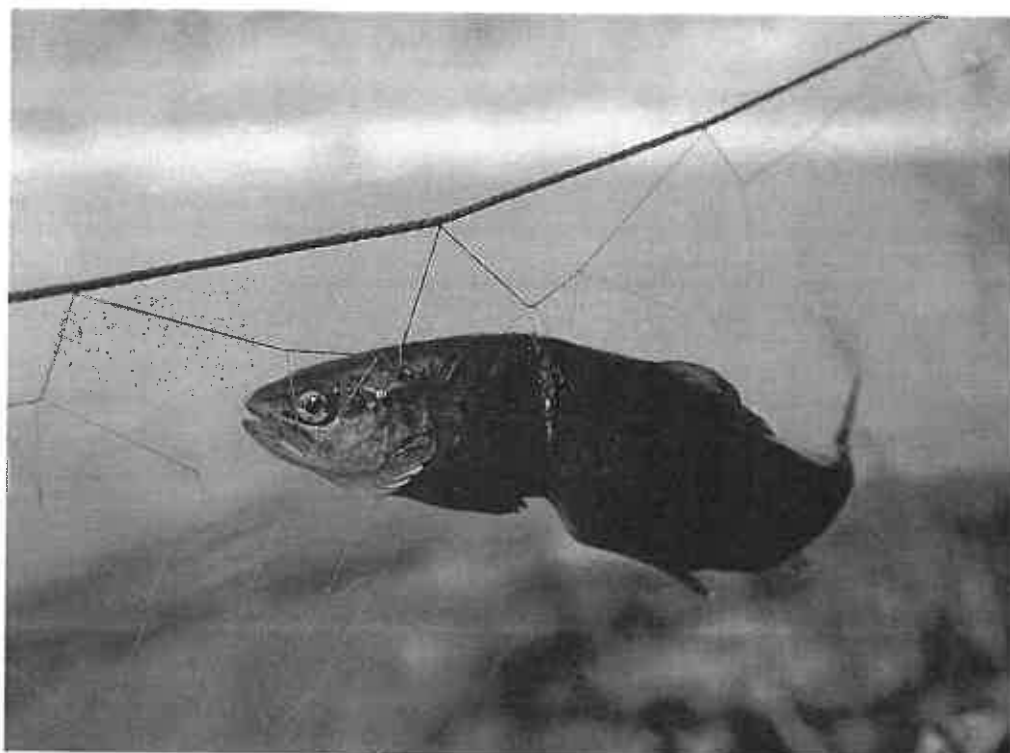


*Outi Heikinheimo
Pentti Valkeajärvi*

Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä
Päätösanalyysitarkastelu



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 140

1998

Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä

Päätösanalyysitarkastelu

Outi Heikinheimo ja Pentti Valkeajärvi

Helsinki 1998

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Verkkoon jäänyt alamittainen taimen. (Kuva: Pekka Salmi)

Kirjoittajat ovat vastuussa kirjoituksensa sisällöstä, eikä se välttämättä edusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen virallista kantaa.

ISBN 951-776-157-0

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 1998

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. TUTKIMUSALUE	2
3. TAIMENEN JA SIIAN KALASTUS PÄIJÄNTEELLÄ	4
3.1. Taimen- ja siikaistutukset.....	4
3.2. Taimenen ja siian saaliit pyydyksittäin	4
3.3. Pyyntiponnistus ja pyynnin ajoittuminen	5
4. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	8
4.1. Kalakanta-aineistot	8
4.2. Vaikutuskaavio	8
4.3. Päätösmuuttujat	10
4.3.1. Verkkojen silmäkorajoitus.....	10
4.3.2. Pyyntiponnistus verkoilla	10
4.3.3. Järvitaimenen istutuskoko	10
4.4. Taimenen ja siian kasvu	11
4.5. Muuttujat ja yhtälöt	11
4.5.1. Istutusten tuottama saalis.....	11
4.5.2. Eloönjäänti ja luonnollinen kuolevuus	14
4.5.3. Kalastuskuolevuus ja pyydystettävyys	14
4.5.4. Istutusten ja pikkusiian kalastuksen tuottama hyöty	15
4.5.5. Tavoitemuuttuja: Kokonaishyöty	15
4.6. Ohjelmat ja mallit.....	15
5. PÄÄTÖSANALYYSIN TULOKSET	17
5.1. Vaikutuskaaviomallin herkkyys	17
5.1.1. Istutettu planktonsiika ja järvitaimen	17
5.1.2. Pikkusiika	19
5.2. Kalastuksen säätelypäätökset Pohjois-Päijänteellä	19
5.2.1. Istutettu planktonsiika ja järvitaimen	19
5.2.2. Pikkusiika	23
5.3. Kalastuksen säätelypäätökset Etelä-Päijänteellä.....	25
5.3.1. Istutettu planktonsiika ja järvitaimen	25
5.3.2. Pikkusiika	29
5.3.3. Troolikalastuksen ja verkkopyynnin voimakkuuden vaikutus Etelä-Päijänteellä.....	30
5.4. Järvitaimenen kalastuksen virkistysarvo	31

6. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	35
6.1. Verkkojen väliharvuuksien kieltä edullista	35
6.2. Verkkokalastusta voitaisiin vähentää	35
6.3. Alueellisilla ja ajallisilla rajoituksilla tarkempaa säätelyä.....	36
6.4. Mallin lähtöoletusten vaikutus lopputuloksiin	37
KIITOKSET	38
VIITTEET	39

1. Johdanto

Taimenen ja siian samanaikainen verkkopyynti aiheuttaa ongelmia lajien erilaisen kasvunopeuden johdosta (Valkeajärvi 1993a, Heikinheimo 1996, Hyvärinen ym. 1996, Makkonen ym. 1996, Turunen ym. 1997, Valkeajärvi ym. 1997, Auvinen ym. 1998). Päijänteellä siikasaaliista kalastetaan 60 % verkoilla, taimenista 64 %. Jos kalastus järjestetään taimenen ehdoilla, on vaarana, että hidaskasvuiset siiat jäävät pyytämättä. Jos painotus on siiassa, taimenet pyydetään enimmäkseen alamittaisina. Miten kalastusta tulisi säädellä, jotta kummankin lajin istutuksista saataisiin suurin mahdollinen hyöty ja luonnonvaraistakin siikakantaa voitaisiin kalastaa?

Päijänteestä saadut järvitaimenet (*Salmo trutta m. lacustris*) ovat lähes yksinomaan järveen tai yläpuolisiin reittivesiin istutettuja kaloja. Osa taimenistutuksista on korvattu järvilohella (*Salmo salar m. sebago*). Rautalammin reitiltä on lähivuosina odotettavissa aiempaa enemmän syönnösvaellukselle laskeutuvia luonnossa syntyneitä vaelluspoikasia taimenen hoitotoiminnan siellä tehostuessa. Sama koskee kunnostettua Arvajan reittiä Jämsässä ja Rutajokea Leivonmäellä. Taimenen luonnollisen lisääntymisen elpyminen korostaa kalastuksen järjestelyn tarvetta Päijänteellä.

Päijänteessä on kolme alkuperäistä siikamuotoa: ”pikkusiiksi” kutsuttu *Coregonus lavaretus wartmanni*, järvisiika (*C. l. nilssoni*), jotka molemmat ovat järvikutuisia, ja joessa tai virrassa kuteva planktonsiika (*C. l. pallasii*) (Valkeajärvi 1987). Pikkusiika on näistä runsaslukuisin. Muiden siikamuotojen luonnonkannat ovat lähes hävinneet. Pikkusiika on Etelä- ja Keski-Päijänteellä melko runsaslukuinen, mutta kanta heikkenee pohjoista kohti. Päijänteeseen on istutettu planktonsiikaa 1980-luvulta alkaen.

Päätösanalyttiset menetelmät on kehitetty avuksi monitahoisiin ja ongelmallisiin päätöksentekotilanteisiin. Ne ovat yleisessä käytössä liiketalouden alalla ja lääketieteessä. Myös kalastuksen säätelykysymyksissä on usein otettava huomioon keskenään ristiriitaisia tavoitteita ja käsiteltävä epävarmuutta sisältävää tietoa. Eri kalastajaryhmien tarpeet saattavat olla ristiriidassa keskenään. Käytettävissä oleviin lähtötietoihin sisältyy epävarmuutta, joka voi johtua esimerkiksi kalakantojen luontaisesta vaihtelusta tai tutkimuksiin perustuvan tiedon puutteesta. Ns. bayesilaiset menetelmät ovat erikoistuneet epävarmuuden käsittelyyn. Tähän menetelmäryhmään kuuluvat mm. uskomusverkot ja bayesilaiset vaikutuskaaviot. Uskomusverkoilla tarkoitetaan muuttujaverkostoja, joissa tutkitaan epävarmuuden heijastumista järjestelmässä muuttujasta toiseen läpi koko verkon. Bayesilaiset vaikutuskaaviot ovat päätösanalyysisovellus uskomusverkoista. Vaikutuskaaviossa on yksi tai useita päätösmuuttujia, joiden vaikutusta ns. tavoitemuuttujaan eli prosessin lopputulokseen ja sen jakaumaan tutkitaan. Viime aikoina päätösanalyttisiä vaikutuskaavioita tai uskomusverkkoja on alettu soveltaa Suomessa myös ympäristönhoidossa (esim. Varis ym. 1990, Kuikka ja Varis 1997) ja eräissä kalataloudellisissa ongelmissa (Varis ja Kuikka 1990, Varis ym. 1993). Lappajärvellä menetelmää käytettiin velvoiteistutusten ja kalastuksen järjestelyn suunnittelussa (Heikinheimo 1996, Heikinheimo ja Raitaniemi 1998).

Tämän tutkimuksen tilasivat Keski-Suomen ja Hämeen maaseutuelinkeinopiirien kalatalouden vastuualueet (nykyisin TE-keskusten kalatalousyksiköt) sekä Etelä-Päijänteeseen, Kuhmoisten ja Sysmän kalastusalueet. Tarkastelemme päätösanalyysin avulla ratkaisuvaihtoehtoja taimenen ja siian kalastuksen järjestämisessä. Tavoitteena on istutusten tuoton optimoiminen, taimenen virkistyskalastuksen turvaaminen ja luonnonvaraisen siikakannan järkiperäinen hyödyntäminen.

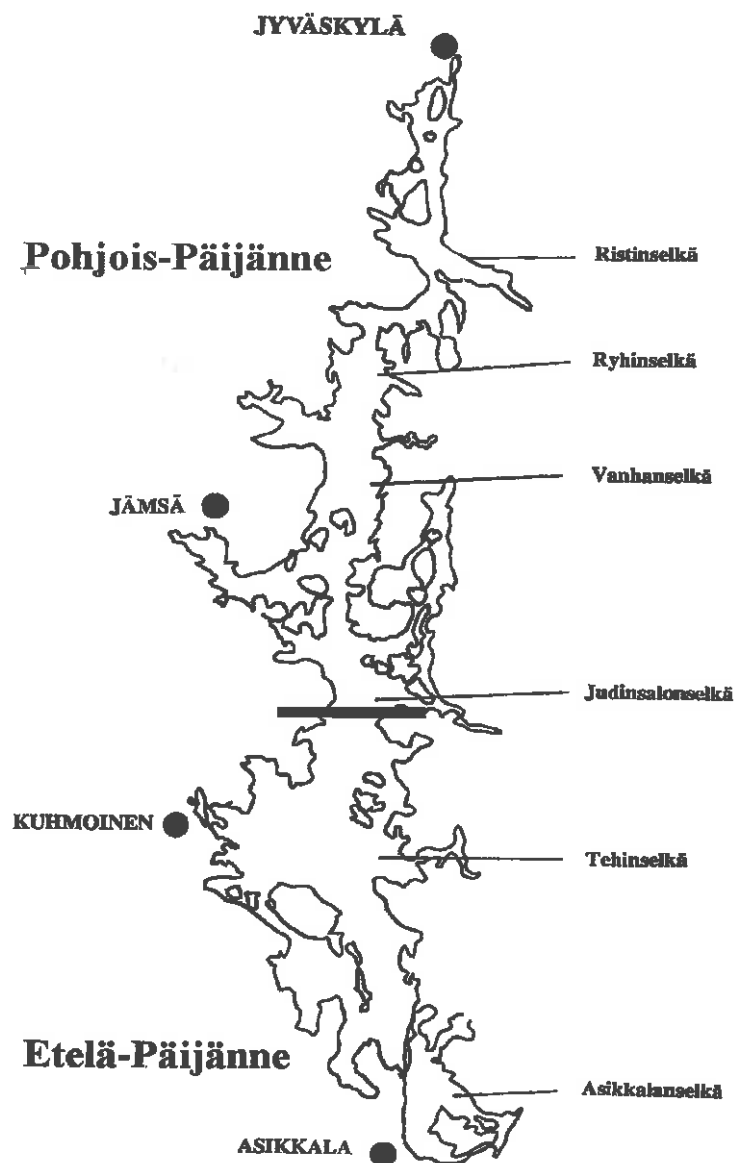
2. Tutkimusalue

Päijänne on maamme toiseksi suurin järvi (1 116 km²). Järveä on säännöstelty vuodesta 1964 lähtien voimatalouden ja tulvasuojelun tarpeisiin. Vuosina 1982-1995 vedenpinta on ollut Suomen ympäristökeskuksen mukaan siian syksyisen kudun aikaan keskimäärin 5 cm korkeammalla kuin luonnontilassa. Keväällä toukokuun 1. päivänä vedenpinta on ollut keskimäärin 26 cm luonnontilaista alempana (Järvinen 1997). Siian mätä on vaarassa jäädä kuiville, minkä on arvioitu haittaavan siian lisääntymistä (Hakkari ym. 1978). Tämän johdosta Päijänteeseen on vuosittain tehty kompensatioistutuksia pääasiassa planktonsijalla. Viimeaikaiset tutkimukset viittaavat kuitenkin siihen, että säännöstelystä johtuvalla talvisella vedenpinnan alenemalla ei juurikaan olisi vaikutusta pikkusiian vuosiluokkien kokoon (Valkeajärvi 1996). Korkea vedenpinta kutuaikana marraskuussa näyttää sitä vastoin olevan eduksi sialle. Syytä tähän ei vielä tiedetä.

Pohjois- ja Keski-Päijänne olivat 1970-luvulle asti voimakkaasti jätevesien kuormittamia. Nykyään Keski-Suomen ympäristökeskus luokittelee nämäkin alueet kalatalouden ja virkistyskäytön osalta tyydyttäviksi tai hyviksi.

Päijänne jaettiin tässä tutkimuksessa kahteen jokseenkin yhtä suureen osaan, joita jatkossa kutsutaan Pohjois- ja Etelä-Päijänteeksi. Raja kulkee Tehinselän pohjoispuolella (kuva 1). Jako on perusteltu erilaisten siikakantojen, istutusten painottumisen, erilaisen kalastuksen ja siian kasvurojen vuoksi. Pohjoisosassa istutettu planktonsiika on vallitsevana siikamuotona, eteläosassa luonnonvarainen pikkusiika. Pikkusiian kasvu on järven pohjoisosassa nopeampaa kuin eteläosassa. Tämä johtunee paremmista ravintovaroista, mihin vaikuttavat pienempi lajinsisäinen kilpailu sekä veden suurempi ravinnepitoisuus. Planktonsiian kasvunopeus on pikkusiikaa parempi koko järven alueella (Valkeajärvi 1987).

Etelä-Päijänteellä on Tehinselän alueella voimakas troolikalastuksen keskittymä. Kuudella troolikalastajalla on pyyntilupa alueelle. Järven pohjoisosassa lähellä alueen etelärajaa kalastaa säännöllisesti vain yksi troolikunta.



Kuva 1. Päijänne ja sen jako kahteen osa-alueeseen.

3. Taimenen ja siian kalastus Päijänteellä

3.1. Taimen- ja siikaistutukset

Päijänteeseen on istutettu eniten taimenia viime vuosikymmenen vaihteessa, minkä jälkeen vuosittainen istutusmäärä on pienentynyt (kuva 2). Kolmivuotiaiden taimenten osuus istutuksissa on 1990-luvulla ollut suurempi kuin 2-vuotiaiden. Carlin-merkintöjen mukaan taimenistutusten tuotto on 2-vuotiaalla ollut 51 kg/1000 istukasta ja 3-vuotiaalla 187 kg/1000 istukasta (Paananen, julkaisematon). Korjaamalla tulos palauttamattomien merkkien osuudella (kerroin 2-vuotiaille 4 ja 3-vuotiaille 2,5 ks. Valkeajärvi 1993b), saadaan tuotoksi 2-vuotiaalla 204 kg/1000 istukasta ja 3-vuotiaalla 470 kg/1000 istukasta. Nämä luvut ovat lähellä tuhannen istukkaan painoa kummasakin ikäryhmässä. Takaisin on siis saatu kutakuinkin se kilomäärä mitä on istutettu.

