yleisötilaisuus hankkeen alkaessa 5.6.2012. Yhteistyöverkoston tavoitteena on tiedonkulun lisääminen sekä ryhmien mielipiteiden ja tavoitteiden kerääminen osana kunnostustoiminnan käytännön toteutusta. Tilaisuudessa konsultit esittelivät töiden sisältöä ja aikatauluja. Yhteistyöverkoston jäseniä pyydettiin vastaamaan kunnostamista ja tavoitetilan määrittämistä koskevaan kyselyyn.

Yhteisverkoston kyselyihin vastanneista 8 henkilöstä Hiidenvedellä kalasti viisi. Vastanneista yksi oli täysin samaa mieltä ja kaksi osittain samaa mieltä siitä, että Hiidenveden kalaston rakennetta tulisi muuttaa tehokalastuksella. Kolme vastannutta oli väittämästä osittain eri mieltä, yksi täysin eri mieltä ja yksi ei osannut sanoa kantaansa.

Kyselyssä vastaajia pyydettiin myös arvioimaan seuraavien tekijöiden merkittävyyttä järjestysnumeroin: lisääntyneet arvokalasaaliit, kohonnut kiinteistön arvo, vähentyneet leväkukinnot, uintikelpoisuuden paraneminen, särkikalojen määrän väheneminen ja pyydysten likaantumisen väheneminen. Lisääntyneet arvokalasaaliit –kohdan järjestyslukujen keskiarvo oli 3,6 ja mediaani 4. Särkikalojen määrän väheneminen –kohdan vastausten keskiarvo ja mediaani oli 4.

Toinen yhteistyöverkoston tapaaminen pidettiin 30.10.2012 Vihdissä, jolloin esiteltiin kunnostus- ja hoitosuunnitelman keskeinen sisältö. Yhteistyöverkostolta pyydettiin palautetta esiteltyyn kunnostus- ja hoitosuunnitelman luonnokseen. Kommentteja tai lausuntoja saatiin Hiidenveden suojeluyhdistys ry:ltä, Vihdin luonto ry:ltä, Lohjan lintutieteelliseltä yhdistykseltä (Hakki ry) sekä Virholta (Virtavesien hoitoyhdistys ry).

Hiidenveden suojeluyhdistyksen kommentteissa (3 kpl) painotettiin sisäisten kunnostustoimenpiteiden tärkeyttä. Hiidenveden suojeluyhdistyksen mukaan hoitokalastus tulisi aloittaa jo nykytilanteessa, koska se on ainoa järkevä keino sisäisen kuormituksen vähentämiseen. Ulkoisen kuormituksen laskelmia pidettiin yliarvioina ja selvänä puutteena pidettiin myös sitä, että kuormituslaskelmissa ei eritelty liukoista fosforia ja kokonaisfosforia toisistaan. Suunnitelmaluonnoksen saalistavoitteita pidettiin liian korkeina ja pelättiin, että liiallinen pyynti saattaa hoitokalastuksen loputtua johtaa lahnakannan runsastumiseen, joka lisää järven sisäistä kuormitusta. Katsottiin, että vähäarvoisen kalan pyynnistä voidaan saada myös tu-

loja esim. viennin (Viro, Venäjä, Kiina) tai poistopyyntitukien kautta. Vesikasvien lisääntymisen arveltiin runsastuttavan haukikantaa ja ylläpitävän suotuista eläinplanktonkoostumista, mutta toisaalta kuitenkin katsottiin, että tarvittaisiin kuitenkin selvitys isosorsimon levinneisyydestä ja toimenpiteitä hauen kudun parantamiseksi. Myös säännöstelyn vaikutusten selvittämistä pidettiin tärkeänä seikkana.

Vihdin luonto ry:n mukaan kunnostus- ja hoitosuunnitelman luonnoksessa ei kerrottu riittävän tarkasti, kuinka ulkoisen kuormituksen tai savisameuden vähentäminen käytännössä tapahtuu. Samoin todettiin, että suunnitelmaluonnoksessa esitetty arvio hoitokalastuksen heikosta soveltuvuudesta kunnostuskeinoksi nykytilanteessa on ollut yleisesti tiedossa jo aiemmin. Ongelmana pidettiin sitä, kuinka motiivoidaan hoitotoimenpiteisiin tahoja, joille ei ole mitään hyötyä toimenpiteistä, ainoastaan kustannuksia. Kunnostus- ja hoitosuunnitelman laatimiseen katsottiin kulu-neen aikaa ja rahaa.

Virhon mukaan kunnostus- ja hoitosuunnitelmien luonnoksista (Osa I ja II) kävi ilmi, että Hiidenveden kunnostustoimenpiteissä on kyse pitkän aikavälin toiminnas-ta. Hoitokalastuksen soveltumattomuudesta kunnostusmenetelmäksi nykyhetkellä ei esitetty eriävää mielipidettä. Ulkoisen ravinnekuormituksen ja kiintoainekuormi-tuksen vähentämistä pidettiin tärkeänä. Kalastuksensäättelyä pidettiin hyvänä vaih-toehtona, mutta istutuksiin panostamista ei nähty tarpeellisena. Poikkeuksena pi-dettiin ankeriasta ja toutainta, joilla saattaisi olla kalaston kannalta täydentävää merkitystä. Kalojen luontaisen lisääntymisen edistämistä pidettiin tärkeänä seikka-na. Katsottiin, että raporteissa esitetyt suositukset tulisi toteuttaa, joskin ruoppaus-ten toteuttamiselle kaivattiin vielä lisäperusteluita.

## **6. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN TOTEUTTAMISEN SUUNNITTELU**

### **6.1. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN OSATEKIJÄT**

Yleisesti ravintoketjukunnostuksella tarkoitetaan hoitokalastusta, jossa särkikaloja tehokkaasti poistamalla edesautetaan leviää laiduntavan suurikokoisen eläinplankto-nin runsastumista, joka johtaa veden laadun kohenemiseen mm. leväsamennuksen vähenemisen myötä. Särkikaloiden poistaminen vähentää ns. bioturbaatiota, jossa kalat sekoittavat pohjalta ruokaillessaan sedimenttiä ja lisäävät siten fosforin liuke-nemistä veteen. Kalojen mukana kierrosta poistuu myös ravinteita. Kalastossa sär-

kikalojen määrän väheneminen johtaa mm. petokalojen suhteellisen osuuden kasvuun ja tuo elintilaa kalataloudellisesti merkittäville lajeille, kuten muikulle (Kuva 13).

Petokalat kykenevät luontaisesti säätelemään särkikalakantojen runsautta ja voivat siten osaltaan ylläpitää hyvää vedenlaatua. Näin ollen petokalakantojen vahvistamiseen tähtäävät toimenpiteet voidaan katsoa osaksi järven ravintoketjukurunostusta. Käytännössä petokalakantoja voidaan vahvistaa kalastuksensäätelyn, lisääntymis- ja elinalueiden kunnostuksen ja istutusten avulla.



Kuva 13. Hiidenveden ravintoketjukurunostuksen osatekijät ja vaikutusmekanismit kalaston kannalta.

## 6.2. ULKOISEN KUORMITUKSEN VAIKUTUS HOITOKALASTUKSEN TOTEUTTAMISEEN

### 6.2.1. Hoitokalastuksen ajoittaminen suhteessa ulkoiseen kuormitukseen

Ulkoinen kuormitus on yksi tärkeimmistä tekijöistä, jonka perusteella arvioidaan hoitokalastuksen aloittamisen mielekkyyttä. Kirjallisuudessa on esitetty erilaisia arvioita ulkoisen kuormituksen kynnyksistä, jonka saavuttamisen jälkeen hoitokalastus on perusteltua aloittaa. Käytännössä hoitokalastukset tulisi aloittaa ulkoisen kuormituksen laskiessa tasolle, joka mahdollistaa pysyvästi uuteen tasapainotilaan siirtymisen. Mikäli hoitokalastus aloitetaan ulkoisen kuormituksen tason ollessa



liian korkea järven sietokykyyn nähden, pysyviä muutoksia eliöyhteisössä tai vedenlaadussa ei voi saavuttaa. Vaihtoehtoisesti tulee sitoutua jatkamaan hoitokalastuksia siihen saakka, että kuormitus on laskenut riittävästi uuden tasapainotilan ylläpitämiseksi.

Mehnerin ym. (2004) mukaan matalissa ja lyhytviipymäisissä järvissä hoitokalastusten aloittamista voidaan harkita, kun ulkoinen fosforikuormitus on alle 2 g/m<sup>2</sup> vuodessa. Edellä mainittu nyrkkisääntö ei kuitenkaan ota huomioon järven osa-alueiden sisäisiä eroja kuormituksen siedossa, joten on perustellumpaa käyttää Vollenweiderin (1976) mukaista kriittisen kuormituksen määritelmää hoitokalastuksen aloittamisen kynnystasona.

Käytettäessä kriittistä kuormitusta kynnystasona, tulisi ulkoisen kuormituksen laskea Kirkkojärvellä noin 75 % ja Kiihkelyksenselälläkin vielä 60 %, jotta hoitokalastusten aloittaminen olisi mielekästä. Tällöin ulkoinen kuormitus olisi todennäköisesti laskenut kriittisen tason alapuolelle myös muilla Hiidenveden osa-alueilla (Taulukko 10).

Taulukko 10. Hiidenveden laskennallinen ulkoinen kuormitus nykyhetkellä ja ulkoisen kuormituksen vähentämistarve kriittisen kuormituksen tasolle pääsemiseksi eri osa-alueilla.

Osa-alue	Pinta-ala (ha)	Laskennallinen kuormitus nykyhetkellä (g/m <sup>2</sup> /vuosi)	Ulkoisen kuormituksen vähennystarve (%)
Retlahti	480	0,293	0
Sirkkoonselkä	200	5,444	20
Isontalonselkä	470	3,104	40
Kiihkelyksenselkä	1050	1,893	60
Nummelanselkä	380	2,328	63
Mustionselkä	270	2,953	67
Kirkkojärvi	180	5,574	75

### 6.2.2. Saalistavoitteiden arviointi

Hoitokalastushankkeen suunnitteluun kuuluu tärkeänä osana poistettavan kalamäärän arviointi. Hiidenveden kalabiomassoja on arvioitu vuonna 2007 kaikuluota-

uksen ja koetroolauksen avulla (Malinen ym. 2008). Tuolloin todettiin, että matalilta osa-alueilta tehdyt kalabiomassa-arviot (<20 kg/ha) eivät kuvastaneet todellista tilannetta, vaan olivat mitä ilmeisimmin aliarvioita.

Koska Hiidenvedeltä ei ollut käytettävissä ajantasaisia ja kattavia tutkimustietoja eri osa-alueiden kalabiomassasta, päätettiin saalistavoitteet arvioida käyttämällä yhtälöitä, jotka perustuivat hoitokalastushankkeissa tehtyihin havaintoihin kokonaisfosforipitoisuuden ja kalabiomassan suhteista (mm. Jeppesen & Sammalkorpi 2002).

Nykyisen ulkoisen kuormituksen mukainen teoreettinen saalistavoite (kg/ha a) tehokalastusvaiheessa arvioitiin Hiidenvedelle päällysveden havaitun fosforipitoisuuden perusteella Jeppesenin & Sammalkorven (2002) esittämällä kaavalla:

$$y = 16,9 x^{0,52},$$

jossa y on saalistavoite (kg/ha a) ja x on veden fosforipitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ).

Kaava pohjautuu matalien järvien aineistoihin, joten sitä voidaan soveltaa parhaiten Hiidenveden matalille osa-alueille. Ylläpitovaiheen laskennallinen saalistavoite saatiin kertomalla em. kaavan tulos 0,3:lla (mm. Marttunen ym. 2012 ref. Peltonen & Horppila 1994)

Syvemmillä Kiihkelyksenselän ja Retlahden alueille soveltuvammiksi arvioitiin Hanson & Leggettin (1982) kaava, joka on muotoa:

$$y = 2,17 x^{0,78},$$

jossa y on kalojen kokonaisbiomassa (kg/ha a) ja x on veden fosforipitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ). Koska kalojen biomassaa ei voida kokonaisuudessaan poistaa, korjattiin kaavan antama kalabiomassaa kertomalla se luvulla 0,8.

On huomattava, että molemmat edellä mainituista kaavoista ovat ainoastaan suuntaa antavia, koska niitä ei ole räätälöity savisameita järviä varten. Saalistavoitteet on laskettu kokonaiskalabiomassalle, joten esimerkiksi kuoreen biomassaosuutta ei ole laskennallisesti poistettu. Edellisen hoitokalastushankkeen aikana kuoreen osuus oli noin viidennes kokonaissaaliin massasta.

Tulevaisuuden saalistavoitteiden arviointia varten veden fosforipitoisuutta ennustettiin Friskin (1978) kaavalla:

$$C = (1-R) * I / Q, \text{ jossa}$$

C = ennustettu veden fosforipitoisuus (mg/m<sup>3</sup>)

R = pidättymiskerroin

I = tuleva kuormitus (mg/s)

Q = virtaama (m<sup>3</sup>/s)

Saalistavoitteiden arvioinnissa oletettiin, että toivottu ravintoketjuvaikutus saavutetaan, kun veden fosforipitoisuuden edellyttämä saalistaso ylitetään. Olinin (2005) eteläsuomalaisen järviaineiston mukaan Jeppesenin & Sammalkorven (2002) esittämällä kaavalla pystyttiin ennustamaan ravintoketjuvaikutukseen tarvittava saalis (kg/ha) melko luotettavasti. Koska Hiidenvesi on savisamea järvi ja siellä esiintyy paikoitellen runsaasti sulkasääskeä, on kuitenkin mahdollista, että ravintoketjukurinostuksen taustalla oleva teoria ei toimi kuten keskivertojärvissä (Horppila & Liljendahl-Nurminen 2005).

