
RKTL:n työraportteja 1/2012

Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin

Tekijät: Aki Mäki-Petäys, Olli van der Meer, Atso Romakkaniemi, Panu Orell, Peter Rivinoja, Jaakko Erkinaro



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2012

ISBN 978-951-776-872-6 (Verkkójulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkkójulkaisu)

RKTL 2012

Kuvailulehti

Tekijät Aki Mäki-Petäys, Olli van der Meer, Atso Romakkaniemi, Panu Orell, Peter Rivinoja, Jaakko Erkinaro			
Nimeke Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin			
Vuosi 2012	Sivumäärä 41	ISBN 978-951-776-872-6	ISSN ISSN 1799-4756 (PDF)
Yksikkö/tutkimusohjelma Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut			
Hyväksynyt Riitta Rahkonen			
Tiivistelmä <p>Kalatiestrategian tavoitteena on edistää vaelluskalojen potentiaalisten lisääntymisalueiden käyttöönottoa kalateiden avulla sekä ohjata kalakantojen hoidon keinovalikoiman painopistettä istutuksista luontaisen lisääntymiskierroon varmistamiseen. Tässä selvityksessä tarkasteltiin lohikannan mahdollisia kehittymisnäköymiä li- ja Kemijoella 50 vuoden aikahorisontissa käyttäen apuna lohen elinkierron eri vaiheiden hävikin arvioimiseksi laadittua populaatiomallia. Kummallekin joelle muodostettiin yhdeksän vaihtoehtoista skenaariota, joiden välillä kutupopulaation koko vaihteli reilusta sadasta useampaan tuhanteen. Sellaiset skenaariot, joissa kalastusta säädeltiin nykykäytännön mukaisesti tai jonkun verran tiukemmin, johtivat voimakkaiden tuki-istutusten jälkeen selvään kutupopulaation ja smolttituotannon laskuun. Voimakkaimmin kalastusta rajoitettavissa skenaarioissa kutupopulaation koko asettuu jo sellaisella tasolle, että lohikannan luonnonlisäntymisellä on jo suuri merkitys ja lohikannan luontaisen elinkierron palauttaminen on ainakin osittain mahdollista. Jokiympäristön tukitoimina poikastuotantoalueiden parantaminen sekä smolttien alusvaellusta edistävät rakenteet kasvattivat lohikannan kokoa selvästi.</p> <p>Tässä työssä laadittu laskentamalli tarjosi hyvän lähtökohdan vaelluskalakantojen palauttamiseen tai kotiuttamiseen tähtäävien tuki- ja säätelytoimien tarpeiden ja vaikutusten arviointiin. Mallinnustulokset osoittavat havainnollisesti, kuinka rakennettujen jokien lohikantojen palauttamiseksi tarvitaan kokonaisvaltaista ja määrätietoista päätöksentekoa. Kannan palauttamiseen on hyvät mahdollisuudet ainoastaan, jos syönnös- ja kutuvaelluksen kalastusta vähennetään nykyisestä tasosta kauttaaltaan ja samalla kalojen vaellus joessa ylä- ja alavirtaan pystytään aikaansaamaan kohtuullisin tappioin.</p>			
Asiasanat Lohi, kalatie, populaatiomalli, elinkierto, kalastuksen säätely, tukitoimenpiteet, skenaario, päätöksenteko			
Julkaisun verkko-osoite http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/tyoraportteja_1_2012.pdf			
Yhteydenotot Aki Mäki-Petäys, aki.maki-petays@rktl.fi			
Muita tietoja			

Sisällys

Kuvailulehti	3
1. Taustaa	5
2. Menetelmät	7
2.1. Lähtökohdat lohen palauttamistoimenpiteille	7
2.2. Populaatiomallinnuksen periaate	7
2.3. Mallinnuksen kuolevuusparametrit	9
2.4. Tukitoimenpiteiden ja kalastuksen säätelyn skenaarit	11
2.5. Mallin validointi	12
3. Tulokset	14
3.1 Iijoki	14
3.1.1. Skenaario A	16
3.1.2. Skenaario B	17
3.1.3. Skenaario C	18
3.1.4. Skenaario D	19
3.1.5. Skenaario E	20
3.1.6. Skenaario F	21
3.1.7. Skenaario G	22
3.1.8. Skenaario H	23
3.1.9. Skenaario I	24
3.2 Kemijoki	25
3.2.1. Skenaario A	27
3.2.2. Skenaario B	28
3.2.3. Skenaario C	29
3.2.4. Skenaario D	30
3.2.5. Skenaario E	31
3.2.6. Skenaario F	32
3.2.7. Skenaario G	33
3.2.8. Skenaario H	34
3.2.9. Skenaario I	35
4. Pohdinta, johtopäätökset ja suositukset	36
Viitteet	38
Liitteet	40

1. Taustaa

Euroopan Unionin uuden vesipolitiikan myötä rakennettujen jokien kalatiet ja vaelluskalojen palauttaminen ovat vahvasti esillä maamme kalatalouden ja ympäristönhoidon tavoitteissa ja toimenpiteissä. Näiden asioiden ajankohtaisuutta ja merkitystä korostavat vuonna 2012 voimaanastuvan kansallisen Kalatiestrategian huomioiminen Kataisen hallituksen hallitusohjelmassa (22.6.2011) sekä alueelliset kalatiehankkeet muun muassa Oulujoella, Iijoen, Kemijoen ja Kymijoen.

Kalatiestrategiassa toiminta-ajatuksena on ohjata kalakantojen ylläpitämisen ja hoidon keinovalikoiman painopistettä istutuksista luontaisen lisääntymiskierron varmistamiseen. Keskeisenä tavoitteena on parantaa kalojen kulkumahdollisuuksia rakennetuissa joissa ja edistää potentiaalisten lisääntymisaluiden käyttöönottoa kalateiden avulla. Riittävän kalamäärän saamiseksi lisääntymisalueille kalatieratkaisuja tukemaan tarvitaan kuitenkin kutukalojen yliiirtoja, kotiutusistutuksia, vaelluspoikasten alasvaellusmahdollisuuksien parantamista sekä kalastuksen säätelyä. Tästä syystä ennen kalatiehankkeiden toteuttamista tulisi laatia vesistökohtaiset suunnitelmat tarvittavista tuki- ja säätelytoimista hankkeen vaikutusalueella ja vaelluskalakannan elinkierron kaikissa vaiheissa. Erilaisten tuki- ja säätelytoimien tarpeita ja vaikutuksia on aiemmin arviotu biologian, sosioekonomian ja juridiikan näkökulmista (esim. Laine ym. 2002, Laine 2008, Karjalainen ym. 2011). Tässä selvityksessä kohdejoiksi valittiin Perämereen laskevat Ii- ja Kemijoki, joissa aiempia biologisia tarkasteluja (Laine ym. 2002, van der Meer ym. 2011) laajennettiin ja tarkennettiin, ja niiden perusteella laadittiin päättöksentekoa palveleva mallinnustyökalu lohikantojen kehityksen ennustamiseksi erilaisissa tulevaisuuskenaarioissa.

Kalatiestrategiassa Iijoki ja Kemijoki ovat kärkikohteiden joukossa, kun kriteerinä käytetään vaelluskalojen poikastuotantoalueiden määrää. Molemmat joet ovat myös tuoreen HELCOM -raportin (Helsinki Commission; HELCOM 2011) Itämeren alueen potentiaalisten lohijokien listalla. Iijoen ja sen sivujokien lohien potentiaalisiksi vaelluspoikastuotannoksi on arvioitu 200 000 kpl (van der Meer ym. 2011). Myös Kemijoen lisääntymis- ja poikastuotantoalueet sijaitsevat viiden voimalaitoksen yläpuolella, pääosin Kemijoen suurimmassa sivujoessa, Ounasjoessa, joka on välttynyt voimalaitosrakentamiselta (kuva 1). Kemi-Ounasjoen potentiaalisiksi smoltituotantokapasiteetiksi on arvioitu 300 000 vaelluspoikasta (Laine ym. 2002).

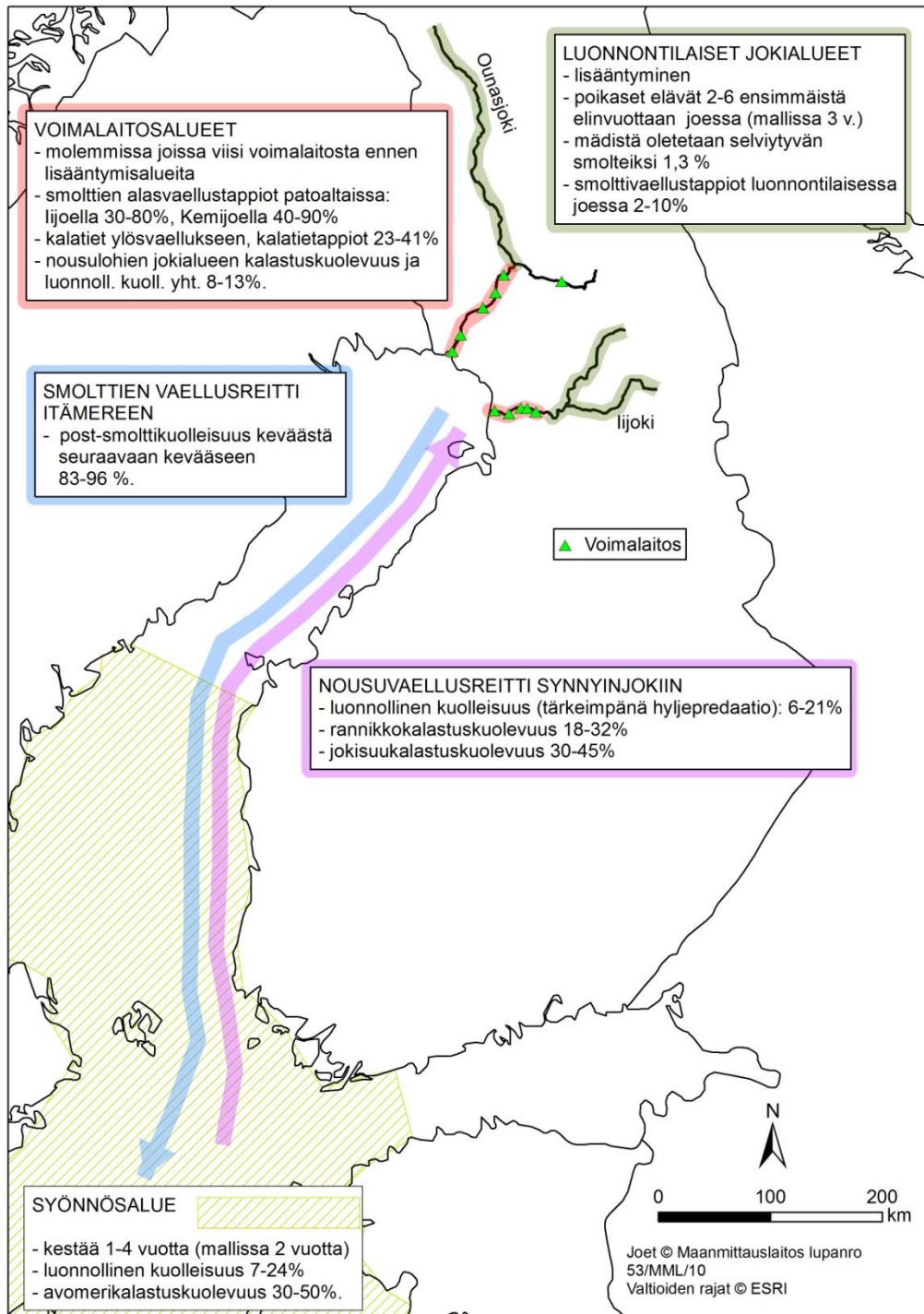
Molemmilla joilla toteutettujen tutkimusten (Orell ym. 2011, Jaukkuri ym. 2012) perusteella tiedetään, että lohien yliiirroilla voidaan käynnistää lohien luonnonpoikastuotanto ja istutuksilla voidaan synnyttää tietyille jokialueille leimautunut poikaskanta jo ennen kalateiden valmistumista.

Tällä hetkellä Ii- ja Kemijokisuun edustan terminaali-alueilla lohta voidaan pyytää muita merialueita vapaammin. Näillä alueilla lohikantoja on vuosikymmeniä hoidettu voimalaitosrakentajille määrättyillä velvoiteistutuksilla, joista peräisin olevat pyyntikokoiset kalat on tarkoitettu pyydettäväksi terminaalikalastuksen periaatteiden mukaisesti. Koska molemmilla joilla tavoitellaan lähitulevaisuudessa lohien luonnonkierron palauttamista kalateiden avulla, on perusteltua selvittää eri kalastusmuotojen säätelyn tarpeellisuutta ja tarvittavaa tehokkuutta joessa, jokisuulla ja lähirannikolla, Suomen rannikkovesillä sekä avomerellä.

Vaelluskalakannan kotiuttamista sekä tarvittavia tuki- ja säätelytoimia suunniteltaessa on syytä huomioida erityisesti ne elinkierron vaiheet, joissa kuolleisuus on suurta (kuva 1). Lisäksi on huomattava, että osaan näistä kuolleisuustekijöistä voidaan määrätietoisella yhteistyöllä ja päätöksenteolla vaikuttaa suoraan ja nopeasti (esim. kalastuksensäätely), kun taas joidenkin tekijöiden osalta vaiku-

Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin

tusmekanismit ovat epäsuoria, hitaampia ja osin tuntemattomia (esim. post-smolttikuoilleisuus). Tässä selvityksessä tarkasteltiin lohikannan mahdollisia kehittymisnäköymiä li- ja Kemijoella 50 vuoden aikahorisontissa käyttäen apuna lohen elinkierron eri vaiheiden hävikin arvioimiseksi laadittua populaatiomallia. Tavoitteena oli löytää sellaiset vaihtoehtoiset skenaariot, joissa kalatalous- ja ympäristöviranomaisten päätöksenteolla ja toimenpiteillä pystytään aikaansaamaan ja ylläpitämään lohen luonnonkierto li- ja Kemijoella.



Kuva 1. Lohen elinkierto Kemi- ja lijoella sekä elinvaiheisiin liittyviä tietoja.

2. Menetelmät

2.1. Lähtökohdat lohen palauttamistoimenpiteille

Tämän selvitystyön lähtökohtana on Vaelluskalat palaavat Iijokeen -hankkeessa (2008-2010, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=388113&lan=FI>) toteutettu monitavoitearviointi vaelluskalakantojen palauttamisen tukena (Karjalainen ym. 2011). Monitavoitearvioinnissa eri sidosryhmien ja toiminnanharjoittajien näkemyksistä parhaaksi valikoitui vaihtoehto, jossa Iijokeen rakennetaan kalatiet ja toteutetaan muita kalakantojen kotiutustoimia laajamittaisina. Tämän vaihtoehdon perusteella muotoiltiin seuraavat lähtöoletukset populaatiomallinnukselle sekä Iijoen ja Kemijoen osalta:

- Molempien jokien viiteen alimpaan voimalaitospatoon rakennetaan kalatiet lisääntymisalueille nouseville lohille.
- Kalateiden lisäksi voimalaitospatojen yhteydessä parannetaan vaelluspoikasten alasvaellusmahdollisuuksia sopivien ohjausrakenteiden avulla.
- Kalateiden valmistuttua ensimmäiset kuusi vuotta siirretään 300/450 (Iijoki/Kemijoki) nousulohta voimalaitosten yläpuolisille jokiosuuksille. Kalateiden valmistuttua ensimmäiset 12 vuotta jokialueille istutetaan vuosittain 500 000/ 750 000 (Iijoki/Kemijoki) 1-vuotiaista lohta.
- 12 vuotta kalateiden valmistumisen jälkeen istutuksia jatketaan vuosittain 100 000/150 000 (Iijoki/Kemijoki) 1-vuotiaalla jokipoikasella.

2.2. Populaatiomallinnuksen periaate

Populaatiomallinnusta varten lohen elinkierto yksinkertaistettiin siten, että tehtiin seuraavat oletukset:

- Kaikki poikaset vaeltavat mereen 3-vuotiaana.
- Merivaellus kestää kaikilla lohilla kaksi vuotta.
- Kudulle nousevista lohista puolet on naaraita.
- Naaraiden paino on 6 kg.
- Kuuden kilon naaraslohi tuottaa 8367 mätimunaa (Määttä 2000).
- Kukin lohi kutee vain kerran.

Mallinnus tehtiin Microsoftin Excel-ohjelmalla, johon oli liitetty apuohjelmana Monte Carlo -simulaatio (Structured Data, LCC 2011a). Taulukkolaskentaohjelmassa kutakin vuosiluokkaa seurattiin mädin määrästä kutupopulaation suuruuteen. Jokaisessa siirtymisessä elinvaiheesta toiseen vähennettiin vuosiluokan määrää kuolevuusparametrien perusteella. Kuvassa 2 esitetään yksinkertaistettu esitys kahdenkymmenen ensimmäisen vuoden laskennasta. Siinä ei ole esitetty kuolevuuksia hajontoina eikä elinvaiheisiin liittyviä kuolevuusparametreja ole eritelty (ks. taukko 1).

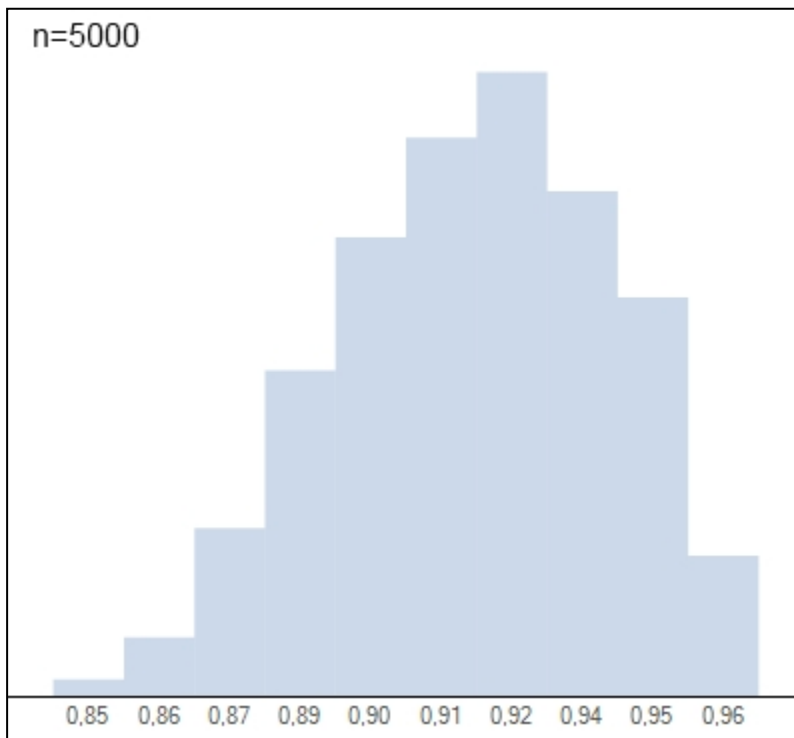
Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin

Vuosi	Ylisiirto	Mätimunia	1-v tuki-istukkaat	Smoltteja joessa	Smoltteja merellä	Nousulohia mereltä	Lohia kutu-alueilla	Naaraiden määrä
1	300		500 000				270	135
2	300	1 127 607	500 000				270	135
3	300	1 127 664	500 000	80 000	36 846		270	135
4	300	1 128 211	500 000	80 000	37 119		270	135
5	300	1 128 035	500 000	94 659	43 676	657	674	337
6	300	2 821 307	500 000	94 660	43 701	661	675	337
7		2 822 558	500 000	94 667	43 671	776	477	239
8		1 996 978	500 000	94 664	43 529	770	473	237
9		1 980 666	500 000	116 677	53 886	779	480	240
10		2 009 407	500 000	116 693	54 138	768	477	238
11		1 993 760	500 000	105 961	49 044	961	591	296
12		2 473 972	500 000	105 749	49 031	951	588	294
13		2 459 427	100 000	106 122	48 968	877	540	270
14		2 258 728	100 000	105 919	49 089	879	541	270
15		2 262 897	100 000	48 162	21 836	877	536	268
16		2 242 407	100 000	47 973	21 751	871	536	268
17		2 242 339	100 000	45 363	20 564	396	243	122
18		1 016 731	100 000	45 418	20 610	392	242	121
19		1 011 083	100 000	45 151	20 657	370	228	114
20		953 161	100 000	45 150	20 526	369	227	114

Kuva 2. Populaatiomallituksen periaate yksinkertaistettuna. Samanvärisillä korostuksilla seurataan samaa vuosiluokkaa. Oikeanpuolimmaisessa sarakkeessa olevasta kutunaaraiden määrästä lasketaan seuraavalle riville mätimunia määrä (3. sarakke vasemmalta), josta uusi lohisukupolvi saa alkunsa. Lohen elinvaiheet sarakkeissa ja vuodet riveillä. Taulukon luvut lijoen skenaario A:n (taulukko 2) mediaaneja.