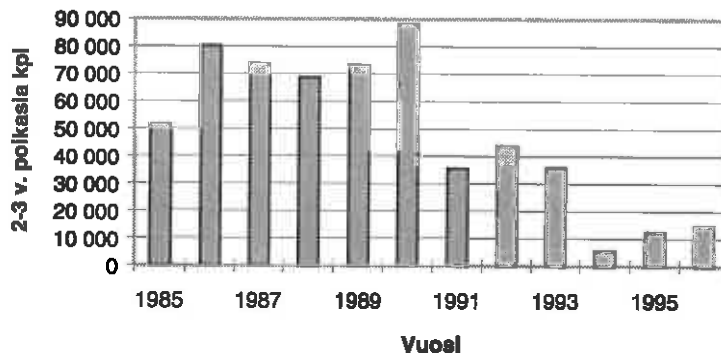
Päijänteeseen on istutettu 1980-luvulta alkaen Koitajoen planktonsiikaa ja 1990-luvulla Rautalammin reitin planktonsiikaa. Istutusmäärä on viime vuosina ollut noin 0,5 miljoonaa yksilöä (kuva 2) eli 5 yksilöä hehtaarille. Planktonsiian istutusten tuotoksi on arvioitu vähintään 70 kg/1000 istukasta (Valkeajärvi ja Raatikainen 1995), mikä on isolle järvelle melko hyvä tulos (Salojärvi 1992). Istutusten painopiste on Pohjois- ja Keski-Päijänteellä metsäteollisuuden velvoiteistutusten vuoksi. Päijänteen vedenkorkeuden säännöstelystä johtuvista istutusvelvoitteista on vastannut Suomen ympäristökeskus. Vuonna 1996 erilaisten velvoitteiden osuus siikaistutuksista oli 59 %.

3.2. Taimenen ja siian saaliit pyydyksittäin

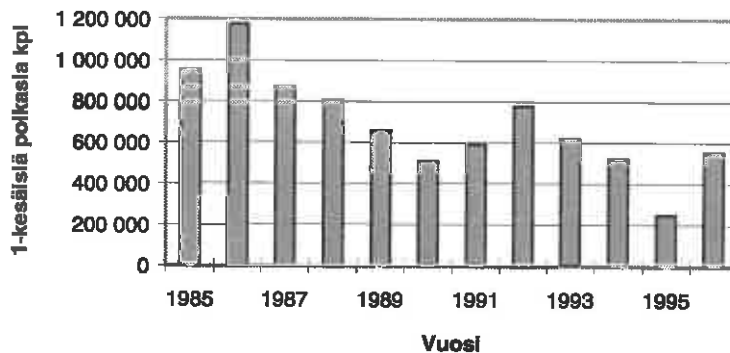
Päijänteen taimensaalis oli 20,5 tonnia (0,2 kg/ha) vuonna 1991. Vapaa-ajankalastajien osuus siitä oli noin 95 %. Siikasaalis oli 191 tonnia (1,7 kg/ha). Se jakautui tasaisemmin kalastajaryhmien välillä kuin taimensaalis, vain lievästi vapaa-ajankalastajien eduksi (Valkeajärvi 1997). Päijänteen pohjoispuoliskon siikasaaliista oli istutettuja planktonsiikoja 77 %, eteläpuoliskon siikasaaliista vain 19 %. Päijänteen koko siikasaaliista istutetun planktonsiian osuus oli tuolloin noin 42 %. Sen jälkeen istukkaiden saalisosuus on vähentynyt, koska istutukset ovat pienentyneet. Uusimman vuotta 1996 koskeneen kalastuskyselyn alustavat tulokset viittaavat sekä siika- että taimensaaliin alenemiseen (Valkeajärvi ja Salo, julkaisematon aineisto).

Taimensaaliin pyydyksittäisessä jakautumisessa on jonkin verran eroa Päijänteen pohjois- ja eteläosien välillä (taulukko 1). Eteläosassa tiheillä siikaverkoilla (solmuväli 27-33 mm) ja 34-40 mm:n verkoilla pyydetään taimensaaliista suurempi osa kuin pohjoisosassa, missä harvempia verkkoja (solmuväli yli 40 mm) käytetään enemmän. Uistimen osuus on pohjoisessa noin kolmannes taimensaaliista, etelässä viidennes. Jyväskylän läheisyys selittää uistelun suosiota Pohjois-Päijänteellä. Taimenelle siikaverkot ovat suurempi ongelma järven eteläosassa kuin pohjoisosassa.

Taimenistutukset



Siikaistutukset



Kuva 2. Päijänteen taimen- ja planktonsiikaistutukset vuosina 1985-1995.

Siiankalastuksessa on selviä eroja Päijänteen pohjois- ja eteläosan välillä. Pohjoisosassa pikkusiika pyydetään valtaosin 34-40 mm:n verkoilla, eteläosassa troolilla. Verkoista 27-33 mm:n siikaverkot ovat ottavimpia Etelä-Päijänteellä. Planktonsiikat pyydetään järven pohjoispuoliskolla suurimmaksi osaksi 34-40 mm:n solmuvälisillä verkoilla, etelässä jonkin verran enemmän troolilla. Pikkusiikojen nopeampi kasvu pohjoisessa (Valkeajärvi 1987) ja planktonsiikojen suurempi osuus siikakannassa selittävät, miksi 34-40 mm:n solmuvälit ovat siianpyynnissä käytetyimpiä Pohjois-Päijänteellä. Rysäpyynnin osuus siikasaaliista on pysynyt melko pienenä ja painottuu pohjoiselle Päijänteelle.

3.3. Pyyntiponnistus ja pyynnin ajoittuminen

Pyyntiponnistus on Pohjois-Päijänteellä suurin yli 40 mm:n verkoilla ja Etelä-Päijänteellä 34-40 mm:n solmuväleillä (taulukko 2). Solmuväliltään 27-33 mm:n verkoilla on etupäässä tavoiteltu siikaa ja ahventa. Siksi niiden osuus taimensaaliista on pienempi kuin pyyntiponnistuksen perusteella olisi odotettavissa.

Taimen- ja siikasaaliin jakautumisesta talvelle ja kesälle ei ole tarkkoja lukuja. Valtaosa kummankin lajin saaliista pyydetään kesällä. Näin ollen kesäkalastukseen kohdistuvalla säätelyllä on tuntuvampi vaikutus kummankin lajin kantoihin.

Taulukko 1. Taimenen, pikkusiian ja planktonsiian saaliiden jakautuminen tärkeimpien pyydysten ja verkkojen solmuväliuokkien kesken vuonna 1991 Päijänteellä. Taulukosta puuttuu järvisiika, jonka osuus on noin 5 % kokonaissaaliista.

Taimen

Pyydys ja verkon solmuväli	Pohjois-Päijänne		Etelä-Päijänne		Koko Päijänne	
	kg	%	kg	%	kg	%
Muikkuverkko	317	2,3	0	0,0	317	1,6
27-33 mm verkko	22	0,2	659	10,4	682	3,4
34-40 mm verkko	3 585	26,0	2 269	35,7	5 854	29,1
> 40 mm verkko	5 116	37,1	1 670	26,3	6 786	33,7
Rysä	267	1,9	10	0,2	277	1,4
Trooli	11	0,1	446	7,0	456	2,3
Uistin	4 479	32,5	1 294	20,4	5 773	28,7
Yhteensä	13 797	100,0	6 348	100,0	20 145	100,0

Pikkusiika

Pyydys ja verkon solmuväli	Pohjois-Päijänne		Etelä-Päijänne		Koko Päijänne	
	kg	%	kg	%	kg	%
27-33 mm verkko	0	0,0	20 000	24,9	20 000	20,2
34-40 mm verkko	15 020	79,7	10 208	12,7	25 228	25,4
> 40 mm verkko	412	2,2	0	0,0	412	0,4
Rysä	2 533	13,4	0	0,0	2 533	2,6
Nuotta	0	0,0	1 097	1,4	1 097	1,1
Trooli	878	4,7	49 008	61,0	49 886	50,3
Yhteensä	18 844	100	80 313	100	99 157	100

Planktonsiika

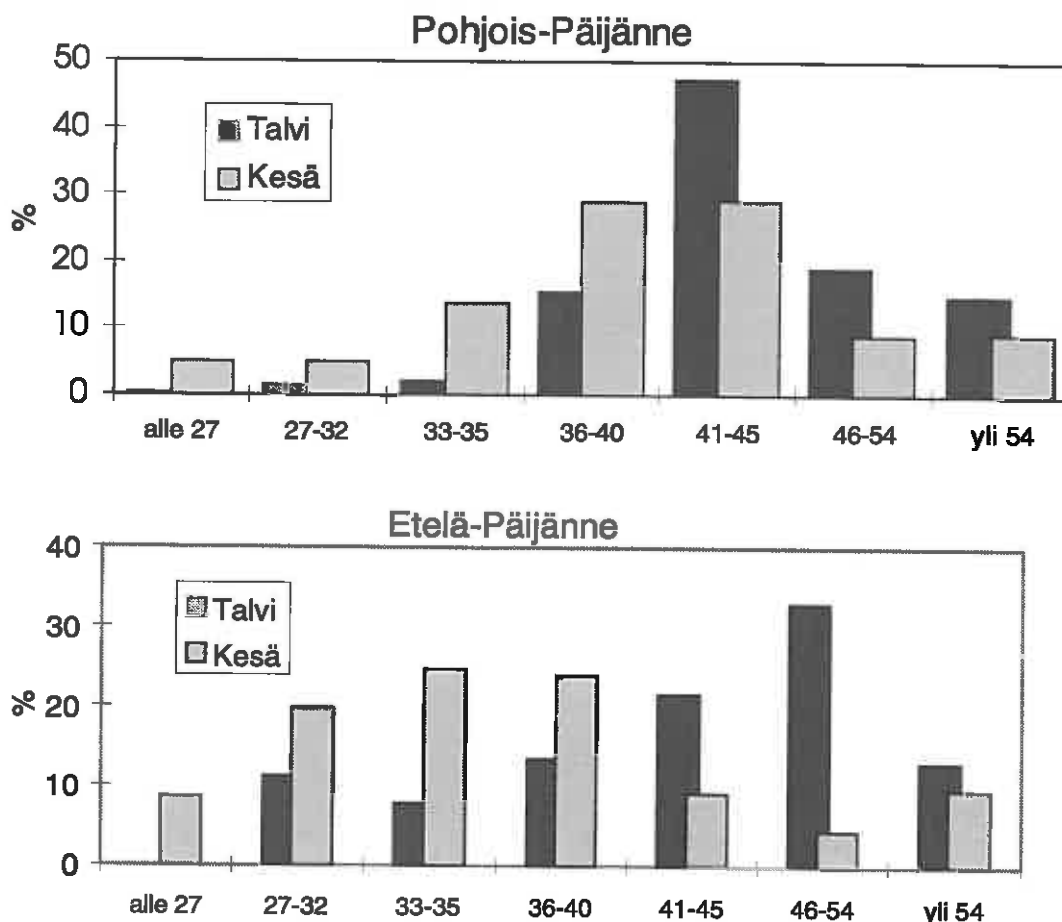
Pyydys ja verkon solmuväli	Pohjois-Päijänne		Etelä-Päijänne		Koko Päijänne	
	kg	%	kg	%	kg	%
27-33 mm verkko	0	0,0	602	3,3	602	0,8
34-40 mm verkko	36 478	59,5	7 678	42,0	44 157	55,5
> 40 mm verkko	16 556	27,0	45	0,2	16 601	20,9
Rysä	5 617	9,2	24	0,1	5 641	7,1
Nuotta	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Trooli	2 642	4,3	9 945	54,4	12 588	15,8
Yhteensä	61 294	100	18 295	100	79 589	100

**Taulukko 2. Verkkovuorokaudet Päijänteellä vuonna 1991 solmuväli-
luokittain.**

Verkon solmuväli	Pohjois-Päijänne		Etelä-Päijänne		Koko Päijänne	
	Verkkovrk	%	Verkkovrk	%	Verkkovrk	%
27-33 mm	228 800	16,6	305 900	23,2	544 300	17,2
34-40 mm	392 600	28,5	557 200	42,2	1 066 500	33,7
yli 40 mm	754 400	54,8	457 400	34,6	1 553 600	49,1
Yhteensä	1 375 800	100	1 320 500	100	3 164 400	100

Päijänteen pohjois- ja eteläosassa käytetään hiukan eriarvoisia verkkoja sekä kesä- että talvipyyntissä (kuva 3). Esimerkiksi Pohjois-Päijänteellä on talvella solmuväli-
tään 41-45 mm:n verkkoja enemmän järvessä kuin muita verkkoja. Tätä tiheämpien
verkkojen osuus on vain vajaat 20 % kokonaismäärästä. Etelä-Päijänteellä 46-54
mm:n verkot ovat suosituimpia talvipyyntissä, mutta tiheämpiä siikaverkkoja käyte-
tään yleisemmin kuin pohjoisosassa.

Kesäkalastuksessa solmuvälit 33-40 mm ovat suosituimpia Etelä-Päijänteellä,
36-45 mm Pohjois-Päijänteellä. Siiankalastus on pääasiassa johtanut tähän käytän-
töön. Sekä kesä- että talvipyyntissä pienillä taimenilla on Pohjois-Päijänteellä hiukan
paremmat mahdollisuudet välttää verkot kuin Etelä-Päijänteellä.



**Kuva 3. Verkkojen eri solmuväli-
luokkien (mm) osuudet (%) kesä- ja tal-
vipyyntissä Pohjois- ja Etelä-Päijänteellä vuonna 1991.**

4. Aineisto ja menetelmät

4.1. Kalakanta-aineistot

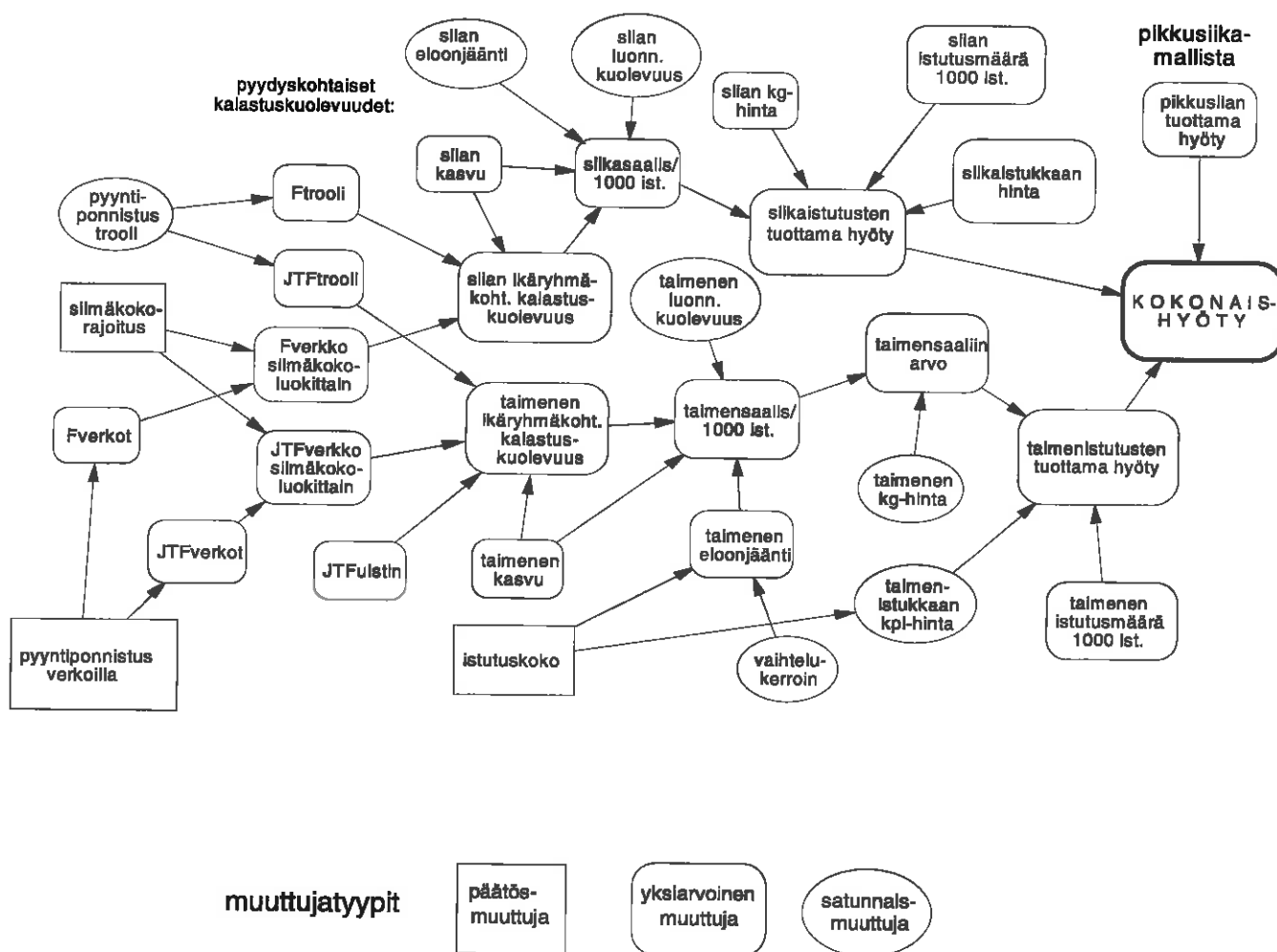
Päijänteeseen siika- ja taimenkantoja on tutkittu intensiivisesti 1980-luvun puolivälistä lähtien. Viimeisin käytettävissä oleva tiedustelu on vuodelta 1991. Tämä työ perustuu näihin aiemmin kerättyihin aineistoihin ja julkaisuihin (mm. Jämsä ym. 1993, Valkeajärvi ja Raatikainen 1995, Marjomäki ym. 1996, Valkeajärvi 1997, Koivurinta, julkaisematon). Siikamuotojen runsaussuhteissa on vuoden 1991 kalastustiedustelun jälkeen tapahtunut muutoksia. Planktonsiian osuus on pienentynyt istutusten vähentymisen seurauksena ja vastaavasti pikkusiian osuus on kasvanut.