### **6.2.3. Teoreettiset saalistavoitteet erilaisilla ulkoisen kuormituksen tasoilla**

Ulkoisen kuormituksen taso vaikuttaa merkittävästi laskennallisen saalistavoitteen suuruuteen. Mitä korkeampi ulkoinen kuormitus on, sitä suurempi saalis vaaditaan, jotta saataisiin aikaan edes lyhytkestoinen ravintoketjuvaikutus. Ulkoisen ravinnekkuormituksen pysyessä nykyisellä tasolla hoitokalastuksen tulisi olla tehokasta erityisesti matalilla alueilla (Taulukko 11). Lisäksi ylläpitokalastusta tulisi pystyä jatkamaan siihen saakka kunnes ulkoinen kuormitus laskee kriittisen tason alle. Nykytilanteessa saalistavoite olisi hoitokalastuksen intensiivivaiheessa (2-3 v) noin 240 tonnia vuodessa, joka tarkoittaa koko järven pinta-alalle laskettuna noin 79 kg/ha (Taulukko 12). Em. saalismäärään pääseminen on edellisen hoitokalastushankkeen perusteella vaikeaa, koska parhaimpina vuosina saalistaso oli alle 50 kg/ha. Saalistavoite on haastava myös siksi, että nykyisen tutkimustiedon valossa pääasiallisesti kuoreeseen kohdistuvaa pyyntiä tulee välttää (Eloranta ym. 2005). Kuore on merkittävä saalistaji erityisesti Kiihkelyksenselän syvänealueella.

Taulukko 11. Saalistavoitteet (kg/ha a) osa-alueittain hoitokalastuksen tehokalastusvaiheessa nykytilanteessa (Tila 1) ja kuormituksen laskiessa kriittiselle tasolle (Tila 2).

Osa-alue	Tila 1	Tila 2
	Kuormitus pysyy ennallaan	Kuormitus alenee kriittiselle tasolle
Kirkkojärvi	174	94
Mustionselkä	167	99
Nummelanselkä	129	96
Kiihkelyksenselkä*	30	18
Retlahti*	26	22
Isontalonselkä	106	90
Sirkkoonselkä	99	84

\*Hanson & Leggett (1982) soveltaen, muut Jeppesen & Sammalkorpi (2002). Tilassa 1 saalistavoite on arvioitu havaitun ja tilassa 2 ennustetun fosforipitoisuuden perusteella.

Taulukko 12. Teoreettinen laskelma ravintoketjuvaikutuksen aikaan saamiseksi vaadittavasta saaliista (kg) osa-alueittain erilaisilla ulkoisen kuormituksen tasoilla viiden vuoden mittaisessa hankkeessa. 1.-2. vuosi tehokalastus, 3.-5.vuosi ylläpitovaihe. Tilassa 1 hoitokalastusta tulee sitoutua jatkamaan toistaiseksi.

Osa-alue	1. vuosi (kg)	2. vuosi (kg)	3. vuosi (kg)	4. vuosi (kg)	5. vuosi (kg)	Yht. (kg)
<b>Tila 1 -Kuormitus pysyy ennallaan</b>						
Kirkkojärvi	31394	31394	9418	9418	9418	91042
Mustionselkä	45184	45184	13555	13555	13555	131033
Nummelanselkä	48850	48850	14655	14655	14655	141665
Kiihkelyksenselkä	30987	30987	9296	9296	9296	89863
Retlahti	12135	12135	3641	3641	3641	35193
Isontalonselkä	49700	49700	14910	14910	14910	144129
Sirkkoonselkä	19816	19816	5945	5945	5945	57467
Yhteensä	238066	238066	71420	71420	71420	690392
<b>Tila 2 -Kuormitus alenee kriittisen kuormituksen tasolle</b>						
Kirkkojärvi	16884	16884	5065	5065	5065	48963
Mustionselkä	26752	26752	8026	8026	8026	77580
Nummelanselkä	36324	36324	10897	10897	10897	105339
Kiihkelyksenselkä	19592	19592	5877	5877	5877	56816
Retlahti	10896	10896	3269	3269	3269	31597
Isontalonselkä	42356	42356	12707	12707	12707	122832
Sirkkoonselkä	16865	16865	5059	5059	5059	48907
Yhteensä	169667	169667	50900	50900	50900	492035

#### **6.2.4. Hoitokalastuksen kustannukset**

Hoitokalastushankkeen kustannuslaskelmissa on oletettu kalan pyyntikustannukseksi 0,8 €/kg (Saarijärvi 2003). Hoitokalastushankkeesta aiheutuu vuosittain kustannuksia myös valmistelusta ja hallinnoinnista, saaliin jatkokäsittelystä, valvonta- ja saalisseurantakuluista sekä väliraportoinneista. Edellä mainitut kustannukset ovat noin 0,4 € pyydettyä kalakiloa kohti (Saarijärvi 2003). Kustannukset on muunnettu vastaamaan vuoden 2011 rahanarvoa. Taulukon 12 saalistavoitteen mukainen hoitokalastus tulisi pyynnin osalta maksamaan nykyisellä ulkoisen kuormituksen tasolla tehokalastusvaiheessa (2. ensimmäistä vuotta) 218 000 €/vuosi ja ylläpitovaiheessa noin 65 000 €/vuosi (Taulukko 13). Lisäksi on huomattava, että ylläpitokalastusta tulisi varautua jatkamaan toistaiseksi. Kriittisen kuormituksen tasolla hoitokalastuksen vuotuiset kokonaiskustannukset olisivat ainakin 50 000 € alempia kuin nykytilanteessa (Taulukko 13). Vähäarvoisen kalan pyynnistä mahdollisesti saatava poistopyyntituki voi tulevaisuudessa kattaa osan hoitokalastushankkeen kustannuksista.

Voimakkaan tehokalastusvaiheen jälkeen yksikkösaaliit saattavat pienentyä merkittävästi esimerkiksi saaliskalojen keskikoon pienenemisen vuoksi. Siksi ylläpitovaiheen saalistavoitteeseen pääsemiseksi pyynnin määrää ei välttämättä voida vähentää intensiivivaiheeseen verrattuna. Myös hoitokalastuksen tarve säilyy toistaiseksi, mikäli ulkoista kuormitusta ei saada hallintaan.

Taulukko 13. Ravintoketjuvaikutuksen aikaan saamiseksi vaadittavan saalistavoitteen (kg) mukaiset pyyntikustannukset (€/vuosi) osa-alueittain erilaisilla ulkoisen kuormituksen taasoilla viiden vuoden mittaisessa hankkeessa. 1.-2. vuosi intensiivivaihe, 3.-5. vuosi ylläpitovaihe. Tilassa 1 hoitokalastusta tulee sitoutua jatkamaan toistaiseksi.

Osa-alue	1. vuosi (€)	2. vuosi (€)	3. vuosi (€)	4. vuosi (€)	5. vuosi (€)	Yht. (€)
<b>Tila 1-Kuormitus pysyy ennallaan</b>						
Kirkkojärvi	28837	28837	8651	8651	8651	83627
Mustionselkä	41504	41504	12451	12451	12451	120362
Nummelanselkä	44872	44872	13462	13462	13462	130128
Kiihkelyksenselkä	28464	28464	8539	8539	8539	82545
Retlahti	11147	11147	3344	3344	3344	32326
Isontalonselkä	45652	45652	13696	13696	13696	132391
Sirkkoonselkä	18202	18202	5461	5461	5461	52787
Yhteensä	218678	218678	65603	65603	65603	634166
<b>Tila 2 -Kuormitus alenee kriittisen kuormituksen tasolle</b>						
Kirkkojärvi	15509	15509	4653	4653	4653	44975
Mustionselkä	24573	24573	7372	7372	7372	71262
Nummelanselkä	33366	33366	10010	10010	10010	96760
Kiihkelyksenselkä	17996	17996	5399	5399	5399	52189
Retlahti	10008	10008	3003	3003	3003	29024
Isontalonselkä	38906	38906	11672	11672	11672	112829
Sirkkoonselkä	15491	15491	4647	4647	4647	44924
Yhteensä	155850	155850	46755	46755	46755	451964

### 6.2.5. Vedestä poistuvan fosforin määrä ja poiston kustannukset

Särkikalan mukana poistettavan fosforin määrä ja poiston kustannukset (€/kg P) voidaan arvioida karkeasti, kun tiedetään kalaan sitoutunut fosforimäärä sekä bioturbaation aiheuttama fosforikuormitus (Torpström & Lappalainen 1992). Lappalaisen (1990) mukaan yhden kalastetun särkikilon mukana kierrosta poistuu fosforia noin 0,064 g/d, josta peräti 0,05 g/d muodostuu kesäaikana pohjan pölytyksen vaikutuksesta. Tällöin yhden kilon fosforipoistuma saavutetaan noin 80 kg:n särkikilasaaliilla, joka tarkoittaa noin 64 € fosforikiloa kohden. Laskelmaan vaikuttaa merkittävästi oletus kalojen kesäaikaisen aktiivisuusjakson pituudesta. Tässä laskelmas- sa pohjan pölytyksestä on arvioitu aiheutuvan em. suuruista kuormitusta 150 vrk:n ajan vuodessa. Jos huomioidaan vain kalaan sitoutunut fosforimäärä (n. 0,5 % märkämpainosta) tarvitaan kalaa yhden fosforikilon poistamiseen 200 kg. Tällöin poistet-

tavan fosforikilon hinnaksi tulee 160 €, kun poistettavan kalan pyynti- ja käsittelykustannus 0,8 €/kg.

Kohdassa 6.2. esitettyjen saalistavoitteiden perusteella Kirkkojärvestä särkikaloiden mukana poistuvan fosforin määrä on tilassa 1 (nykykuormitus) n. 390 kg ja tilassa 2 n. 210 kg vuodessa (Taulukko 14). Nykyhetkellä kalan mukana poistuvan fosforin määrää voidaan pitää vähäisenä ulkoisen kuormituksen tasoon verrattuna. Esimerkiksi Kirkkojärvellä kaloiden mukana poistuisi ainoastaan noin 4,3 % vuotuisesta ulkoisesta kuormituksesta, mikäli päästäisiin saalistavoitteeseen 174 kg/ha.

Fosforinpoiston kustannukset voidaan arvioida melko luotettavasti, kun tarkastellaan pelkästään kaloihin sitoutunutta fosforia. Kaloiden erittämisen ja pohjan pölytyksen kautta veteen liuenneen fosforin määrän arviointiin liittyy kuitenkin huomattavasti suurempaa epävarmuutta. Aiemmissa tutkimuksissa bioturbaation aiheuttamaa ravinnelisäystä on tutkittu kesälämpötiloissa, joten tulosten pohjalta ei voida suoraan arvioida kaloiden vaikutusta sisäiseen kuormitukseen koko vuoden osalta. Kustannusten aliarviointia pyrittiin välttämään olettamalla, että särkikalat aiheuttavat bioturbaatiota vain kesä-lokakuussa. Vinnin ym. (2000) mukaan Hiidenveden särjen ravinnossa on havaittu merkittäviä määriä detritusta vasta elokuussa, joka saattaa merkitä sitä, että laskelmissa edelleen yliarvioidaan ainakin särjen aiheuttamaa sisäistä kuormitusta. Lahnan osalta laskelma saattaa olla lähellä totuutta, koska laji käyttää pääasiassa pohjaravintoa.

Taulukko 14. Kalojen mukana poistuvan fosforin määrä (kg/vuosi) osa-aluekohtaisten saalistavoitteiden mukaisesti. Laskelma perustuu Lappalaisen (1990) esittämiin arvioihin särkikalajien aiheuttamasta fosforinlisäyksestä.

Osa-alue	1. vuosi (kg P)	2. vuosi (kg P)	3. vuosi (kg P)	4. vuosi (kg P)	5. vuosi (kg P)	Yht. (kg P)
<b>Tila 1-Kuormitus pysyy ennallaan</b>						
Kirkkojärvi	392	392	118	118	118	1138
Mustionselkä	565	565	169	169	169	1638
Nummelanselkä	611	611	183	183	183	1771
Kiihkelyksenselkä	387	387	116	116	116	1123
Retlahti	152	152	46	46	46	440
Isontalonselkä	621	621	186	186	186	1802
Sirkkoonselkä	248	248	74	74	74	718
Yhteensä	2976	2976	893	893	893	8630
<b>Tila 2 -Kuormitus alenee kriittisen kuormituksen tasolle</b>						
Kirkkojärvi	211	211	63	63	63	612
Mustionselkä	334	334	100	100	100	970
Nummelanselkä	454	454	136	136	136	1317
Kiihkelyksenselkä	245	245	73	73	73	710
Retlahti	136	136	41	41	41	395
Isontalonselkä	529	529	159	159	159	1535
Sirkkoonselkä	211	211	63	63	63	611
Yhteensä	2121	2121	636	636	636	6150

### **6.3. PETOKALAKANTOJEN VAHVISTAMINEN OSANA RAVINTOKETJUKUNNOSTUSTA**

#### **6.3.1. Kalastuksensäätely**

Järkevän ja tasapuolisen kalastuksensäätelyn avulla voidaan lisätä merkittävästi petokalakantojen tuottoa. Petokalakantojen vahvistaminen on yksi tärkeimmistä ravintoketjukurinnotuksen tukitoimista, jolla pyritään estämään särkikalakantojen vahvistuminen hoitokalastuksen päätyttyä. Petokalat voivat säädellä merkittävästi nuorien särkikalajien määrää, kun niiden osuus kasvaa yli 30 %:iin kalabiomassasta (Sammalkorpi & Horppila 2005).



Kuhakannan tuottoa voidaan lisätä suuntaamalla pyyntiä aiempaa suurempiin yksilöihin verkkojen solmuvälikokoa ja alamittaa kasvattamalla. Yli 10 metrin syvyisillä selkävesialueilla ei tulisi käyttää lainkaan alle 55 mm verkkoja. Käytännössä tämä solmuvälirajoitus vastaa 45 cm:n alamittaa ja painoltaan noin 1 kg:n kuhaa (Salmi-  
nen & Böhling 2002). Hiidenvedellä on jo ollut käytössä suositus, jonka mukaan alle 55 mm verkkoja ei tulisi käyttää kalastuksessa.

Kuhan ja hauen poikastuotantoa voidaan jossakin määrin lisätä pyydettyjen kalojen keskikokoa kasvattamalla sekä kutuaikaisella rauhoituksella tai pyyntirajoituksilla. Hauen kohdalla kuturauhoitusta ei kuitenkaan kannata asettaa. Kuha- ja haukikan-  
nan tilasta sekä näiden kalalajien tärkeimmistä lisääntymisalueista Hiidenvedessä ei ole käytettävissä ajan tasalla olevaa tutkimustietoa.