Monte Carlo -simulointia käyttäen voidaan lohen eri elinvaiheiden kuolevuusarvoissa oleva epävarmuus ja vaihtelu ottaa huomioon poimimalla simulaatioissa käytetyt arvot tilastollisista jakaumista. Tilastollisilla jakaumilla voidaan kuvata esimerkiksi nykytilannetta, jossa arvio nykytilanteen jostain parametristä sisältää epävarmuutta johtuen sekä mittausepävarmuudesta (epätarkat havaintoaineistot) että luonnonprosesseissa olevista vaihteluista. Esimerkiksi tämän hetken tilanteessa luonnon- ja istutuspoikasten keskimääräinen postsmolttikuolevuus on arvioitu olevan 83,2 – 96,3 %, ja todennäköisimmän luvun eli moodin ollessa 91,8 % (ICES 2010, Atso Romakkaniemi, kirjall. tiedonanto 20.4.2011, kuva 3).

Käytettäessä tämänmuotoista tilastollista jakaumaa yhden kiinteän luvun sijaan populaatiomalli laskee todennäköisyysalueen lohipopulaation koolle postsmolttivaiheen jälkeen oletuksella että postsmolttikuolevuus säilyy nykyisensuuruisena. Kuolevuusparametreille voidaan antaa myös nykyisestä poikkeavia arvoja ja erilaisia tilastollisia jakaumamuotoja. Tällöin simuloidaan kuvitteellisia tilanteita, joissa kuolevuuden oletetaan vaihtelevan annettujen tilastollisten jakaumien mukaisesti. Ii- ja Kemi-joen lohien Monte Carlo -simulaatioissa annettiin lohen elinvaiheiden jokaiselle kuolevuusparametrille satunnaislukuja etukäteen muodostettujen todennäköisyysjakaumien mukaisesti 5000 kertaa. Suurella simulaatioiden määrällä saatiin katettua hyvin kaikki kuolevuusarvoille määritetty vaihtelu. Ohjelma antaa useammin lähempänä moodia olevia lukuja kuin ääriarvoilla olevia lukuja (Structured Data, LCC 2011b).



Kuva 3. Post-smolttkuolevuuden tilastollinen jakauma pohjautuen arvioon nykyisentasoisesta kuolevuudesta ja arvioon liittyvästä epävarmuudesta. Ohjelma arpoi kuolevuuslukuja 5000 kertaa; pylvään korkeus kertoo kunkin kuolevuusarvon suhteellisen osuuden arvottavista luvuista (moodi 0,918 arvotaan useimmin).

2.3. Mallinnuksen kuolevuusparametrit

Lohen elinkiertoon liittyvät kuolevuudet arvioitiin saatavilla olevan tutkimustiedon perusteella. Kemi- ja Iijoen lohikannoille käytettiin samoja kuolevuuslukuja, koska kantaspesifistä tutkimustietoa ei juuri ole ja toisaalta olemassa olevat tiedot viittaavat varsin samansuuruisiin kuolevuuksiin.

Lohien selviytyminen mätimunista vaelluspoikasiksi perustuu Perämeren luonnonlohikantojen arviointituloksiin (ICES 2010), joista on valikoitu Iijoen ja Ounasjoen suuruusluokkaa olevien, tuotantoalueiltaan samantapaisten (‘keskilaatuisten’) jokien tuloksia. Selviytyminen mädistä smoltiksi riippuu lisääntymisalueiden ominaisuuksien lisäksi kudun runsaudesta: vähäisillä kutukalojen määrillä selviytyminen on hyvinkin korkeaa, mutta selviytyminen heikkenee nopeasti kutukalojen runsastuessa, koska syntyvät poikaset joutuvat kamppailemaan enenevässä määrin elintilasta ja ravinnosta. Ii- ja Ounasjoen mallinnuksessa yleisimmin käytetty mädistä smoltiksi selviytyminen vastaa tilannetta, jossa lisääntymisalueilla on suhteellisen vähän kutulohia suhteessa niiden laajuuteen ja siten poikasilla on vain lievää keskinäistä kilpailua.

Yksivuotiaiden lohi-istukkaiden selviytymisprosentti vaelluspoikasiksi on saatu Tornionjoen samanikäisille istukkaille arvioidusta selviytymisestä (Romakkaniemi 2008). Lohen vaelluspoikasten vaellustappiot jokien luonnonmukaisilla osuuksilla on arvioitu samaksi kuin mihin Laine ym. (2002) ovat päätyneet aiemmin tehdyssä Ounasjoen selvityksessä. Smolttien alasvaellustappiot molempien jokien patoaltaissa on arvioitu Oulujoelta saatujen tutkimustulosten perusteella (Annala 2002). Yhdessä skenaariossa käytettiin suurempaa alasvaellustappioprosenttia (Laine ym. 2002), koska haluttiin arvioida sen vaikutusta lopputulokseen.

Post-smolttivaiheen kuolevuusjakauma perustuu Kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) vuonna 2010 tekemän lohikanta-arvioinnin tuloksiin (ICES 2010) niin, että luonnonsmolttien ja laitosmolttien kuolevuuksista on laskettu keskiarvo. Tähän päädyttiin sillä perusteella, että lohien palauttamispyrkimysten alkuvaiheessa vain pieni osa smolteista on luonnonlisääntymisestä peräisin. Myöhemmin vuosina ja varsinkin suuren kutupopulaation tuottamissa skenaarioissa yhä suurempi osa smolteista on täysin luonnonkaloja, jolloin kuolevuusarvio on mahdollisesti hieman liian suuri.

Itämerenaikaisen luonnollisen ja avomerikalastuskuolevuuden sekä kutunousun aikaisen hyljepredaation ja rannikkokalastuksen aiheuttaman kuolevuuden jakaumat on myös saatu ICESin kanta-arvioinneista (ICES 2010). ICESin arviointituloksia kuitenkin muokattiin ottamaan huomioon mallinnuksessa käytetty yksinkertaistus eli se, että merivaellus oletetaan kestävän kaikilla lohilla kaksi vuotta. Tutkimusten mukaan noin puolet lohista jää vielä kahden vuoden jälkeen syönnösalueille ja altistuvat näin pidempään syönnösalueen luonnolliselle ja kalastuskuolevuudelle (esim. Romakkaniemi 2008). Syönnösvaiheen kuolevuudet uudelleenlaskettiin tämän tiedon pohjalta ja saatujen tulosten soveltuvuus tarkistettiin siten, että koko merivaiheen eloonjäänti vaelluspoikasesta takaisin jokeen kudulle pyrkiväksi loheksi todettiin samansuuruisiksi kuin ICESin arvioissa.

Jokisuukalastuksen aiheuttama kuolevuus on arvioitu Tornionjoella tehtyjen tutkimusten perusteella (Fiskeriverket ja RKTL 2011) olettaen, että rakennetun joen terminaalialueen (jokisuun merialue ja joen alaosa ensimmäiseen voimalaitokseen saakka) kalastus on yhdessä samanlainen voimakkuudeltaan kuin Tornionjokisuun sisäsaariston ja joen kalastukset yhdessä.

Kalatietappioiden moodi on laskettu sillä olettamuksella, että lohista 90 % nousee ensimmäiset kalatiet ja että viimeisen kalatien selvittää jo 95 % nousulohista (Laine, A. kirjall. tiedonanto 23.3.2011, Haynes 1992). Jokikalastuskuolevuus on arvioitu tilanteessa, jossa kalastuksen valvonta on hoidettu hyvin ja lohta koskevat kalastusrajoitukset ovat tiukkoja.

Taulukkoon 1 on koottu mallinnuksessa käytetyt parametrit, parametrien arvot tai jakaumien tunnusluvut sekä viitteet, joiden perusteella arvoon päädyttiin. Maksimaalista vaelluspoikastuotantoa käytettiin mallissa populaatiokoon leikkurina, jolla estettiin populaatiokoon kasvu epärealistisen suureksi.

Taulukko 1. Lohen populaatiomallissa käytetyt kuolevuusparametrit. Tummennetulla esitetään ne kuolevuudet, joita säädettiin eri skenaarioissa. * kirjall. tiedonanto

Elinvaihe/kuolevuus	Kuolevuusjakauma-% (min; moodi; max)	Viite
Mätimunasta vaelluspoikaseksi	98,7 (ei jakaumaa)	ICES 2010 ja Romakkaniemi 2011*
1-v. jokipoikasistukkaasta vaelluspoikaseksi	84,0 (ei jakaumaa)	Romakkaniemi 2008
Smolttivaellus li- ja Ounasjoen luonnonuomassa	2,0; 5,0; 10,0	Laine ym. 2002
Smolttivaellus patoaltaissa	30,0; 50,0; 80,0	Annala 2008
Post-smolttivaihe	83,2; 91,8; 96,3	ICES 2010 ja Romakkaniemi 2011*
Luonnollinen kuolleisuus Itämeressä	7,0; 15,0; 24,0	ICES 2010 ja Romakkaniemi 2011*
Avomerikalastuskuolevuus Itämeressä	30,0; 40,0; 50,0	ICES 2010 ja Romakkaniemi 2011*
Hyljepredaatio nousuvaelluksen aikana	5,7; 13,2; 20,8	ICES 2010 ja Romakkaniemi 2011*
Rannikkokalastus nousuvaelluksen aikana	17,8; 24,6; 31,8	ICES 2010 ja Romakkaniemi 2011*
Jokisuukalastus nousuvaelluksen aikana	30,0; 36,0; 45,0	Fiskeriverket ja RKTL 2011
Kalatietaappiot	23,0; 31,0; 41,0	Laine 2011* ja Haines 1992
Jokikalastus	8,0; 10,0; 13,0	

2.4. Tukitoimenpiteiden ja kalastuksen säätelyn skenaariot

Populaatiomallilla laskettiin useita eri skenaarioita, joiden perusteella arvioitiin lohen palauttamisen edellytyksiä ja mahdollisten lisätoimien tarpeellisuutta lohikannan palauttamisessa. Mallinnukset tehtiin viidellekymmenelle vuodelle kalateiden rakentamisesta eteenpäin, mikä noudattaa kalateihin liittyvien tukitoimien toteutuksessa Kalatiestrategian pitkän aikajänteen linjausta. Tarkasteluun valittiin yhdeksän skenaariota (A - I), joissa mallinnetaan eri toimenpiteiden ja ympäristötekijöissä tapahtuvien muutosten (Taulukko 2) vaikutukset lohien kutukantaan ja smolttituotantoon tällä aikajänteellä. Lisäksi esitetään lohikannan koko lohen eri elinvaiheissa 50 vuotta oletettujen kalateiden valmistuksen jälkeen eri skenaariossa sekä niistä riippuva saaliin alueellinen jakaantuminen avomereltä jokikalastukseen saakka. Kaikki edellä mainitut tarkastelut tehtiin erikseen lijoen ja Kemijoen lohikannoille, ja niissä jätettiin huomioimatta näiden jokien velvoiteistutuspoikasten vaikutukset kantojen kehitykseen.

Kalastuksen säätelyyn liittyen skenaarioissa muutettiin yksittäin ja erilaisina yhdistelminä lohen elinkierron eri vaiheiden kalastuskuolevuuksia (avomeri, rannikko, jokisuu ja joki). Lisäksi muutettiin istutusmäärien ja elinympäristön tilan ja kalojen kulkumahdollisuuden parametrejä. Virtavesien uoma- ja valuma-aluekunnostuksilla oletettiin olevan mahdollista parantaa elinympäristön laatua ja sitä kautta mätimunasta vaelluspoikaseksi selviytymistä tasolle, mikä löytyy parhaista Pohjanlahden joista (ICES 2010). Vaelluspoikasten alasvaellusta edistävien toimenpiteiden tarpeellisuutta arvioitiin käytämällä lähtöoletusta korkeampaa kuolevuusparametria, jollaiseksi vaelluspoikasten hävikki voi kohoilla ilman alasvaellusta parantavia ohjausrakenteita (Laine ym. 2002).

Taulukko 2. Kuolevuushajonnat (min % - max %), joita säädettiin eri skenaarioissa. Yksivuotiaiden istutusmäärä on 12 vuoden jälkeen tehtävän tuki-istutuksen istutusmäärä (kpl). Harmaalla on korostettu ne kuolevuudet, joita säädettiin ko. skenaariossa.

Elinvaihe/ kuolevuus	Mätimunasta smoltiksi	Smolttivaellus patoaltaissa	Post- smolttvaihe	Avomeri- kalastus	Rannikko- kalastus	Jokisuu- kalastus	Yksivuotiaiden istutumäärä
Skenaario A	98,7	30 - 80	83 - 96	30 - 50	18 - 32	30 - 45	100000
Skenaario B	98,7	30 - 80	83 - 96	10 - 25	18 - 32	30 - 45	100000
Skenaario C	98,7	30 - 80	83 - 96	10 - 25	8 - 12	30 - 45	100000
Skenaario D	98,7	30 - 80	83 - 96	10 - 25	8 - 12	8 - 12	100000
Skenaario E	98,7	30 - 80	83 - 96	8 - 12	8 - 12	8 - 12	100000
Skenaario F	98,7	30 - 80	80 - 92	10 - 25	8 - 12	8 - 12	100000
Skenaario G	98,7	30 - 80	80 - 92	10 - 25	8 - 12	8 - 12	300000
Skenaario H	97,4	30 - 80	83 - 96	10 - 25	8 - 12	8 - 12	100000
Skenaario I	97,4	60 - 80	83 - 96	10 - 25	8 - 12	8 - 12	100000

Skenaario A:ta voidaan pitää tämän hetken lähtötilanteena, johon on otettu kalastuskuolevuudet vuoden 2010 tilanteesta (ICES 2010). Muut skenaariot voidaan ilmaista sanallisesti seuraavasti:

- Skenaario B kuvaa tilannetta, johon päästäisiin nykytilanteessa mikäli avomerikalastuksessa ei olisi lainkaan raportoimattomia saaliita ja maat pysyisivät vuoden 2011 (250 000 lohta) suuruisen kiintiön puitteissa.
- Skenaario C kuvaa tilannetta, johon päästäisiin esimerkiksi siten, että B-skenaariossa mainittujen asioiden lisäksi Pohjanlahden rannikkokalastusta vähennettäisiin voimakkaasti lukuun ottamatta jokisuiden kalastusta.
- Skenaario D:n tilanteeseen päästäisiin, mikäli Euroopan komission ehdotus lohen hoito-ohjelmasta toteutuisi lievässä muodossa: kiintiöseuranta kattaisi vain raportoidun ammattikalastussaliin, mutta raportoimatonta ammattikalastuksen saalista ja vapaa-ajan lohienkalastusta olisi merellä jokisuuta lukuunottamatta nykyisessä määrin.
- Skenaario E kuvaa voimakkainta kalastusrajoitusten tilannetta, johon voitaisiin päästä jos Euroopan komission ehdotus Itämeren lohienkalastuksen rajoittamisesta toteutuisi tiukimman mahdollisen tulokinnan mukaisesti: kiintiön ulkopuolista lohisaalista ei olisi juuri lainkaan ja samalla Suomi ja Ruotsi luopuisivat avomerikalastuksesta.
- Skenaario F kuvaa tilannetta, jossa post-smolttikuoolevuus olisi hieman pienentynyt. Syytä tämän hetken erittäin suureen post-smolttikuoolevuuteen ei tunneta, mutta todennäköisesti se johtuu useista Itämeren alueen ympäristötekijöistä.
- Skenaario G kuvaa samaa tilannetta kuin skenaario F, mutta siinä tilannetta mallinnetaan suuremmilla jokialueen tuki-istutuksilla.
- Skenaario H kuvaa skenaario D:n tilannetta muutoin, mutta tässä skenaariossa lohenoikasten selviytyminen mätimunasta vaelluspoikaseksi on lähtöoletusta suurempi.
- Skenaario I:ssä kuvataan skenaario H:n tilannetta muutoin, mutta vaelluspoikasten patoallastappiot oletetaan suuremmiksi kuin lähtöoletuksissa.

2.5. Mallin validointi

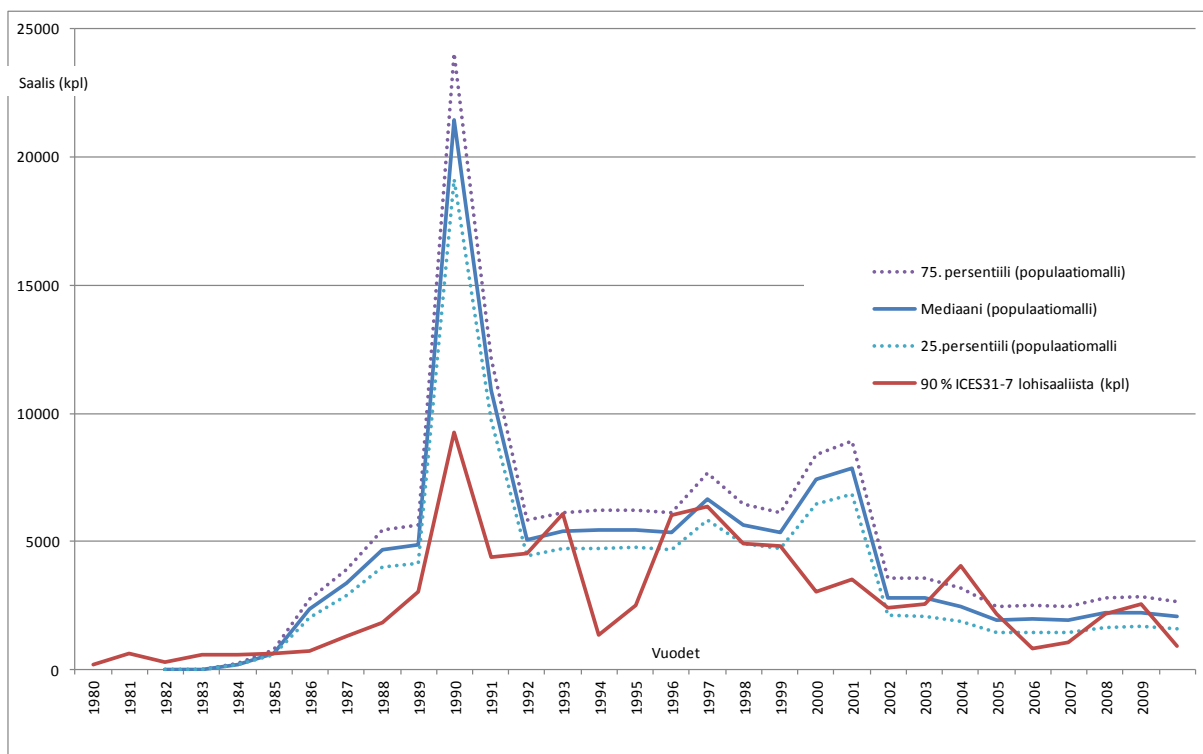
Kun verrataan lijkisuun kalastuskirjanpitoa ja kolmena vuonna tehtyä saalistiedustelua (Hiltunen 2010) ammattikalastuksen ICES31-7 pyyntiruudun saalismääriin päädytään arviointiin, että lijkisuulla on saatu keskimäärin 90 % ICES31-7 pyyntiruudun saaliista. Saalisarvio on melko karkea, joten sitä ei voida käyttää kuin suurluokka-arviona. Malli kalibroitiin edellisen pohjalta saatuihin lijkisuun saalisarvioihin vuosille 1980-2010 sopivaksi säätämällä avomerikalastuksen aikaisia kuolevuusarvoja hieman alkuperäisiä arvoja suuremmiksi (taulukko 3).

Malliin syötetyillä lohien kuolleisuusparametreilla ja velvoiteistutettujen smolttien lukumäärillä (Hiltunen 2010) voitiin todeta mallin antavan samaa suuruusluokkaa olevan saaliin lijojen jokisuulle kuin saalistilasto (kuva 4). Velvoiteistutukset alkoivat täysimääräisinä vasta vuonna 1985, joten 80-

luvun alkupuoli jää mallinnuksessa saalisennusteeltaan nollassa. Vuosina 1987 ja 1988 istutusmäärät olivat todella suuria, mutta saalistilastoissa huippu jää selvästi matalammaksi kuin mallin saalisennuste. Sen sijaan vuosina 1992 – 2000 tilastoista saatu saalisarvio asettuu melko hyvin mallin todennäköisyysvälin arvoihin.