4.2. Vaikutuskaavio

Vaikutuskaaviomallilla kuvataan tutkittavan järjestelmän muuttujia, niiden välisiä suhteita ja informaation kulkua järjestelmässä (Oliver ja Smith 1990). Bayesilaisen vaikutuskaaviomallin muuttujat voivat olla päätösmuuttujia, satunnaismuuttujia ja deterministisiä eli yksiarvoisia muuttujia, ja lopputuloksena on tavoitemuuttuja. Päätösmuuttujat ovat kontrolloitavissa olevia tekijöitä, joiden kautta lopputulokseen voidaan ja halutaan vaikuttaa. Satunnaismuuttujat ovat epävarmoja muuttujia, joiden arvo on todennäköisyysjakauman muodossa. Yksiarvoiset muuttujat sisältävät yhden arvon tai laskentakaavan. Tavoitemuuttuja (kohdefunktio) on mallin lopputulos eli se kriteeri, jonka perusteella päätösvaihtoehtoista valitaan edullisin. Satunnaismuuttujia sisältävässä mallissa tulostuu sen odotusarvon lisäksi todennäköisyysjakauma eri päätösvaihtoehtoilla.

Päijänteeseen taimenen ja siian kalastusta kuvaava vaikutuskaavio on samanlainen Pohjois- ja Etelä-Päijänteelle, mutta joidenkin muuttujien arvot poikkeavat toisistaan. Tilannetta tarkasteltiin aluksi pelkästään istutettujen lajien (järvitaimen ja planktonsiika) osalta, ja lopuksi tutkittiin tilannetta, jossa myös luonnossa lisääntyvän pikkusiian kalastus otetaan huomioon (kuva 4).

Tässä Päijänne-mallissa on tavoitemuuttujana istutusten ja kalastuksen tuottama rahallinen hyöty. Myös muita tekijöitä voitaisiin perustellusti sisällyttää tavoitemuuttujaan, esimerkiksi järvitaimenen kalastuksen virkistysarvo, alamittaisten taimenten osuuden minimointi saaliissa tai taimenen luonnollisen lisääntymisen edistäminen. Tällöin mallin tulokset olisivat kuitenkin vaikeammin tulkittavissa, ja tavoitemuuttujassa huomioonotettavien tekijöiden keskinäinen painotus tulisi selvittää esimerkiksi haastattelututkimuksella. Sen vuoksi tarkasteltiin istutusten tuoton lisäksi erikseen pikkusiikasaalista, pienten järvitaimenten osuutta saaliissa sekä Etelä-Päijänteellä virkistysarvon kuvaamiseksi uistinkalastuksen järvitaimensaaliin koostumusta eri päätösvaihtoehtoilla.



Kuva 4. Päijänteen taimenen ja siian kalastusta kuvaava vaikutuskaaviomalli. Pikku-siikamalli vastaa siikamallia, mutta istutusmäärän tilalla on luonnossa syntyneiden 1-kesäisten poikasten määrä. Eri muuttujatyytit on esitetty kaavion alla. F = siian hetkellinen kalastuskuolevuus, JTF = taimenen hetkellinen kalastuskuolevuus.

4.3. Päätösmuuttajat

Päätösmuuttujiksi eli niiksi tekijöiksi, joiden avulla kalastusta aiotaan säädellä, valittiin verkkojen silmäkokorajoitus, pyyntiponnistus verkoilla ja järvitaimenen istutuskoko. Troolin siikaan kohdistama kalastuspaine riippuu suuresti muikkukannan tilasta, ja siksi katsottiin, että troolikalastusta ei säädellä siian tai taimenen perusteella, vaan se on tässä tarkastelussa pikemminkin satunnaismuuttuja. Jos muikkua on runsaasti, troolipyynti on voimakasta, mutta ei niinkään kohdistu siikaan. Toisaalta muikkukannan heiketessä troolarit pyrkivät suuntaamaan pyyntiään entistä enemmän siikaan. Tällainen tilanne oli niinä vuosina, joilta käytetty aineisto on peräisin. Vuonna 1997 muikkukanta on jo elpynyt, joten siikaan kohdistuva troolikalastus on vähentynyt. Troolipyynnin vaikutusta lopputulokseen ja päätöksiin tarkasteltiin Etelä-Päijänteen osalta erikseen herkkyyssanalyysillä, koska siellä troolikalastusta on paljon. Uistelun määrän oletettiin pysyvän nykyisellä tasolla.

4.3.1. Verkkojen silmäkokorajoitus

Viime vuosina Päijänteellä ei ole ollut verkkojen silmäkokorajoituksia. Päätösvaihtoehtoina mallissa olivat seuraavat rajoitukset:

- 1) ei silmäkokorajoituksia (nykytilanne)
- 2) tiheät verkot kielletty, eli alin sallittu solmuväli 36 mm (paitsi muikkuverkot)
- 3) väliharvuudet (solmuväli 36-54 mm) kielletty

4.3.2. Pyyntiponnistus verkoilla

Verkkopyyntiponnistuksen säätelyvaihtoehtoina mallissa olivat nykyinen taso, puolet nykyisestä tasosta ja puolitoistakertainen pyyntiponnistus nykyiseen nähden. Pyyntiponnistuksella oletettiin olevan lineaarinen yhteys kalastuskuolevuuteen. Nykyinen taso määritettiin sovittamalla eri pyydysten kalastuskuolevuudet siten, että pyydysten saalisosuudet, samoin kuin täydellisimmin rekrytoituneiden (kalastuskokoon tulleiden) ikäryhmien kalastuskuolevuus, vastasivat nykytilannetta.

4.3.3. Järvitaimenen istutuskoko

Vaihtoehtoiset minimi-istutuskoot 2- ja 3-vuotiaille järvitaimenille olivat 20 cm ja 30 cm. Istukkaan hinta ja istutuksen jälkeinen eloonjäänti riippuvat istutuskooosta. Istutuksen tuottama saalis riippuu myös merkittävästi istutuskooosta: mitä suurempi istukas, sen parempi saalis (Niva ja Juntunen 1993). Toisaalta isojen istukkaiden korkea hinta vähentää istutuksen kannattavuutta. Todennäköisimmin suurten istukkaiden tuottama parempi saalis johtuu pienemmästä luonnollisesta kuolevuudesta istutuksen jälkeen, mihin voi olla syynä niihin kohdistuva vähäisempi petokalojen saalistus (Valkeajärvi 1993a) ja paremmat ravinnonsaantimahdollisuudet luonnonoloissa.

Mallissa on oletettu, että järvitaimenistutuksiin käytettävissä oleva rahamäärä on vakio (150 000 mk sekä Pohjois- että Etelä-Päijänteellä), jolloin isoja istukkaita saadaan samalla rahalla vähemmän kuin pieniä.

4.4. Taimenen ja siian kasvu

Muikkukannan runsauden on todettu vaikuttavan taimenen kasvuun Päijänteellä (Jämsä ym. 1993). 1980-luvun puolivälin jälkeen muikkukanta on ollut heikko Päijänteellä. Vasta vuonna 1996 kanta alkoi elpyä. Näin ollen myös taimenen kasvu on ollut hidasta. Taimenen kasvulla on tässä tarkastelussa kaksi vaihtoehtoa: nopea ja hidas (taulukko 3). Nopeaa vaihtoehtoa edustaa 1950-luvun aineisto (Seppovaara 1962, ks. Valkeajärvi 1992b) ja hidasta kasvua materiaali vuodelta 1995 (Koivurinta, julkaisematon). Molemmat aineistot on pyydetty verkoilla. Kasvu on määritetty takautuvasti suomuista. Taimenen kasvu on oletettu samanlaiseksi koko Päijänteen alueella.

Siian kasvumääritykset perustuvat vuosina 1985-1995 kerättyyn aineistoon (Valkeajärvi 1987, Valkeajärvi ja Raatikainen 1995). Pikkusiian kasvuun vaikuttavia tekijöitä Päijänteellä on voitu osoittaa useita. Kalastuksen tehostaminen on parantanut kasvua, mikä viittaa lajinsisäiseen kilpailuun vanhemmissa ikäryhmissä (Valkeajärvi 1992a). Muikun vaikutus siian kasvuun on mahdollista ja havaittu ainakin Paasivedellä ja Lappajärvessä (Heikinheimo-Schmid 1992, Raitaniemi ym. 1995). Päijänteessä muikkukannan ja siian kasvun välistä yhteyttä ei ole voitu todeta heikkojen muikkuvuosiluokkien aikana. Korkea vedenpinta keväällä on eduksi siianpoikasten kasvuille (Valkeajärvi 1996). Lisäksi veden korkeampi ravinnetaso pohjoisessa selittää siian paremman kasvun karumpaan eteläosaan verrattuna.

Tutkimuksessa käytettiin istutetulle siialle kahta kasvuvaihtoehtoa (hidas ja nopea), ja pikkusiialle keskimääräistä kasvua (taulukko 3). Painon laskemisessa takautuvasti määritetyn pituuden perusteella käytettiin taimenelle ja siioille seuraavia pituuden (cm) ja painon (g) suhdetta kuvaavia yhtälöitä:

$$\text{taimen: paino} = 0,00879 \cdot \text{pituus}^{3,064}$$

$$\text{pikkusiika: paino} = 0,000017 \cdot \text{pituus}^{2,871}$$

$$\text{planktonsiika: paino} = 0,0000098 \cdot \text{pituus}^{2,973}$$

4.5. Muuttujat ja yhtälöt

4.5.1. Istutusten tuottama saalis

Istutusten tuotto tuhatta istukasta kohti (1-kesäistä siikaa tai 2-3-vuotiasta järvitaimenta) laskettiin yhtälön (1) mukaisesti ja tämä kerrottiin keskimääräisellä vuotuisella istutusmäärällä (tuhatta istukasta). Oletuksena oli tasapainotilanne, eli muuttujien arvot ovat vuodesta toiseen samat. Planktonsiialla ja järvitaimenella käsiteltiin erikseen hitaan ja nopean kasvun tilanne. Järvitaimensaaliissa eroteltiin toisistaan pienet (ikäryhmän keskipaino korkeintaan 750 g) ja suuret saaliskalat. Tässä käytetyillä kasvunopeuksilla pieniin luettiin 2-3-vuotiaat taimenet.

Saalis tuhatta istukasta kohti:

(1)

$$C = \sum_{i=1}^t \left(\frac{f_i}{f_i + M} \cdot n_i \cdot (1 - e^{-f_i - M}) \cdot w_i \right)$$

$$f_i = \sum_{p=1}^k (q_{pi} \cdot F_p)$$

$$n_1 = I \cdot \text{surv}$$

$$n_t = n_{(t-1)} \cdot e^{-f_{(t-1)} - M}$$

C = saalis (kg) istukasmäärästä I

t = ikäryhmien lukumäärä

f_i = hetkellinen kalastuskuolevuus ikäryhmässä i

F = kalastuskuolevuus täysin rekrytoituneissa ikäryhmissä

q_i = pyydystettävyyden eli osuus täydestä kalastuskuolevuudesta F ikäryhmässä i

p = pyydystystyyppi

k = pyydystystyyppien lukumäärä

I = istukkaiden määrä tai pikkusiihien kesänvanhojen poikasten määrä (tässä 1000)

M = hetkellinen luonnollinen kuolevuus

n_i = elossa olevien kalojen lukumäärä ikäryhmässä i vuoden alussa

w_i = kalojen keskipaino (kg) ikäryhmässä i

surv = eloonjäävien osuus istutuksen jälkeen ennen rekrytoitumista kalastukseen

Ikäryhmäkohtaiset pyydystettävyydet (taulukko 3) arvioitiin erikseen eri pyydyksille sekä verkkojen solmuväliryhmille jaoteltuna seuraavasti:

tiheät verkot: solmuväli ≤ 35 mm

väliharvuudet: solmuväli 36-54 mm

harvat verkot: solmuväli ≥ 55 mm.

Näiden perusteella laskettiin ikäryhmäkohtaiset kalastuskuolevuudet pyydyksittäin, jotka yhteenlaskemalla saatiin ko. ikäryhmän kokonaiskalastuskuolevuus (f_i). Siikaa pyydetään verkkojen lisäksi troolilla, ja järvitaimenta saadaan uistimella ja troolilla. Päijänteellä harjoitetaan jonkin verran myös siian rysäpyyntiä. Sen saalisosuus on kuitenkin pieni ja koostumus muistuttaa troolilla saatua, joten käytimme rysän valikoivuutena samaa kuin troolin.

Taulukko 3. Planktonsiian, pikkusiian ja järvitalmenen ikäryhmäkohtaiset keskipainot ja mallissa käytetyt pyydystettävyydet (q) eri pyydyksillä. Verkkojen solmuväliuokat: tiheä = ≤ 35 mm; keski = 36-54 mm; harva ≥ 55 mm.

Planktonsiika, hidas kasvu

ikä	paino kg	pyydystettävyyys			
		trooli	verkot		
			tiheä	keski	harva
1	0,030	0,30	0,03	0,00	0,00
2	0,074	0,90	0,30	0,02	0,00
3	0,129	1,00	0,70	0,15	0,05
4	0,190	1,00	1,00	0,60	0,20
5	0,280	0,90	0,95	0,90	0,30
6	0,390	0,90	0,85	1,00	0,40
7	0,499	0,80	0,75	1,00	0,70
8	0,627	0,70	0,60	1,00	0,90
9	0,761	0,60	0,50	1,00	1,00
>10	0,850	0,50	0,40	1,00	1,00

Järvitalmen, hidas kasvu

ikä	paino kg	trooli	pyydystettävyyys			uistin
			verkot			
			tiheä	keski	harva	
2	0,3	0,1	1,0	0,3	0,0	0,1
3	0,5	0,3	0,7	0,8	0,1	0,5
4	1,0	0,3	0,5	1,0	0,7	1,0
5	1,8	0,1	0,1	0,7	1,0	1,0
6	3,0	0,1	0,1	0,3	1,0	1,0
7	5,0	0,1	0,1	0,2	0,8	1,0
8	8,0	0,1	0,1	0,1	0,5	1,0
9	10,0	0,1	0,1	0,1	0,4	1,0
10	11,0	0,1	0,1	0,1	0,3	1,0
11	12,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0
>12	13,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0

Planktonsiika, nopea kasvu

ikä	paino kg	pyydystettävyyys			
		trooli	verkot		
			tiheä	keski	harva
1	0,0347	0,40	0,03	0,00	0,00
2	0,081	1,00	0,30	0,02	0,00
3	0,172	1,00	1,00	0,50	0,10
4	0,280	0,90	0,95	0,90	0,30
5	0,438	0,80	0,70	1,00	0,60
6	0,629	0,70	0,60	1,00	0,90
7	0,862	0,50	0,40	1,00	1,00
8	1,123	0,40	0,10	0,90	1,00
9	1,399	0,30	0,00	0,80	1,00
>10	1,800	0,30	0,00	0,70	0,90

Järvitalmen, nopea kasvu

ikä	paino kg	pyydystettävyyys				
		trooli	verkot			uistin
			tiheä	keski	harva	
2	0,3	0,1	1,00	0,3	0	0,1
3	0,8	0,3	0,5	1,0	0,2	0,8
4	2,0	0,1	0,3	0,7	1,0	1,0
5	3,5	0,1	0,1	0,3	1,0	1,0
6	5,0	0,1	0,1	0,2	0,8	1,0
7	7,0	0,1	0,1	0,1	0,5	1,0
8	9,0	0,1	0,1	0,1	0,5	1,0
9	11,0	0,1	0,1	0,1	0,3	1,0
10	12,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0
11	13,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0
>12	14,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0

Pikkusiika

ikä	paino kg	pyydystettävyyys			
		trooli	verkot		
			tiheä	keski	harva
1	0,040	0,30	0,03	0,00	0,00
2	0,085	0,90	0,30	0,02	0,00
3	0,130	1,00	0,70	0,15	0,00
4	0,160	1,00	0,90	0,25	0,00
5	0,180	1,00	0,97	0,35	0,01
6	0,195	1,00	0,98	0,40	0,03
7	0,212	1,00	0,97	0,50	0,04
8	0,222	1,00	0,95	0,55	0,05
9	0,232	0,90	0,95	0,60	0,06
>10	0,232	0,90	0,95	0,60	0,06

4.5.2. Eloonjäänti ja luonnollinen kuolevuus

Mallissa on oletuksena, että kalojen luonnollinen kuolevuus on suuri poikasvaiheessa tai alkuvaiheessa istutuksen jälkeen, jolloin ne ovat petokalojen saaliiksi sopivimman kokoisia. Kalastuskoon saavuttaneissa ikäryhmissä luonnollinen kuolevuus on pieni. Mallissa käytetyt siian istutuksen jälkeisen eloonjäämisen ja luonnollisen kuolevuuden arvot perustuvat lähinnä Salojärven (1992) tuloksiin ja järvitaimenelle käytetyt Valkeajärven (1993a) tuloksiin. Vaihtelu eloonjäännissä on suurta, koska istutettujen siikojen ja taimenten alkuvaiheen kuolevuus riippuu suuresti olosuhteista, kuten saatavilla olevan ravinnon määrästä suhteessa kalatiheyteen ja petokalojen määrästä. Kuolevuuteen sisältyy myös istukkaiden vaellus pois järvestä. Taimenen ja siian eloonjäänti (surv) ja luonnollinen kuolevuus (M) ovat mallissa satunnaismuuttujia (taulukko 4).