### **6.3.2. Kuhakantojen hoidon mahdollisuudet**

Keskinen ym. (1999) arvioivat Alvajärven kuhapopulaation ravinnonkulutusta istutusmäärien ja kalastustehon perusteella. He saivat yhden vuosiluokan ravinnonkulutukseksi viiden järvi-  
vuoden aikana noin 17 kg/ha. Hiidenveden mittakaavassa tämä tarkoittaisi noin 51510 kg:n vuotuista ravinnonkulutusta, olettaen että kaikki vuosiluokat ovat yhtä suuria. Päijänteen pohjoisosissa kuhien ravinnosta 70 % on kuoretta ja 30 % ahventa. Näiden lukujen pohjalta arvioituna Hiidenveden kuhat syövät vuodessa noin 12 kg/ha kuoretta ja 5 kg/ha ahventa.

Mikäli kalastus aloitettaisiin vasta viidentenä järvi-  
vuotena kuhien saavutettua 45 cm:n pituuden ja vuosiluokasta pyydetäisiin vuosittain noin 60 %, olisi ravinnonkulutus noin 24 kg/ha eli 40 % edellä mainittua suurempi. Hiidenvedellä tämä tarkoittaisi 72720 kilon vuotuista ravinnonkulutusta. Käytännössä tämä edellyttäisi solmuväliltään alle 55 mm verkkojen käytön kieltämistä ja alamitan nostamista 45 cm:iin. Verkkojen solmuvälirajoitus hyödyttäisi myös muita petokaloja (Keskinen ym. 1999).

Rehevien järvien kalabiomassa voi olla yli 200 kg/ha (Hirvonen ym. 1995). Mikäli vähäarvoisten kalojen määrää halutaan vähentää, tulee biomassasta poistaa yli puolet. Ravintoketjukkunnostuksissa halutaan yleensä poistaa pääasiassa särkikaloja, jotka kuuluvat vasta suurempien kuhien ravintoon. Mikäli kuhakannan vahvistamisen tavoitteena on vaikuttaa rehevän järven kalastoon, tulee kuhien antaa kasvaa

nykyistä suuremmiksi, jolloin ne pystyvät hyödyntämään tehokkaasti myös särkikalantoja (Keskinen ym. 1999).

Kalastuksessa suurin ongelma on kasvun ylikalastus eli kuhat pyydetään pois liian nuorina. Samalla vaarannetaan mahdollisuudet tehokkaaseen luontaiseen lisääntymiseen. Nopeakasvuinen kuha lähes kaksinkertaistaa massansa yhden kasvukauden aikana alamitan ylittämisen jälkeen. Verkkokalastukseen kohdistuva säätely vaikuttaa tehokkaimmin kuhasaaliin kokojakaumaan. Tavoitteena on kasvupotentiaalin hyvä hyödyntäminen ja lisääntymisen varmistaminen (Keskinen ym. 1999).

Jos kuhakannan vahvistamisen ensisijaisena tavoitteena on vähentää vähäarvoisten kalojen kantoja, kuhan kalastuksen tulee olla vähäistä. Suuret kuhat kuluttavat ravintoa pieniä enemmän. Lisäksi särkikalojen osuus ravinnosta kasvaa kuhan koon kasvaessa (Keskinen ym. 1999). Sammalkorven & Horppilan (2005) mukaan Hiidenvedessä on kohtalaisen runsaasti lahnoja, pasureita tai sulkavia, joten merkittävä osa särkikaloista on pienemmille petokaloille ravinnoksi soveltumattomia niiden ruumiinmuodon vuoksi. Jo 15 cm pituinen lahna on liian korkea saalis 40 cm mittaiselle kuhalle. Kuhan ja muidenkin petokalojen keskikoon kasvattamiseen tähtäävät toimenpiteet ovat siten perusteltuja Hiidenvedellä.

### **6.3.3. Kalojen lisääntymis- ja elinalueiden kunnostukset**

Hauen poikastiheyksien on havaittu olevan alhaisia sekä voimakkaasti säännöstelläisissä vesissä että järvissä, joissa vesikasvillisuus muodostaa ylitteitä kasvustoja (Salminen & Böhling 2002, Sammalkorpi & Horppila 2005). Rantojen tuntumassa voidaan tehdä tarvittaessa varovaisia ilmaversoisten vesikasvien niittoja hauen elinympäristön kohentamiseksi. Kasvustoihin tehtävät käytävät lisäävät samalla rantavyöhykkeen rakenteellista monimuotoisuutta. Käytäviä tulee tehdä sekä rantaviivan tuntumaan että tiheiden kasvustojen ulkoreunoille. Kasvillisuusrantojen laajamittainen niitto ei ole suositeltavaa, koska vesikasvillisuus sitoo ravinteita ja vähentää sedimentin resuspensiota (Horppila & Nurminen 2003). Myöskään harvojen ilmaversoiskasvustojen tai kelluslehtisten vesikasvien poisto ei ole järkevää kalaston hoidon kannalta.

### 6.3.4. Istutukset

Hiidenveden tärkeimmät petokalat, hauki ja kuha, lisääntyvät luontaisesti järvessä. Petokalakantoja voidaan vahvistaa niiden luontaisen lisääntymisen edellytyksiä parantamalla, mikä tapahtuu ensisijaisesti kalastuksensäätelyn tai kalojen kutu- ja poikastuotantoalueiden kunnostamisen avulla. Petokalakantoja voidaan vahvistaa tarvittaessa myös istutuksin. Hiidenveden kalastusalueen mukaan nykyhetkellä ei ole kuitenkaan tarvetta kuhaistutuksille, koska luontainen lisääntyminen onnistuu hyvin ja kanta on runsas. Hauen istutusten tulisi perustua tarveharkintaan.

Kalataloushallinnon istutusrekisterin mukaan Hiidenvedelle ei ole tehty kuha- tai hauki-istutuksia viime vuosina. Petokaloista järveen on istutettu viime vuosina ainoastaan ankeriaita (Taulukko 15).

Taulukko 15. Hiidenveden kala- ja rapuistutukset (kpl) vuosina 1989-2009. *Lähde: Kalataloushallinnon istutusrekisteri, Uudenmaan ELY-keskus.*

Vuosi	Ankerias	Hauki	Kuha	Harjus	Kirjo- lohi	Peled- siika	Vaellus- siika	Siika ssp.	Karppi	Toutain	Täplä- rapu	Yht.
1989	-	-	9140	-	-	-	-	-	-	6300	-	15440
1990	-	-	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	4000
1991	-	38500	4000	-	291	-	-	-	-	-	-	42791
1992	11000	18500	11325	-	357	-	-	3000	500	-	100	44782
1993	-	10000	5500	-	180	-	-	-	446	-	-	16126
1994	-	8000	5500	-	-	-	-	-	-	2000	-	15500
1995	-	-	11200	-	-	-	-	-	-	-	-	11200
1996	2000	12500	6000	-	-	-	-	-	120	-	-	20620
1997	2000	9500	7750	10250	210	1500	2000	-	-	20170	-	53380
1998	-	-	13130	-	222	-	-	-	-	42918	-	56270
1999	1000	7500	4000	-	285	-	-	3500	-	-	-	16285
2000	110	8250	7000	-	260	-	-	-	-	-	-	15620
2001	-	500	9270	-	-	-	-	-	70	-	1694	11534
2002	-	7000	4000	-	-	-	-	-	80	-	1386	12466
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1170	1170
2008	2000	-	-	-	-	-	-	-	715	-	-	2715
2009	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000
Yht.	19110	120250	101815	10250	1805	1500	2000	6500	1931	71388	4350	340899

## **7. HOITOKALASTUSTEN VAIKUTUSTEN SEURANTA**

### **7.1. HOITOKALASTUKSEN PYYNNIN JA SAALIIDEN SEURANTA**

Hoitokalastusten vaikutusten arvioimiseksi on tehtävä systemaattista saalis- ja kalakantaseurantaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hoitokalastusten aikana kerätään kaikkien kokukertojen yhteydessä edustavia saalisnäytteitä, joiden pohjalta voidaan luotettavasti arvioida eri saalislajien kappale- ja massamääräinen jakauma, saaliskalojen keskipaino ja pituusluokkajakaumat (ei kaikilta kokukerroilta). Kokukertakohtainen saalisseuranta on tärkeää, koska saaliin määrän ja koostumuksen ajalliset ja paikalliset vaihtelut voivat olla suuria. Pyyntien yhteydessä tulee kirjata ylös pyydysten tarkka sijainti ja tiedot pyydyksen ominaisuuksista. Rutiinitoimenpiteeksi tulee ottaa myös veden lämpötilan mittaaminen. Tarkalla näytteenotolla voidaan saada tietoa esim. kalojen aktiivisuuden vaihteluista, kutuajasta sekä vaelluksista järven alueella.

Saalisseurantaan kuuluva tulosten raportointi tulee myös vakioida. Seurantaraportissa tulisi esittää yhteenveto saatujen kalalajien kappale- ja massamääräisestä saaliista, saaliskalojen keskipainosta ja pyyntiponnistuksesta sekä yksikkösaaliista kunkin osa-alueen osalta. Vuosittaisten saalisraporttien liitteenä tulee olla kunkin pyyntipaikan osalta kokukertakohtaiset tiedot kappale- ja massamääräisestä kalansaaliista lajeittain. Myös pyydysten sekä pyyntipaikkojen perustiedot, kuten sijainti ja vesisyvyys tulee ilmetä raportista.

### **7.2. HOITOKALASTUKSESTA RIIPPUMATON KALASTOSEURANTA**

Saalisseurannan lisäksi tarvitaan myös kalakantaseurantaa, jonka avulla saadaan tietoa koko kalaston, ei pelkästään pyynnin kohteena olevien lajien suhteellisesta runsaudesta. Kalakannan koon suhteellisen runsauden mittarina on käytetty jo varsin pitkään verkkokoekalastusten yksikkösaalistietoja. Mikäli mahdollista, vuosittaiset verkkokoekalastukset tulisi aloittaa jo ennen hoitokalastushanketta.

Verkkokoekalastusten tueksi tulee harkita erityisesti pääsyvänteessä kalojen kaiku- luotausta ja koetroolauksia, koska koeverkkojen avulla ei saada luotettavaa kuvaa ulappa-alueen kalastosta ja sen runsaudesta. Hiidenvesi on hyvin monimuotoinen järvi ja se koostuu useasta erillisestä osa-altaasta, joten järvellä tulee ainakin kerta- luonteisesti tehdä kaikki osa-alueet kattava kalastoselvitys ennen hoitokalastusten aloittamista.

## 8. RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN TOIMENPIDE-ESITYS

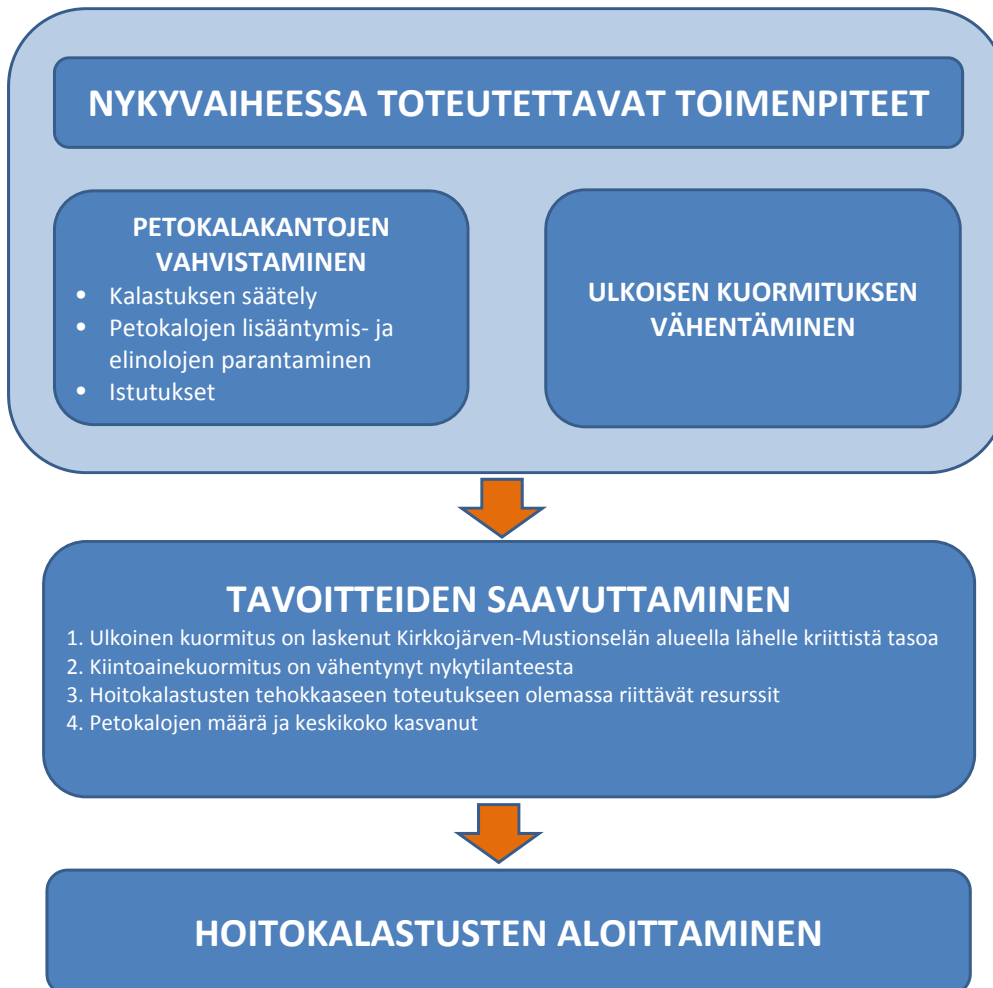
### 8.1. HOITOKALASTUKSEN ALOITTAMISEN EHDOT

Toimenpide-esityksessä on annettu suuri painoarvo ravintoketjukkunnostuksen vaikutusten pysyvyydelle ja ekologisille tekijöille. Nykyhetkellä Hiidenvedellä ei ole perusteltua aloittaa hoitokalastusta, koska korkean ulkoisen kuormituksen vuoksi vedenlaatu ja kalaston rakenne palautuvat ennalleen pian hankkeen lopettamisen jälkeen. Siksi toimenpiteet tulee aluksi suunnata valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen vähentämiseen sekä petokalakantojen turvaamiseen ja vahvistamiseen (Kuva 14). Ravintoketjukkunnostukseen liittyvät hoitokalastukset voidaan aloittaa, kun ainakin ehdot 1-3 toteutuvat:

1. **Ulkoisen kuormituksen tulee alentua Kirkkojärven-Mustionselän alueella lähelle kriittisen kuormituksen tasoa, jotta hoitokalastuksella voidaan saavuttaa koko järven alueella pitkäkestoisia vedenlaadun ja kalaston rakenteen muutoksia.** Jos hoitokalastukseen päätetään ryhtyä jo nykytilanteessa, on varauduttava jatkamaan sitä toistaiseksi ainakin siihen saakka, että ulkoinen kuormitus on laskenut tasolle, joka mahdollistaa uudessa tasapainotilassa pysymisen. Nykyhetkellä muutamia vuosia kestävän tehokalastuksen avulla ei voida saada aikaan pysyviä muutoksia kalastossa, ravintoketjussa tai vedenlaadussa. Hagmanin (2012) esittämien tietojen pohjalta arvioituna hoitokalastuksen aloittaminen lyhytkestoisena hankkeena tulee ajankohtaiseksi mahdollisesti vasta noin 20 vuoden kuluttua, jolloin Hiidenveden ulkoisen kuormituksen odotetaan laskeneen riittävästi pysyvien vaikutusten saavuttamiseksi. Pitkälle aikavälille tehdyt ennusteet ovat kuitenkin enintään suuntaa antavia, koska valuma-alueen suojelutoimenpiteiden toteutumisen ja vaikuttavuuden arviointiin liittyy huomattavaa epävarmuutta.
2. **Veden sameutta aiheuttavan kiintoainekuormituksen tulee vähentyä nykytilanteesta,** koska syvännealueilla runsaana esiintyvä sulkasääski hyötyy sameudesta ja vedessä olevan kiintoaineen lisääntyminen heikentää eläinplanktonin suodatustehoa. Lisäksi sinilevät hyötyvät savisameudesta muita leväenemmän (Eloranta ym. 2005 & Horppila & Liljendahl-Nurminen 2005).
3. **Hoitokalastusten tehokkaaseen toteutukseen on olemassa riittävät resurssit.** Hoitokalastus kyettävä toteuttamaan teholla, joka mahdollistaa suunnit-

teltuihin tavoitteisiin pääsemisen. Mitä suuremmalla ulkoisen kuormituksen tasolla hoitokalastus aloitetaan, sitä suurempia saaliita pinta-alayksikköä kohden vaaditaan. Käytännössä tämä edellyttää ammattimaista, ammattimaisilla pyydyksillä tapahtuvaa kalastusta.

4. **Hiidenveden kalastoa hoidetaan niin, että petokalojen määrä ja keski-  
koko kasvavat.** Käytännössä tämä tarkoittaa kalastuksensäätelyä ja tarvittaessa petokalojen, etenkin hauen, lisääntymis- ja poikastuotantoalueiden kunnostuksia. **Esimerkiksi kasvillisuusvyöhykkeiden suunnitelmallisella niitolla voidaan lisätä erityisesti haulle soveltuvien lisääntymis- ja elinympäristöjen määrää ja laatua.** Petokalojen runsastuessa niiden pienikokoisiin kaloihin kohdistama saalistus lisääntyy, mikä tukee hoitokalastuksen tavoitteita.



Kuva 14. Hiidenveden ravintoketjukurinon etenemisjärjestys.

## 8.2. HOITOKALASTUSTEN TOTEUTTAMINEN

Tässä luvussa on esitetty suuntaviivat hoitokalastusten toteuttamiselle, kun luvussa 8.1. esitetyt ehdot kalastusten aloittamiselle täyttyvät.

### *Kohdelajit*

**Hoitokalastukset tulee kohdistaa ensisijaisesti särkikaloihin.** Horppilan ym. (2000) mukaan tärkeimmät kohdelajit Hiidenvedellä ovat särki, pasuri ja lahna, niiden muita lajeja voimakkaamman rehevöittävän vaikutuksen takia. Hoitokalastuksen aikana särkikalojen keskikoko yleensä alenee, joten ensimmäisen tai toisen vuoden jälkeen tulee varautua keskittämään pyyntiä myös pienikokoisiin, nuoriin särkikaloihin.

**Hoitokalastuksissa pyritään välttämään kuoretta,** koska sen kannan voimakas vähentäminen saattaa lisätä sulkasääsken määrää syvännealueella, joka vaikuttaa negatiivisesti ravintoketjukurunostuksen tavoitteiden saavuttamiseen.

**Hoitokalastuksista saaliiksi saadut petokalat vapautetaan vesistöön.** Peto-  
kaloihin luetaan myös kookkaat ahvenet (>15 cm), jotka saattavat muodostaa merkittävän osan Hiidenveden petokalakannasta.

### *Osa-alueet*

Hoitokalastuksen keskittäminen Hiidenvedellä sopivaan ajankohtaan ja paikkaan on haasteellista, koska koska järven eri osat poikkeavat huomattavasti toisistaan ulkoisen kuormituksen siedon ja ravintoverkon erityispiirteiden osalta.

**Hoitokalastuksissa keskitytään ensisijaisesti Hiidenveden matalimmille osa-alueille** (Kirkkojärvi, Mustionselkä, Nummelanselkä, Isontalonselkä, Vaanilanlahti), koska ravintoketjuvaikutuksen on havaittu toimivan parhaiten matalilla, kerrostumattomilla alueilla. Järven matalissa osissa kalaston rakenne on myös syviä alueita särkikalavaltaisempi ja kalojen pyydystettävyys on hyvä.

**Kiihkelyksenselän, Retlahden ja Sirkkoonselän syvännealueilla hoitokalastusta tulisi välttää,** koska alueilla esiintyy sulkasääskeä ja kuoretta. Kiihkelyksenselän ja Retlahden alueella hoitokalastuksia voidaan kuitenkin tehdä matalilla alueilla, kun pyynti kohdistuu ensisijaisesti särkikaloihin. Esimerkiksi Retlahden alueella

on useita isoja ja matalia lahtia, jotka saattavat olla myös Kiihkelyksenselän särkikaloille merkittäviä lisääntymisalueita.

#### *Pyydykset ja pyynnin ajoittuminen*

Savolan (2012) arvion mukaan **rysäpyynti soveltuu hyvin tai ainakin kohtalaisesti hoitokalastuksen pyyntimuodoksi kaikilla Hiidenveden osa-alueilla.** Rysäpyynti muodostaakin hoitokalastusten perustan, koska ne soveltuvat hyvin kalastukseen matalilla alueilla. Rysät ovat paras tapa kalastaa pohjan tuntumassa viihtyviä särkikaloja, jotka ovat hoitokalastusten pääasiallisia saaliskohteita. Rysäpyynnin parasta pyyntiaikaa on yleensä kevät, alkukesä ja syksy. Parhaita rysäpyyntialueita ovat, esitetyn arvion mukaan, Kirkkojärvi, Mustionselkä ja Vaanilanlahti.

Nuottaus, etenkin talvinuottaus, tukee rysäpyyntiä hoitokalastuksen tavoitteisiin pyrittäessä. Se soveltuu hyvin pyyntiin Mustionselän ja Retlahden välisellä alueella sekä Isontalonselällä (Savola 2012). **Nuottaukset tulisi pystyä järjestämään siten, että pääosa saaliista koostuisi muista lajeista kuin kuoreesta.**

Troolaus on pyyntimuoto, jolla voidaan tehokkaasti kalastaa vain Hiidenveden syvillä alueilla. Käytännössä tämä helposti tarkoittaa sitä, että huomattava osa saadusta saaliista on kuoretta. Troolilla ei pystytä tehokkaasti kalastamaan matalilla alueilla ja rantojen tuntumassa, jossa särkikalat suurelta osin viihtyvät. Trooli ei myöskään kalasta tehokkaasti lähellä pohjan tuntumassa eläviä kaloja. **Troolia ei suositella hoitokalastuksen ensisijaiseksi pyyntimuodoksi Hiidenvedelle.**

#### *Saalitavoitteet ja hoitokalastuksen kesto*

Hiidenveden ulkoisen kuormituksen laskiessa kriittisen kuormituksen tasolle suuntaa antava ja realistinen **saalistavoite on kahden ensimmäisen vuoden aikana 150 000 kg vuodessa (50 kg/ha) ja sen jälkeisessä ylläpitovaiheessa 60 000 kg vuodessa (20 kg/ha) koko järven pinta-alalle laskettuna.** Rehevimmillä osa-alueilla, kuten Kirkkojärven ja Mustionselän alueella tulee kuitenkin pyrkiä huomattavasti suurempiin hehtaarsaaliisiin. Erityisesti Mustionselällä on edellisen hoitokalastushankkeen tulosten perusteella hyvät mahdollisuudet saavuttaa yli 100 kg/ha saaliita vuodessa. Saalistavoitteet tulee määritellä tarkemmin vielä hoitokalastushanketta aloitettaessa, koska tällöin voidaan huomioida mahdollinen uusi tutkimustieto koskien esim. järven kalabiomassaa.



Ennalta arvioiden Hiidenvedellä tulee kalastaa korkealla teholla (tehokalastus) 2-3 vuotta, jonka jälkeen siirrytään ylläpitokalastukseen. **Hankkeen rahoitusta ja toteutusta suunniteltaessa on syytä varautua ainakin seitsemän vuotta kestävään hoitokalastukseen.** Jos hoitokalastus aloitetaan tilanteessa, jossa ulkoinen kuormitus ei ole vielä alentunut kriittisen kuormituksen tasolle, on mahdollista, että järven tila palautuu hoitokalastusten lopettamisen jälkeen pian ennalleen. Kriittisen kuormituksen tason alapuolellakin on vielä mahdollista, että kalakanta pyrkii vähitellen palautumaan lähtötilaan. Saalistavoitteita on syytä tarkistaa vuosittain ja tarpeen vaatiessa tulee varautua jatkamaan hoitokalastusta, mikäli haluttua vastetta ei ole saavutettu.

### **8.3. HOITOKALASTUKSEN KUSTANNUKSET**

Hoitokalastushankkeesta aiheutuu vuosittain kustannuksia kalojen pyynnistä, saaliin kuljetuksesta, valmistelusta, hallinnoinnista, saaliin jatkokäsittelystä, valvonta- ja saalisseurantakuluista sekä väliraportoinneista (Saarijärvi 2003). Edellä mainitut kustannukset huomioiden **hoitokalastushankkeen kokonaiskustannukset ovat tehokalastusvaiheessa noin 196 000 € vuodessa ja ylläpitovaiheessa 78 000 € vuodessa.** Seitsemän vuoden hankkeelle arvioidut kokonaiskustannukset ovat siten noin 782 000 - 900 000 €.

### **8.4. ARVIO RAVINTOKETJUKUNNOSTUKSEN VAIKUTUKSESTA EKOLOGISEEN TILAAN**

Hyvän ekologisen tilan saavuttaminen Hiidenveden rehevimmillä alueilla, Kirkkojärvellä ja Mustionselällä vaatii nykyisen kuormituksen puolittamista, kun tarkastellaan pelkästään kasviplanktonin runsautta kuvaavaa a-klorofylliä. Vuoden 2010 koekalastusten perusteella Mustionselän tila oli välttävän ja huonon rajalla, joten kalaston pohjalta arvioituna ekologista tilaa tulisi parantaa Hiidenveden rehevimmässä osissa vähintään kaksi tilaluokkaa.

Toimenpide-esityksen mukaisen hoitokalastussuunnitelman voidaan toteutuessaan arvioida vaikuttavan myönteisesti Hiidenveden ekologiseen tilaan. Pelkästään ravintoketjुकunnostuksella ei voida saavuttaa pysyvästi hyvää ekologista tilaa, vaan lisäksi tarvitaan myös ulkoisen kuormituksen vähentämiseen tähtäviä toimenpiteitä

Hiidenveden valuma-alueella. On todennäköistä, että vesipuitedirektiivin tavoitteen mukaista hyvää ekologista tilaa ei saavuteta vielä vuoteen 2015 mennessä.

## **8.5. NYKYTILANTEESSA SUOSITELTAVAT TOIMENPITEET**

Kasvillisuusvyöhykkeiden suunnitelmallisella niitolla voidaan lisätä erityisesti hauelle soveltuvien lisääntymis- ja elinympäristöjen määrää ja laatua. Ennalta arvioiden ilmaversoisten vesikasvien niittoa voitaisiin tehdä tarvittaessa lähinnä matalimmilla osa-alueilla, kuten Kirkkojärvellä. Vesikasvien niittoa on käsitelty tarkemmin kohdassa 6.3.2. (Kalojen lisääntymis- ja elinalueiden kunnostukset) sekä 9.2. (Kasvillisuusrantojen kartoitus ja kehittäminen).

## **9. TUTKIMUSTARPEET**

### **9.1. HIIDENVEDEN KALASTO JA KALASTUS**

Hiidenvedellä tapahtuvasta kalastuksesta on tietoa hyvin vähän. Siksi eri kalalajeihin kohdistuvan kalastuksen (pyydykset, pyynnin määrä, saaliit) selvittämiseksi tulee tehdä **koko järven kattava kalastustiedustelu**. Sen avulla kerätään samalla tietoa vapaa-ajankalastajien mielipiteistä ja arvoista liittyen mm. eri kalalajeihin ja kalastuksensäätelyn kehittämiseen. Samalla voidaan kerätä tietoa etenkin runsaslukuisimpien kalalajien merkittävimmistä lisääntymisalueista Hiidenvedellä.

Vesipuitedirektiivin ja velvoitetarkkailujen kalastotutkimukset ovat keskittyneet vain osaan järveä. Lisäksi merkittävä osa kalastotutkimuksista tehty verkkokoekalastuksilla, joilla ei saada luotettavaa kuvaa mm. hauki-, made- ja kuorekannan runsaudesta. Kuhakanta on Hiidenvedellä hyvä, mutta tutkimustietoa on edelleen liian vähän yksityiskohtaisten kalastuksensäätelystä koskevien suositusten antamiseksi. Kuhan kasvusta ja kannan tiheydestä tulisi saada aiempaa tarkempaa tietoa.