Taulukko 3. Kuolevuusparametrien jakaumat (min; moodi; max) eri ajanjaksoina lijkisuun saaliisiin kalibroinnin jälkeen.

Ajanjakso	1980-1989	1990-1999	2000-2010
Post-smolttivaihe	47; 59; 70	73; 81; 87	80; 90; 94
Syönnöalue Itämeressä (luonnoll. kuoll.)	7; 15; 24	7; 15; 24	7; 15; 24
Syönnöalue Itämeressä (avomerikalastus)	60; 70; 80	45; 55; 65	30; 40; 50
Nousuvaellus (hyljepredaatio ym.)	1; 2; 2	2; 4; 6	6; 16; 27
Nousuvaellus (rannikkokalastus)	61; 71; 79	22; 31; 39	18; 25; 32
Nousuvaellus (jokisuukalastus)	30; 36; 45	30; 36; 45	30; 36; 45

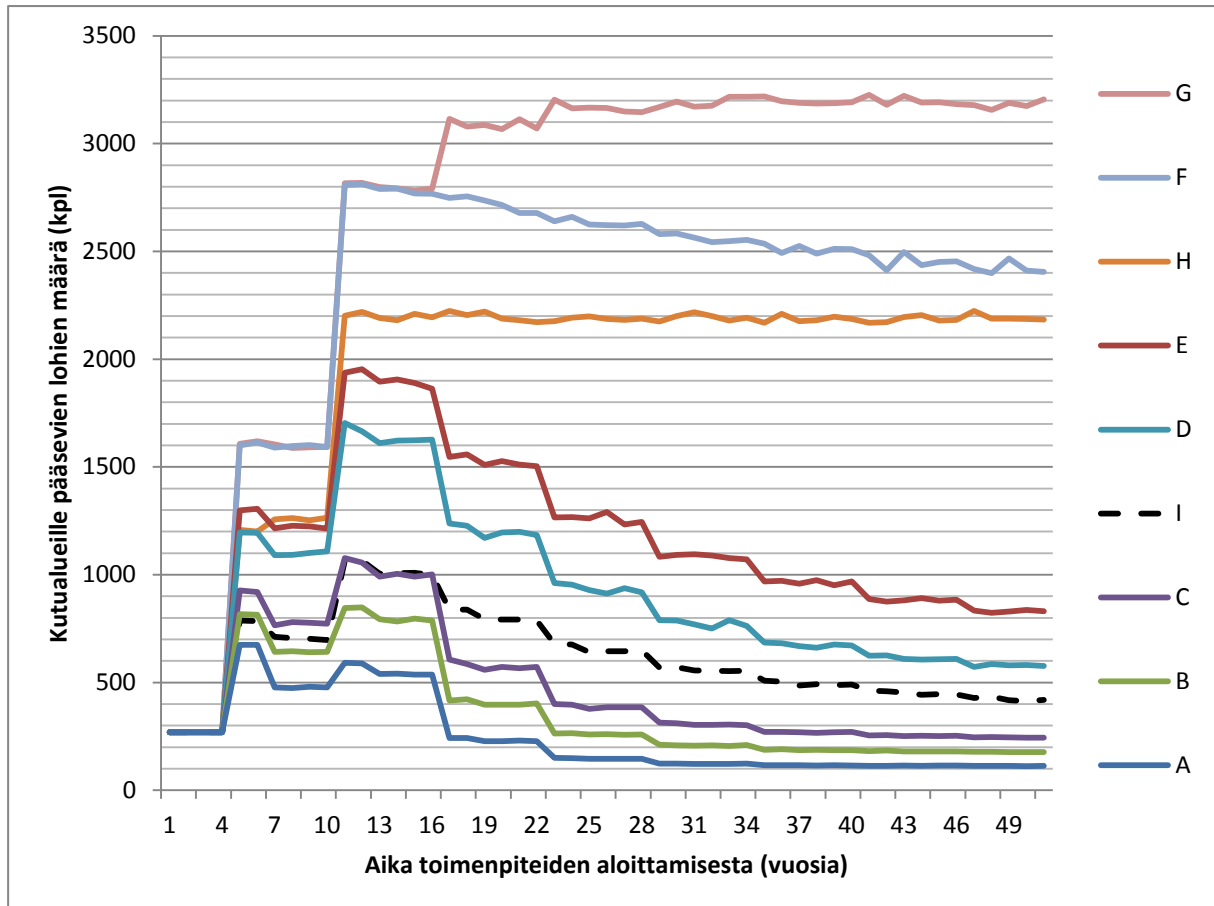


Kuva 4. Populaatiomallin ja saalistilastojen antama vuosittainen lohisaaliis (kpl) lijkisuulla.

3. Tulokset

3.1 Iijoki

Kutupopulaation koko 50 vuoden jälkeen vaihteli eri skenaarioiden välillä noin sadan ja yli 3 000 yksilön välillä (kuva 5).



Kuva 5. Kutemaan pääsevien lohien määrät (mediaanit) skenaarioissa A-I.

Skenaarioissa A – E nähdään selvä laskeva trendi ensimmäisen kahdentoista vuoden voimakkaiden tuki-istutusten jälkeen. Tosin voimakkaimmin kalastusta rajoitettavissa skenaarioissa (D ja E) kutupopulaation koko asettuu jo sellaisella tasolle, että lohikannan luonnonlisäntymisellä on jo suuri merkitys ja lohikannan luontaisen elinkierron palauttaminen Iijokeen on ainakin osittain mahdollista.

F- ja G-skenaarioiden antaman tuloksen perusteella lohien palauttaminen alentuneen post-smolttikuolevuuden tilanteessa olisi menestyksellistä.

Lohenpoikasten korkea selviytyminen mätimunasta vaelluspoikaseksi saa kutupopulaation koon pysymään vakaana 12 ensimmäisen vuoden voimakkaiden tuki-istutusten jälkeenkin (skenaariot H vs. D).

Skenaario I:ssä, jossa mallinnusparametrit olivat muutoin samat kuin skenaario H:ssa, mutta smolttien alasvaellustappiot suuremmat, merkitsee oleellisesti pienempää lohikannan kokoa (skenaario H vs. I).

Taulukko 4. Lohien määrä (mediaani) eri elinvaiheissa 50 vuoden jälkeen.

Elinvaihe	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Smoltteja luonnonkudusta	6 200	9 710	13 210	31 600	45 040	132 140	175 270	235 910	46 060
Smoltteja tuki-istutuksista	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	48 000	16 000	16 000
Luonnontilaisen osuuden jälkeen	21 030	24 310	27 690	45 130	57 780	140 280	187 440	187 820	58 730
Patoallastappioiden jälkeen	10 290	11 820	13 390	21 780	27 900	65 620	87 820	87 360	15 600
Post-smolttikuolevuuden jälkeen	890	1 020	1 140	1 870	2 440	8 130	10 750	7 340	1 370
Itämeren luonnollisen kuolevuuden jälkeen	750	870	990	1 630	2 100	6 900	9 200	6 260	1 210
Avomerikalastuksen jälkeen	440	700	800	1 340	1 910	5 560	7 390	5 020	970
Hyljepredaation jälkeen	390	610	690	1 160	1 650	4 810	6 410	4 340	840
Rannikkokalastuksen jälkeen	290	460	630	1 040	1 490	4 330	5 780	3 900	760
Jokisuukalastuksen jälkeen	180	290	400	940	1 340	3 900	5 190	3 510	680
Kalati tappioiden jälkeen	120	200	270	650	920	2 670	3 570	2 410	470
Jokikalastuksen jälkeen	110	180	240	580	830	2 400	3 200	2 170	420

Lohipopulaation koko eri elinvaiheissa on koottu taulukkoon 4 (mediaanit) ja liitteeseen 1 (todennäköisyysvälit 25. persenttiili – 75.persenttiili). Taulukosta 4 nähdään, miten eri elinvaiheissa tapahtuvat kuolevuudet verottavat lohikantaa.

Skenaario D:stä lähtien luonnonkudusta peräisin olevien smolttien määrät ovat suurempia kuin tuki-istukkaista peräisin olevien smolttien määrät.

Suurin yksittäinen leikkuri on post-smolttikuolevuus, jonka vaikutus näkyy selvästi kun verrataan F- ja G-skenaarioiden lukuja post-smolttikuolevuuden jälkeen muiden skenaarioiden vastaaviin lukuihin. Suhteellisen lievä post-smolttikuolevuuden lasku nykytilanteesta merkitsee kolminkertaisia kutulohimääriä (skenaario E vs. F).

Meri- ja jokisuukalastusta nykyistä voimakkaammin säätelämällä saavutetaan enimmillään 7-8 kertainen lisäys kudulle selviytyviin lohimääriin (skenaariot A vs. B-E). Lisäys on siis todella merkittävä mutta se ei vielä estä populaatiota vähitellen pienenemästä, ellei samanaikaisesti joko luontaiset olosuhteet parane tai toteuteta muitakin tukitoimia.

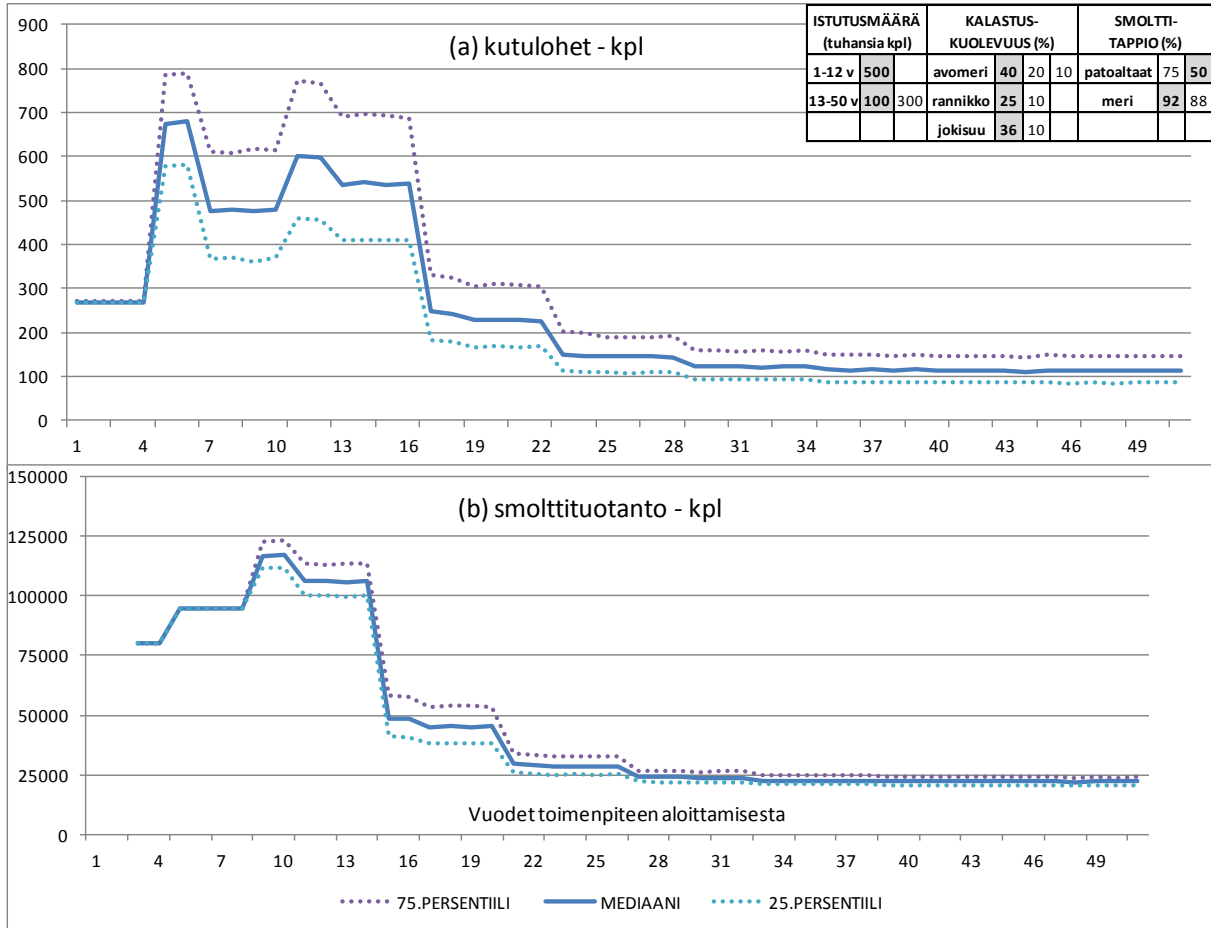
Smolttien suuremmat alasvaellustappiot pienentävät kutupopulaation koon viidennekseen (skenaariot H vs. I).

Lohenpoikasten parempi selviytyminen mätimunasta vaelluspoikaseksi saisi aikaan noin nelinkertaisen kutupopulaation koon viidenkymmenen vuoden aikajännteellä (skenaario D vs. H).

Vaelluspoikasten suuremmat alasvaellustappiot patoaltaissa pienentäisivät kutulohien määrän viidennekseen viidenkymmenen vuoden jälkeen (skenaario H vs. I).

3.1.1. Skenaario A

Kutupopulaation koko ja smolttituotanto laskevat jyrkästi 12 vuoden voimakkaiden tuki-istutusten jälkeen (kuva 6).



Kuva 6. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) nykytilannetta kuvaavassa skenaariossa A. Kuvan taulukossa esitetään tummennettuina tässä skenaariossa käytetyt kuolevuusparametrit.

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

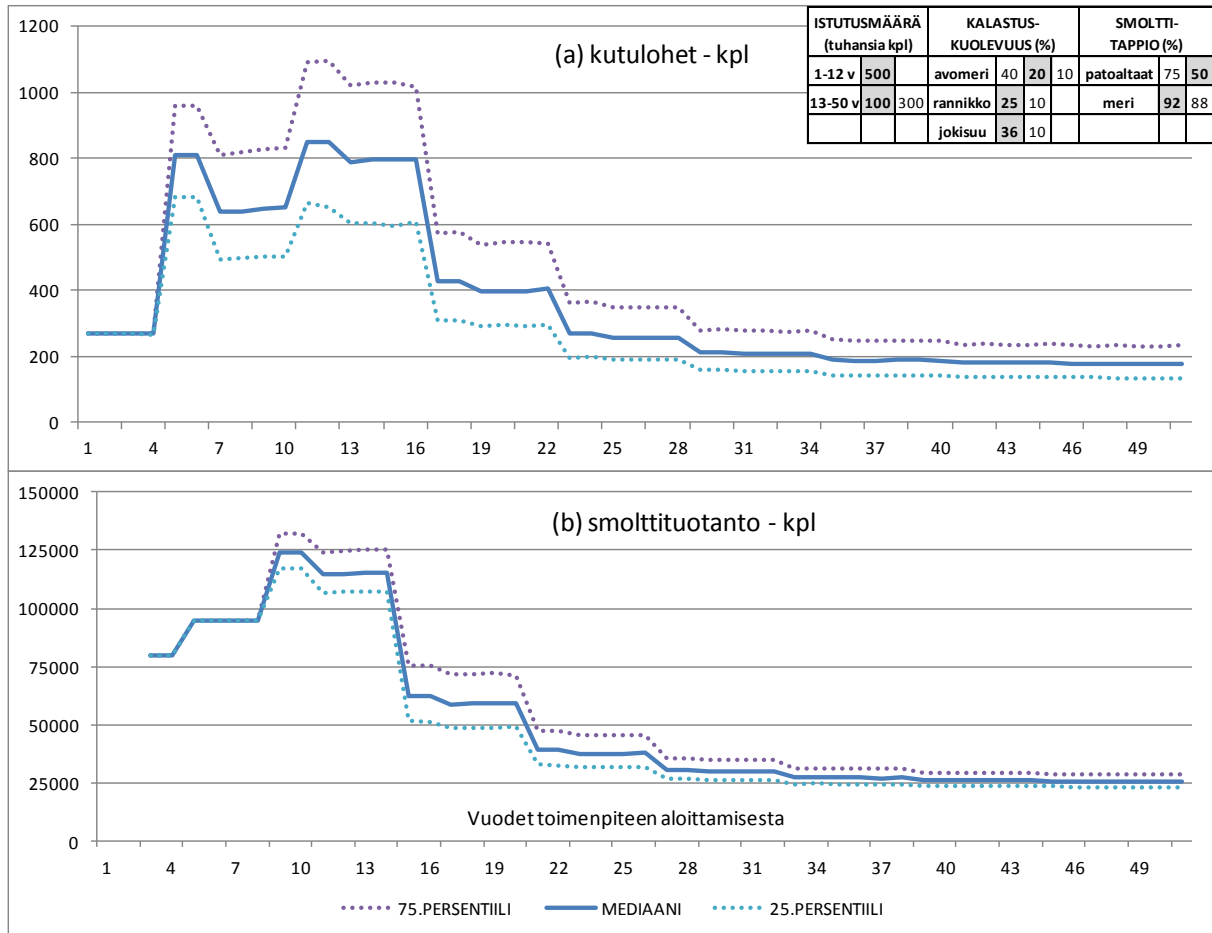
- kutulohia enimmillään 580 – 790 kpl, lopulta 90 – 150 kpl
- smolttituotanto enimmillään 112 000 – 123 000 kpl, lopulta 21 000 – 24 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 750 – 1 250 kpl, lopulta 140 – 240 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 200 – 2 010 lohta, lopulta 230 – 380
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 380 – 650 lohta, lopulta 70 – 120
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 280 – 480, lopulta 50 – 90
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 140 – 240 lohta, lopulta 30 – 50
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 70 – 90 lohta, lopulta 10 – 20.

3.1.2. Skenaario B

Pelkkä avomerikalastuksen tiukempi rajoittaminen ei oleellisesti paranna lohikannan palauttamisedellytyksiä (kuva 7).



Kuva 7. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa B, jossa avomerikalastusta rajoitetaan voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

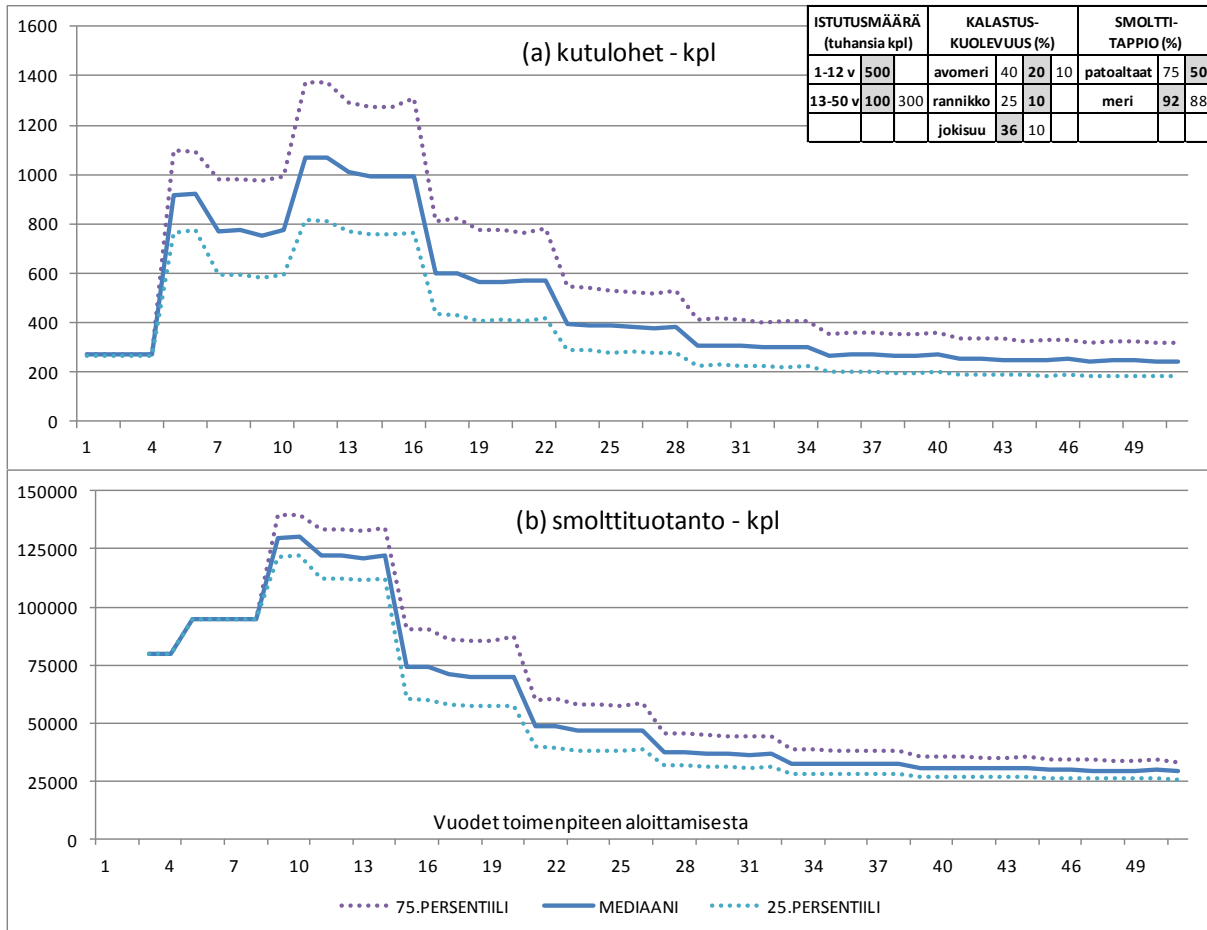
- kutulohia enimmillään 680 – 1 100 kpl, lopulta 130 – 230 kpl
- smolttituotanto enimmillään 117 000 – 132 000 kpl, lopulta 23 000 – 29 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 1 070 – 1 780 kpl, lopulta 220 – 380 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 600 – 1 020 lohta, lopulta 120 – 220
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 550 – 910 lohta, lopulta 110 – 190
- jokisuu ammattikalastuksen saalis enimmillään 410 – 680, lopulta 80 – 150
- jokisuu kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 200 – 340 lohta, lopulta 40 – 70
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 80 – 130 lohta, lopulta 20 – 30.