4.5.3. Kalastuskuolevuus ja pyydystettävyys

Silmäkokorajoitusten vaikutuksesta kalastuskuolevuuteen oletettiin, että jos tiheät verkot kielletään, verkkojen aiheuttama kokonaiskalastuskuolevuus pysyy ennallaan siten, että välisilmäkokoisten verkkojen määrä lisääntyy vastaavasti. Jos taas välisilmäkoot kielletään, näillä kalastaneet siirtyvät vastaavasti kalastamaan harvoilla verkoilla. Troolipyyntiin verkkojen silmäkokorajoitusten ei oletettu vaikuttavan. Kalastuskuolevuudet molemmille lajeille pyydystyypeittäin arvioitiin erikseen Pohjois- ja Etelä-Päijänteelle (taulukko 4). Kalastuskuolevuudet eri pyydyksillä eivät aina ole samassa suhteessa kuin pyyntiponnistusta kuvaavat pyydysmäärät tai pyydysvuorokaudet, koska tietyllä pyydyksellä saatetaan tavoitella jotain muuta kalalajia, jolloin pyynti ei juurikaan kohdistu siikaan tai järvitaimeneen. Esimerkkinä tästä on vaikkapa ahventen pyynti matalasta vedestä siikaverkoilla tai harvojen verkkojen sijoittaminen lahnan kutupaikoille. Kalastuskuolevuuksien määrittelyssä käytettiin siksi ensisijaisena kriteerinä toteutuneita pyydyksittäisiä saalisosuuksia.

Pikkusiiian ikäryhmäkohtaiset pyydystettävyudet verkkokalastuksessa (taulukko 3) arvioitiin käyttämällä pohjana verkkosaaliin ikäryhmäkoostumusta ja Mika Kurkilahden Saimaan "tuppisiiialle" kehittämää selektiomallia (Turunen ym., käsikirjoitus). Planktonsiialla pyydystettävyys oletettiin 1-vuotiaana samaksi kuin samanikäisellä pikkusiiialla, mutta sen jälkeen pyydystettävyys kasvaa nopeammin, eli rekrytointi on jyrkempi kuin pikkusiiialla. Troolin selektio arvioitiin troolisaaliin ikäryhmäkoostumusta apuna käyttäen. Myös järvitaimenella pääteltiin pyydystettävyudet saaliin ikäryhmäkoostumuksen perusteella. Uistinkalastuksesta oletettiin, että alamittaiset taimenet (alle 40 cm) vapautetaan, mutta verkkoihin tarttuneet alamittaiset menehtyvät suurimmaksi osaksi, vaikka ne vapautettaisiinkin (Kirjasniemi ja Valkeajärvi 1994).

4.5.4. Istutusten ja pikkusiian kalastuksen tuottama hyöty

Istutusten tuottama rahallinen hyöty laskettiin yhtälön (2) mukaisesti järvitaimenelle ja istutetulle planktonsiialle:

$$B = N(C \cdot A - 1\,000 \cdot P), \quad (2)$$

jossa

B = istutusten tuottama hyöty mk

N = vuotuinen istutusmäärä, 1000 istukasta

C = saalis kg/1 000 istukasta (yhtälö 1)

A = saaliin kilohinta mk/kg

P = istukkaan hinta mk/kpl

Pikkusiian kalastuksen tuottama hyöty laskettiin vastaavasti

$$B = N \cdot C \cdot A,$$

jossa N on vuotuinen 1-kesäisten poikasten määrä (tuhatta yksilöä).

4.5.5. Tavoitemuuttuja: Kokonaishyöty

Mallin tavoitemuuttujana on siika- ja taimenistutusten (ja pikkusiian kalastuksen) tuottama kokonaishyöty B_{kok} :

$$B_{\text{kok}} = B_{\text{ist.siika}} + B_{\text{järvitaimen}} (+ B_{\text{pikkusiika}}) \quad (3)$$

Aluksi tarkasteltiin pelkästään istutusten tuottoa ilman pikkusiikaa.

4.6. Ohjelmat ja mallit

Vaikutuskaavio laadittiin ohjelmalla Decision Programming Language DPL (1995), joka myös suorittaa Bayesin teoreemaan perustuvat todennäköisyyslaskelmat. Kalakantojen tuottolaskelmat tehtiin Windows Excelillä käyttäen pohjana Sakari Kuikan laatimaa Y/R -mallin Excel-sovellusta (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, julkaisematon). Ohjelmat voidaan linkittää keskenään siten, että Excel-malli laskee kalakannan tuottaman saaliin DPL:n kautta syötetyillä parametriarvoilla ja siirtää lopputuloksen DPL:n vastaavan muuttujan arvoksi.

Taulukko 4. Mallin muuttujat ja niiden arvot

Muuttujan tyyppi	Muuttujan nimi (symboli suluissa)	Vaihtoehtoiset arvot		
Päätösmuuttujat	Verkkojen silmäkorajoitus (kielletyt solmuvälit) Pyyntiponnistus verkoilla Järvitaimenistukseen minimikoko	ei rajoitusta pienempi (0,5) 20 cm	≤35 mm nykyinen (1) 30 cm	36-54 mm suurempi (1,5)
Satunnaismuuttujat (vaihtoehtojen todennäköisyydet suluissa)	Eloonjäänti ennen rekrytointia (surv), siika	0,3 (33%)	0,45 (34%)	0,6 (33%)
	Hetkellinen luonnollinen kuolevuus (M), siika	0,05 (33%)	0,1 (34%)	0,15 (33%)
	Eloonjäänti ennen rekrytointia (surv), järvitaimen:			
	istutuskoko min. 20 cm	0,3 (33%)	0,4 (34%)	0,5 (33%)
	istutuskoko min. 30 cm	0,7 (33%)	0,8 (34%)	0,9 (33%)
	Hetkellinen luonnollinen kuolevuus (M), järvitaimen	0,01 (33%)	0,05 (34%)	0,1 (33%)
	Järvitaimenistukseen hinta mk/kpl (P)			
	istutuskoko min. 20 cm	7 (33%)	8 (34%)	9 (33%)
	istutuskoko min. 30 cm	15 (33%)	20 (34%)	25 (33%)
	Järvitaimensaaliin kilohinta mk/kg (A)	20 (25%)	30 (50%)	40 (25%)
Deterministiset muuttujat	Pyyntiponnistus troolilla	0,5 (33%)	1 (34%)	1,5 (33%)
	Siika (istutettu planktonsiika ja pikkusiika):			
	Kasvunopeus (taulukko 3)	pl.siika hidas taulukko 3	pl.siika nopea	pikkusiika
	Ikäryhmäkohtainen pyydystettävyyden (q _i)	pienempi	nykyinen	suurempi
	Hetkellinen kalastuskuolevuus $F = F_{\text{verkot}} + F_{\text{trooli}}$	0,8	1,6	2,4*)
	- verkkopyynti (F_{verkot}): Pohjois-Päijänne	0,45	0,9	1,35*)
	Etelä-Päijänne	0,025	0,05	0,1**)
	- troolipynti (F_{trooli}): Pohjois-Päijänne	0,17	0,35	0,52**)
	Etelä-Päijänne			
	Saalis (kg) / 1000 kesänvanhaa (istukasta) (C)	yhtälö (1)		
	Saaliin kilohinta mk/kg (A)	17,5		
	Istukkaiden hinta mk/kpl (P)	0,9		
	Vuotuinen istutusmäärä, 1000 ist. (N)	350 Pohj.-Päijänne; 150 Et.-Päijänne		
	Siikaistutusten tuottama hyöty (B)	yhtälö (2)		
	Järvitaimen:			
	Kasvunopeus (taulukko 3)	hidas	nopea	
	Ikäryhmäkohtainen pyydystettävyyden (q _i)	taulukko 3		
	Hetkellinen kalastuskuolevuus			
	$F = F_{\text{verkot}} + F_{\text{trooli}} + F_{\text{uistin}}$	pienempi	nykyinen	suurempi
	- verkkopyynti (F_{verkot}): Pohjois-Päijänne	0,85	1,7	2,55*)
	Etelä-Päijänne	0,9	1,8	2,7*)
	- troolipynti (F_{trooli}): Pohjois-Päijänne	0,005	0,01	0,015**)
	Etelä-Päijänne	0,25	0,5	0,75**)
	- uistinpyynti (F_{uistin}): Pohjois-Päijänne	0,7		
	Etelä-Päijänne	0,7		
	Saalis (kg) / 1000 istutettua poikasta (C)	yhtälö (1)		
	Istutukseen käytettävä rahasumma mk/vuosi	250 000 Pohj.-Päijänne; 250 000 Et.-Päijänne		
	Vuotuinen istutusmäärä (tuhatta poikasta) (N)	250/P		
	Järvitaimenistutusten tuottama hyöty (B)	yhtälö (2)		

*) ehdollistettu verkkopyyntiponnistukselle

**) ehdollistettu troolin pyyntiponnistukselle

5. Päätösanalyysin tulokset

5.1. Vaikutuskaaviomallin herkkyys

Mallin herkkyyttä eri muuttujille tutkittiin siten, että kunkin muuttujan annettiin yksi kerrallaan muuttua oletetusta minimistä maksimiin muiden ollessa yksiarvoisina, ja seurattiin muutoksen vaikutusta kokonaishyötyyn ja mallin antamaan optimaaliseen päätökseen. Alkuvaiheessa pikkusiikaa ei otettu huomioon, vaan ainoastaan istutettu planktonsiika ja järvitaimen.

5.1.1. Istutettu planktonsiika ja järvitaimen

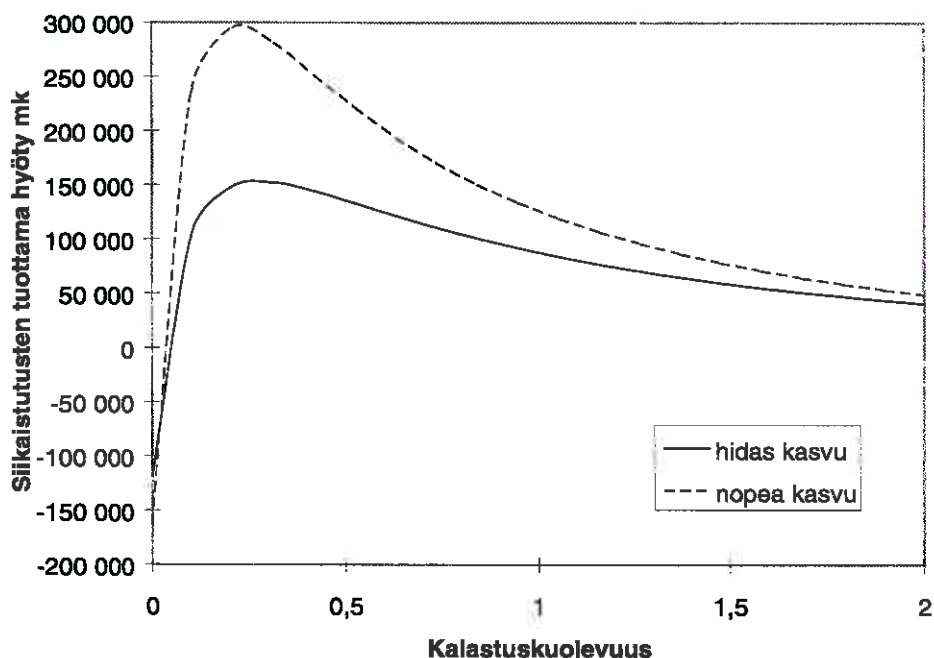
Herkkyysanalyysissa on tärkeää kiinnittää huomiota niihin muuttujiin, joiden vaihtelu aiheuttaa muutoksen päätöksessä. Päätöksinä olivat verkkojen silmäkorajoitus, pyyntiponnistus verkoilla ja järvitaimenen istutuskoko. Analyysi osoitti, että päätöksiin eivät vaikuta mitkään siikaa koskevat muuttujat: siian eloonjäänti, siian luonnollinen kuolevuus, siian kasvu, siian kilohinta, siikaistukkaan hinta tai siian istutusmäärä. Tällä perusteella siian ja siikaistukkaan hinta asetettiin yksiarvoisiksi muuttujiksi eikä satunnaismuuttujiksi. Myöskään pyyntiponnistus troolilla ei vaikuttanut mallin antamaan optimaaliseen päätösyhdistelmään. Pyyntiponnistus verkoilla ja uistinpyynnin aiheuttama järvitaimenen kalastuskuolevuus vaikuttivat päätökseen, mutta ainoastaan järvitaimenen istutuskoon osalta. Samoin myös useimmat järvitaimeneen liittyvät muuttujat, kuten eloonjäänti, luonnollinen kuolevuus, istukkaiden hinta ja taimenen kilohinta, vaikuttivat järvitaimenen optimaaliseen istutuskokoon; sen sijaan taimenen istutusmäärällä ei ollut vaikutusta.

Verkkopyyntiponnistusta ja silmäkorajoitusta koskeva päätös oli siis sama, vaikka eri muuttujat vaihtelivat mahdollisesta minimiarvostaan maksimiin. Malli on siten herkkyysanalyysin perusteella kalastuksen säätelypäätösten suhteen stabiili. Tämä merkitsee käytännössä sitä, että päätöstä tehtäessä ei ole välttämätöntä tietää, mikä on esimerkiksi siian luonnollinen kuolevuus tai siian kilohinta ko. vuonna.

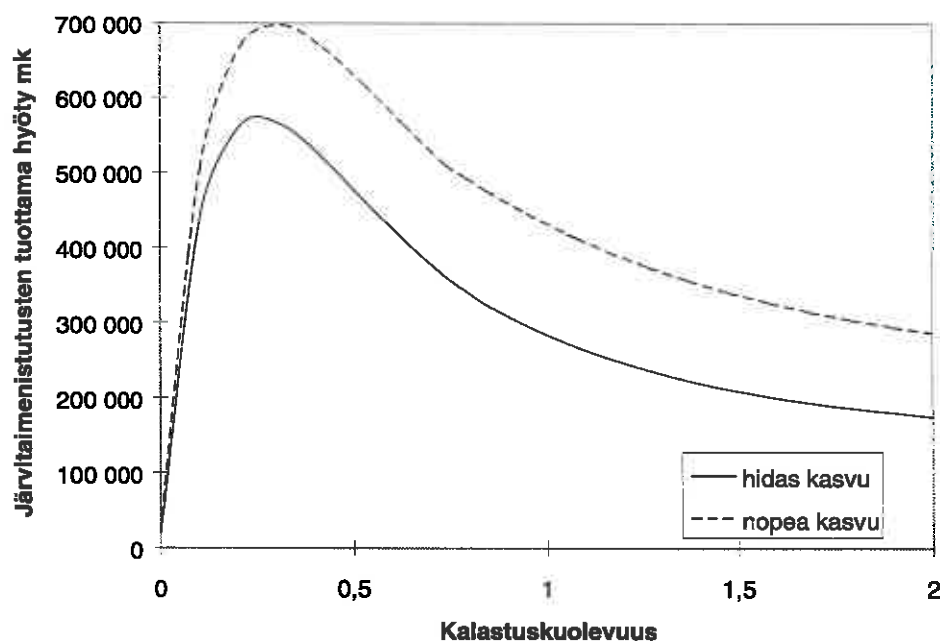
Järvitaimenen istutuskokopäätöksen herkkyys taas ilmeisesti aiheutui siitä, että saatavat kokonaishyödyt kummallakin vaihtoehdolla olivat hyvin lähellä toisiaan, jos järvitaimenen virkistysarvoa ei oteta huomioon. Tosiasiassa on lähes samantekevää, kumpi istutuskoko valitaan. Jos järvitaimensaaliille laskettaisiin myös virkistysarvoa, suuri istutuskoko olisi edullisempi, koska silloin kilomääräinen saalis on suurempi.