### **9.2. KASVILLISUUSRANTOJEN KARTOITUS JA KEHITTÄMINEN**

Vesikasvien kohdennetun niiton suunnittelun ja toteutuksen pohjaksi tarvitaan **kasvillisuusselvitys**. Keskeistä selvityksessä on saada tietoa siitä, missä päin järveä on laajoja ja matalia kasvillisuusrantoja, mikä on rannan kaltevuus näillä alueilla,

miten ranta jakautuu eri kasvillisuusvyöhykkeisiin ja kuinka tiheitä nämä kasvillisuusvyöhykkeet ovat. Hyvä tapa näiden tietojen hankkimiseksi on kasvukauden loppuvaiheessa tehty ilmakuvaus. Tarkemmat, mm. lajikohtaiset, tiedot on tarvittaessa hankittava maastossa tehtävien kartoitusten avulla.

Saatujen tietojen pohjalta laaditaan suunnitelma, jossa esitetään niittoon soveltuvat kohteet (mm. luontoarvot) ja niiden käytännön toteutus. Suunnitelmassa tarkastellaan niittojen toteuttamista ainakin kalojen, linnuston, vedenlaadun ja virkistyskäytön kannalta.

Hiidenvesi on säännöstelty järvi. Säännöstely vaikuttaa usein haukikantoihin ranta-kasvillisuudessa tapahtuvien muutosten kautta. Kasvillisuus selvityksen yhteydessä voidaan esittää arvio siitä, miten säännöstely on vaikuttanut hauen lisääntymiseen Hiidenvedellä ja miten hauen lisääntymismahdollisuuksia voidaan säännöstelykäytäntöä muuttamalla parantaa.

### **9.3. JÄRVEN HISTORIAN SELVITTÄMINEN**

Hiidenveden rantavyöhykkeeltä on toteutettu sen ympäristöhistoriaa selvittävä paleolimnologinen tutkimus (Weckström ym. 2011), jossa selvitettiin järven rehevydessä ja eliölajistossa tapahtuneita pitkän aikavälin muutoksia. Rantavyöhykkeiden ja matalien alueiden sedimentti on kuitenkin jatkuvassa häiriötilassa, eikä sedimentti muodosta kerrostumia. Tällöin luotettavien johtopäätösten tekeminen sedimentin fysikaaliskemiallisista muutoksista, eliöyhteisöjen rakenteesta ja sedimentin kerrostumien iästä on vaikeaa. Siksi vesistön ympäristöhistoriaa selvittävä paleolimnologinen tutkimus kannattaa uudistaa Hiidenvedellä, mutta eri tavalla toteutettuna.

Tutkimus esitetään tehtäväksi järven syvänteestä (yli 10 m syvyydestä), joka on, toisin kuin rantavyöhyke, sedimentin ja siihen hautautuvien eliöjäänteiden luonnollista kerääntymisaluetta. Sedimentin fysikaalis-kemiallisilla analyyseillä voidaan selvittää veden savisamennuksessa, ravinteisuudessa ja vedessä olevan aineksen sedimentaationopeudessa tapahtuneita pitkän ajan muutoksia. Häiriintymättömästä syvänteestä tehty sedimenttikerrostumien iänmääritys on myös selvästi luotettavampi kuin rantavyöhykkeestä tehty. Eliöjäänteistä tutkitaan syvänteen mikrofossilit (surviaissääskijäänteet, piileväjäänteet sekä sulkasääsken kitiiniset leukaosat), jotka säilyvät helposti jopa tuhansia vuosia. Näistä lajispesifeistä jäänteistä on mah-

dollista rekonstruoida järven rehevöitymishistoria sekä tehdä luotettavia johtopäätöksiä sulkasääskipopulaation tiheyden ajallisesta kehityksestä.

#### **9.4. ELÄINPLANKTONYHTEISÖN MUUTOKSET**

Mikäli Hiidenvedellä toteutetaan hoitokalastus, on tarpeen tehdä eläinplankton tutkimukset ennen kalastuksen aloittamista, esimerkiksi parin vuoden välein kalastusjakson aikana sekä hoitokalastuksen päätyttyä. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää hoitokalastuksen vaikutukset eläinplanktonyhteisöön ja erityisesti vesikirppujen kokojakaumaan. Tutkimus on syytä tehdä useammalla järven erityyppisellä osalla.

### **10. YHTEENVETO**

Hiidenveden ravintoketjukurinostuksen keskeisiä ongelmia ovat suuri ulkoinen kuormitus ja veden savisameus. Niillä on ollut epäilemättä oma vaikutuksensa myös siihen, että vuosina 1995-2004 tehdyillä hoitokalastuksilla ei saavutettu pysyviä vaikutuksia järven tilaan. Merkitystä oli varmasti myös sillä, että hoitokalastuksen saaliit jäivät selvästi asetettuja tavoitteita pienemmiksi. Tilanne on nykyhetkellä pääosin sama kuin 2000-luvun vaihteessa eli mm. ulkoinen ravinnekuormitus on pysynyt likimain ennallaan.

Tässä suunnitelmassa määritettiin ehdot (1-3), joiden tulee toteutua ennen hoitokalastusten aloittamista:

1. Ulkoinen kuormitus on Kirkkojärven-Mustionselän alueella alentunut lähelle kriittisen kuormituksen tasoa.
2. Veden kiintoainekuormitus vähentynyt nykytilanteesta
3. Hoitokalastusten tavoitteiden mukaiseen toteutukseen olemassa riittävät resurssit.
4. Petokalojen keskikoko ja määrä kasvaneet nykytilanteesta.

Hoitokalastukset voidaan aloittaa, kun Hiidenvedeen tuleva ravinne- ja kiintoainekuormitus on alentunut merkittävästi nykytasosta. Vasta tämän jälkeen toimenpide-esityksen mukaisen ravintoketjukurinostuksen avulla on mahdollista saavuttaa pysyviä muutoksia järven tilassa. Valuma-alueen ravinne- ja kiintoainekuor-

mituksen väheneminen ei vaikuta myönteisesti pelkästään Hiidenveden, vaan myös siihen laskevien jokien tilaan. Esimerkiksi kiintoainekuormituksen vähenemisen voidaan olettaa parantavan mm. taimenen lisääntymisen edellytyksiä.

Nykytilanteessa järven tilan parantamiseen tähtäävät kunnostustoimenpiteet kannattaa suunnata valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen vähentämiseen sekä järven petokalakantojen turvaamiseen ja vahvistamiseen. Hiidenvedellä tämä merkitsee käytännössä petokalojen lisääntymisolojen parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä, kuten kohdennettua vesikasvien niittoa.

## **TIETOLÄHTEET**

Berg, S., Jeppesen, E. & Søndergaard, M. 1997. Pike (*Esox lucius* L.) Stocking as a biomanipulation tool. I. Effects on the fish population in Lake Lyng (Denmark). *Hydrobiologia* 342/343: 311-318.

Carpenter, S.R., & Lodge, D.M. 1986. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany* 26: 341-370.

Diehl, S. 1988. Foraging effects of three freshwater fish: effects of structural complexity and light. *Oikos* 53: 207-214.

Eloranta, P., Alajärvi, E., Horppila, J., Liljendahl-Nurminen, A., Malinen, T., Kwandrans, J., Nurminen, L., Uusitalo, L., Tallberg, P. & Väisänen, A. 2001. Lake Hiidenvesi research project. Final report 1997-2000. Department of Limnology and Environmental Protection, University of Helsinki. 64 pp.

Frisk, T. 1979. Järven fosforisiedon arvioimisesta tilastollisten fosfori- ja happimalien avulla. *Vesitalous* 3: 22-25.

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

Hagman, A.-M. 2012. Hiidenveden kunnostus 2012-2015 -hanke. Hiidenveden kunnostus- ja hoitosuunnitelma 2013-. Ramboll. Luonnos 13.12.2012. 97 s.

- Hanson, J.M. & Leggett, W.C. 1982. Empirical prediction of fish biomass and yield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 39: 257-263
- Hansson, L.-A., Annadotter, H., Begman, E., Hamrin, S.F., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Luokkanen, E., Nilsson, P.-Å., Søndergaard, M., & Strand, J. 1998. Biomaniipulation as an application of food chain theory: constraints, synthesis and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems* 1: 558-574.
- Helttunen, S. 2006. Kuhan (*Stizostedion lucioperca*) sukukypsyysskoko Hiidenvedellä vuonna 2006. Lohjan ympäristölautakunta. Julkaisu 2/06. 8 s.
- Hirvonen, A., Helminen, H., Salonen, S. & Sarvala, J. 1995. Kalaston rakenteen muuttaminen vaatii aikaa, rahaa ja työvoimaa. *Suomen Kalastuslehti* 102(8): 18-21.
- Horppila, J., and H. Peltonen, 1994. The fate of a roach *Rutilus rutilus* (L.) population under an extremely strong fishing pressure and its predicted development after cessation of mass removal. *Journal of Fish Biology* 45(5): 777-786.
- Horppila, J., Malinen, T & Peltonen, H. 1996. Density and habitat shifts of a roach (*Rutilus rutilus*) stock assessed within one season by cohort analysis, depletion methods and echosounding. *Fisheries Research* 28: 151-161.
- Horppila, J., Malinen, T., Olin, M., Ruuhijärvi, J. ja Vinni, M. 2000. Ravintoketjukuriosuuden vaikutukset kalalajiston muutoksiin ja vesistön kalataloudelliseen arvoon. MMM:n yhteistutkimushanke 5934/704/96. Loppuraportti. Moniste 33 s.
- Horppila, J., Tallberg, P., Alajärvi, E., Eloranta, P., Nurminen, L., Uusitalo, L. & Väisänen, A. 2005. Variations in the species composition and seasonal dynamics of pelagic cladocerans among adjacent lake basins.
- Horppila, J. and Liljendahl-Nurminen, A. 2005. Clay-Turbid Interactions May Not Cascade -A Reminder for Lake Managers. *Restoration Ecology*. 13(2): 242-246.

- Horppila, J., Eloranta, P., Liljendahl-Nurminen, A., Niemistö, J. & Pekcan-Hekim, Z. 2009: Refuge availability and sequence of predators determine the seasonal succession of crustacean zooplankton in a clay-turbid lake. *Aquatic Ecology* 43 (1): 91-103.
- Hrbáček, J., Desertová, B. & Popovský, J. 1978. Influence of the fish stock on the phosphorus-chlorophyll ratio. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20: 1624-1628.
- Hynynen, J. 2004. Anthropogenic changes in Finnish lakes during the past 150 years inferred from benthic invertebrates and their sedimentary remains. *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental science.* 45 s.
- Jasser, I. 1995. The influence of macrophytes on a phytoplankton community in experimental conditions. *Hydrobiologia* 306: 21-32.
- 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.
- Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L. & Landekildehus, F. 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a nutrient gradient. *Freshwater Biology* 45: 201-218.
- Jeppesen, E., Kristensen, P., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Mortensen, E. & Lauridsen, T. 1991. Recovery resilience following a reduction in external phosphorus loading of shallow, eutrophic Danish lakes: duration, regulating factors and methods for overcoming resilience. *Memorie Dell'Istituto Italiano Di Idrobiologia* 48: 127-148.
- Kairesalo, T., Keto, I. & Sammalkorpi, I. 1990. Biomanipulaatio (ravintoketjukurinostus). Teoksessa: Ilmavirta, V. (toim.), *Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet* 310-326. Helsinki.
- Karvinen, V. 2005. Vajaasti hyödynnettyjen kalalajien tutkimus- ja tuotekehityshanke 1.10.2011-30.11.2004. Loppuraportti. Turun yliopisto, Täydennyskoulutuskeskus. 75 s.

- Kukkonen, J. & Sundström, S. 2005. Hiidenveden kalastusalueen käyttö- ja hoito-suunnitelma 2005-2010. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Tutkimusraportti 52/2005. 20 s.
- Keskinen, T., Marjomäki, T., Valkeajärvi, P., Salonen, S. & Helminen, H. 1999: Kuha-kantojen hoito Keski-Suomessa. Nykytila ja kehittämissuunnitelma. Maa- ja metsätalousministeriö. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 37: 1-46 + liitteet.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Malinen, T. & Uusitalo, L. 2002. The seasonal dynamics and distribution of *Chaoborus flavicans* larvae in adjacent lake basins of different morphometry and degree of eutrophication. *Freshwater Biology* 47(7): 1283–1295.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Malinen, T., Eloranta, P., Vinni, M., Alajärvi, E. & Valtonen, S. 2003. The supremacy of invertebrate predators over fish – factors behind the unconventional seasonal dynamics of cladocerans in Lake Hiidenvesi. *Archiv für Hydrobiologie* 158: 75–96.
- Liljendahl-Nurminen 2006. Invertebrate predation and trophic cascades in a pelagic food web – The multiple roles of *Chaoborus flavicans* (Meigen) in a clay-turbid lake. Academic dissertation. Department of Biological and Environmental Sciences. University of Helsinki. 36 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A. & Peltonen, H. 2005. Vertical and horizontal distribution of smelt (*Osmerus eperlanus*) and implications of distribution patterns on stock assessment. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 141-159.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Antti-Poika, P. ja Pekcan-Hekim, Z. 2007.: Tuusulanjärven kalatiheys ja –biomassa vuonna 2006 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 14 s.
- Malinen, T., Vinni, M., Tuomaala, A. ja Antti-Poika, P. 2008. Kalojen ja sulkasääskien toukkien runsaus Hiidenvedellä vuonna 2007. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, akvaattiset tieteet. 18 s.