3.1.3. Skenaario C

Rannikkokalastuksen vähentäminen lisää edelleen lohikannan kutupopulaation kokoa ja vaelluspoikastuotantoa, mutta vieläkin populaatiokoon lasku on jyrkkä istutusten pienetessä (kuva 8).



Kuva 8. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa C, jossa sekä avomerialkasta että rannikkokalastusta rajoitetaan voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

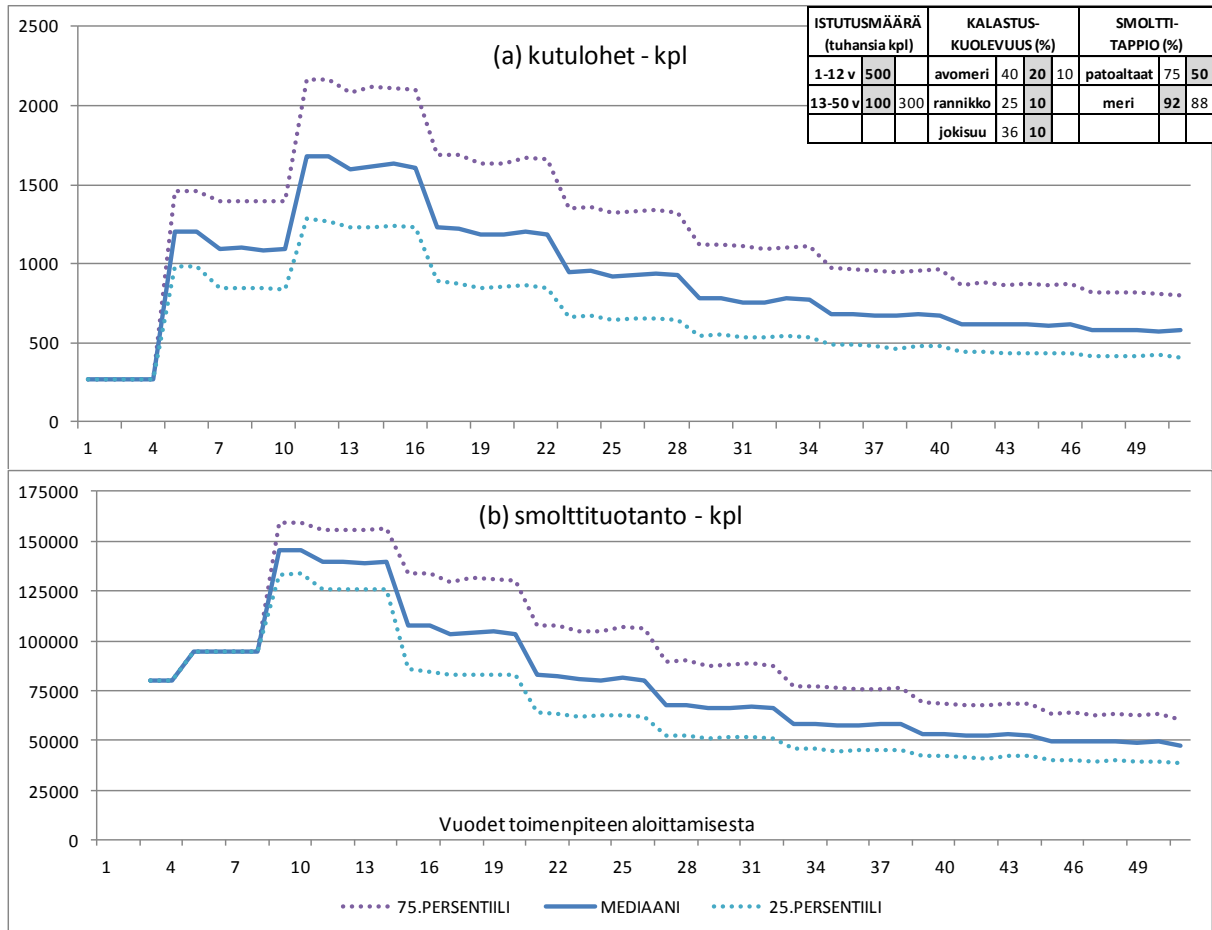
- kutulohia enimmillään 820 – 1 370 kpl, lopulta 180 – 320 kpl
- smolttituotanto enimmillään 122 000 – 140 000 kpl, lopulta 26 000 – 33 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 1 330 – 2 230 kpl, lopulta 300 – 510 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 630 – 1 070 lohta, lopulta 140 – 250
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 230 – 390 lohta, lopulta 50 – 90
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 510 – 860, lopulta 110 – 200
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 260 – 430 lohta, lopulta 60 – 100
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 90 – 160 lohta, lopulta 20 – 40.

3.1.4. Skenaario D

Voimakkaat kalastusrajoitukset loiventaisivat lohikannan koon laskevaa trendiä ja kannan koko olisi lopulta tasolla, jota voidaan pitää minimiedellytyksenä lohien palauttamiselle lijokeen (kuva 9).



Kuva 9. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa D, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohien populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

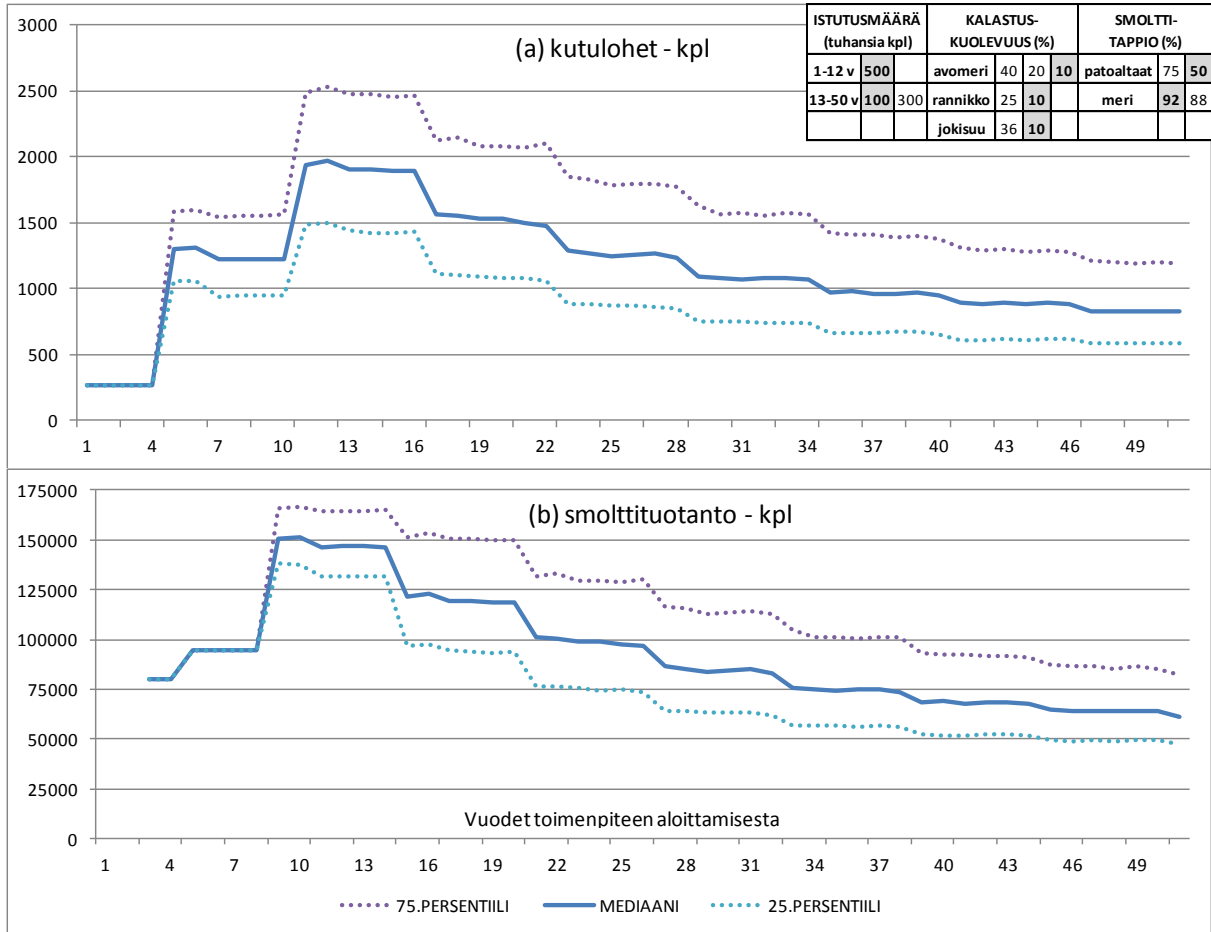
- kutulohia enimmillään 1 280 – 2 160 kpl, lopulta 410 – 800 kpl
- smolttituotanto enimmillään 134 000 – 159 000 kpl, lopulta 39 000 – 61 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 2 100 – 3 500 kpl, lopulta 670 – 1 290 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 690 – 1 200 lohta, lopulta 220 – 450
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 260 – 430 lohta, lopulta 80 – 160
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 150 – 260, lopulta 50 – 100
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 80 – 130 lohta, lopulta 30 – 50
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 140 – 250 lohta, lopulta 50 – 90.

3.1.5. Skenaario E

Tässä skenaariossa lohikannan koko olisi jo välttävällä tasolla (kuva 10).



Kuva 10. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smoltituotanto (b) skenaariossa E, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan mahdollisimman voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

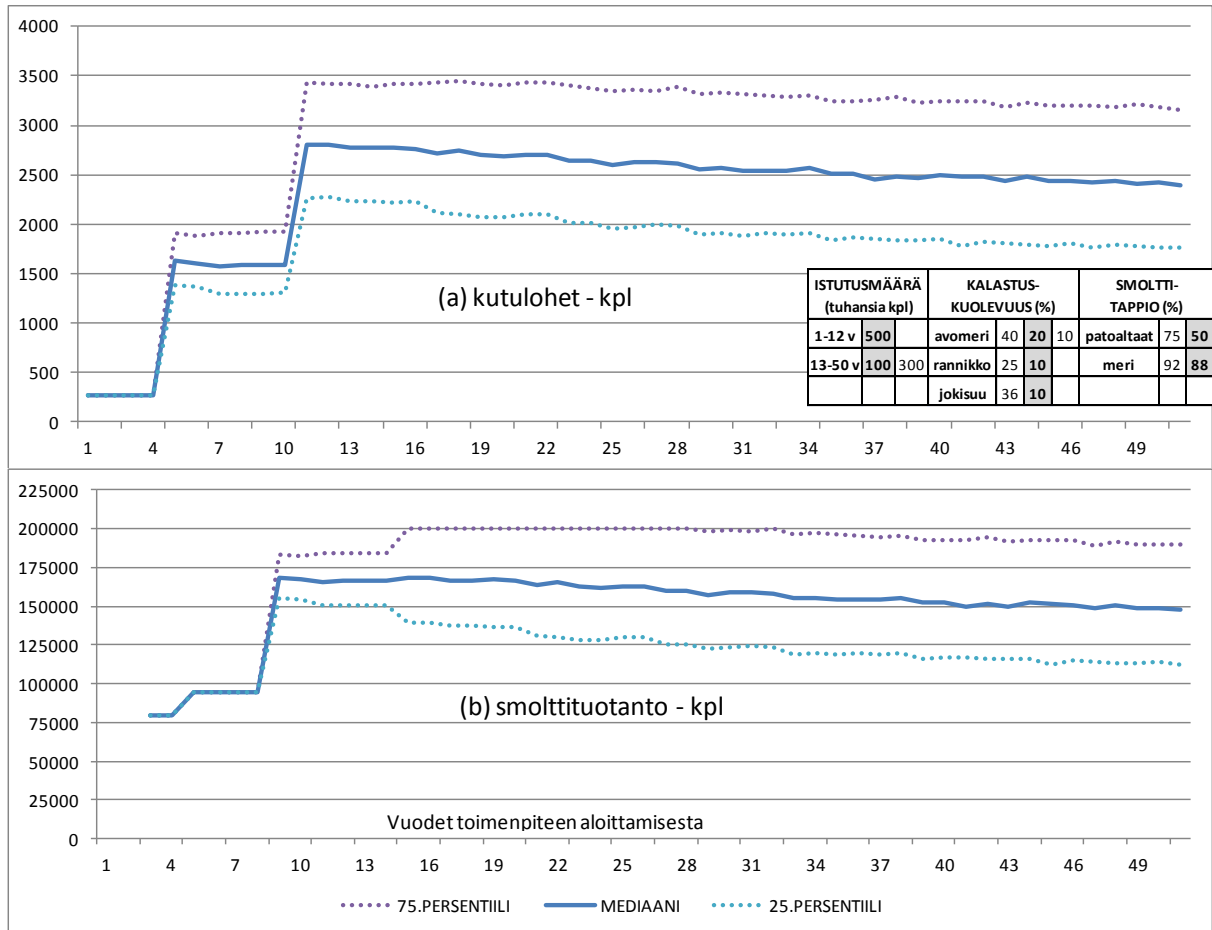
- kutulohia enimmillään 1 500 – 2 530 kpl, lopulta 590 – 1 190 kpl
- smoltituotanto enimmillään 138 000 – 167 000 kpl, lopulta 48 000 – 82 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 2 410 – 4 100 kpl, lopulta 950 – 1 930 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 380 – 650 lohta, lopulta 150 – 310
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 300 – 510 lohta, lopulta 120 – 240
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 180 – 310, lopulta 70 – 140
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 90 – 150 lohta, lopulta 40 – 70
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 170 – 290 lohta, lopulta 70 – 130.

3.1.6. Skenaario F

Post-smolttilukuolevuuden pienentymisellä olisi todella suuri vaikutus ja lohikannan paluttamisella olisi hyvät edellytykset (kuva 11).



Kuva 11. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smoltituotanto (b) skenaariossa F, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja post-smolttilukuolevuuden oletetaan pienenevän (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

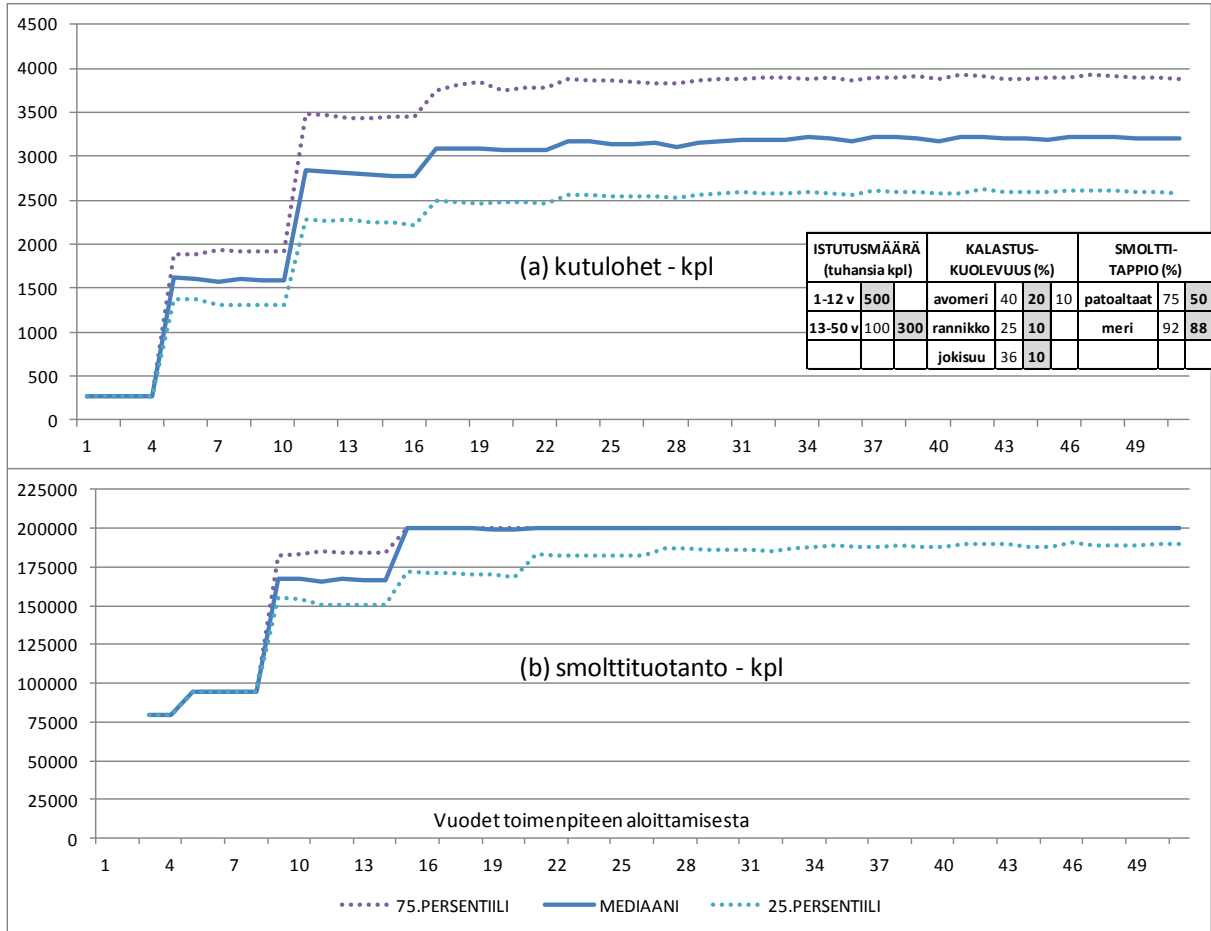
- kutulohia enimmillään 2 270 – 3 450 kpl, lopulta 1 760 – 3 160 kpl
- smoltituotanto enimmillään 155 000 – 200 000 kpl, lopulta 112 000 – 190 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 3 700 – 5 590 kpl, lopulta 2 870 – 5 110 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 200 – 1 910 lohta, lopulta 950 – 1 760
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 450 – 690 lohta, lopulta 350 – 640
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 270 – 420, lopulta 210 – 380
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 140 – 210 lohta, lopulta 110 – 190
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 250 – 390 lohta, lopulta 200 – 360.

3.1.7. Skenaario G

Lisäämällä jokipoikasten tuki-istutuksia saataisiin vaelluspoikasten tuotanto maksimaaliseksi, ja myös kutupopulaation koko suuremmaksi kuin skenaariossa F (kuva 12).