Herkkyysanalyysillä tutkittiin myös, miten kummallakin lajilla kalastuskuolevuuden kasvu vaikuttaa istutusten tuottamaan hyötyyn. Analyysi vastaa ns. Y/R-käyrää (saalis rekryyttiä eli kalastuksen kohteeksi tulevaa kalaa kohti). Sekä planktonsiikalla että järvitaimenella paras tuotto saadaan pienellä kalastuskuolevuudella, jolloin käyrä on huipukas (kuvat 5 ja 6). Tällainen tilanne on tyypillinen nopeakasvuaisille lajeille etenkin, jos rekrytointi-ikä on alhainen. Suurella kalastuskuolevuudella osa kalan kasvupotentiaalista jää hyödyntämättä. Lisäksi käyrän muotoon vaikuttaa hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvo. Jos luonnollinen kuolevuus on suuri, voimakas kalastus on edullisempaa. Mallissa kalastuksen kohteena olevien ikäryhmien luonnollinen

kuolevuus on perusteltua olettaa vähäiseksi, mikä korostaa pienen kalastuskuolevuuden edullisuutta.



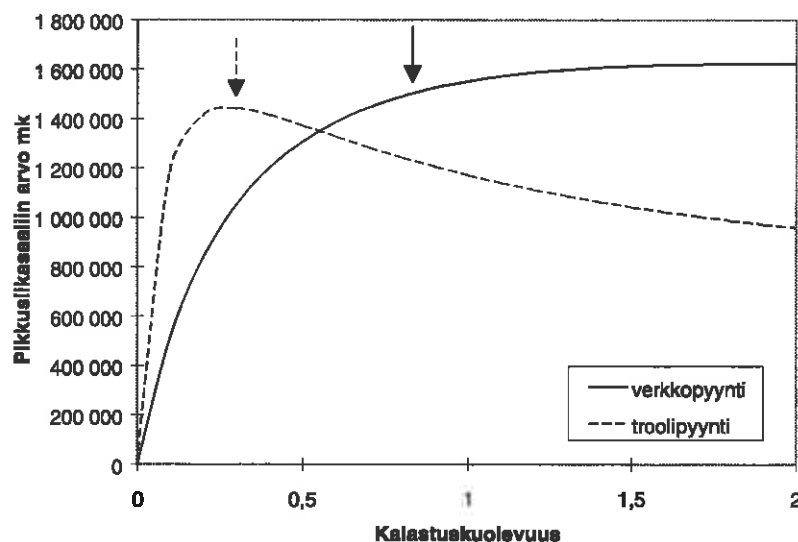
Kuva 5. Planktonsiikaistutusten tuottaman hyödyn riippuvuus verkkokalastuksen hetkellisestä kalastuskuolevuudesta (F) Etelä-Päijänteellä, kun troolipyyntiä ei ole. Verkkopyynnissä rajoituksena on väliharvuuksien kieltö. Nykyinen kalastuskuolevuus on noin 0,9.



Kuva 6. Järvitaimenistutusten tuottaman hyödyn riippuvuus verkkokalastuksen aiheuttamasta hetkellisestä kalastuskuolevuudesta (F) Etelä-Päijänteellä, jos taimenta kalastetaan verkoilla ja uistimella, mutta troolipyyntiä ei ole. Verkkopyynnissä rajoituksena on väliharvuuksien kieltö. Nykyinen verkkokalastuskuolevuus on noin 1,8.

5.1.2. Pikkusiika

Pikkusiian kalastuksessa suuri kalastuskuolevuus on edullisempi, koska kala on hidaskasvuinen. Optimaalinen kalastuskuolevuus on suunnilleen nykyisellä tasolla, jos pikkusiikaa pyydetään myös troolilla. Pikkusiian Y/R-käyrä verkkokalastuksessa ei ole huipukas, jos luonnollinen kuolevuus on oletulla tasolla (kuva 7). Jos se olisi korkeampi, Y/R-käyrä olisi selvemmin nouseva – mitä suurempi kalastuskuolevuus, sitä suurempi saalis. Troolikalastuksessa käyrä on huipukas, koska trooli pyytää siiat nuorempina kuin verkot.



Kuva 7. Pikkusiikasaaliin arvon riippuvuus hetkellisestä kalastuskuolevuudesta Etelä-Päijänteellä verkkopyynnissä ja troolipyynnissä. Verkkopyynnissä rajoituksena on väliharvuuksien kieltö. Nykyinen kalastuskuolevuuden taso on merkitty nuolilla.

5.2. Kalastuksen säätelypäätökset Pohjois-Päijänteellä

5.2.1. Istutettu planktonsiika ja järvitaimen

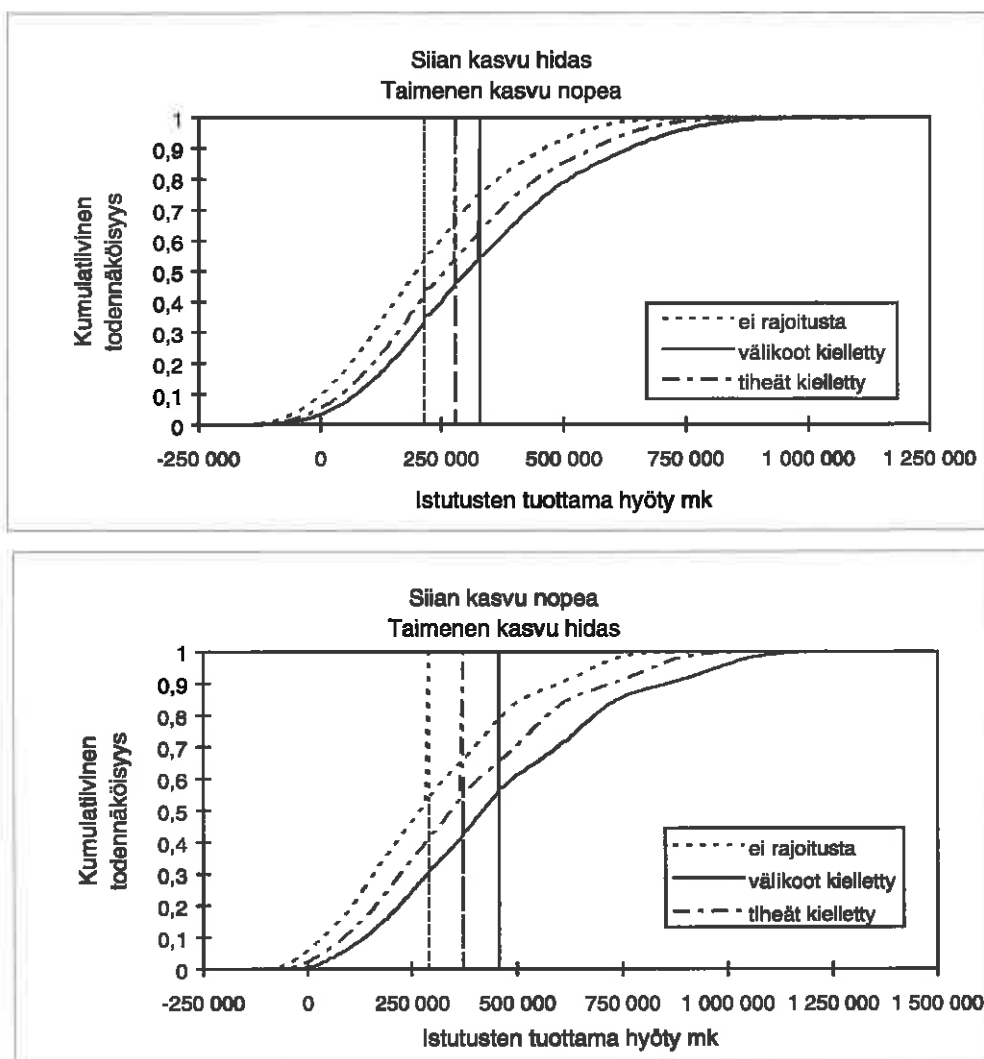
Edullisin päätösyhdistelmä kalastuksen säätelyssä istutettua siikaa ja järvitaimenta tarkasteltaessa oli Pohjois-Päijänteellä samanlainen kaikilla siian ja taimenen kasvuvaihtoehtoilla (molemmat kasvavat hitaasti; molemmat nopeasti; siika hidaskasvuinen, taimen nopeakasvuinen; siika nopeakasvuinen, taimen hidaskasvuinen; taulukko 5). Jos oletetaan, että muikkukannan tiheys vaikuttaa sekä siian että taimenen kasvuun, kaksi jälkimmäistä vaihtoehtoa ovat todennäköisimmät. Runsas muikkukanta johtaisi siian kasvun hidastumiseen ja taimenen kasvun nopeutumiseen ja päinvastoin. Kaikissa tapauksissa olisi kuitenkin edullisinta kieltää verkkojen väliharvuuksien käyttö ja alentaa pyyntiponnistusta.

Taulukko 5. Siika- ja järvitaimenistutusten tuottaman kokonaishyödyn odotusarvot eri päätösvaihtoehdoilla ja eri kasvutilanteissa Pohjois-Päijänteellä. Edullisimmat päätösvaihtoehdot vahvennettu. Muuttujien arvot taulukossa 4.

Siian ja taimenen kasvu	Silmäkokorajoitus	Pyyntiponnistus, verkot	Järvitaimenen istutuskoko	Odotusarvo mk
Siika hidas Taimen hidas	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 20 cm min. 20 cm min. 20 cm	137 900 240 900 200 100
Siika nopea Taimen nopea	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 20 cm min. 20 cm min. 20 cm	368 700 547 200 452 100
Siika hidas Taimen nopea	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 30 cm min. 20 cm min. 20 cm	215 800 330 200 279 500
Siika nopea Taimen hidas	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 20 cm min. 20 cm min. 20 cm	290 700 457 800 372 700

Istutusten tuottaman kokonaishyödyn todennäköisyysjakaumat osoittavat, että odotusarvojen erot eri silmäkokorajoituksilla ovat jakauman laajuuteen nähden hyvin pienet (kuva 8). Istutukset ovat lähes aina kannattavia. Tappiollisen tuloksen todennäköisyys on korkeintaan 10 %, jos siika kasvaa hitaasti ja taimen nopeasti (vahva muikkukanta), ja alle 5 % päinvastaisessa tilanteessa (heikko muikkukanta).

Odotusarvoista laskettuna kokonaishyödyistä menetetään 30-40 %, jos mitään silmäkokorajoitusta ei aseteta, ja 15-19 %, jos väliharvuuksien asemesta tiheät verkot kielletään. Tässä esitetyt luvut koskevat tilannetta, jossa muista päätösvaihtoehdoista valitaan optimaalinen, eli pyyntiponnistus olisi nykyistä pienempi. Päätökset ovat kuitenkin samat nykyisen tasoilla pyyntiponnistuksella. Järvitaimenen istutuskoko vaikuttaa odotusarvoon hyvin vähän, jos virkistysarvoa ei oteta huomioon.



Kuva 8. Siika- ja taimenistutusten tuottaman hyödyn jakauma Pohjois-Päijänteellä verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla. Ylemmässä kuvassa tilanne vahvan muikkukannan aikana ja alemmassa heikon muikkukannan aikana. Odotusarvot on merkitty pystyviivoilla.

Istutusten tuottaman taloudellisen hyödyn jakauman lisäksi tarkasteltiin eräiden muiden muuttujien kannalta edullisimpia päätösyhdistelmiä ja niiden jakaumia heikon ja vahvan muikkukannan aikana.

Jos tarkastellaan istutusten tuottamaa hyötyä taimenen ja siian osalta erikseen, kalastuksen säätelypäättös on sama kuin kokonaistilanteessakin. Taimenen kasvaessa hitaasti, tappiollisen taimenistutustuloksen todennäköisyys on 37 %, jos verkkojen väliharvuudet kielletään, ja ilman mitään rajoituksia 50 %. Taimenen hyvän kasvun aikana tappion todennäköisyys jää kaikilla silmäkokorajoituksilla alle 20 %:n (taulukko 6).

Taulukko 6. Taimenistutusten tuottama hyöty Pohjois-Päijänteellä verkkojen silmäkoon säätelyvaihtoehdoilla. 5 %:n ja 95 %:n rajat tarkoittavat arvoja, joiden alapuolelle jää 5 % ja 95 % jakaumasta. Se merkitsee, että 90 % jakaumasta sijaitsee tällä välillä.

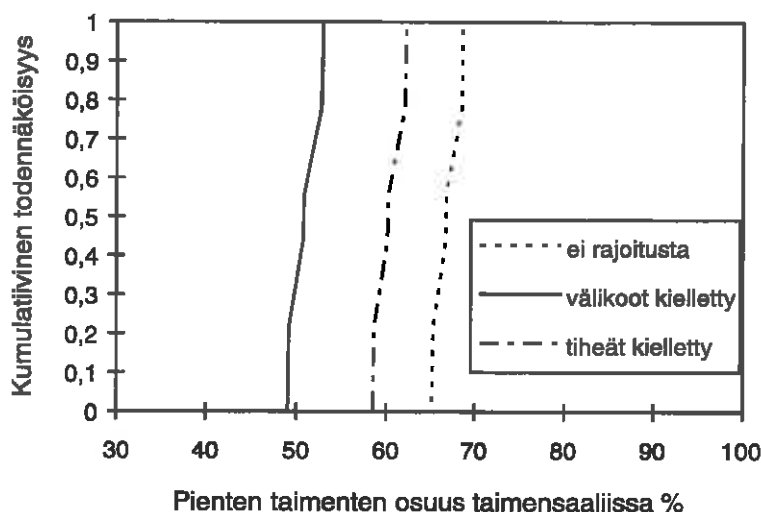
Hidas kasvu				Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	
Ei rajoitusta	7 900	-68 000	101 000	1
Välikoot kielletty	29 800	-60 000	148 000	0
Tiheät kielletty	16 100	-66 000	125 000	0
Nopea kasvu				Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	
Ei rajoitusta	90 400	-23 000	238 000	0
Välikoot kielletty	119 200	-12 000	296 000	0
Tiheät kielletty	96 800	-22 000	248 000	0

Siikaistutukset eivät todennäköisesti tuota tappiota silloin, kun kasvu on hyvä. Heikolla kasvullakin tappiollisen siikaistutuksen todennäköisyys on pieni (taulukko 7). Siikasaalis tuhatta istukasta kohti on välillä 40-160 kg heikolla kasvulla ja 50-220 kg nopealla kasvulla.

Taulukko 7. Siikaistutusten tuottama hyöty Pohjois-Päijänteellä verkkojen silmäkoon säätelyvaihtoehdoilla. 5 %:n ja 95 %:n rajojen selitys ks. edellinen taulukko.

Hidas kasvu				Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	
Ei rajoitusta	137 300	-81 000	440 000	0
Välikoot kielletty	211 000	-58 000	590 000	0
Tiheät kielletty	184 000	-64 000	530 000	0
Nopea kasvu				Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	
Ei rajoitusta	290 100	3 000	681 000	0
Välikoot kielletty	427 900	59 000	950 000	0
Tiheät kielletty	356 600	31 000	810 000	0

Pienten taimenten osuus saaliissa on pienempi, jos väliharvuuksilla ei kalasteta. Taimenen hitaan kasvun aikana on silloin noin 50 % saaliista pieniä taimenia (2-3-vuotiaita), mutta jos mitään silmäkokorajoituksia ei ole, pienten taimenten osuus nousee lähes 70 prosenttiin (kuva 9). Jakaumat ovat hyvin suppeat, joten satunnaisuuttuujien epävarmuus ei vaikuta paljonkaan taimensaaliin koostumukseen. Tässä tapauksessa vähimmäisistutuskokona oli 20 cm. Nopealla kasvulla vastaava tarkastelu ei ole mielekäs, koska silloin istutuskokopäätös ei ollut sama kaikilla silmäkokorajoituksilla, eivätkä jakaumat ole vertailukelpoisia.



Kuva 9. Plenten taimenten osuus taimenen kokonaissaaliissa Pohjois-Päijänteellä verkkojen silmäkoon eri säätelyvaihtoehdoilla.