- Malinen, T., Antti-Poika, P., ja Vinni, M. 2010. Sulkasääsken runsaus Hiidenvedellä vuonna 2009. Tutkimusraportti 29.9.2009. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, akvaattiset tieteet. 6 s.
- Malinen, T., Vinni, M. & Antti-Poika, P. 2010b. Sulkasääsken toukkien runsaus Mustialanlammilla kesällä 2009. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 7 s.
- Malinen, T., Vinni, M. & Antti-Poika, P. 2012. Sulkasääsken runsaus Hiidenvedellä vuonna 2011. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, akvaattiset tieteet. 6 s.
- Marttila, J. 2002. Hiidenveden kunnostussuunnitelma. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.
- Marttunen, M., Dufva, M., Martinmäki, K., Sammalkorpi, I., Hjerppe, T., Huttunen, I., Lehtoranta, V., Joensuu, E., Seppälä, E. & Partanen-Hertell, M. 2012. Vesienhoidon vuorovaikutteinen ja kokonaisvaltainen suunnittelu. Yhteenveto Karvianjoen tulevaisuustarkastelut -hankkeen tuloksista. SYKE. Suomen ympäristö 15/2012. 138 s.
- Mazumder, A. 1994. Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification: predictions and patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 390-400.
- Mehner, T., Arlinghaus, R., Berg, S., Dörner, H., Jacobsen, L., Kasprzak, P., Koschel, R., Schulze, T., Skov, C., Wolter, C. and Wysujack, K. 2004. How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: a step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone. *Fisheries Management and Ecology*, 11: 261-275.
- Meijer, M.-L., de Boois, I., Scheffer, M., Portielje, R. & Hosper, H. 1999. Biomanipulation in shallow lakes in the Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hydrobiologia* 408/409: 13-30.
- Nakai, S., Inoue, Y., Hosomi, M. & Murakami, A. 1999. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes. *Water Science & Technology* 39: 47-53.

- Niinimäki, J. 2005. Hiidenveden hoitokalastukset vuonna 2004. Kala- ja Vesitutkimus Oy. 12 s.
- Olin M., Rask M, Ruuhijärvi J., Keskitalo J., Horppila J., Tallberg P., Taponen T., Lehtovaara A. & Sammalkorpi I. 2006. Effects of biomanipulation on fish and plankton communities in ten eutrophic lakes of southern Finland. *Hydrobiologia* 553:67–
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 1999. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. –Vuosiraportti 1998. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 158. 100 s.
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 2000. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. –Vuosiraportti 1999. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 195. 116 s.
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 2001. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. –Vuosiraportti 2000. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 227. 136 s.
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 2002. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. –Vuosiraportti 2001. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 262. 136 s.
- Olin, M. 2005: Fish communities in South-Finnish lakes and their responses to biomanipulation assessed by experimental gillnetting. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 32 s.
- Olin, M., Rask, M., Ruuhijärvi, J., Kurkilahti, M., Ala-Opas, P. & Ylönen, O. 2002. Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *J. Fish Biol.* 60: 593-612.
- Olin, M., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Villa, L., Savola, P. Sammalkorpi, I. & Poikonen, K. 1999. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset – Vuosiraportti 1997. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 123. 96 s.
- Paasivirta, L. 2006. Enäjärven kehitys pohjaeläimistön kertomana. s. 9-11. - Julkaisussa: Enäjärven suojeluyhdistys ry:n jäsenkirje 3/2006.

- Peltomäki, H. 2005. Lake fish export -Pienen kalan viennin kehittämishanke. Ensimmäinen väliraportti ja toisen toteutusjakson suunnitelmat. Padasjoki. 32 s.
- Peltonen, H., Ruuhijärvi, J., Malinen, T., Horppila, J., Olin, M. & Keto, J. 1999. The effects of food web management on fish assemblage dynamics in a north temperate lake. *J. Fisheries Biology* 55: 54-67.
- Penttilä, S. 2001. Hiidenvesi 2000 -projekti: yhteenveto toimenpiteistä ja tutkimuksista vuosina 1996-2000. Helsinki : Uudenmaan ympäristökeskus
- Perrow, M.R., Meijer, M.-L., Dawidowicz, P & Coops, H. 1997. Biomanipulation in shallow lakes: state of the art. *Hydrobiologia* 342/343: 355-365.
- Persson, L., Anderson, G., Hamrin, S.F. & Johansson, L. 1988. Predation regulation and primary production along the productivity gradient of temperate lake ecosystems. In Carpenter, S.R. (ed.), *Complex interactions on lake communities* 45-65. New York, Springer Verlag.
- Ranta, E. & Valtonen, M. 2011. Hiidenveden pistekuormittajien yhteistarkkailun yhteenveto vuosilta 2007-2010. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 221. 94 s.
- Saarijärvi, E. (toim.) 2003. Hiidenveden kunnostus- ja hoitosuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskus - Monisteita 136, joulukuu 2003, 74 s.
- Salminen, M. & Böhling, P. 2002. Kalavedet kuntoon. RKTL. Helsinki. 268 s.
- Sammalkorpi, I & Horppila, J. 2005. Ravintoketjukunnostus. –Teoksessa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). *Järvien kunnostus. Suomen Ympäristökeskus. Ympäristöopas 114.* Helsinki.336 s.
- Sammalkorpi, I. & Horppila, J. 2005. Ravintoketjukunnostus. Teoksessa: Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.). *Järvien kunnostus. Suomen Ympäristökeskus. Ympäristöopas 114.* Helsinki. 336 s.
- Sarvala, J., Helminen, H. & Hirvonen, A. 1995. Ravintoketjukunnostuksen ekologiset perusteet. *Vesitalous* 3: 1-4.

- Sarvala, J., Helminen, H. & Karjalainen, J. 2000. Restoration of Finnish lakes using fish removal: changes in the chlorophyll-phosphorus relationship indicate multiple controlling mechanisms. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 27: 1-7.
- Savola, P. 1996. Hiidenvesi 2000 projektin hoitokalastusten väliraportti. Uudenmaan ympäristökeskus. Moniste. 8 s.
- Savola, P. 2012. Henkilökohtainen tiedonanto. Uudenmaan ELY-keskus.
- Setälä, J., Tarkki, V., Mannerla, M. & Vielma, J. 2011. Vajaasti hyödynnetyn kalan kaupalliset mahdollisuudet. RKT:n työraportteja 11/2011. 31 s.
- Stansfield, J.H, Perrow, M.R, Tench, L.D. & Jowitt, A.J.D. 1997. Submerged macrophytes as refuges for grazing Cladocera against fish predation: observations on seasonal changes in relation to macrophyte cover and predation pressure. *Hydrobiologia* 342/343: 229-240.
- Søndergaard, M., Jensen, J.P., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. 2000. Lake restoration in Denmark. *Lakes and reservoirs: Research and management* 5: 151-159.
- Søndergaard, M., Lønborg, L., Pedersen, A.R. & Jeppesen, E. 2008. Lake restoration by fish removal: short- and long-term effects in 36 Danish lakes. *Ecosystems* 11: 1291-1305.
- Tallberg, P. 2002. Primary and secondary sedimentation fluxes and their implications in a turbid, eutrophic lake in southern Finland. *Freshwater biology, käsikirjoitus*.
- Tammi, J. Lappalainen, A., Mannio, J., Rask, M. & Vuorenmaa, J. 1997. Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kalatutkimuksia* 132. 35 s.
- Torpström, H. & Lappalainen, K.M. 1992. Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja sarja A 95: 1-44.
- Valjus, J. 2011. Hiidenveden kirkkojärven ja Mustionselän kalataloudellinen veloitettarkkailu vuonna 2010. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. *Julkaisu* 223/2011. 35 s.

- Valonen, T. 2009. Eläinplanktonin ja sulkasääsken toukkien (*Chaoborus flavicans*) sukkessio pienissä metsäjärvisissä. Pro Gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 56 s.
- Vinni, M., Horppila, J., Olin, M., Ruuhijärvi, J. & Nyberg K. 2000. The food, growth and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphology and water quality. *Aquatic Ecology* 34: 421-431.
- Vinni, M., Lappalainen, J., Malinen, T. & Peltonen, H. 2004. Seasonal bottlenecks in diet shifts and growth of smelt in a large eutrophic lake. *Journal of Fish Biology* 64: 567-579.
- Vollenweider, R. & Keregis, J. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Paris, OECD.
- Vollenweider, R.A. 1975. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweiz. Z. Hydrol.* 37: 53-84.
- Weckström, J., Väiliranta, M., Kaukolehto, M. & Weckström, K. 2011. Kurkistus Hii-denveden menneisyyteen -paleolimnologinen selvitys Kirkkojärveltä ja Mustionselältä. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 226/2011. 20 s.
- Äystö, V. 1997. Rehevien järvien kunnostuksen arviointi. *Suomen ympäristö* 155: 1-167.

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
**YMPÄRISTÖNTUTKIMUSKESKUS**

Jyväskylässä 19.12.2012

*Heikki Alaja*

Heikki Alaja

Liite 1. Hiidenveden verkkokoekalastusten tuloksia vuosilta 1997-2010.

**HIIDENVESI - Yksikkösaaliit (kg/vvrk) vuosina 1997-2010**

LAJI	1997			1998			1999			2000			2001			2007		2010	
	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Kiihkelyksen-selkä
Ahven	0,25	0,62	0,29	0,28	1,21	0,31	0,29	0,37	0,28	0,35	0,66	0,24	0,25	0,34	0,32	0,60	0,53	0,97	0,23
Kuha	0,44	0,46	0,17	0,20	0,44	0,12	0,51	0,36	0,18	0,36	0,27	0,08	0,28	0,12	0,12	0,51	0,21	0,56	0,08
Kiiski	0,05	0,04	0,05	0,06	0,02	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,08	0,04	0,07	0,05
Hauki	-	0,06	0,05	0,02	-	0,01	0,02	0,01	0,09	0,05	-	0,01	0,20	0,04	0,02	-	0,03	-	-
Kuore	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	-	0,02	-	0,05
Muikku	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-	0,01	-	-	0,03	-	0,02	-	0,01
Made	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	0,01
Särki	0,40	0,40	0,24	0,28	0,59	0,47	0,63	0,56	0,60	0,45	0,57	0,46	0,79	0,79	0,64	0,23	0,72	0,30	1,06
Sorva	0,15	-	-	0,01	-	-	0,02	-	-	0,00	-	-	0,05	0,00	-	0,07	0,01	0,00	-
Salakka	0,02	0,24	0,17	0,10	0,16	0,17	0,25	0,36	0,08	0,40	0,10	0,11	0,45	0,49	0,18	0,11	0,1	0,18	0,13
Pasuri	0,58	0,40	0,13	0,54	0,43	0,11	0,70	0,55	0,15	0,59	0,18	0,15	0,74	0,37	0,14	0,83	0,47	1,08	0,31
Lahna	0,37	0,09	0,02	0,15	0,24	0,03	0,33	0,26	0,03	0,22	0,07	0,03	0,48	0,09	0,04	0,29	0,07	0,53	0,03
Sulkava	1,23	0,14	0,01	0,45	0,36	0,01	1,30	0,09	0,05	0,41	0,01	0,01	0,48	0,04	0,05	2,45	0,16	1,89	0,11
Toutain	0,03	-	-	0,00	0,00	-	0,04	0,16	0,04	0,15	0,12	0,08	0,13	0,09	0,05	-	-	-	-
Muut	-	-	0,01	-	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>3,52</b>	<b>2,45</b>	<b>1,17</b>	<b>2,09</b>	<b>3,45</b>	<b>1,32</b>	<b>4,12</b>	<b>2,84</b>	<b>1,60</b>	<b>3,02</b>	<b>2,00</b>	<b>1,23</b>	<b>3,88</b>	<b>2,39</b>	<b>1,66</b>	<b>5,17</b>	<b>2,39</b>	<b>5,59</b>	<b>2,07</b>

**KOOSTE**

Ahvenkalat	0,74	1,12	0,51	0,54	1,67	0,47	0,83	0,78	0,50	0,75	0,95	0,36	0,56	0,48	0,46	1,19	0,78	1,60	0,36
Särkikalat	2,78	1,27	0,58	1,53	1,78	0,79	3,27	1,98	0,95	2,22	1,05	0,84	3,12	1,87	1,10	3,98	1,53	3,99	1,64
Muut kalat	0,00	0,06	0,08	0,02	0,00	0,06	0,02	0,08	0,15	0,05	0,00	0,03	0,20	0,04	0,10	0,00	0,08	0,00	0,07

**HIIDENVESI - Kappalemääräiset yksikkösaaliit (kpl/vvrk) vuosina 1997-2010**

LAJI	1997			1998			1999			2000			2001			2007		2010	
	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Kiihkelyksen-selkä
Ahven	22,40	29,00	15,90	11,60	54,40	17,60	20,10	19,40	16,10	19,10	31,10	11,20	25,00	16,10	13,90	31,60	32,70	40,10	13,70
Kuha	9,90	3,60	1,50	2,30	2,70	0,70	35,40	22,10	5,10	3,90	3,40	0,70	7,90	6,20	1,80	6,90	2,10	34,00	3,40
Kiiski	9,50	12,30	7,50	9,50	6,60	5,40	5,10	8,90	5,50	6,80	4,90	4,50	5,30	3,50	3,80	12,90	6,60	20,30	7,30
Hauki	0,00	0,10	0,00	0,20	-	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10	-	0,00	0,30	0,10	0,00	-	0,10	-	-
Kuore	0,10	0,40	13,60	0,10	0,10	17,90	0,10	28,40	24,20	2,00	3,00	2,60	0,10	2,00	18,60	-	4,50	-	10,70
Muikku	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	0,10	-	-	0,40	-	-	1,30	-	0,40	-	0,30
Made	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	0,10
Särki	25,20	18,90	9,20	16,20	41,90	20,50	35,30	26,10	20,20	18,60	16,80	14,10	30,80	29,80	19,60	12,40	20,10	17,90	26,10
Sorva	0,10	0,00	0,00	0,20	-	-	0,10	-	-	0,10	-	-	0,80	0,10	-	0,20	0,00	0,10	-
Salakka	16,90	27,80	14,60	15,50	16,10	13,30	37,90	38,80	6,10	53,90	9,90	9,10	51,20	56,80	11,40	7,60	4,70	10,30	5,50
Pasuri	33,80	19,10	7,00	50,80	33,70	5,80	56,10	38,60	8,00	67,30	13,60	8,10	53,80	32,50	7,80	25,90	11,80	54,80	7,40
Lahna	10,40	2,40	0,20	8,30	12,30	0,40	36,40	9,70	0,60	13,40	3,50	0,70	15,30	2,40	0,40	14,70	1,30	13,50	0,60
Sulkava	5,10	0,70	0,10	2,80	2,40	0,10	4,80	1,10	0,20	2,50	0,10	0,10	2,30	0,20	0,20	8,10	0,50	5,20	0,30
Toutain	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10	-	0,60	0,70	0,10	0,60	0,40	0,30	0,40	0,20	0,10	-	-	-	-
Muut	-	-	-	-	0,20	0,00	0,10	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>133,50</b>	<b>114,30</b>	<b>69,60</b>	<b>117,60</b>	<b>170,50</b>	<b>81,70</b>	<b>232,10</b>	<b>193,90</b>	<b>86,20</b>	<b>188,30</b>	<b>86,70</b>	<b>51,80</b>	<b>193,20</b>	<b>150,00</b>	<b>78,90</b>	<b>120,30</b>	<b>84,90</b>	<b>196,20</b>	<b>75,40</b>