Kuva 12. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smoltituotanto (b) skenaariossa G, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja post-smolttikuolevuuden oletetaan pienenevän. Lisäksi tehdään enemmän tuki-istutuksia (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

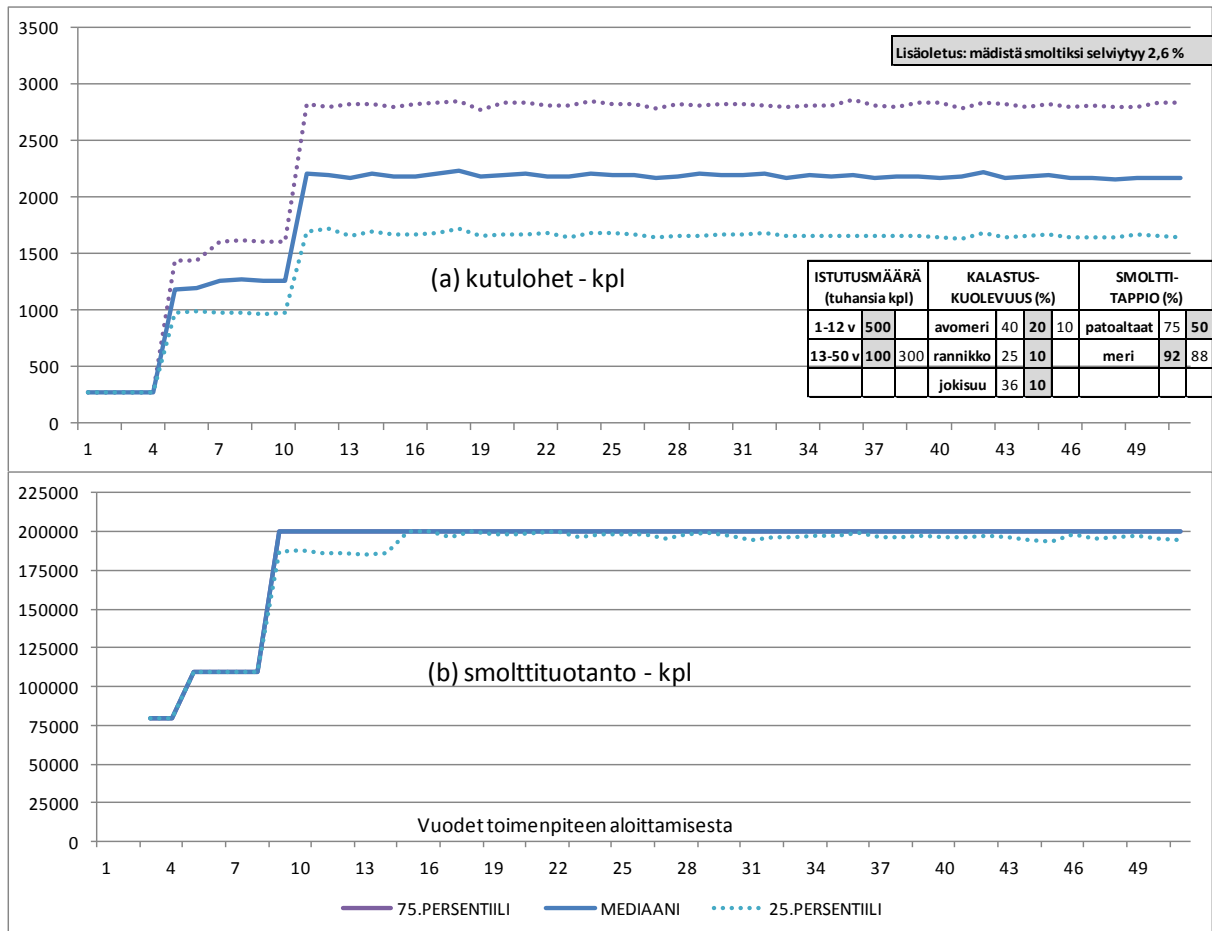
- kutulohia enimmillään 2 630 – 3 930 kpl, lopulta 2 570 – 3 880 kpl
- smoltitutuotanto enimmillään 200 000 – 200 000 kpl, lopulta 190 000 – 200 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 4 270 – 6 370 kpl, lopulta 4 190 – 6 290 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 390 – 2 180 lohta, lopulta 1 380 – 2 140
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 520 – 790 lohta, lopulta 520 – 780
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 310 – 470, lopulta 310 – 470
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 160 – 240 lohta, lopulta 150 – 230
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 290 – 450 lohta, lopulta 290 – 440.

3.1.8. Skenaario H

Parantunut mädistä vaelluspoikaseksi selviytyminen yhdessä nykyistä suurempien kalastusrajoitusten (skenaario D) kanssa tuottaisi elinkykyisen ja lähes pelkästään luonnonlisäntymisen avulla pärjäävän lohikannan (kuva 13).



Kuva 13. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smoltituotanto (b) skenaariossa H, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja mädistä vaelluspoikaseksi selviytyminen olisi 2,6 % (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

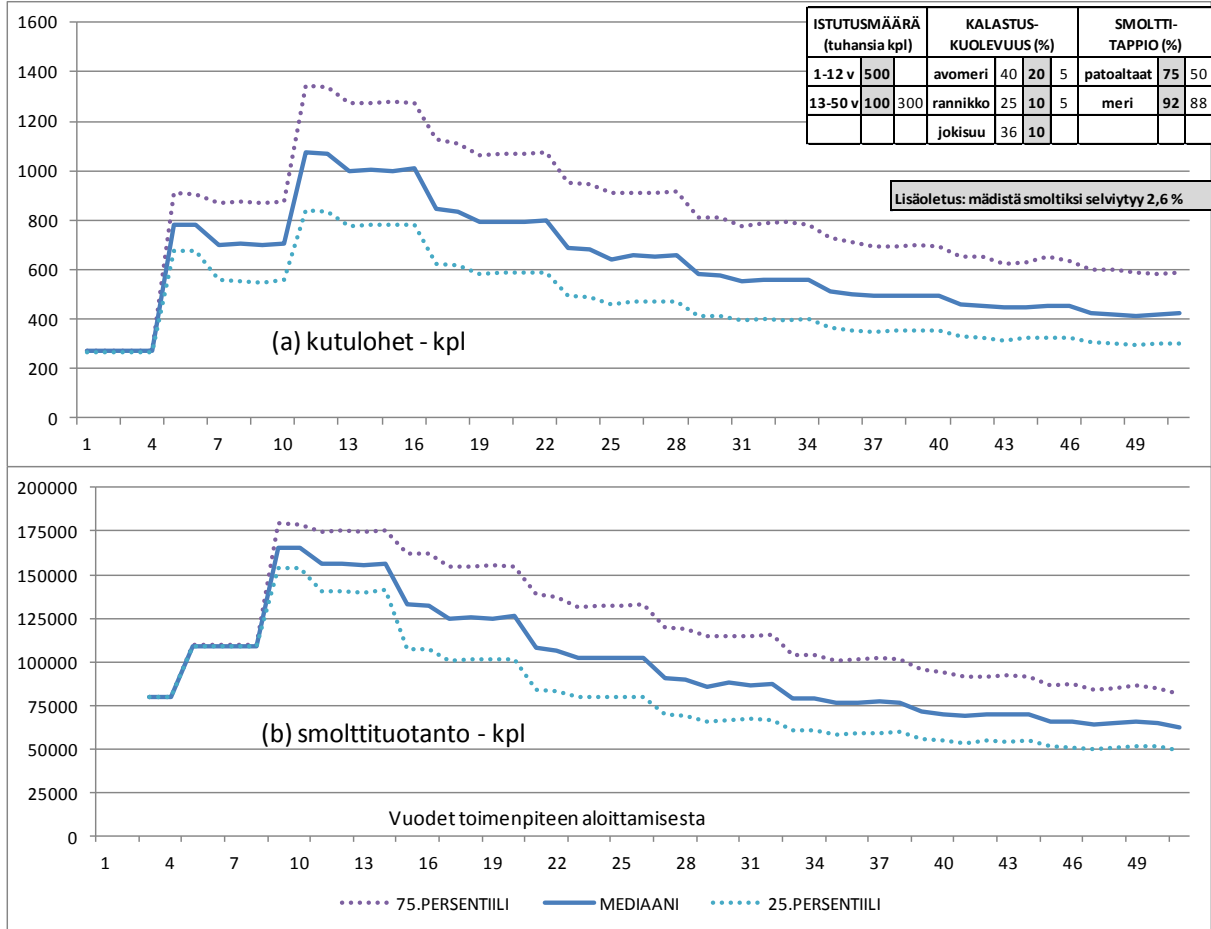
- kutulohia enimmillään 1 720 – 2 860 kpl, lopulta 1 640 – 2 830 kpl
- smoltituotanto enimmillään 200 000 – 200 000 kpl, lopulta 195 000 – 200 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 2 810 – 4 640 kpl, lopulta 2 670 – 4 590 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 920 – 1 580 lohta, lopulta 890 – 1 540
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 340 – 570 lohta, lopulta 330 – 570
- jokisuun ammattikalastuksen saalis enimmillään 210 – 340, lopulta 200 – 340
- jokisuun kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 100 – 170 lohta, lopulta 100 – 170
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 190 – 330 lohta, lopulta 180 – 320.

3.1.9. Skenaario I

Skenaariossa I oletetaan smolteista kuolevan alasvaelluksen yhteydessä 60 – 80 % (moodi 75 %), mikä johtaisi skenaario H:n tapauksessa lohikannan koon selvään laskuun (kuva 14).



Kuva 14. Kutualueille pääsevien lohien määrä skenaariossa I, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja mädistä vaelluspoikaseksi selviytyminen olisi 2,6 %, mutta patoallastappiot olisivat suuret (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

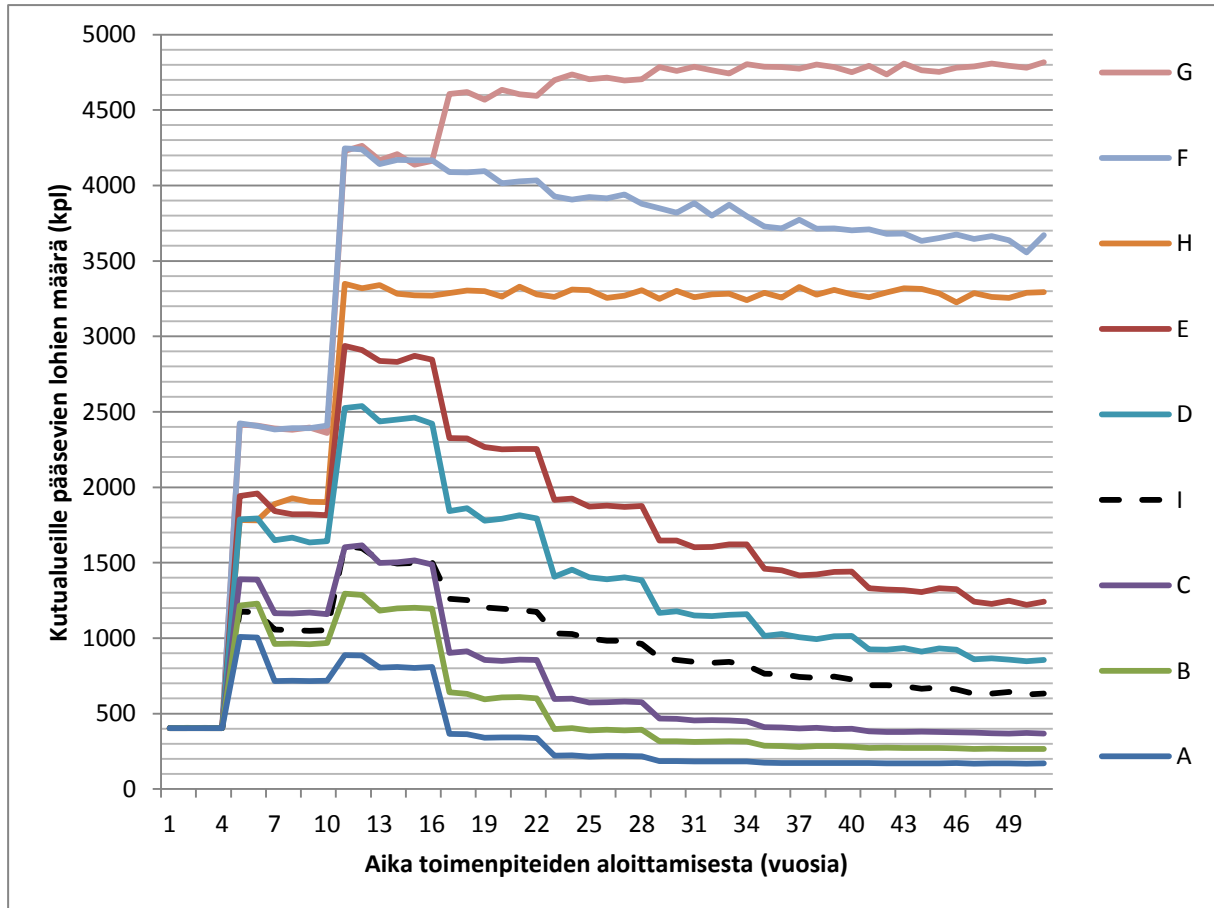
- kutulohia enimmillään 840 – 1 350 kpl, lopulta 300 – 590 kpl
- smoltitotanto enimmillään 154 000 – 179 000 kpl, lopulta 49 000 – 81 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 1 370 – 2 190 kpl, lopulta 490 – 960 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 450 – 740 lohta, lopulta 160 – 320
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 170 – 270 lohta, lopulta 60 – 120
- jokisuu ammattikalastuksen saalis enimmillään 100 – 160, lopulta 40 – 70
- jokisuu kotitarvekalastuksen saalis enimmillään 50 – 80 lohta, lopulta 20 – 40
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 90 – 150 lohta, lopulta 30 – 70.

3.2 Kemijoki

Kutupopulaation koko 50 vuoden jälkeen vaihteli eri skenaarioiden välillä noin 150 ja vajaan 5 000 yksilön välillä (kuva 15).



Kuva 15. Kutemaan pääsevien lohien määrät (mediaanit) skenaarioissa A-I.

Skenaarioissa A – E nähdään selvä laskeva trendi ensimmäisen kahdentoista vuoden voimakkaiden tuki-istutusten jälkeen. Tosin voimakkaimmin kalastusta rajoitettavissa skenaarioissa (D ja E) kutupopulaation koko asettuu jo sellaisella tasolle, että lohikannan luonnonlisäntymisellä on jo suuri merkitys ja lohikannan luontaisen elinkierron palauttaminen Ounasjokeen on ainakin osittain mahdollista.

F- ja G-skenaarioiden antaman tuloksen perusteella lohien palauttaminen alentuneen post-smoltitikuolevuuden tilanteessa olisi menestyksellistä.

Lohenpoikasten korkea selviytyminen mätimunasta vaelluspoikaseksi saa kutupopulaation koon pysymään vakaana 12 ensimmäisen vuoden voimakkaiden tuki-istutusten jälkeenkin (skenaariot H vs. D).

Skenaario I:ssä, jossa mallinnusparametrit olivat muutoin samat kuin skenaario H:ssa, mutta smolttien alasvaellustappiot suuremmat, merkitsee oleellisesti pienempää lohikannan kokoa (skenaario H vs. I).

Taulukko 5. Lohien määrä (mediaani) eri elinvaiheissa 50 vuoden jälkeen.

Elinvaihe	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Smoltteja luonnonkudusta	9 190	14 440	20 320	46 800	67 490	198 220	260 500	357 410	68 680
Smoltteja tuki-istutuksista	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	72 000	24 000	24 000
Luonnontilaisen osuuden jälkeen	31 430	36 480	41 900	67 020	86 510	210 590	281 310	282 130	87 770
Patoallastappioiden jälkeen	15 360	17 700	20 370	32 270	41 340	98 540	131 500	132 340	23 220
Post-smolttikuolevuuden jälkeen	1 320	1 520	1 760	2 800	3 570	12 210	16 270	11 110	2 020
Itämeren luonnollisen kuolevuuden jälkeen	1 120	1 300	1 460	2 480	3 140	10 400	13 700	9 380	1 770
Avomerikalastuksen jälkeen	660	1 040	1 200	1 980	2 860	8 430	11 140	7 610	1 460
Hyljepredaation jälkeen	580	900	1 050	1 710	2 470	7 360	9 650	6 610	1 270
Rannikkokalastuksen jälkeen	430	680	940	1 540	2 230	6 620	8 680	5 950	1 140
Jokisuukalastuksen jälkeen	280	430	600	1 380	2 010	5 960	7 820	5 360	1 020
Kalatietaappioiden jälkeen	190	300	410	950	1 380	4 090	5 350	3 670	700
Jokikalastuksen jälkeen	170	270	370	850	1 240	3 670	4 820	3 290	630

Lohipopulaation koko eri elinvaiheissa on koottu taulukkoon 5 (mediaanit) ja liitteeseen 2 (todennäköisyysvälit 25. persenttiili – 75.persenttiili). Taulukosta 5 nähdään, miten eri elinvaiheissa tapahtuvat kuolevuudet verottavat lohikantaa.

Skenaario D:stä lähtien luonnonkudusta peräisin olevien smolttien määrät ovat suurempia kuin tuki-istukkaista peräisin olevien smolttien määrät.

Suurin yksittäinen leikkuri on post-smolttikuolevuus, jonka vaikutus näkyy selvästi kun verrataan F- ja G-skenaarioiden lukuja post-smolttikuolevuuden jälkeen muiden skenaarioiden vastaaviin lukuihin. Suhteellisen lievä post-smolttikuolevuuden lasku nykytilanteesta merkitsee kolminkertaisia kutulohimääriä (skenaario E vs. F).

Meri- ja jokisuukalastusta nykyistä voimakkaammin säätelämällä saavutetaan enimmillään 7-8 kertainen lisäys kudulle selviytyviin lohimääriin (skenaariot A vs. B-E). Lisäys on siis todella merkittävä, mutta se ei vielä estä populaatiota vähitellen pienenemästä ellei samanaikaisesti joko luontaiset olosuhteet parane tai toteuteta muitakin tukitoimia.

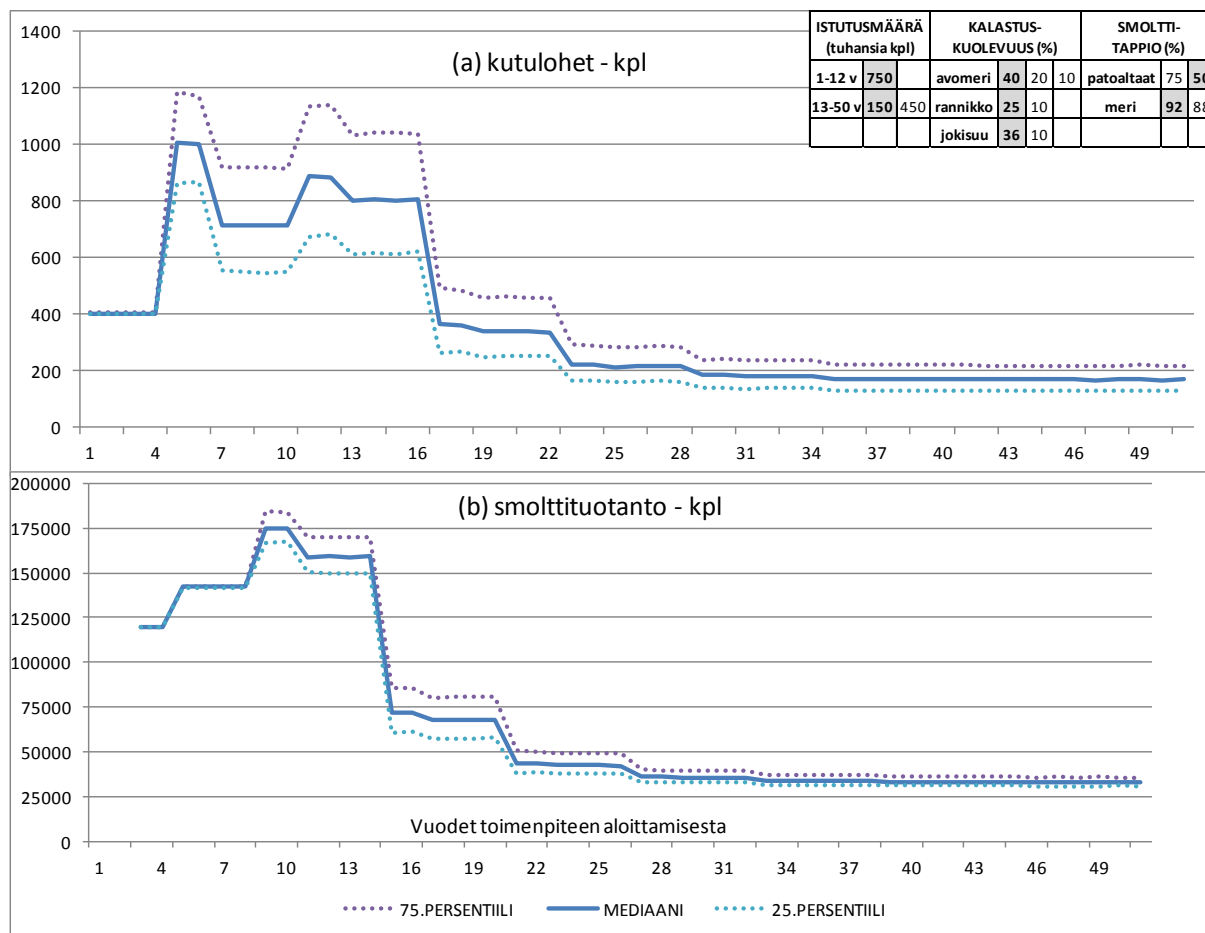
Smolttien suuremmat alasvaellustappiot pienentävät kutupopulaation koon viidennekseen (skenaariot H vs. I).