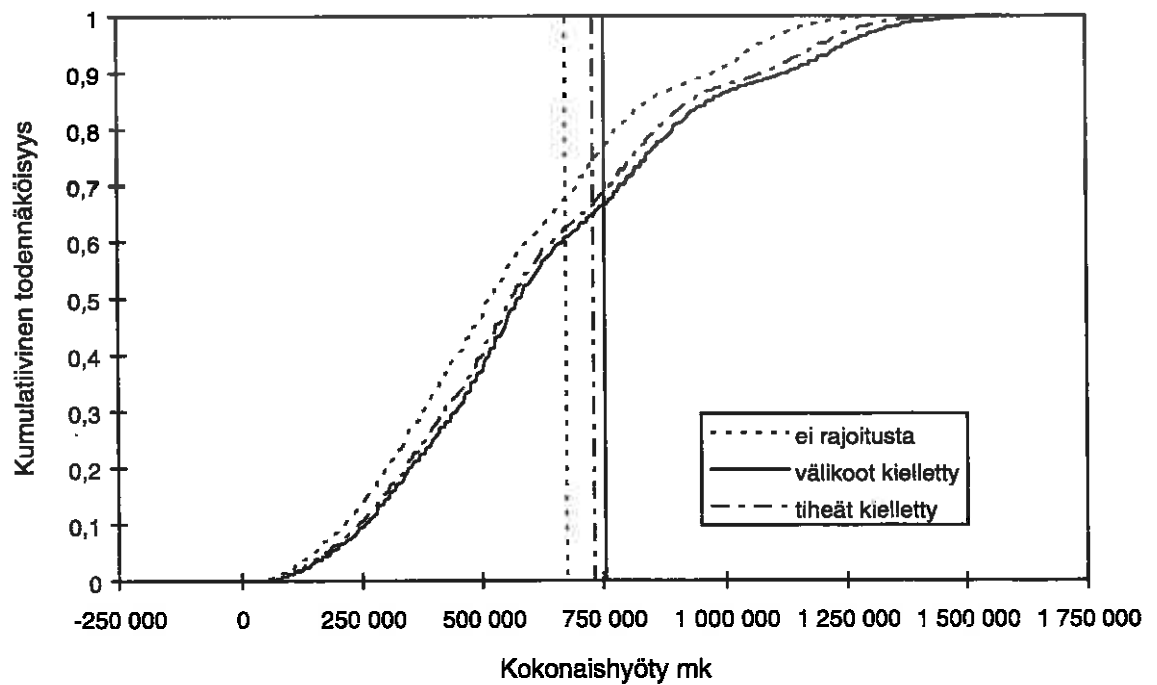
5.2.2. Pikkusiika

Verkkokalastuksen säätelyllä mallissa käytetyillä vaihtoehdoilla ei ole juuri mitään vaikutusta pikkusiikasaaliiseen (taulukko 8). Erot eri vaihtoehtojen odotusarvojen välillä ovat pienet. Herkkyysanalyysin mukaan pikkusiian rekryyttimäärän vaihdellessa 0,1 milj.–1 milj. ei päätöksessä tapahdu muutosta, eikä myöskään siikojen luonnollinen kuolevuus vaikuta päätöksiin. Pikkusiian vuotuiseksi rekrytoinniksi (kalastuksen kohteeksi tulevien yksilöiden määräksi) arvioitiin vuoden 1991 toteutuneen saaliin ja tuhatta rekryyttiä kohti lasketun saaliin perusteella Pohjois-Päijänteellä 400 000 1-kesäistä poikasta.

Kun tarkastellaan istutettuja siikoja, järvitaimenta ja pikkusiikaa kokonaisuutena, optimaaliset päätökset ovat samat kuin ilman pikkusiikaa, mutta erot eri vaihtoehtojen välillä ovat vielä pienemmät (kuva 10).

Taulukko 8. Pikkusiikasaaliin arvon odotusarvot eri päätösvaihtoehdoilla, kun oletetaan, että vuotuinen rekrytointi on 400 000 1-kesäistä poikasta. Edullisimmat päätösvaihtoehdot vahvennettu, mutta erot ovat niin pienet, että käytännössä vaihtoehdot ovat samanarvoisia.

Silmäkokorajoitus	Pyyntiponnistus, verkot	Odotusarvo mk
ei rajoitusta	nykyinen	336 300
välikoot kielletty	nykyistä suurempi	315 400
tiheät kielletty	nykyistä suurempi	340 200



Kuva 10. Siika- ja taimenistutusten ja pikkusiian tuottama hyöty Pohjois-Päijänteellä verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla. Kuvan esittämässä tilanteessa siika kasvaa hitaasti ja taimen nopeasti. Odotusarvot on merkitty pystyviivoilla.

5.3. Kalastuksen säätelypäätökset Etelä-Päijänteellä

5.3.1. Istutettu planktonsiika ja järvitaimen

Etelä-Päijänteen siikatilanne poikkeaa Pohjois-Päijänteestä siinä, että luonnossa lisääntyvällä pikkusiialla on huomattavasti suurempi merkitys kuin istutetulla planktonsiialla. Pikkusiian rekrytointi 1-kesäisinä poikasina on ollut vuoden 1991 saaliin perusteella noin 2 miljoonaa. Troolipyynti on Etelä-Päijänteellä voimakasta. Kun muikkukanta oli heikko 1990-luvun alkupuolella, troolilla pyydettiin siikaa. Vuonna 1997 muikkukanta on elpynyt, joten tilanne on muuttunut. Tämä on otettu huomioon tarkastelemalla troolipyynnin vaikutusta tilanteeseen ja päätöksiin.

Päätösanalyysin tulokset Etelä-Päijänteellä eivät poikkea suuresti Pohjois-Päijänteestä. Kaikilla siian ja taimenen kasvuvaihtoehdoilla saadaan sama optimaalinen päätösyhdistelmä: Verkkojen väliharvuuksien kieltö, nykyistä pienempi siikaan ja taimeneen kohdistuva pyyntiponnistus verkoilla ja järvitaimenelle suuri istutuskoko (vähintään 30 cm) (taulukko 9). Ainoastaan järvitaimenen istutuskokosuositus poikkeaa Pohjois-Päijänteestä, missä pienemmät istukkaat olivat suosituksena, vaikkakaan istutuskoolla ei siellä ollut paljonkaan vaikutusta lopputulokseen.

Tappiollisen istutustuloksen todennäköisyys on Etelä-Päijänteellä noin 15-25 % verkkojen silmäkoraajoituksesta riippuen silloin, kun siika kasvaa heikosti, mutta taimenen kasvu on nopeaa (vahva muikkukanta). Päinvastaisessa tilanteessa, eli heikon muikkukannan aikana, todennäköisyys on 25-35 %.

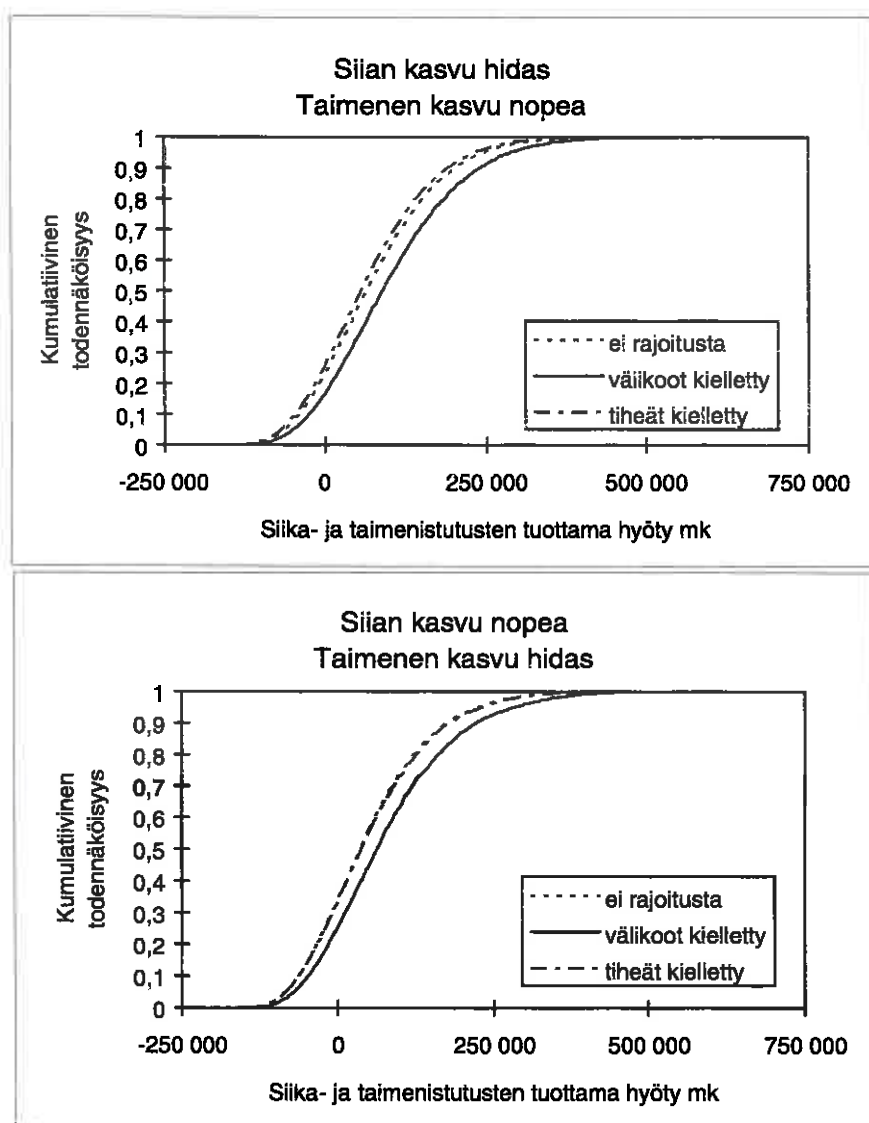
Taulukko 9. Siika- ja järvitaimenistutusten tuottaman kokonaishyödyn odotusarvot eri päätösvaihtoehdoilla ja eri kasvutilanteissa Etelä-Päijänteellä. Edullisimmat päätösvaihtoehdot vahvennettu.

Siian ja taimenen kasvu	Silmäkokorajoitus	Pyyntiponnistus, verkot	Järvitaimenen istutuskoko	Odotusarvo mk
Siika hidas Taimen hidas	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 30 cm min. 30 cm min. 30 cm	- 4 400 14 200 - 2 300
Siika nopea Taimen nopea	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 30 cm min. 30 cm min. 30 cm	124 800 161 600 116 300
Siika hidas Taimen nopea	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 30 cm min. 30 cm min. 30 cm	73 300 99 200 64 800
Siika nopea Taimen hidas	ei rajoitusta välikoot kielletty tiheät kielletty	nykyistä pienempi nykyistä pienempi nykyistä pienempi	min. 30 cm min. 30 cm min. 20 cm	47 200 76 600 49 300

Silmäkoon rajoitusvaihtoehdoista tiheiden verkkojen kieltäminen johtaa käytännössä lähes samaan tulokseen kuin se, että mitään rajoitusta ei aseteta (kuva 11). Tilanteet, joissa molemmat lajit kasvaisivat hitaasti tai nopeasti, ovat vähemmän todennäköisiä.

Vahvan muikkukannan aikana saataisiin odotusarvon perusteella noin neljänneksen huonompi tuotto siika- ja taimenistutuksista, jos mitään silmäkoko rajoitusta ei ole, verrattuna tilanteeseen, jossa väliharvuksilla ei kalasteta. Tiheiden verkkojen kieltäminen olisi vielä hiukan huonompi vaihtoehto. Silloin tuoton odotusarvo olisi noin kolmanneksen alempi.

Jos taas muikkukanta on heikko eli siika kasvaa hyvin, mutta taimen on hidaskasvuinen, saadaan muilla vaihtoehdoilla lähes 40 % huonompi hyöty istutuksista kuin väliharvuksien kieltämisellä. Odotusarvojen ero on kuitenkin vain noin 6 % koko jakauman laajuudesta.



Kuva 11. Siika- ja taimenistutusten tuottaman hyödyn jakauma Etelä-Päijänteellä verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla. Ylempi kuva vastaa tilannetta, jossa muikkukanta on voimakas ja alempi kuva heikon muikkukannan tilannetta (1990-luvun alku).

Jos tarkastellaan istutettavia lajeja erikseen, siikaistutusten tuottaman hyödyn todennäköisyysjakauma on lähes yhtäläinen kaikilla verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla (taulukko 10). Pyyntiponnistuksen säätelypäättöksenä on nykyistä pienempi pyynnin määrä. Jos siika kasvaa heikosti, istutukset ovat tappiollisia lähes 50 %:n todennäköisyydellä, nopean kasvun aikana vähän yli 20 %:n todennäköisyydellä. Siikaistutusten tuloksellisuus kiloina 1000 istukasta kohti olisi 25 kg:sta 120 kiloon heikolla kasvulla ja 30-180 kg nopealla kasvulla. Jos troolipyyntiä ei olisi, eri säätelyvaihtoehdoilla olisi enemmän vaikutusta. Silloin väliharvuuksien kieltäminen olisi siian kannalta selvemmin paras vaihtoehto oletetuilla kalastuskuolevuuden tasoilla.

Taulukko 10. Siikaistutusten tuottama hyöty Etelä-Päijänteellä verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla. 5 %:n ja 95 %:n rajat tarkoittavat arvoja, joiden alapuolelle jää 5 % ja 95 % jakaumasta, toisin sanoen 90 % jakaumasta sijaitsee tällä välillä.

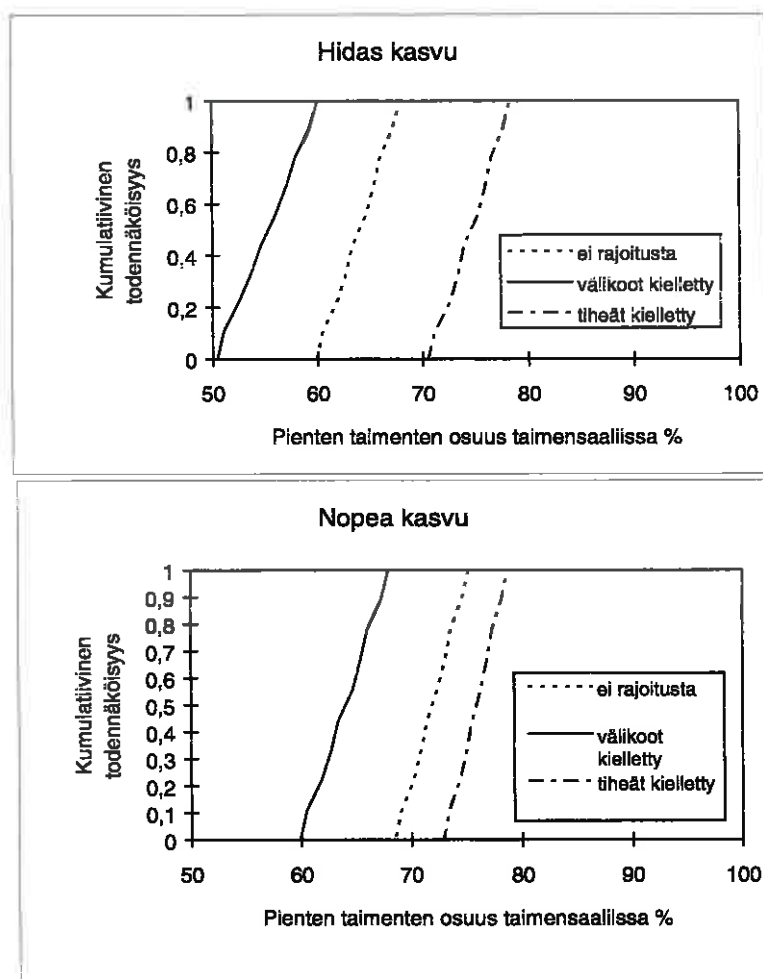
Hidas kasvu				
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
Ei rajoitusta	8 000	-62 800	112 500	49%
Välikoot kielletty	16 100	-60 800	135 600	44%
Tiheät kielletty	13 900	-60 800	126 100	44%
Nopea kasvu				
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
Ei rajoitusta	59 500	-41 100	216 000	25%
Välikoot kielletty	78 500	-36 100	265 000	21%
Tiheät kielletty	65 500	-38 800	229 000	24%

Taimenistutuksetkin tuottavat tappiota yli 50 %:n todennäköisyydellä, jos taimenen kasvu on heikko, ja 12-21 %:n todennäköisyydellä silmäkokorajoituksesta riippuen, jos taimenet kasvavat nopeasti. Jakaumien laajuuteen nähden silmäkoon säätelyn vaikutus taimenistutusten tuottoon on pieni (taulukko 11). Pyyntiponnistuspäättöksenä myös tässä on nykyistä pienempi pyynnin määrä.

Väliharvuuksien kieltäminen on edullisin vaihtoehto, jos halutaan minimoida pienten taimenten lukumääräinen osuus saaliissa (ikäryhmän keskipaino alle 1 kg). Heikon kasvun tilanteessa 50-60 % saaliista olisi pieniä yksilöitä, kun väliharvuuksilla ei saisi kalastaa, ja ilman rajoituksia niiden osuus olisi 60-70 %:n välillä. Jos tiheät verkot olisi kielletty, osuus nousisi yli 70 %:n. Jos taimen kasvaa nopeasti, pieniä taimenia olisi parhaassakin tapauksessa 60-68 %, ja tiheät verkot kieltämällä osuus nousisi lähelle 80 % (kuva 12).