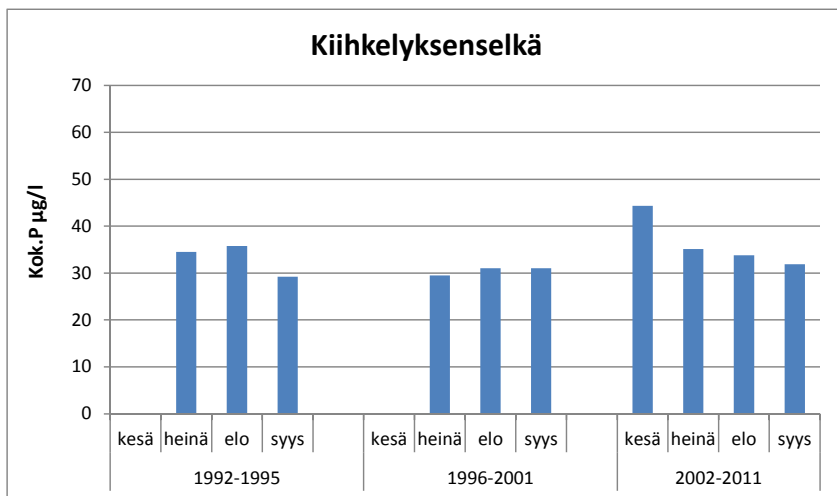
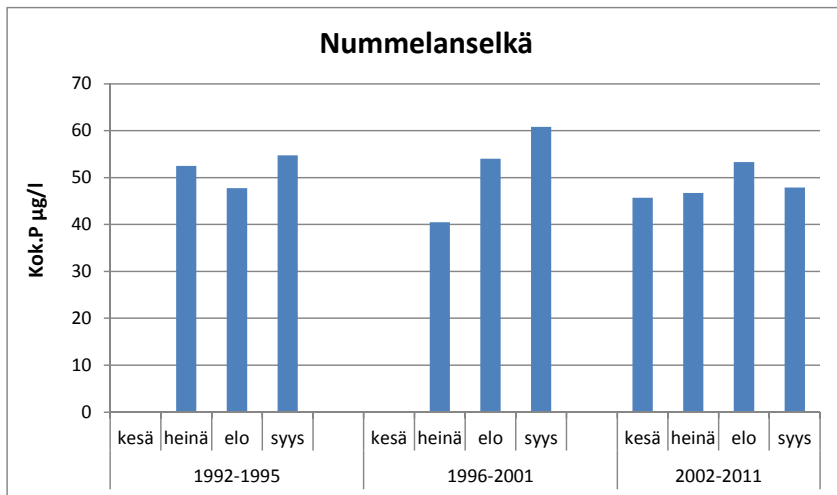
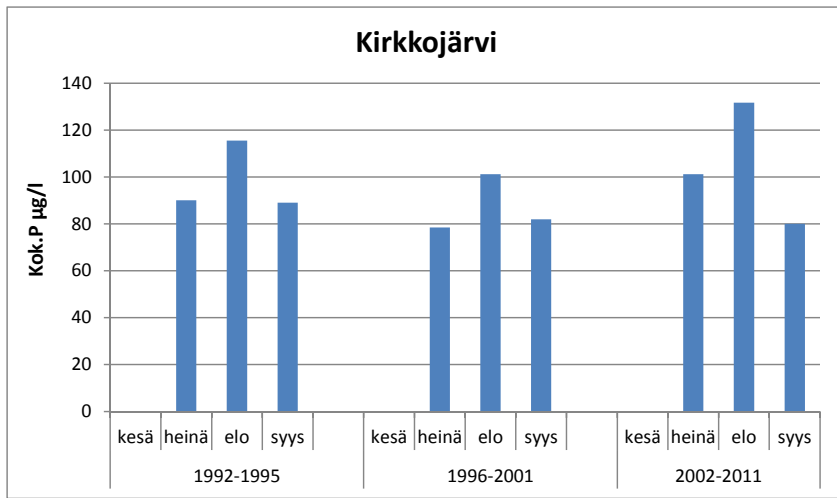
**KOOSTE**

Ahvenkalat	41,80	44,90	24,90	23,40	63,70	23,70	60,60	50,40	26,70	31,90	39,40	19,40	38,60	27,90	39,40	51,40	41,40	94,40	24,40
Särkikalat	91,60	68,90	31,10	93,90	106,70	40,10	171,30	115,00	35,20	156,40	44,30	32,40	154,60	122,10	39,50	68,90	38,40	101,80	39,90
Muut kalat	0,10	0,50	13,60	0,30	0,10	17,90	0,20	28,50	24,30	2,10	3,00	3,00	0,40	2,10	19,90	0,00	5,10	0,00	11,10

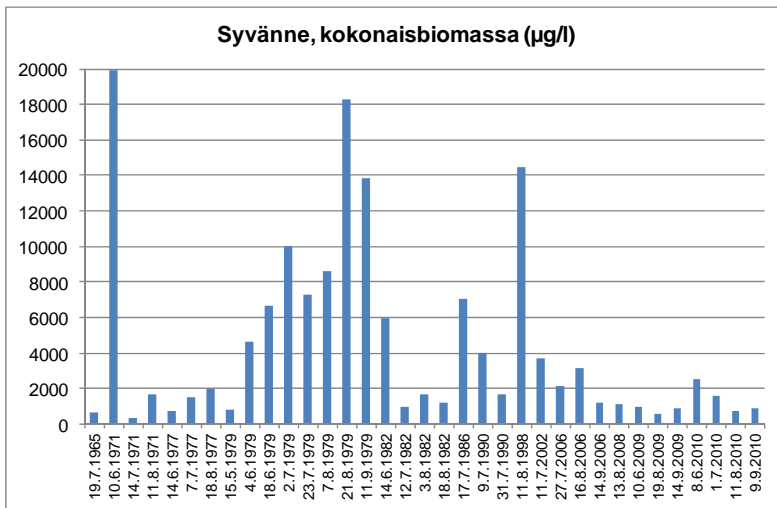
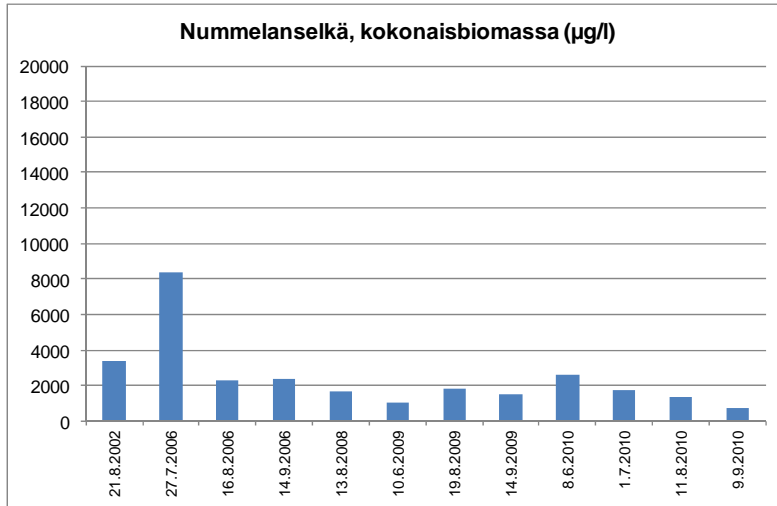
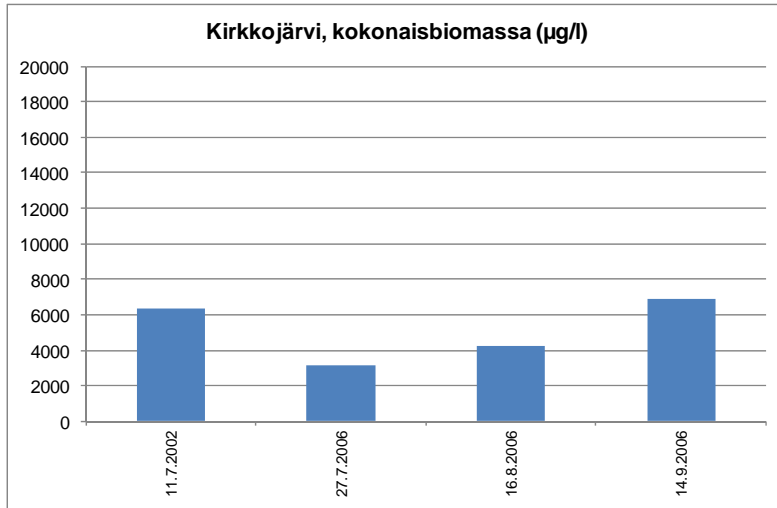
**HIIDENVESI - Eri kalalajien keskikoko (g) verkkokoekalastussaaliissa vuosina 1997-2010**

LAJI	1997			1998			1999			2000			2001			2007		2010	
	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Nummelan-selkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Kiihkelyksen-selkä	Kirkkojärvi-Mustionselkä	Kiihkelyksen-selkä
Ahven	11,0	21,4	18,3	24,0	5,1	17,9	14,4	19,1	17,4	18,3	21,2	21,4	10,0	21,1	23,0	19,0	16,0	24,2	16,6
Kuha	44,7	127,8	112,6	87,6	74,1	177,1	14,4	16,3	35,3	92,3	79,4	114,3	35,4	19,4	66,7	74,0	99,0	16,3	22,6
Kiiski	5,5	3,3	7,3	6,2	9,1	8,1	5,9	5,6	7,3	5,9	4,1	8,9	5,7	5,7	5,3	6,0	5,0	3,6	6,7
Hauki	-	600,0	-	96,5	-	-	200,0	100,0	-	500,0	-	-	666,7	400,0	-	-	282,0	-	-
Kuore	1,0	0,0	2,5	4,0	0,0	2,9	-	2,5	2,5	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	2,7	-	4,0	-	4,4
Muikku	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0	-	-	23,1	-	42,0	-	38,0
Made	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120,0	-	155,0
Särki	15,7	21,2	25,9	17,2	6,7	22,8	17,8	21,5	29,7	24,2	33,9	32,6	25,6	26,5	32,7	19,0	36,0	16,6	40,6
Sorva	212,0	-	-	36,0	-	-	200,0	-	-	0,0	-	-	62,5	0,0	-	344,0	218,0	20,0	-
Salakka	9,7	8,6	11,4	6,4	6,2	12,6	6,6	9,3	13,1	7,4	10,1	12,1	8,8	8,6	15,8	14,0	21,0	17,5	23,2
Pasuri	17,1	20,9	18,1	10,6	16,0	18,5	12,5	14,2	18,8	8,8	13,2	18,5	13,8	11,4	17,9	32,0	40,0	19,8	41,6
Lahna	35,8	37,5	82,5	18,3	12,2	69,5	9,1	26,8	50,0	16,4	20,0	42,9	31,4	37,5	100,0	20,0	55,0	39,6	52,2
Sulkava	240,4	200,0	79,0	161,2	187,5	98,0	270,8	81,8	250,0	164,0	100,0	100,0	208,7	200,0	250,0	303,0	327,0	363,7	424,4
Toutain	271,0	-	-	33,0	0,0	-	66,7	228,6	400,0	250,0	300,0	266,7	325,0	450,0	500,0	-	-	-	-
Muut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-

Liite 2. Hiidenveden kolmen havaintoaseman keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus kasvukaudella vuosina 1992-1995, 1996-2001 ja 2002-2011.

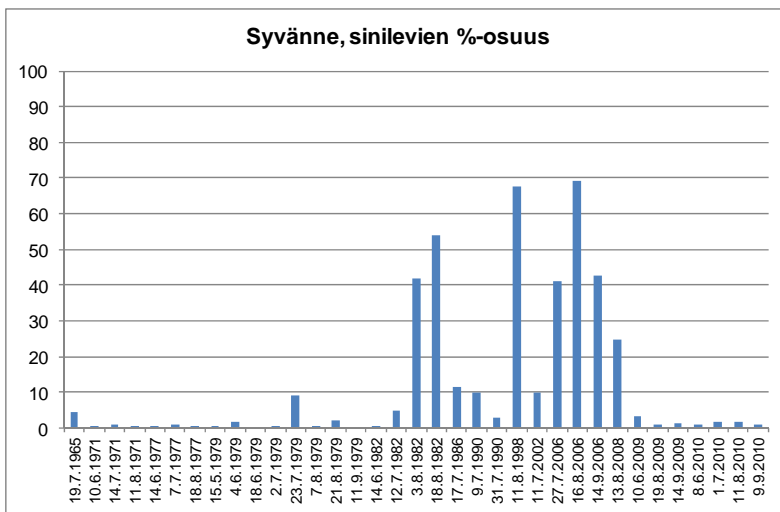
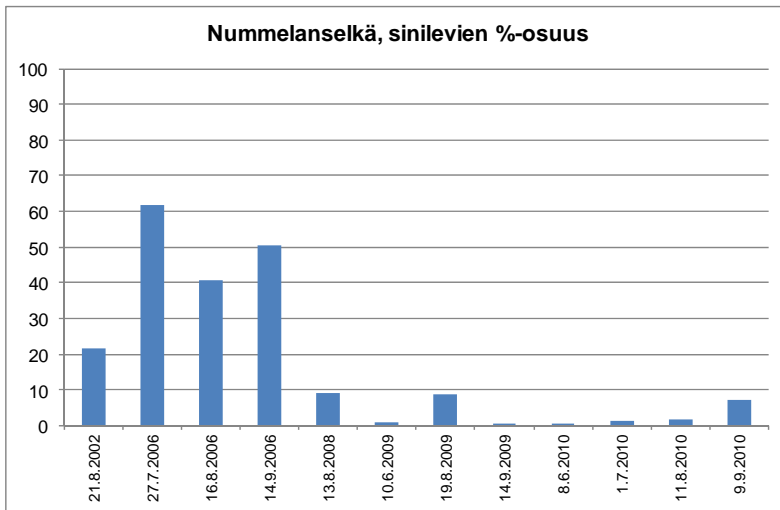
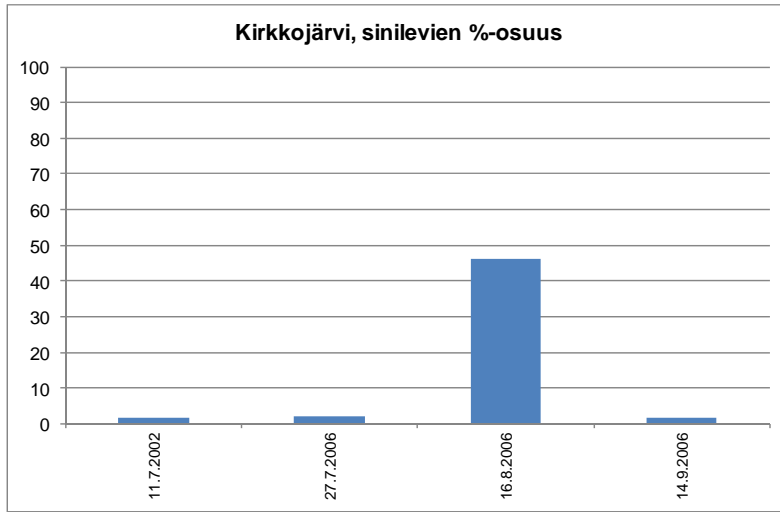


Liite 3. Hiidenveden havaintoasemien kasviplanktonbiomassa 0-2 m kokoomanäytteissä.