Lohenpoikasten parempi selviytyminen mätimunasta vaelluspoikaseksi saisi aikaan noin nelinkertaisen kutupopulaation koon viidenkymmenen vuoden aikajännteellä (skenaario D vs. H).

Vaelluspoikasten suuremmat alasvaellustappiot patoaltaissa pienentäisivät kutulohien määrän viidennekseen viidenkymmenen vuoden jälkeen (skenaario H vs. I).

3.2.1. Skenaario A

Kutupopulaation koko ja smolttituotanto laskevat jyrkästi 12 vuoden voimakkaiden tuki-istutusten jälkeen (kuva 16).



Kuva 16. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) nykytilannetta kuvaavassa skenaariossa A. Kuvan taulukossa esitetään tummennettuina tässä skenaariossa käytetyt kuolevuusparametrit.

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

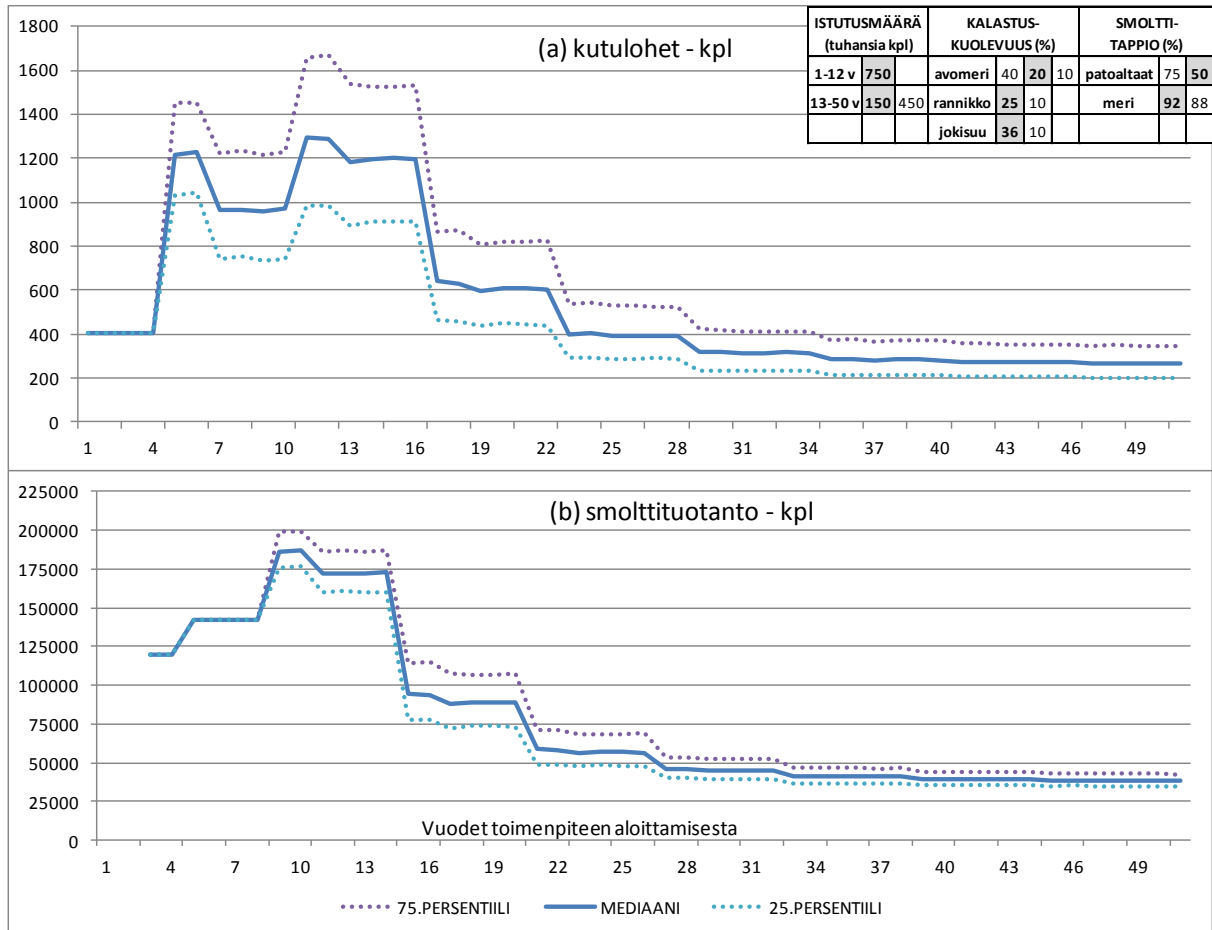
- kutulohia enimmillään 870 – 1 190 kpl, lopulta 130 – 220 kpl
- smolttituotanto enimmillään 167 000 – 184 000 kpl, lopulta 31 000 – 36 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 1 110 – 1 850 kpl, lopulta 210 – 360 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 780 – 2 980 lohta, lopulta 330 – 570
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 570 – 960 lohta, lopulta 110 – 190
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 630 – 1 070, lopulta 120 – 210
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 100 – 130 lohta, lopulta 10 – 30.

3.2.2. Skenaario B

Pelkkä avomerikalastuksen tiukempi rajoittaminen ei oleellisesti paranna lohikannan palauttamisedellytyksiä (kuva 17).



Kuva 17. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa B, jossa avomerikalastusta rajoitetaan voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

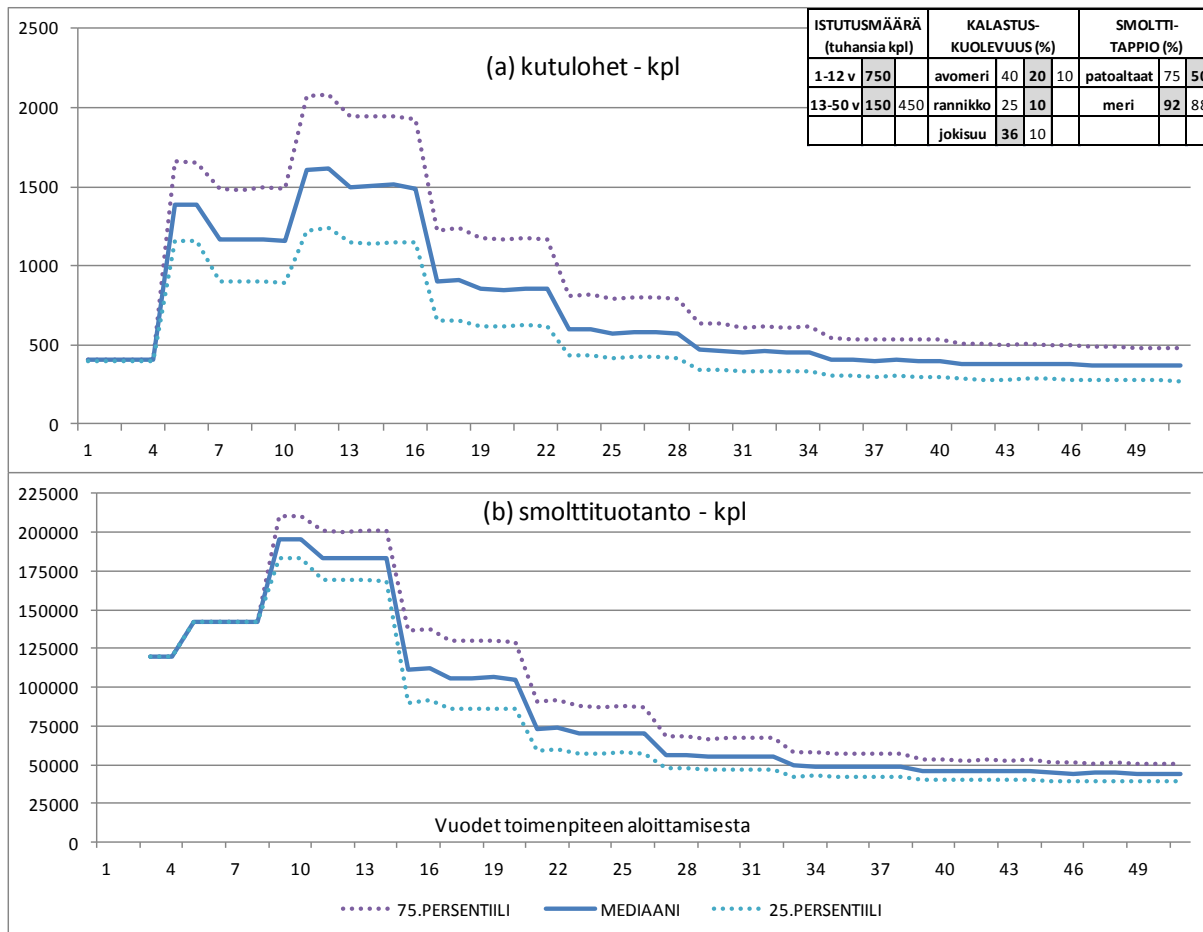
- kutulohia enimmillään 1 040 – 1 670 kpl, lopulta 200 – 350 kpl
- smolttituotanto enimmillään 177 000 – 199 000 kpl, lopulta 35 000 – 43 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 1 610 – 2 700 kpl, lopulta 330 – 560 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 900 – 1 550 lohta, lopulta 180 – 320
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 820 – 1 390 lohta, lopulta 170 – 290
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 920 – 1 550, lopulta 190 – 320
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 120 – 190 lohta, lopulta 20 – 40.

3.2.3. Skenaario C

Rannikkokalastuksen vähentäminen lisää edelleen lohikannan kutupopulaation kokoa ja vaelluspoikastuotantoa, mutta vieläkin populaatiokoon lasku on jyrkkä istutusten pienetessä (kuva 18).



Kuva 18. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa C, jossa sekä avomerikalastusta että rannikkokalastusta rajoitetaan voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

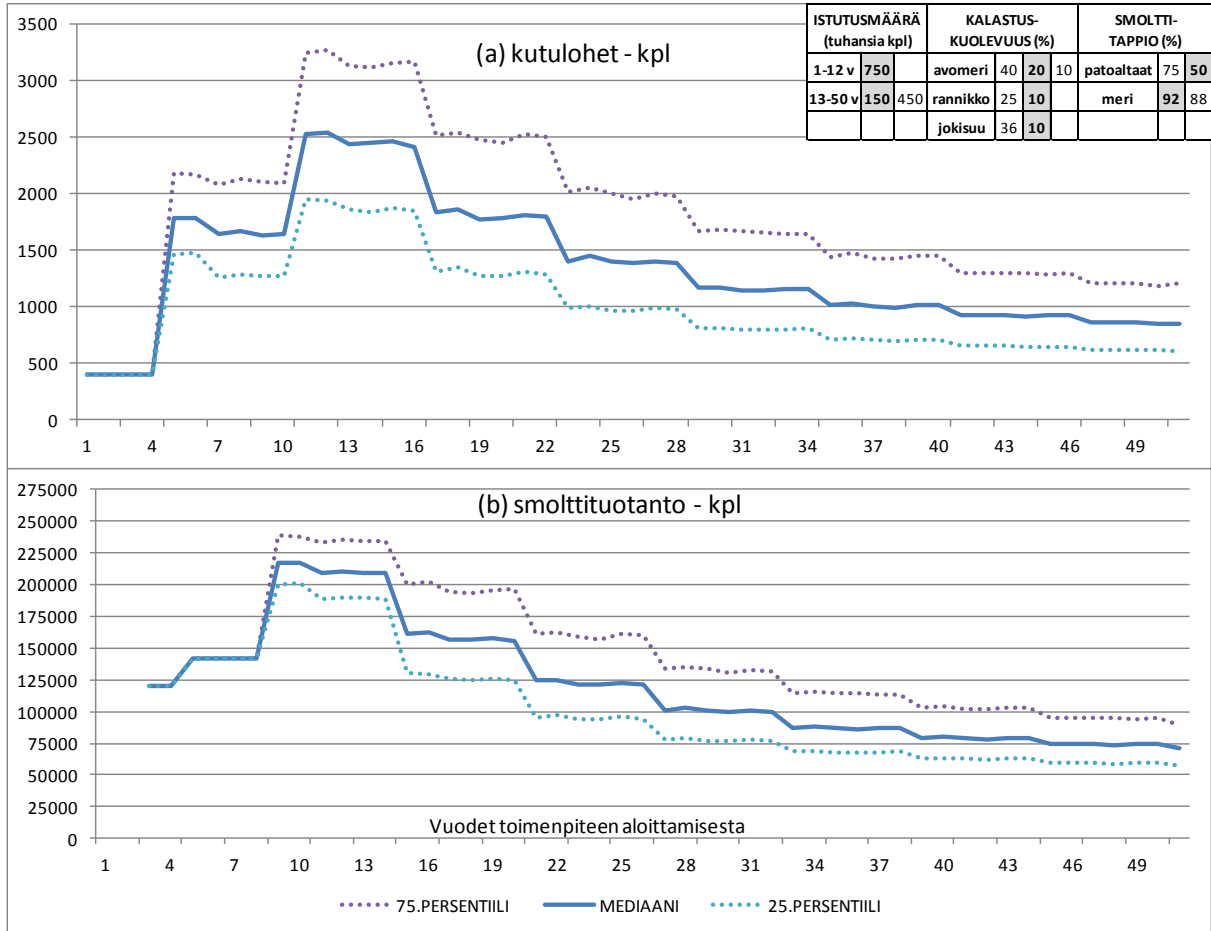
- kutulohia enimmillään 1 240 – 2 080 kpl, lopulta 270 – 480 kpl
- smolttituotanto enimmillään 183 000 – 210 000 kpl, lopulta 39 000 – 50 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 2 010 – 3 380 kpl, lopulta 450 – 780 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 940 – 1 610 lohta, lopulta 210 – 380
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 350 – 590 lohta, lopulta 80 – 140
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 1 150 – 1 940, lopulta 260 – 450
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 140 – 240 lohta, lopulta 30 – 60.

3.2.4. Skenaario D

Voimakkaat kalastusrajoitukset loiventaisivat lohikannan koon laskevaa trendiä ja kannan koko olisi lopulta tasolla, jota voidaan pitää minimiedellytyksenä lohien palauttamiselle lijokeen (kuva 19).



Kuva 19. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa D, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

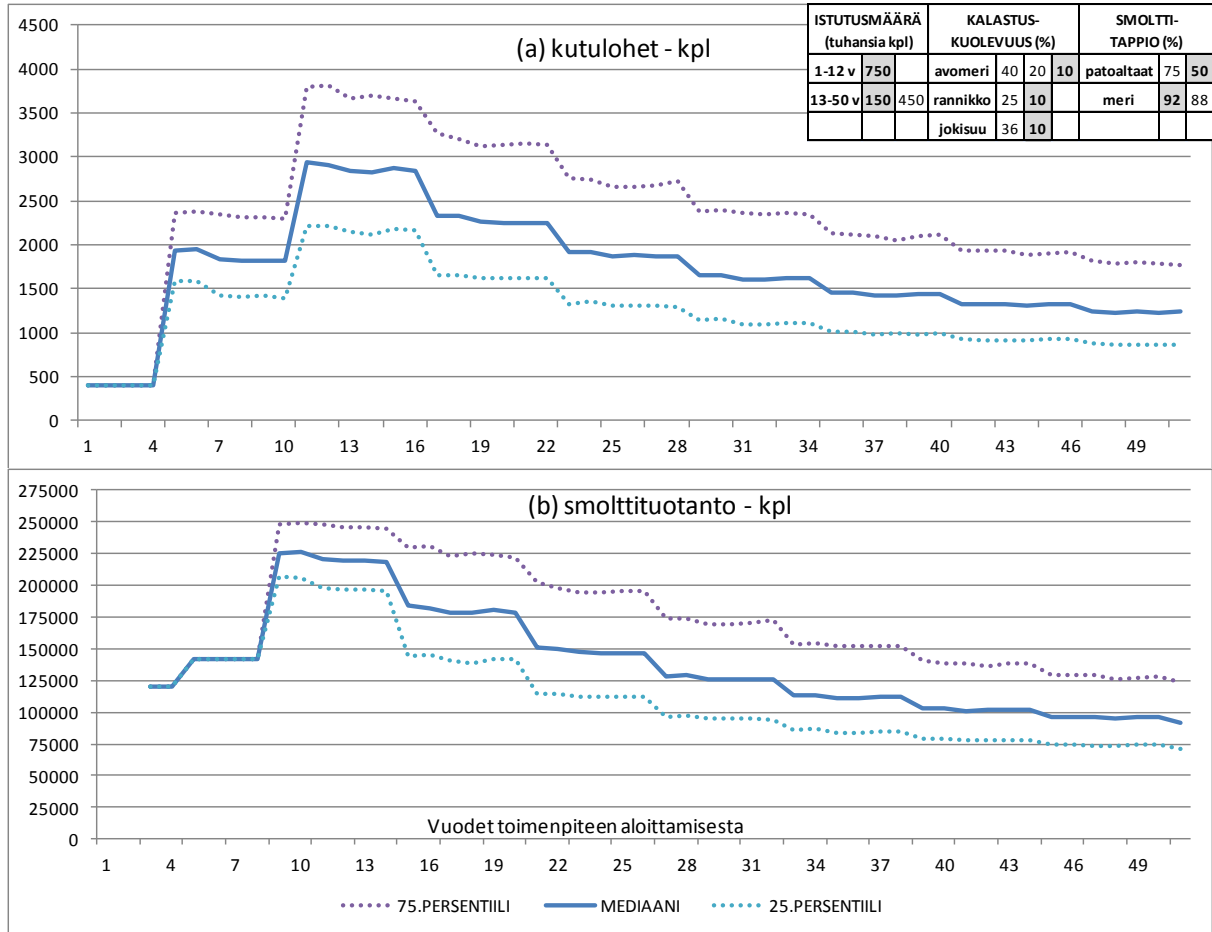
- kutulohia enimmillään 1 950 – 3 270 kpl, lopulta 610 – 1 200 kpl
- smolttituotanto enimmillään 201 000 – 239 000 kpl, lopulta 58 000 – 90 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 3 170 – 5 290 kpl, lopulta 990 – 1 950 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 030 – 1 810 lohta, lopulta 330 – 650
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 390 – 660 lohta, lopulta 120 – 240
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 350 – 590, lopulta 110 – 220
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 220 – 370 lohta, lopulta 70 – 140.

3.2.5. Skenaario E

Tässä skenaariossa lohikannan koko olisi jo välttävällä tasolla (kuva 20).