Taulukko 11. Taimenistutusten tuottama hyöty Etelä-Päijänteellä verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla. 5 %:n ja 95 %:n rajojen selitys ks. edellinen taulukko.

Hidas kasvu				
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
Ei rajoitusta	-5 200	-74 500	86 500	59%
Välikoot kielletty	5 800	-68 900	104 200	52%
Tiheät kielletty	-10 000	-76 800	79 200	63%
Nopea kasvu				
	Odotusarvo	5 % raja mk	95 % raja mk	Tappiollisen tuloksen todennäköisyys
Ei rajoitusta	76 500	-31 700	219 000	16%
Välikoot kielletty	95 200	-22 000	250 000	12%
Tiheät kielletty	61 300	-39 600	195 000	21%

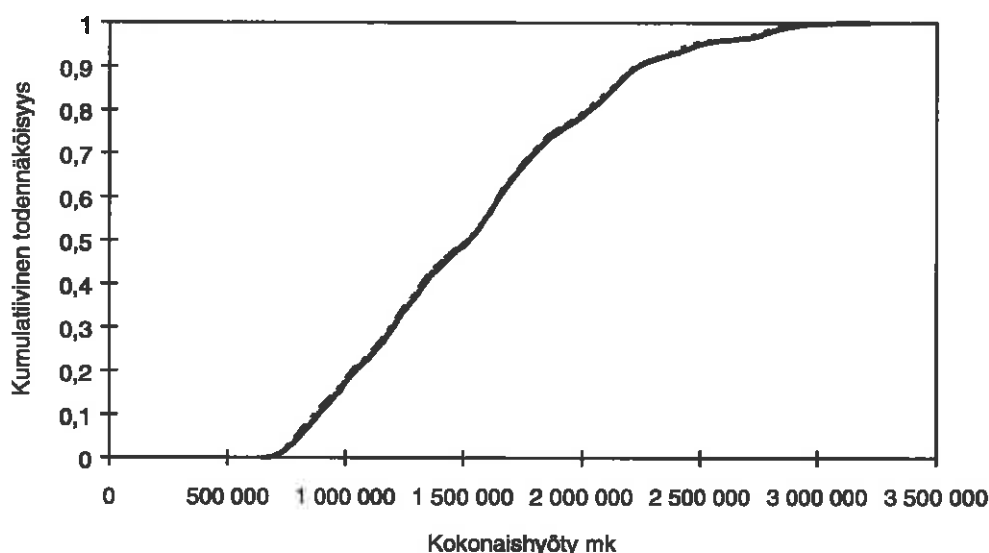


Kuva 12. Pienten taimenten (ikäryhmän keskipaino alle 1 kg) osuus taimensaaliista Etelä-Päijänteellä verkkojen silmäkoon säätelyvaihtoehdoilla.

5.3.2. Pikkusiika

Pikkusiikasaaliiseen eri säätelyvaihtoehdot eivät vaikuta käytännöllisesti katsoen lainkaan. Kun siikaa pyydetään sekä verkoilla että troolilla, saalista saadaan tuhatta kesänvanhaa siikaa kohti noin 20-75 kiloa (odotusarvo n. 42 kg). Jos troolilla ei pyydetä siikaa, saaliin odotusarvo on hieman suurempi, 47-50 kg tuhatta kesänvanhaa siikaa kohti.

Kun tarkastellaan kalastuksen säätelyn vaikutusta yhtäaikaan sekä istutetun siian, järvi- tai taimenen että pikkusiian tuottamaan kokonaishyötyyn, verkkojen silmäkoon säätelyn vaikutus kutistuu lähes olemattomiin (kuva 13).



Kuva 13. Etelä-Päijänteen siika- ja taimenistutusten ja pikkusiikasaaliin tuottaman hyödyn jakauma verkkojen silmäkoon rajoitusvaihtoehdoilla, kun istutettu siika kasvaa hitaasti ja taimen nopeasti. Käyrät ovat lähes yhtenevät eli silmäkokorajoituksilla ei ole vaikutusta. Odotusarvo on noin 1,55 miljoonaa mk.

Syynä tähän on troolipyynti, joka ottaa kaikissa tapauksissa huomattavan osan siikasaaliista ja siten vaimentaa silmäkoon säätelyn vaikutusta. Toinen tekijä on pikkusiikasaalis, johon säätely ei juuri vaikuta, ja suuren saalisosuutensa vuoksi se painaa vaa'assa paljon. Asiaa selvittää herkkyysanalyysitarkastelu.

Herkkyysanalyysi, jossa seurataan pikkusiikasaaliin määrää tai arvoa verkkokalastuskuolevuuden funktiona osoittaa, että nykytilanteessa kalastuskuolevuuden muutos esimerkiksi 50 % jompaan kumpaan suuntaan ei vaikuta saaliiseen paljonkaan (kuva 7, kohta 5.1.2). Myös verkkojen silmäkoon säätelyn vaikutus on tässä tilanteessa vähäinen. Jos luonnollinen kuolevuus, jonka on herkkyysanalyysissä oletettu olevan 0,1, olisi suuri (0,3), kalastuskuolevuuden lisääminen nostaisi pikkusiikasaalista ja vapaa verkkokalastus ilman silmäkokorajoituksia olisi edullisin vaihtoehto.

5.3.3. Troolikalastuksen ja verkkopyynnin voimakkuuden vaikutus Etelä-Päijänteellä

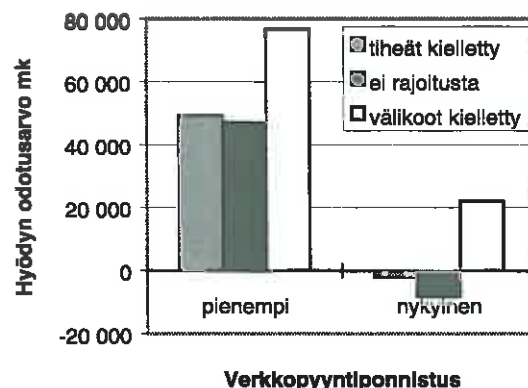
Troolikalastajat pyytävät Päijänteellä siikaa pääosin niinä aikoina, kun muikkukanta on heikko. Tällainen tilanne on ollut 1990-luvulla vuoteen 1996 asti. Vuonna 1997 muikkukanta oli vahvistunut, ja siian troolisaalis vastaavasti vähentynyt. Troolin vaikutusta kalastuksen säätelypäätöksiin tarkastellaan seuraavassa Etelä-Päijänteen osalta.

Koska troolipyynti ottaa siikoja jo pienikokoisina, se pienentää istutetun siian kokonaissaalista samoin kuin kalastus tiheillä verkoilla. Pikkusiiankin kokonaissaalista troolikalastus pienentää, mutta vaikutus on pienempi kuin nopeakasvuisempaan istutettuun siikaan. Nykyisellä (1990-luvun alun tasoisella) kalastuskuolevuudella istutetun siian ja pikkusiian yhteenlaskettu tuotto olisi ilman troolipyyntiä noin kuudenneksen suurempi.

Jos siikaa kalastetaan trooliilla, verkkojen silmäkoon säätelyn tuottama saaliiden kasvu koituu lähes kokonaan troolikalastuksen hyväksi. Tämä on ymmärrettävää siksi, että trooli kilpailee tehokkaasti verkkokalastuksen kanssa. Lisäksi trooli kalastaa siikoja jo nuorina, ennen kuin ne kokonsa puolesta voivat tarttua verkkoihin.

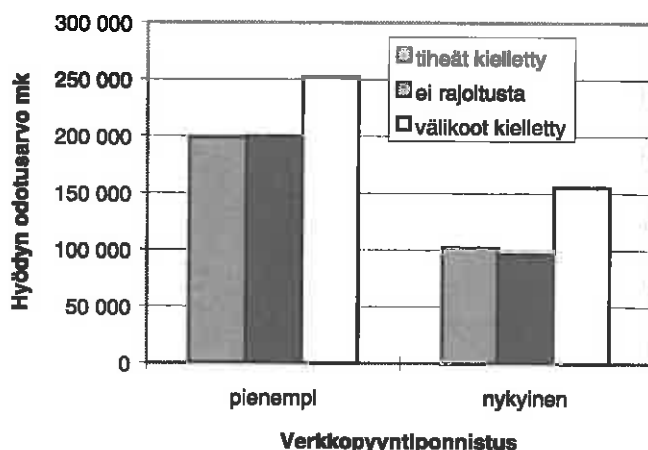
Kun siikaa kalastetaan pelkästään verkoilla, nousee siikaistutusten tuoton odotusarvo hitaankin kasvun aikana yli 100 kiloon tuhatta istukasta kohti, jos valitaan edullisimmat päätösvaihtoehdot, eli verkkojen pyyntiponnistusta rajoitetaan puoleen nykyisestä ja väliharvuudet kielletään. Nopean kasvun aikana edellä mainitulla kalastuksen säätelyllä päästäisiin yli 160 kg:n saaliiseen tuhatta istukasta kohti. Pyyntiponnistuksen rajoituksen ansiosta istutetun siian verkkoyksikkösaalis (saalis/koentakerta) kasvaisi noin 2,5-kertaiseksi.

1990-luvun alun tilanteessa Etelä-Päijänteellä siika- ja taimenistutusten tuottaman hyödyn odotusarvo on ollut vähän nollan alapuolella (kuva 14, nykyinen pyyntiponnistus, ei silmäkokorajoitusta). Jos verkkojen väliharvuudet kiellettäisiin, odotusarvo olisi nollan yläpuolella, mutta istutukset tuottaisivat kuitenkin tappiota yli 40 %:n todennäköisyydellä saaliin kalastajahinnan mukaan laskettuna. Ratkaisevin säätelykeino olisi tässä tilanteessa pyyntiponnistuksen rajoittaminen. Pienentämällä verkkopyyntiponnistusta puoleen päästäisiin noin 80 000 mk:n odotusarvoon, ja tappiollisen istutustuloksen todennäköisyys putoaisi 25 %:iin.



Kuva 14. Siika- ja taimenistutusten tuottaman hyödyn odotusarvot 1990-luvun alun tilanteessa eri säätelyvaihtoehdoilla Etelä-Päijänteellä. Verkkopyyntiponnistuksen vaihtoehto "pienempi" tarkoittaa puolta "nykyisestä" eli 1990-luvun alussa vallinneesta.

Vuodesta 1997 alkanutta tilannetta, jossa muikkukanta on elpynyt, havainnollistaa kuva 15. Troolilla ei kalasteta siikaa ja siika kasvaa hitaasti, mutta taimen nopeasti (vahva muikkukanta). Tässä tilanteessa tappiollisen istutustuloksen todennäköisyys on hyvin pieni. Tehokkain säätelytoimenpide on verkkopyyntiponnistuksen rajoitus.



Kuva 15. Siika- ja taimenistutusten tuottaman hyödyn odotusarvot vuoden 1997 tilanteessa kalastuksen säätelyn eri vaihtoehdoilla Etelä-Päijänteellä. Muikkukanta on elpynyt, jolloin troolipyynnin ei oleteta kohdistuvan merkittävästi siikaan. Verkkopyyntiponnistuksen vaihtoehto "pienempi" tarkoittaa puolta nykyisestä.

5.4. Järvitaimenen kalastuksen virkistysarvo

Kalastuksen säätelypäätösten vaikutusta Etelä-Päijänteen kalastuksen virkistysarvoon tutkittiin järvitaimenen uistinsaaliin perusteella. Vaikka verkkosaaliillakin on varmasti virkistysarvonsa, se jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska tässä ei ole tarkoitus kuvata virkistysarvoa tarkasti, vaan vertailla eri säätelyvaihtoehtojen vaikutusta. Virkistysarvon mittarina käytettiin suurten taimenten kilo- ja yksilömäärää uistinsaaliissa. Suuriksi taimeniksi luettiin ne ikäryhmät, joissa keskipaino on yli kilon.

Väliharvuksien (solmuväli 36-54 mm) kieltäminen on sekä hitaan että nopean kasvun aikana virkistyskalastuksen kannalta selvästi paras vaihtoehto (taulukko 12, kuvat 16-19). Taimenen istutuskoko on tässä tarkastelussa vähintään 30 cm. Yksilömääräisesti saadaan isoiksi luokiteltavia taimenia enemmän, kun taimen kasvaa hitaasti, mutta keskipaino on silloin pienempi kuin nopean kasvun aikana. Erot odotusarvojen välillä eri rajoitusvaihtoehdoilla ovat suuret verrattuna jakaumiin, jotka ovat suhteellisen suppeat. Tämä merkitsee sitä, että uistinsaaliin koostumuksen epävarmuus on pienempi kuin istutusten tuottaman hyödyn, koska siihen vaikuttavia satunnaismuuttujia on vähemmän.

Taulukko 12. Isojen taimenten kappale- ja kilomäärä uistinsaaliissa tuhatta vähintään 30 cm:n pituista istukasta kohti vaihtoehtoisilla verkkojen silmäkokorajoituksilla hitaan ja nopean kasvun aikana. Verkko-pyyntiponnistuksen vaihtoehtoista on päätöksenä nykyistä pienempi pyynnin määrä.

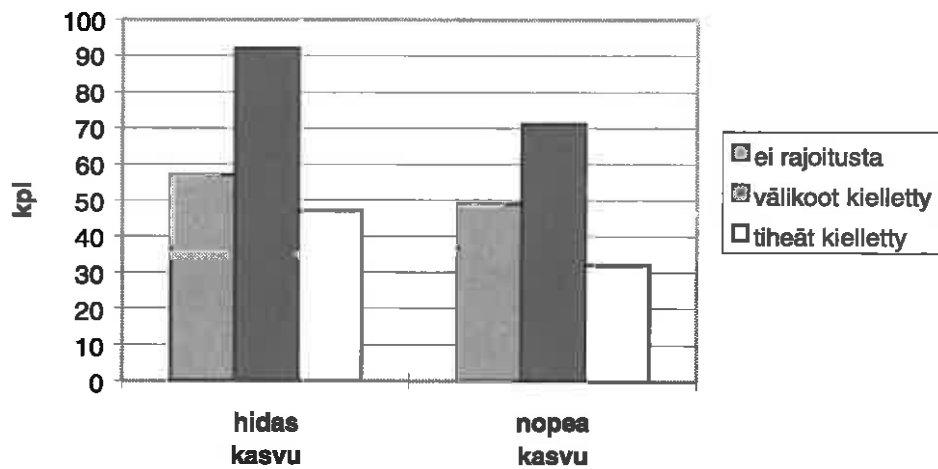
Isoja taimenia kpl/ 1 000 istukasta

Hidas kasvu			
	Odotusarvo kpl	5 % raja	95 % raja
Ei rajoitusta	134	102	169
Välikoot kielletty	169	129	216
Tiheät kielletty	117	90	147
Nopea kasvu			
	Odotusarvo kpl	5 % raja	95 % raja
Ei rajoitusta	118	91	146
Välikoot kielletty	136	106	170
Tiheät kielletty	94	73	115

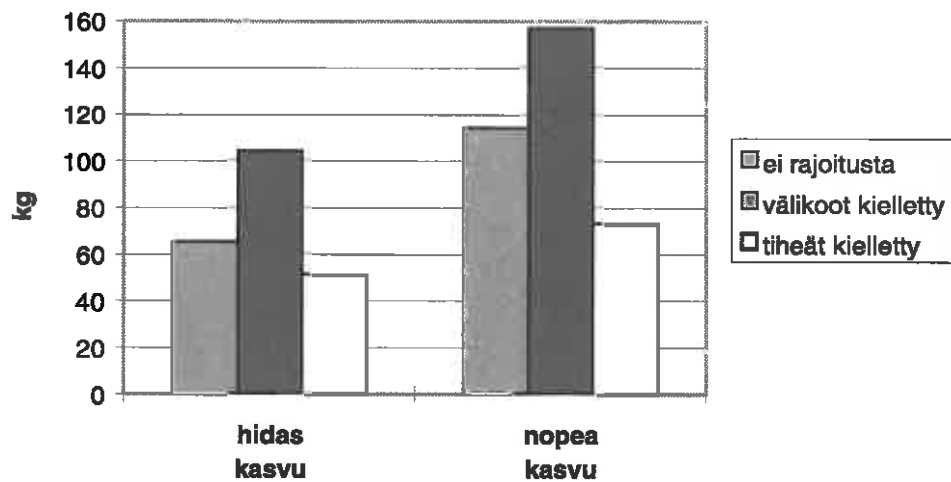
Isoja taimenia kg/ 1 000 istukasta

Hidas kasvu			
	Odotusarvo kg	5 % raja	95 % raja
Ei rajoitusta	182	133	234
Välikoot kielletty	222	165	288
Tiheät kielletty	151	112	191
Nopea kasvu			
	Odotusarvo kg	5 % raja	95 % raja
Ei rajoitusta	312	235	395
Välikoot kielletty	343	263	432
Tiheät kielletty	243	185	307

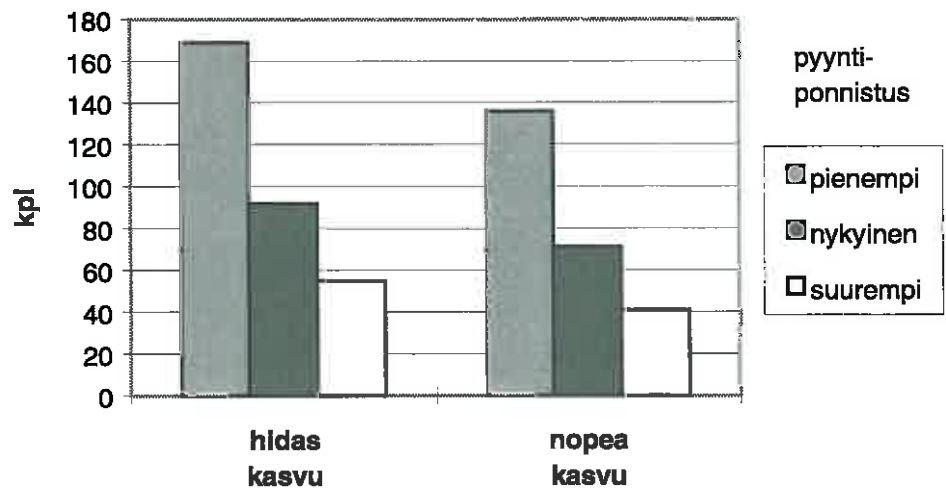
Taimenen uistinkalastuksen kannalta on verkkokalastuksen pyyntiponnistuksen rajoittamisella vielä suurempi vaikutus kuin mallissa vaihtoehtoina olleilla silmäkokorajoituksilla (kuvat 16-19). Jos verkkopyyntiponnistusta pienennetään puoleen nykyisestä, saadaan yli kaksinkertainen kilomäärä isoja taimenia uistimella. Myös lukumääräisesti isojen taimenten määrä lähes kaksinkertaistuu.