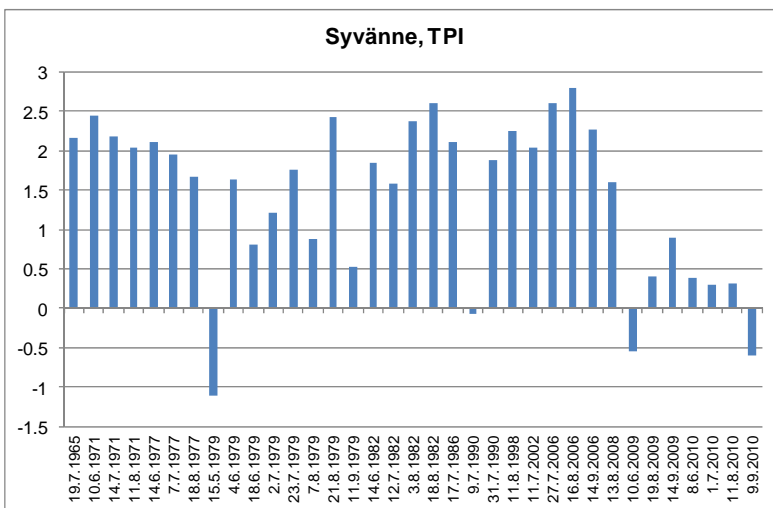
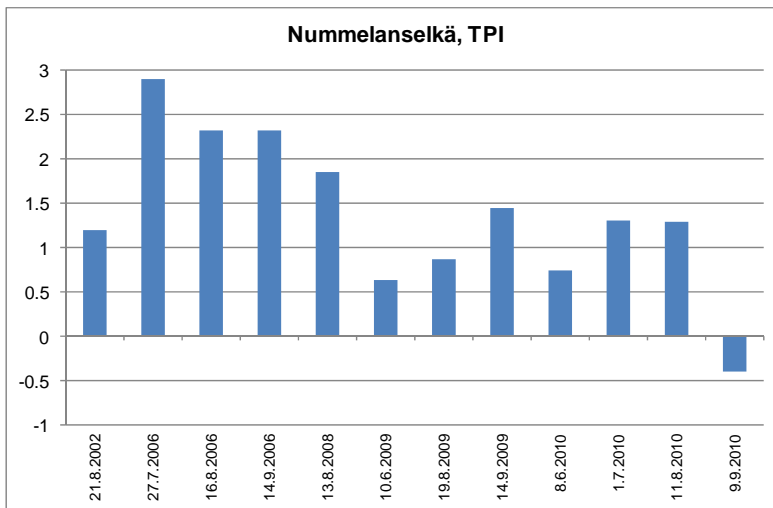
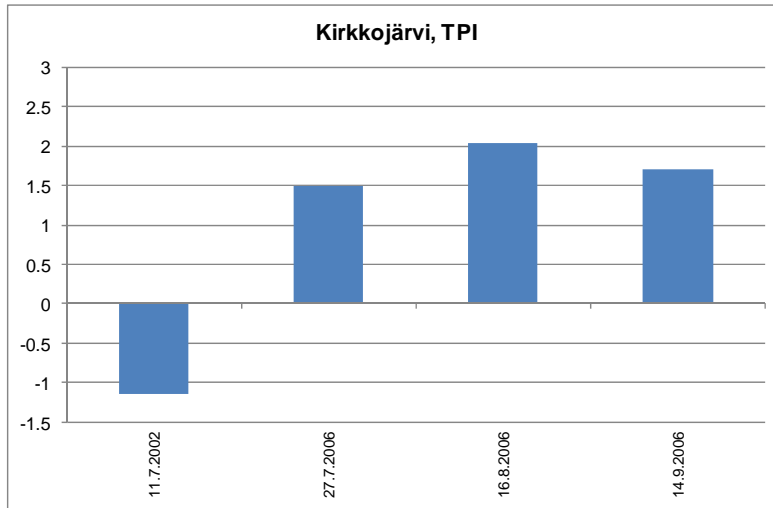




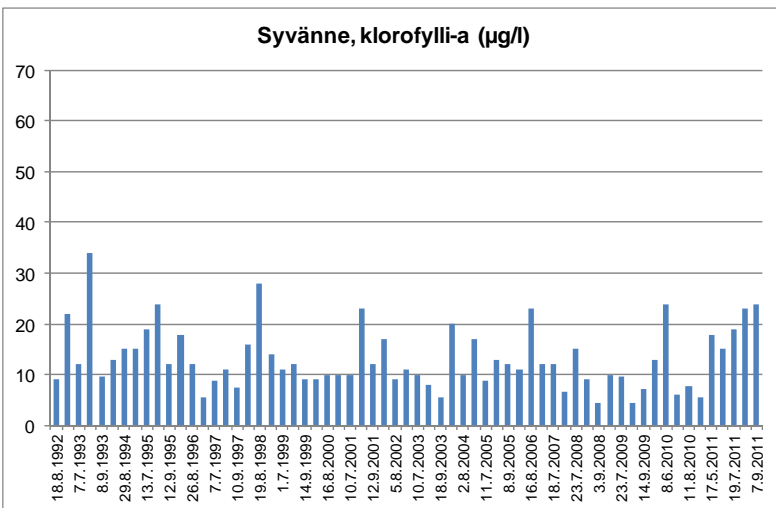
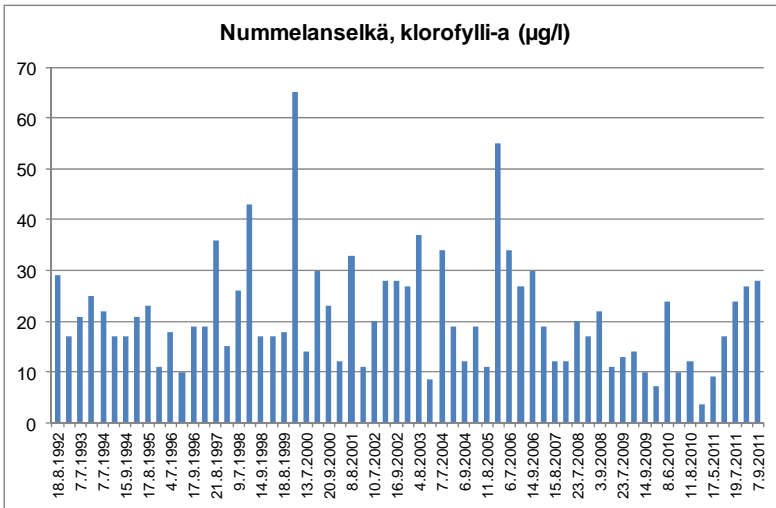
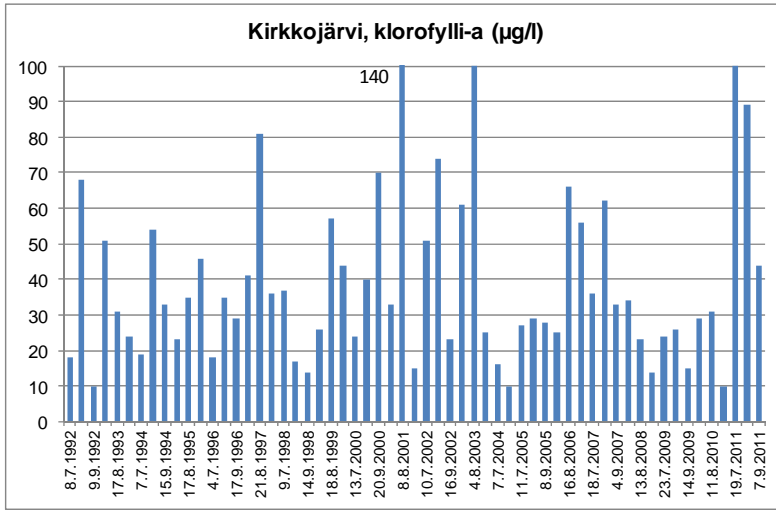
Liite 4. Sinilevien osuus Hiidenveden kasviplanktonnäytteissä (0-2 m kokooma).



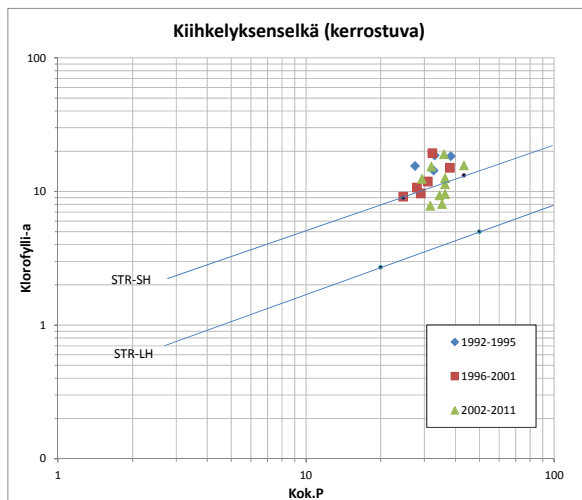
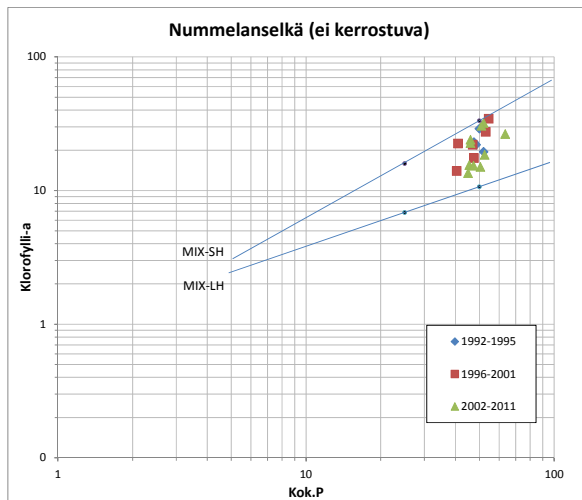
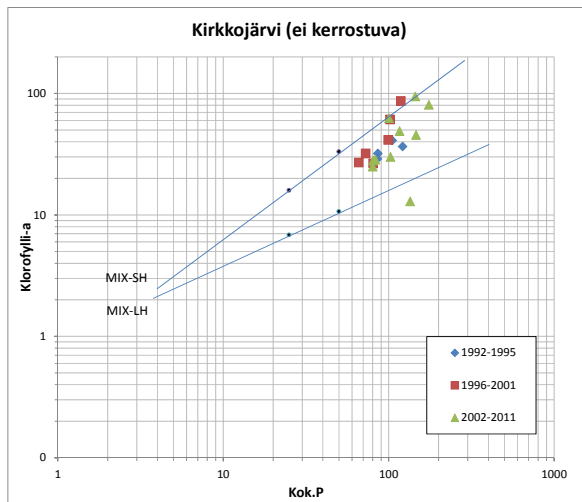
Liite 5. Hiidenveden kasviplanktonlajiston perusteella laskettu TPI-indeksi (0-2 m kokooma).



Liite 6. Klorofylli-a:n pitoisuus Hiidenveden havaintoasemilla vuosina 1992-2011 (0-2 m kokooma).



Liite 7. Klorofylli-a:n ja kokonaisfosforin suhde Kirkkojärvellä, Nummelanselällä ja Kiihkelyksenselällä 1992-2011.



Liite 8. Ravintoketjukurinostusosion asiantuntijapalaverihin osallistuneet henkilöt ja suunnitelmaluonnosta kommentoineet asiantuntijat. Tilaaan ja konsulttien edustajat kursivilla.

Nimi	Organisaatio/yhteisö
Jukka Horppila	Helsingin yliopisto
Hannu Lehtonen	Helsingin yliopisto
Mikko Olin	Helsingin yliopisto
Tommi Malinen	Helsingin yliopisto
Mikko Koivurinta	Uudenmaan ELY
Markku Kaukoranta	Uudenmaan ELY
Petri Savola	Uudenmaan ELY
Pasi Lempinen	Uudenmaan ELY
Pekka Ilmarinen	Hiidenveden kalastusalue
Risto Kivistö	Hiidenveden kalastusalue
<i>Sanna Helttunen</i>	<i>Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry</i>
<i>Anu Suonpää</i>	<i>Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry</i>
<i>Jaana Pönni</i>	<i>Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry</i>
<i>Heikki Alaja</i>	<i>Jyväskylän yliopisto, Ympäristötutkimuskeskus</i>
<i>Anne-Marie Hagman</i>	<i>Ramboll</i>

Suunnitelmaluonnosta kommentoineet asiantuntijat:

Ilkka Sammakorpi, Suomen ympäristökeskus

Markku Puustinen, Suomen ympäristökeskus