Kuva 20. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smoltituotanto (b) skenaariossa E, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan mahdollisimman voimakkaasti (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

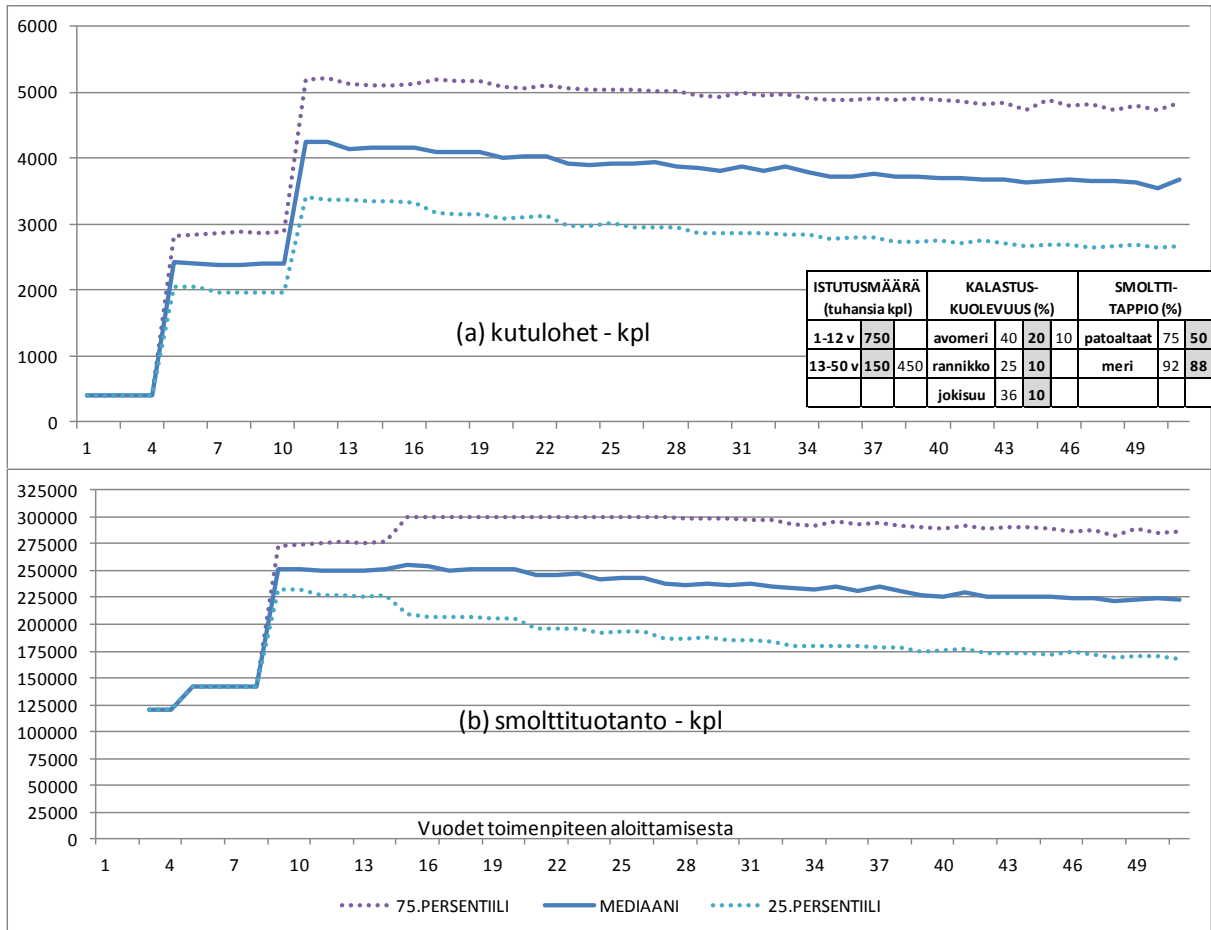
- kutulohia enimmillään 2 220 – 3 810 kpl, lopulta 860 – 1 780 kpl
- smoltituotanto enimmillään 207 000 – 250 000 kpl, lopulta 72 000 – 123 000 kpl
- kalateihin selviäisi enimmillään 3 600 – 6 170 kpl, lopulta 1 400 – 2 880 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 570 – 970 lohta, lopulta 220 – 460
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 440 – 760 lohta, lopulta 170 – 360
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 400 – 680, lopulta 160 – 320
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 250 – 430 lohta, lopulta 100 – 200.

3.2.6. Skenaario F

Post-smolttikuolevuuden pienentymisellä olisi todella suuri vaikutus ja lohikannan paluttamisella olisi hyvät edellytykset (kuva 21).



Kuva 21. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smoltituotanto (b) skenaariossa F, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja post-smolttikuolevuuden oletetaan pienenevän (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

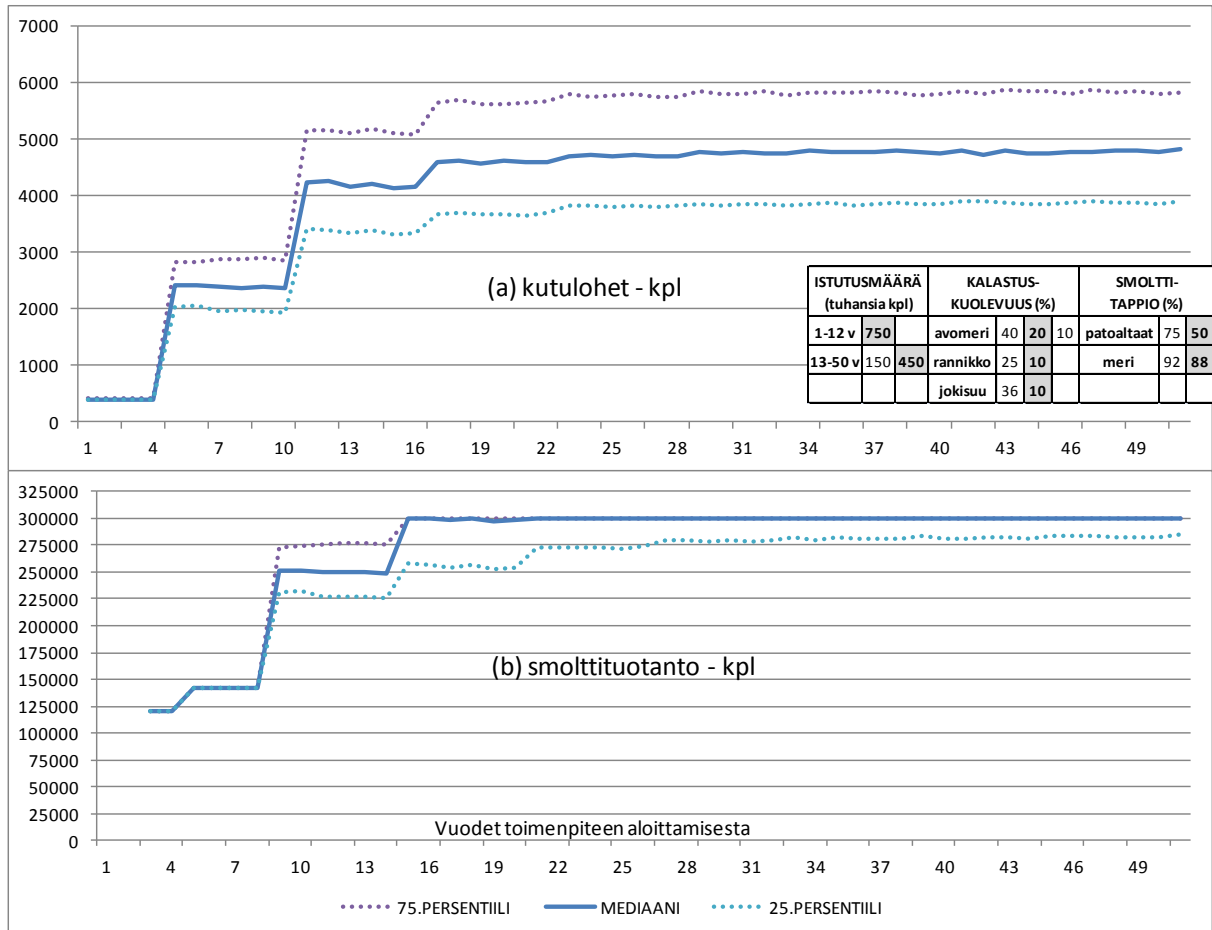
- kutulohia enimmillään 3 420 – 5 210 kpl, lopulta 2 680 – 4 830 kpl
- smoltituotanto enimmillään 232 000 – 300 000 kpl, lopulta 168 000 – 286 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 5 540 – 8 410 kpl, lopulta 4 360 – 7 810 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 820 – 2 870 lohta, lopulta 1 410 – 2 580
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 680 – 1 050 lohta, lopulta 540 – 960
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 610 – 940, lopulta 480 – 860
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 390 – 590 lohta, lopulta 300 – 550.

3.2.7. Skenaario G

Lisäämällä jokipoikasten tuki-istutuksia saataisiin vaelluspoikasten tuotanto maksimaaliseksi, ja myös kutupopulaation koko suuremmaksi kuin skenaariossa F (kuva 22).



Kuva 22. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa G, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja post-smolttikuolevuuden oletetaan pienenevän. Lisäksi tehdään enemmän tuki-istutuksia (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

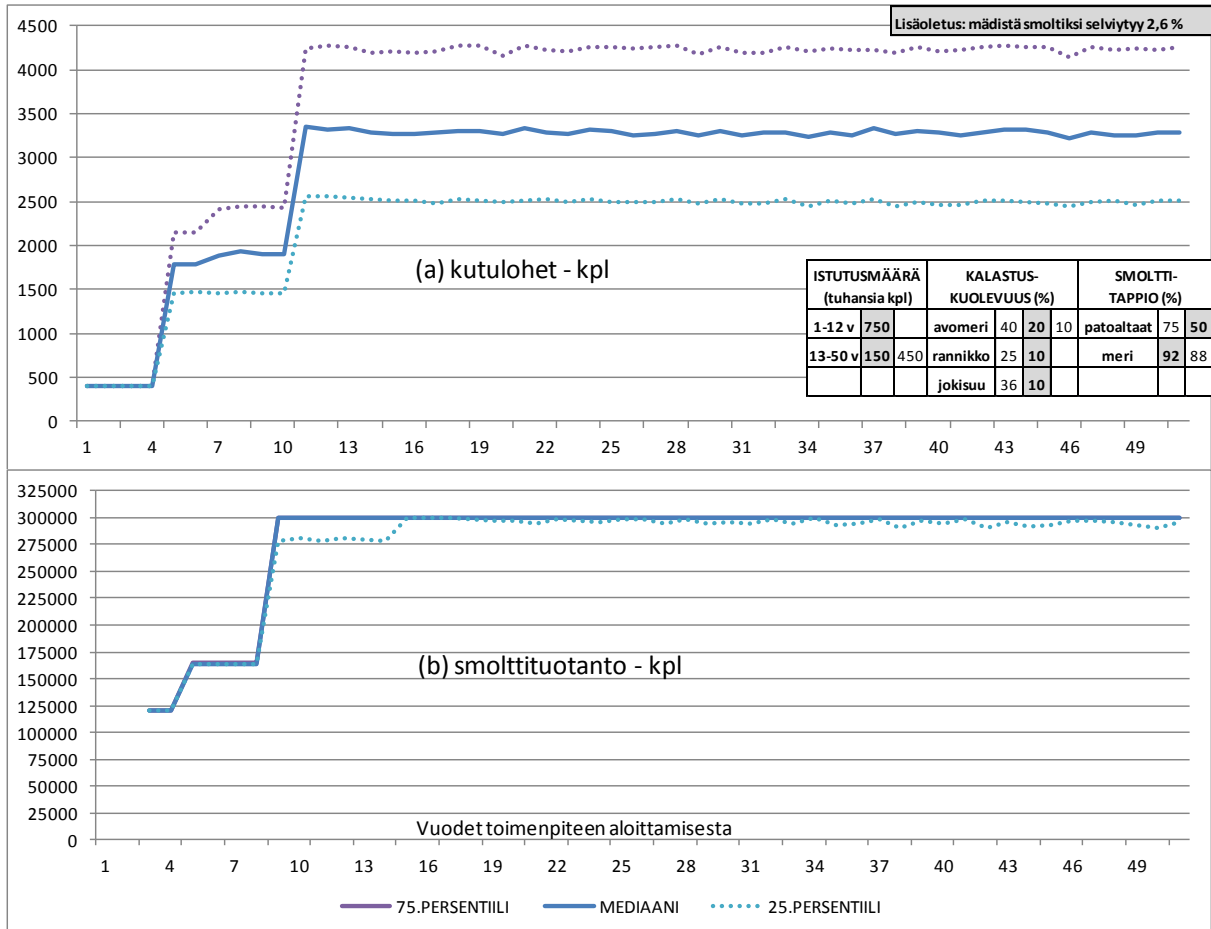
- kutulohia enimmillään 3 910 – 5 870 kpl, lopulta 3 900 – 5 830 kpl
- smolttituotanto enimmillään 284 000 – 300 000 kpl, lopulta 284 000 – 300 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 6 360 – 9 490 kpl, lopulta 6 360 – 9 420 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 2 080 – 3 260 lohta, lopulta 2 060 – 3 230
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 780 – 1 180 lohta, lopulta 780 – 1 160
- jokisuuun kalastuksen saalis enimmillään 700 – 1 060, lopulta 700 – 1 060
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 440 – 670 lohta, lopulta 430 – 660.

3.2.8. Skenaario H

Parantunut mädistä vaelluspoikaseksi selviytyminen yhdessä nykyistä suurempien kalastusrajoitusten (skenaario D) kanssa tuottaisi elinkykyisen ja lähes pelkästään luonnonlisääntymisen avulla pärjäävän lohikannan (kuva 23).



Kuva 23. Kutualueille pääsevien lohien lukumäärä (a) ja smolttituotanto (b) skenaariossa H, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja mädistä vaelluspoikaseksi selviytyminen olisi 2,6 % (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

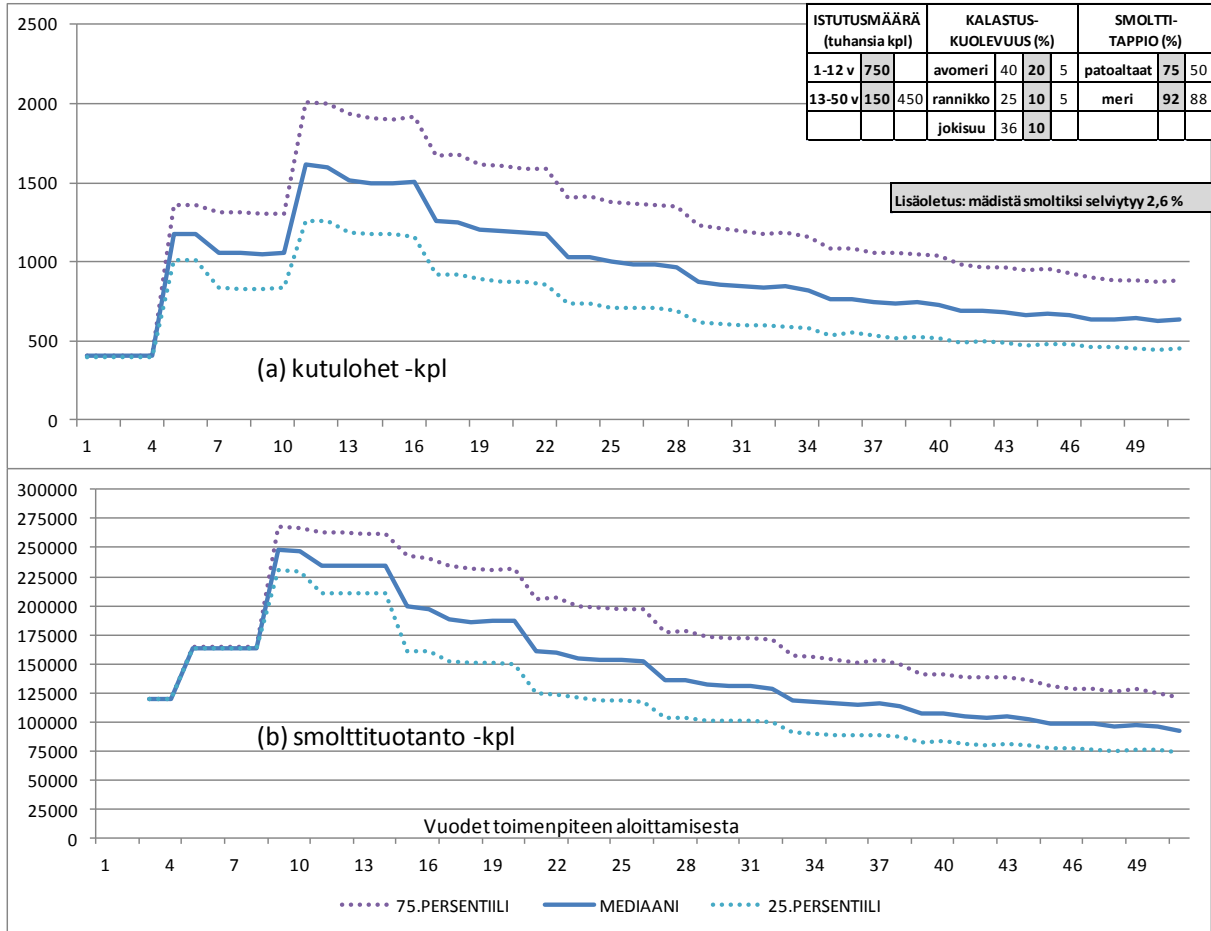
- kutulohia enimmillään 2 560 – 4 280 kpl, lopulta 2 510 – 4 260 kpl
- smolttituotanto enimmillään 300 000 – 300 000 kpl, lopulta 296 000 – 300 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 4 170 – 6 940 kpl, lopulta 4 050 – 6 910 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 1 360 – 2 370 lohta, lopulta 1 340 – 2 340
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 510 – 860 lohta, lopulta 500 – 850
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 460 – 770, lopulta 450 – 760
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 290 – 490 lohta, lopulta 280 – 480.

3.2.9. Skenaario I

Skenaariossa I oletetaan smolteista kuolevan alasvaelluksen yhteydessä 60-80 % (moodi 75 %), mikä johtaisi skenaario H:n tapauksessa lohikannan koon selvään laskuun (kuva 24).



Kuva 24. Kutualueille pääsevien lohien määrä skenaariossa I, jossa kaikkia kalastusmuotoja rajoitetaan voimakkaasti ja mädistä vaelluspoikaseksi selviytyminen olisi 2,6 %, mutta patoallastappiot olisivat suuret (kuvan taulukon tummennetut kuolevuusparametrit).

Lohen populaatiomalli antoi seuraavanlaisen vaihteluvälin (25.persentiili – 75.persentiili) lohien määräksi eri elinvaiheissa:

- kutulohia enimmillään 1 260 – 2 010 kpl, lopulta 460 – 880 kpl
- smoltituotanto enimmillään 230 000 – 268 000 kpl, lopulta 74 000 – 122 000 kpl
- kalateihin selviää enimmillään 2 050 – 3 260 kpl, lopulta 740 – 1 440 kpl.

Kalastajille tulevan saaliin määrän vastaava vaihteluväli olisi seuraavalainen:

- merikalastuksen saalis enimmillään 670 – 1 110 lohta, lopulta 240 – 480
- rannikkokalastuksen saalis enimmillään 250 – 410 lohta, lopulta 90 – 180
- jokisuun kalastuksen saalis enimmillään 230 – 360, lopulta 80 – 160
- jokialueen virkistyskalastuksen saalis enimmillään 140 – 230 lohta, lopulta 50 – 100.

4. Pohdinta, johtopäätökset ja suositukset

Tässä työssä laadittu laskentamalli tarjoaa hyvän lähtökohdan vaelluskalakantojen palauttamiseen tai kotiuttamiseen tähtäävien tuki- ja säätelytoimien tarpeiden ja vaikutusten arviointiin. Kun tavoitteena on lohikantojen palauttaminen sähköntuotantoon valjastetuille rakennetuille joille, lohikantojen luontaisen elinkierron aikaansaaminen edellyttää tulosten mukaan useiden toimenpiteiden keinovalikoimaa, jossa kalatiet ovat yhtenä keskeisenä osana.

Mallinnustulokset osoittavat havainnollisesti, kuinka rakennettujen jokien lohikantojen palauttamiseksi tarvitaan kokonaisvaltaista ja määrätietoista päätöksentekoa. Kannan palauttamiseen on hyvät mahdollisuudet ainoastaan jos syönnös- ja kutuvaelluksen kalastusta vähennetään nykyisestä tasosta kauttaaltaan ja samalla kalojen vaellus joessa ylä- ja alavirtaan pystytään aikaansaamaan kohtuullisin tappioin. Mallin avulla voidaan myös arvioida, millä yksittäisillä toimenpiteillä voidaan tehokkaimmin edistää lohikantojen palauttamista. Toisaalta on huomattava, että myös lohenpoikasten merivaelluksen alkuvaiheen kuolevuus, johon ei voida vaikuttaa nopeasti hallinnollisilla päätöksillä, vaikuttaa merkittävästi lohikantojen kehitykseen. Tämä näkyy havainnollisesti kun verrataan skenaarioita E ja F. Skenaariossa F post-smolttkuolevuus on neljä prosenttiyksikköä pienempi (88%) kuin skenaariossa E (92%) ja lohikannan kehitys on selvästi suotuisampaa, vaikka avomerikalastus onkin voimakkaampaa skenaariossa F.

Kuten kaikessa mallinnuksessa, tämän työn yksinkertaistetun lohen elinkiertomallin tulosten ja skenaarioinnin tulosten käyttökelpoisuutta rajoittavat käytettyjen oletusten realismi sekä mallinnustulosten käyttäjän ymmärrys niistä. Yksinkertaistetulla elinkiertomallilla pyrittiin tuottamaan päätöksentekijöiden tarpeisiin sellainen karkea työkalu, jolla tuki- ja säätelytoimia suunniteltaessa voitaisiin ottaa huomioon keskeiset lohipopulaation kokoa leikkaavat kuolevuustekijät elinkierron eri vaiheissa. Karkeaakin työkalua käytettäessä on kuitenkin tarpeen tunnistaa ja mahdollisuuksien mukaan korjata mallin oletuksiin liittyviä virhelähteitä. Tässä työssä näin tehtiin esimerkiksi merivaelluksen kaksivuotiseen keston liittyvän oletuksen osalta siten, että päältä kalastuskuolevuutta korotettiin vastaamaan paremmin todellisuutta lohipopulaation pitempiäaikaisesta altistumisesta merivaiheen kalastukselle. Sen sijaan mallin voimakkaasti yksinkertaistettua oletusta mäti-smoltti -vaiheen kuolevuudesta (vakioarvo 98,7 %) ei korjattu, mikä aiheuttaa todennäköisesti jonkin verran virhettä tulosten tulkintaan. Elinkierron tässä vaiheessa kuolleisuus on tiheydestä riippuvaa, minkä takia tämä kuolevuus olisi todennäköisesti tätä alhaisempi pienemmissä lohipopulaatioissa (esim. skenaariot A ja B) ja toisaalta suurempi niissä skenaariossa, joissa voimakkaasti kasvaneissa populaatioissa (esim. skenaariot F ja G). Tämän seurauksena parhaiden skenaarioiden ennustukset ovat todennäköisesti jonkin verran ylioptimistisia ja vastaavasti huonoimpien skenaarioiden ennusteet ovat liian pessimistisiä.

Mallinnustulosten luotettavuuden lisäämiseksi tarvitaan lisätutkimuksia etenkin elinkierron jokivaiheeseen liittyen alasvaeltavien smolttien hävikistä sekä kalateiden toimivuudesta kutukalojen nousuväylinä. Smolttien kuolevuusarviot perustuivat tässä työssä Annalan (2008) selvitykseen sekä oletukseen, että kalateiden lisäksi voimalaitospatojen yhteydessä parannetaan smolttien alasvaellusmahdollisuuksia sopivien ohjausrakenteiden avulla. Tällaisten rakenteiden toimivuudesta Suomen rakennetuilla joilla ei ole kuitenkaan tietoa, minkä takia niihin liittyvä tutkimus- ja kehitystyö tulee käynnistää samanaikaisesti kalateiden suunnittelu- ja rakentamisprosessin kanssa. Huusko ym. (2012) arvioivat lijoella vuosina 2010 – 2011 toteutettujen telemetriatutkimuksien perusteella smolttien kuolevuuden olevan Annalan (2008) esittämää selvästi korkeampi. Tästä syystä ohjausrakenteiden

puuttumisen vaikutusta havainnollistettiin tässä työssä kasvattamalla smolttien alasvellustappioita Laineen ym. (2002) raportin pessimistisimmälle tasolle, mikä johti pitkällä aikajänteellä selvästi pienempään lohikannan kokoon (skenaario H vs. I). Smolttien alasvaelluksen ohella lähitulevaisuudessa on syytä panostaa kalateiden toimivuuden pitkäjänteiseen tutkimukseen, jotta taloudellisesti mitalle kalateiden suunnittelulle ja rakentamiselle luodaan parhaat onnistumisen edellytykset. Tässä työssä kalateiden toimivuuteen liittyen lohien oletettiin oppivan viiden peräkkäisen kalatien käyttöön siten, että ensimmäisissä kalateissa tappio on 10 % ja viimeisissä 5 % (Laine 2011, Haynes 1992). Oletuksen taustalla olevat arviot ovat epävarmoja ja perustuvat pääosin Tyynenmeren lohiin, koska tietoa Atlantin lohen noususta useiden peräkkäisten kalateiden kautta ei juuri ole saatavilla.

Toisin kuin monissa aiemmissa yksinkertaistetuissa laskentamalleissa (esim. Kemppainen ym. 1998, Laine ym. 2002), tässä työssä esitetyssä populaatiomallissa on pyritty kuvaamaan ja arvioimaan parametrien epävarmuutta hajontaluvuilla ja Monte Carlo-simuloinnilla lasketuilla todennäköisyysjakaumilla. Kun jakaumaoletuksia pyritään perustamaan mahdollisimman paljon tunnettuihin tai muissa yhteyksissä arvioituihin rajoihin, saadaan ainakin jonkin verran realistisempi kuva muuttujiin ja ilmiöihin liittyvästä epävarmuudesta. On kuitenkin huomattava että kussakin skenaariossa parametrien arvojen on oletettu pysyttelevän 50 vuotta tietyssä, muuttumattomassa suuruusluokassa. Näin ollen parametreille annetut tilastolliset jakaumat eivät kuvaa tulevaisuuteen liittyvää epävarmuutta läheskään täysimääräisesti. Kun tähän lisätään mäti-smoltti -eloonjäännin ja jokipoikasistukkaiden smoltiksi eloonjäännin oletetut vakioarvot, tuloksissa on epäilemättä aliarvioitu epävarmuuksia vaikka eri skenaarioita tarkasteltaisiin vaihtoehtoisten tulevaisuuksien yhdistettynä kirjona.

Seuraava rakennettujen jokien lohikantojen tulevaisuutta arvioivan mallintamisen kehitysvaihe voisi olla räätälöidä näiden jokien tapauksille kehittynyt laskentamalli, joka perustuisi esimerkiksi ICESin käyttämään, useista osamalleista koostuvaan monimutkaiseen elinkiertomalliin (Michielsens ym. 2008; ks. tiivis mallin esittely Helle ym. 2011). ICESin kanta-arviotyöryhmä otti käyttöön bayesilaiseen tilastotieteeseen pohjautuvan lohen kantamallin jo vuonna 2002. Sitten lohikantamallia on edelleen kehitetty ja laajennettu. Bayesilaiseen tilastotieteeseen kuuluu ns. priori- eli etukäteistiedon käyttö ja arvioitavien parametrien estimaattien esittäminen todennäköisyysjakaumina. Prioritietoa voivat olla aiempien analyysien tulokset, aiemmista tutkimuksista tai asiantuntijoiden näkemyksistä koottu synteesi liittyen tutkittaviin parametreihin. Myös prioritieto annetaan todennäköisyysjakaumina. Kun prioritieto yhdistetään havaintoaineistoihin tilastollisen mallin avulla, tuloksena saadaan ns. posteriori- eli jälkikäteistieto, joka on tilastotieteellinen synteesi siitä mitä prioritieto ja havainnot yhdessä kertovat tutkittavista parametreista. Myös posterioritieto on todennäköisyysjakauma (ks. esim. Helle ym. 2011). Monimutkaisemman ja realistisemmän lohikantamallin hyödyntäminen tulevaisuuden arviointiin edellyttää lisäksi skenaarioinnin työkalujen kehittämistä.

Erilaisilla lohen elinkiertomalleilla voidaan tarkastella niiden rakenteesta riippumatta vain lohikannan palauttamisen biologisia edellytyksiä. Etenkin suuremmissa kalatiehankkeissa on tarpeen suunnata tarkastelun painopistettä biologisten reunaehto-ohella myös teknis-taloudellisiin ja sosioekonomisiin kriteereihin. Monitavoitearvionnin avulla voidaan ottaa huomioon ja yhdistää erilaisia tavoitteita ja intressejä ja siten lisätä luottamuksen ja yhteistyön edellytyksiä eri toimijoiden välillä (Dufva & Marttunen 2010, Karjalainen ym. 2011).

Tässä selvitystyössä käytetyn mallin parametrien ja sen rakenteen yksinkertaistuksista ja oletuksista huolimatta rakennettujen jokien vaelluskantojen palauttamisessa tulisi noudattaa seuraavia suosituksia suunnittelun ja hallinnon perustaksi:

- Kalastuskuolevuuden on pienennettävä nykytasosta. Suurin muutos olisi saavutettavissa avomerikalastusta säätelemällä ja valvontaa tehostamalla, mikä tarkoittaa laajaa yhteisymmärrystä EU-tasolla. Lisäksi kansallisesti (erityisesti rannikkokalastus) sekä myös alueellisesti ja paikallisesti (jokisuu-, jokikalastus) on tehtävä rajoituspäätöksiä riittävän nousukalamäärän varmistamiseksi.
- Smolttien alasvaelluksen turvaamiseen on kiinnitettävä huomiota. Yksittäisiä voimalaitoksia on tarkasteltava erikseen, smolteille vaikeat alueet ja rakenteet on tunnistettava ja niitä varten on järjestettävä toimivia vaellusratkaisuja
- Nousuvaelluksen onnistuminen on turvattava onnistuneilla kalatieratkaisuilla. Kalateiden toimivuuden varmistaminen edellyttää tutkimustyötä..
- Jokien elinympäristöt on kunnostuksin ja valuma-alueen hoidon toimin saatettava mahdollisimman hyvään tilaan kutu- ja poikasvaiheen kuolevuuden minimoimiseksi.

Viitteet

- Annala, M. 2008. Vaelluskalat palaavat lijoelle, smolttien alasvaellustappiot osana hankkeen riskianalyysiä. Käsikirjoitus. 16 s.
- Dufva, M., Marttunen, M. 2010. Monitavoitearviointi Mustionjoen kunnostuksessa. Simpukka- ja lohikantojen elvyttämisvaihtoehtojen arviointi. Suomen Ympäristö 20/2010. 147 s.
- Haines, T.A. 1992. New England's rivers and Atlantic salmon. P. 131-139 in R.H. Sound (ed.), Stemming the tide of coastal fish habitat loss. National coalition for marine conservation, Savannah, Georgia.
- HELCOM 2011. Salmon and Sea Trout Populations and Rivers in the Baltic Sea – HELCOM assessment of salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) populations and habitats in rivers flowing to the Baltic Sea. Balt. Sea Environ. Proc, No. 126A, 79 pp.
- Helle, E., Erkinaro, J., Heinimaa, P., Ikonen, E., Lehtonen, H., Leskelä, A., Pakarinen, T., Rahkonen, R., Romakaniemi, A. ja Söderkultalahti, P. 2011. Suomessa lisääntyvien Itämeren lohikantojen tila tieteellisen havaintoaineiston perusteella. RCTL:n työraportteja 12/2011, 77 s.
- Hiltunen, M. 2011. Lijoen merialueen kalatalousvelvoitteen tarkkaliutulokset vuosina 2006-2010. Kalatutkimusraportti nro 5. Pohjolan Voima. 100 s. + liitteet.
- Fiskeriverket ja RCTL 2011. Torneälvens lax- och öringsbestånd – biologisk underlag för bedömning av lämpliga fiskeregler under 2011.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. 2012. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseurantaa lijoella 2010 – 2011. Käsikirjoitus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- ICES 2010. Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST), 24–31 March 2010, St Petersburg, Russia. ICES CM 2010/ACOM:08. 253 pp.
- Jaukkuri, M., Orell, P., Kannianen, T., Vierelä, M., Huusko, R., Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Jokikokko, E. 2012. Lohien ylisiirto- ja radiotelemetriatutkimus Kemi- ja Ounasjoella. Käsikirjoitus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Karjalainen, T. P., Rytkönen, A-M., Marttunen, M., Mäki-Petäys, A. ja Autti, O. 2011. Monitavoitearviointi lijojen vaelluskalakantojen palauttamisen tukena. Suomen Ympäristö 11/2011. 93 s.
- Kempainen, S., Korhonen, P. ja Huusko, A. 1998. Kalataloudelliset perusteet mereisen vaelluskalan tuotannolle lijoella: Kalatieselvityksen biologinen osaraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 25 s.
- Laine, A., Niva, T., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2002. Kalabiologiset perusteet. Teoksessa: Loikkaako lohi Ounasjokeen? Vaelluskalojen palauttaminen Kemi-/Ounasjokeen. Esiselvitys. Lapin ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 271: 127-199.

- Laine, A. (toim). 2008. Palaako lohi Oulujokeen? Loppuraportti Oulu- ja Lososinkajoilla tehdyistä selvityksistä 2006–2007. Suomen Ympäristö 5. 167 s.
- van der Meer, O., Louhi, P., Marttila, M., Jaukkuri, M., Erkinaro, J., Mäki-Petäys, A., Karjalainen, T.P., Laine, A., Orell, P. 2010. Vaelluskalojen palauttamisen edellytykset lijoen vesistöalueella - Esiselvitys. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Julkaisematon käsikirjoitus 24.11.2010.19 s. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=123174&lan=fi>
- Michielsens, C.G.J., McAllister, M.K., Kuikka, S., Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Pakarinen, T., Karlsson, L. ja Uusitalo, L. 2008. Combining multiple Bayesian data analyses in a sequential framework for quantitative fisheries stock assessment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 65: 962–974.
- Määttä, V. 2000. Kalanviljelylaitoksessa ja luonnossa sukukypsäksi kasvaneiden Tornionjoen lohien (*Salmo salar* L.) sukukypsyysskoko, mädintuotanto ja mädin hedelmöittyminen. Hydrobiologian ja limnologian pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, 39 s.
- Orell, P., Jaukkuri, M., Kanninen, T., van der Meer, O., Mäki-Petäys, A., Huusko, R., Karppinen, P., Marttila, M. 2011. Ylisiirrettyjen lohien radiotelemetriaseuranta lijoella v. 2009 – 2010. Työraportti 28.1.2011. Vaelluskalat palaavat lijokeen -hanke. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=124666&lan=fi>
- Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, biotieteellinen tiedekunta, bio- ja ympäristötieteiden laitos.
- Structured Data, LCC 2011a. RiskAmp Monte Carlo Add-In Library version 3.20. <http://www.riskamp.com/> .
- Structured Data, LCC 2011b. <http://www.riskamp.com/library/pertdistribution.php>

Liite 1. Iijoen lohien määrä eri elinvaiheissa 50 vuoden jälkeen Monte Carlo -simulaation antamissa 25. ja 75. persenttiilien rajoissa.

Elinvaihe	Skenaario A	Skenaario B	Skenaario C	Skenaario D	Skenaario E	Skenaario F	Skenaario G	Skenaario H	Skenaario I
Smoltteja luonnonkudusta	4 730 - 7 990	7 400 - 12 620	9 890 - 17 420	22 790 - 44 610	31 610 - 66 030	96 230 - 174 160	141 680 - 213 240	178 800 - 306 260	33 360 - 65 390
Smoltteja tuki-istutuksista	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000	48 000	16 000	16 000
Luonnontilaisen osuuden jälkeen	19 640 - 22 710	22 120 - 27 100	24 510 - 31 590	36 700 - 57 360	45 110 - 77 630	106 190 - 179 740	179 540 - 190 450	182 590 - 190 670	46 660 - 77 110
Patoallastappioiden jälkeen	8 770 - 11 880	9 900 - 13 870	11 100 - 16 060	16 910 - 28 240	21 010 - 38 170	49 250 - 83 770	73 260 - 100 810	72 350 - 101 730	12 210 - 20 510
Post-smolttikuolevuuden jälkeen	680 - 1 130	780 - 1 320	880 - 1 490	1 350 - 2 600	1 690 - 3 480	5 960 - 10 630	8 770 - 12 990	5 600 - 9 420	1 000 - 1 920
luonnollisen kuolevuuden jälkeen	580 - 940	660 - 1 100	750 - 1 290	1 170 - 2 250	1 460 - 3 050	5 120 - 8 950	7 450 - 11 120	4 780 - 8 020	870 - 1 690
Avomerikalastuksen jälkeen	340 - 570	530 - 910	600 - 1 030	950 - 1 820	1 350 - 2 730	4 090 - 7 280	6 000 - 8 970	3 810 - 6 510	700 - 1 360
Hyljepredaation jälkeen	300 - 500	460 - 790	530 - 900	830 - 1 590	1 180 - 2 380	3 540 - 6 320	5 180 - 7 770	3 290 - 5 660	610 - 1 180
Rannikkokalastuksen jälkeen	220 - 370	340 - 590	470 - 810	740 - 1 430	1 060 - 2 140	3 200 - 5 690	4 660 - 6 990	2 960 - 5 100	550 - 1 060
Jokisuukalastuksen jälkeen	140 - 240	220 - 380	300 - 510	670 - 1 290	950 - 1 930	2 870 - 5 110	4 190 - 6 290	2 670 - 4 590	490 - 960
Kalatieppaoiden jälkeen	100 - 160	150 - 260	210 - 350	460 - 890	660 - 1 330	1 960 - 3 520	2 860 - 4 330	1 830 - 3 150	340 - 660
Jokikalastuksen jälkeen	90 - 150	130 - 230	180 - 320	410 - 800	590 - 1 190	1 760 - 3 160	2 570 - 3 880	1 640 - 2 830	300 - 590

Liite 2. Kemijoen lohien määrä eri elinvaiheissa 50 vuoden jälkeen Monte Carlo -simulaation antamissa 25. ja 75. persenttiilien rajoissa.

Elinvaihe	Skenaario A	Skenaario B	Skenaario C	Skenaario D	Skenaario E	Skenaario F	Skenaario G	Skenaario H	Skenaario I
Smoltteja luonnonkudusta	7 030 - 11 920	10 970 - 18 660	15 170 - 26 470	33 530 - 65 820	47 540 - 99 020	144 260 - 262 240	212 500 - 319 220	272 100 - 462 780	49 710 - 97 600
Smoltteja tuki-istutuksista	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	72 000	24 000	24 000
Luonnontilaisen osuuden jälkeen	29 340 - 34 060	33 100 - 40 350	37 150 - 47 830	54 490 - 84 880	67 440 - 115 800	159 220 - 270 740	268 600 - 286 290	274 610 - 286 290	69 860 - 114 850
Patoallastappioiden jälkeen	13 020 - 17 790	14 940 - 20 610	16 900 - 24 340	25 070 - 42 180	31 320 - 56 600	73 090 - 126 000	110 920 - 151 460	109 650 - 153 550	18 100 - 30 890
Post-smolttikuolevuuden jälkeen	1 010 - 1 690	1 170 - 1 950	1 340 - 2 290	2 020 - 3 860	2 510 - 5 160	8 920 - 15 920	13 280 - 19 590	8 740 - 14 300	1 490 - 2 810
luonnollisen kuolevuuden jälkeen	850 - 1 410	990 - 1 680	1 100 - 1 920	1 770 - 3 480	2 250 - 4 580	7 660 - 13 690	11 240 - 12 090	7 120 - 12 090	1 280 - 2 480
Avomerikalastuksen jälkeen	510 - 860	790 - 1 350	900 - 1 570	1 420 - 2 770	2 000 - 4 100	6 220 - 11 110	9 050 - 13 390	5 770 - 9 820	1 060 - 2 050
Hyljepredaation jälkeen	440 - 740	690 - 1 170	780 - 1 370	1 230 - 2 400	1 730 - 3 550	5 380 - 9 640	7 870 - 11 620	5 000 - 8 520	920 - 1 770
Rannikkokalastuksen jälkeen	330 - 560	520 - 880	700 - 1 230	1 110 - 2 170	1 560 - 3 200	4 840 - 8 680	7 100 - 10 460	4 510 - 7 680	820 - 1 600
Jokisuukalastuksen jälkeen	210 - 360	330 - 560	450 - 780	990 - 1 950	1 400 - 2 880	4 360 - 7 810	6 360 - 9 420	4 050 - 6 910	740 - 1 440
Kalati tappioiden jälkeen	140 - 240	220 - 380	300 - 540	680 - 1 340	960 - 1 980	2 980 - 5 380	4 340 - 6 490	2 790 - 4 750	510 - 980
Jokikalastuksen jälkeen	130 - 220	200 - 350	270 - 480	610 - 1 200	860 - 1 780	2 680 - 4 830	3 900 - 5 830	2 510 - 4 260	460 - 880