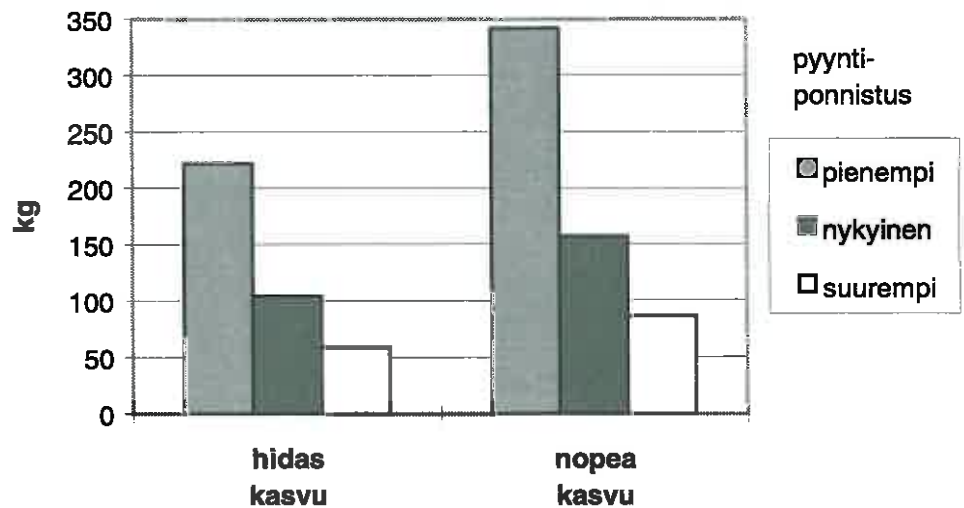
Kuva 16. Isojen taimenten lukumäärän odotusarvo uistinsaallissa 1 000 istukasta kohti vaihtoehtoisilla verkkojen silmäkokorajoituksilla, jos pyyntiponnistus on nykyisellä tasolla.



Kuva 17. Isojen taimenten kilomääräisen uistinsaaliin odotusarvo 1 000 istukasta kohti vaihtoehtoisilla verkkojen silmäkokorajoituksilla, jos pyyntiponnistus on nykyisellä tasolla.



Kuva 18. Isojen taimenten yksilömääräisen uistinsaaliin odotusarvo 1 000 istukasta kohti verkkopyyntiponnistuksen eri vaihtoehdoilla. Verkkojen silmäkoon säätelyvaihtoehtona väliharvuuksien kieltö.



Kuva 19. Isojen taimenten kilomääräisen uistinsaaliin odotusarvo 1 000 istukasta kohti verkkopyyntiponnistuksen eri vaihtoehdoilla. Verkkojen silmäkoon säätelyvaihtoehtona väliharvuuksien kieltö.

6. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

6.1. Verkkojen väliharvuuksien kieltö edullista

Siian ja taimenen kalastuksen säätelyn päätavoitteita ovat istutusten tuoton ja saaliiden kasvattaminen, ammatti- ja virkistyskalastusmahdollisuuksien turvaaminen ja kehittämisen sekä taimenen lisääntymisedellytysten parantaminen. Tarkasteltiin Päijänteen verkkokalastusta minkä tahansa edellä mainitun tavoitteen kannalta, päätösanalyysin lopputulos on sama. Verkkojen väliharvuuksien (solmuväli 36-54 mm) kieltäminen kasvattaisi siika- ja järvitaimenistutusten tuottoa ja vähentäisi pienten järvitaimenten osuutta saaliissa. Samalla kasvaisi järvitaimenen kalastuksen virkistysarvo, kun uistelijoille riittäisi enemmän kookasta järvitaimenta. Edellytykset kalastusmatkailun kehittämiselle paranisivat. Järvitaimenen luonnollisen lisääntymisen elvyttämistä ajatellen saataisiin enemmän taimenia säilymään lisääntymisikäisiksi ja nousemaan kudulle Päijänteeseen laskeviin virtavesiin. Eniten hyötyisi valtakunnallisestikin merkittävä Rautalammin reitin taimenkanta.

Verkkojen silmäkoon säätelyn vaikutus planktonsiika- ja järvitaimenistutusten ja siian kalastuksen tuottamaan rahalliseen hyötyyn on pieni suhteessa hyödyn vaihteluun ja siihen liittyvään epävarmuuteen. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että silmäkoon säätelyn vaikutuksia esimerkiksi siian ja taimenen kokonaissaaliisiin on vaikea erottaa satunnaisvaihtelusta lyhyellä aikavälillä. Ne voidaan havaita varmemmin pitkän ajan keskiarvoissa. Pikkusiikasaaliisiin verkkojen väliharvuuksien kiellolla ei olisi juuri mitään vaikutusta.

Taimenen virkistyskalastuksen kannalta verkkokalastuksen rajoittaminen on edullista. Taimenen uistinkalastuksessa suurten taimenten yksilö- ja kilomäärä saaliissa kasvaa selvästi, jos väliharvuudet kielletään verkkokalastuksessa. Silmäkokorajoitusta voidaan tukea nostamalla myös uistinkalastuksessa saalistaimenen alinta kokoa esimerkiksi siten, että vapautetaan alle kilon painoiset taimenet, kuten Rautalammin reitillä on suositeltu. Verkkopyyntiponnistuksen alentaminen puoleen nykyisestä lisäisi vielä suurten taimenten uistinsaalia noin kaksinkertaiseksi. Jos halutaan merkittävästi edistää taimenen luontaista lisääntymistä, tulisi harvojen verkkojen alimman sallitun solmuvälin olla 60-65 mm, koska taimenen keskipaino on 55 mm:n verkossakin vain vajaat 1 200 g (Valkeajärvi ym. 1997, Turunen ym. 1997).

6.2. Verkkokalastusta voitaisiin vähentää

Päätösanalyysin mukaan verkkopyyntiponnistuksen alentaminen nostaisi istutusten tuottoa, mikä johtuu siitä, että nykyisellä kalastuskuolevuudella tapahtuu "kasvun ylikalastusta". Se tarkoittaa, että osa planktonsiian ja taimenen kasvupotentiaalista jää hyödyntämättä, kun niistä suuri osa pyydetään jo nuorina. Lisäksi on oletettu, että planktonsiian kasvu ei nykyisillä istutustiheyksillä riipu siikakannan tiheydestä, vaan lähinnä muikkukannan tiheydestä kuten pikkusiian kohdalla (Valkeajärvi 1996). Tällöin kalastuksen väheneminen ei johtaisi siian kasvun hidastumiseen. Vaikka pyyntiponnistus pidettäisiin nykyisellään, verkkojen silmäkokoa koskevat päätössuositukset ovat samat.

Siihen, että tulokset osoittavat kasvun ylikalastusta, vaikuttaa myös alhainen luonnollisen kuolevuuden arvo, jota käytettiin mallissa. Se on perusteltu, koska luonnollinen kuolevuus ei ole tasainen koko kalan eliniän ajan. Suuri osa luonnollisesta kuolevuudesta ajoittuu kalan poikas- ja nuoruusvaiheisiin, jolloin ne ovat alttiita petojen saalistukselle tai nälkiintymiselle. Kalastuskokoon tultuaan ne ovat jo suureksi osaksi pedoilta suojassa, jolloin luonnollinen kuolevuus pienenee. Jos kuitenkin esimerkiksi siian luonnollinen kuolevuus olisi kaksinkertainen oletettuun verrattuna, verkkomäärien pienentämisellä ja silmäkorajoituksilla olisi vähäisempi vaikutus saalismääriin. Etelä-Päijänteellä verkkojen väliharvuuksien kieltä ei silloin nostaisi istutusten ja pikkusiian kalastuksen tuottoa lainkaan. Rajoituksen perusteena olisi siinäkin tapauksessa pienten taimenten osuuden minimointi saaliissa. Jos taas järvitaimenen luonnollinen kuolevuus olisi kaksi kertaa niin suuri kuin olemme olettaneet, ainoastaan taimenen istutuskokopäätös muuttuisi.

Verkkomäärän rajoittaminen tuntuu ehkä jyrkemältä toimenpiteeltä kuin silmäkoon säätely. Kasvun ylikalastustilanteessa pyydyskohtaiset saaliit kuitenkin kasvaisivat rajoituksen ansiosta.

6.3. Alueellisilla ja ajallisilla rajoituksilla tarkempaa säätelyä

Päätösanalyysin tulokset antavat yleiskuvan kalastuksen säätelytoimenpiteiden vaikutuksista ja niihin liittyvästä epävarmuudesta. Tilanne Päijänteellä voi muuttua nopeasti kalakantojen vaihtelun tai kalastuksen muutosten seurauksena. Mallia voidaan tarvittaessa helposti päivittää ja tarkastella tilannetta uuden tiedon pohjalta.

Verkkokalastuksen säätelyn perusratkaisu, väliharvuuksien kieltä, on sama koko Päijänteellä. Eri osissa järveä on kuitenkin mahdollista soveltaa esimerkiksi mallissa käytetyistä hieman poikkeavia solmuvälirajoja. Tähän on perusteita, koska esimerkiksi Pohjois- ja Etelä-Päijänteellä pikkusiian kasvunopeus on erilainen. Mallissa käytettiin pikkusiialle keskimääräistä kasvua. Silmäkorajoitus voidaan asettaa vain tietyille alueille ja tiettyyn vuodenaikaan, jos tunnetaan paikallisten kalakantojen oleskelualueet niin hyvin, että kalastus voidaan tällä tavoin kohdentaa haluttuihin lajeihin ja kokoluokkiin. Alueellisilla rauhoituksilla voidaan turvata kutu- tai istutuspaikat. Rajoitukset voivat olla erilaisia myös ammattimaiselle ja vapaa-ajankalastukselle, jos muussa tapauksessa ammattikalastuksen edellytykset huononisivat kohtuuttomasti.

Vaikutuskaaviomalli laadittiin järvitaimenta ja siikaa silmälläpitäen, koska juuri näiden lajien samalla alueella tapahtuvassa kalastuksessa esiintyy yleisesti ongelmia. Järvilohi, jota on istutettu paikoin järvitaimenen sijasta tai ohella, on samassa asemassa kuin taimenkin (Turunen ym. 1997). Vastaava tilanne on mm. kuhan ja ahvenen kalastuksessa, vaikkakin näiden lajien pyyntiä on ehkä helpompi kohdentaa alueellisilla ja ajallisilla rajoituksilla. Kuhan kannalta verkkokalastuksen vaikutus on samantapainen kuin järvitaimenella ja -lohella: Tiheät verkot ottavat alamittaisia kuhia ja siten alentavat saaliita ja kutukannan kokoa. Siksi on ilmeistä, että päätösanalyysin tuloksena saadut suositukset eivät ole ristiriidassa kuhan kalastuksen järjestelyn kanssa. Paikallisesti voidaan säätelyä tarkentaa siten, että kuhan ja muiden lajien kalastus tulee otetuksi huomioon, jos ongelmia muuten syntyisi.

6.4. Mallin lähtöoletusten vaikutus lopputuloksiin

Päätösanalyysimallissa käsiteltiin pääosin biologista systeemiä. Tilanteeseen voivat vaikuttaa lisäksi taloudelliset ja yhteiskunnalliset tekijät, kuten kalan markkinointimahdollisuudet, kalastajaryhmien väliset ristiriidat ja eri kalastusmuotojen arvostus alueella. Jos halutaan pitää yllä monipuolista kalastusta ja turvata niin ammatti- kuin virkistyskalastuksenkin mahdollisuudet, joudutaan päätöksiä tehtäessä ottamaan huomioon muitakin tavoitteita kuin esimerkiksi istutusten tuoton maksimointi.

Troolikalastuksen mukanaolo mallissa satunnaismuuttujana laajentaa lopputulosten todennäköisyysjakaumia. Tosiasiassa troolin pyyntiponnistus ei vaihtelee satunnaisesti, vaan se on sidoksissa mm. muikkukannan vahvuuteen ja myös rajoituksin säädeltävissä. Mallia edelleen kehitettäessä sitä voidaan tarkentaa tältä osin, jolloin epävarmuus pienenee jonkin verran.

Vaikutuskaaviomalliin pyrimme ottamaan mukaan sellaisten muuttujien epävarmuuden, joilla on vaikutusta päätöksiin. Siihen ei ole sisällytetty kaikkea mahdollista muuttujiin liittyvää epävarmuutta, koska mallin laajuutta on pakko rajoittaa. Jos esimerkiksi kalastuskuolevuuksiin ja pyydystettävyyteen sisältyvä epävarmuus otettaisiin huomioon, tuloksena saatavien muuttujien jakaumat saattaisivat olla vieläkin laajempia. Toisaalta vuosittaisten saaliiden vaihtelu on yleensä vähäisempää kuin vuosiluokkien välinen runsaudenvaihtelu, koska kunakin vuonna kalastetaan yhtäaikaa useampia vuosiluokkia.

Kalastuskustannuksia ei otettu huomioon, koska verkkojen silmäkoko ei vaikuta niihin merkittävästi. Verkkojen uusimisesta aiheutuu kertaluonteisia kustannuksia, mutta silmäkokorajoitusta toteutettaessa voidaan sopia kalastajien kannalta kohtuullisesta siirtymäajasta. Jos troolikalastuksen kustannukset otettaisiin huomioon ja jos ammatikalastajan siikasaaliille käytettäisiin alemmaa hintaa kuin vapaa-ajankalastajien saaliille, pikkusiian kalastuksen tuottama hyöty olisi pienempi. Silloin pikkusiian painoarvo mallissa alenisi jonkin verran. Tällä ei kuitenkaan olisi vaikutusta lopputulokseen.

Pikkusiian kannanvaihtelua ei myöskään ole mukana mallissa eikä mahdollista emokannan runsauden suhdetta syntyvän vuosiluokan kokoon. Herkkyysanalyysin perusteella pikkusiian vuosiluokkien suurellakaan vaihtelulla ei ole vaikutusta johtopäätöksiin.

Kiitokset

Parhaat kiitoksemme tämän työn rahoittajille, Hämeen ja Keski-Suomen TE-keskusten kalatalousyksiköille ja niiden johtajille Jukka Muhoselle ja Matti Sipposelle sekä Etelä-Päijänteen, Kuhmoisten ja Sysmän kalastusalueille. Haluamme kiittää myös Sakari Kuikkaa kommenteista ja neuvoista päätösanalyysiin liittyvissä kysymyksissä ja Mika Kurkilahtea siian verkkoselektiomallin antamisesta käyttöömme. Heikki Auvinen, Jorma Kirjavainen, Jarmo Kovanen, Vesa Lehtimäki, Jukka Muhonen ja Raimo Parmanne esittivät arvokkaita parannusehdotuksia käsikirjoitukseen.

Viitteet

- Auvinen, H., Turunen, T., Piironen, J., Nurmio, T. & Salmi, P. 1998. Verkkopyynnin säätelyllä parempiin järvikalasaaliisiin. *Suomen Kalastuslehti* 105 (2), s. 30-32.
- Decision Programming Language DPL 1995. Ada Decision Systems, Menlo Park, CA. 443 p.
- Hakkari, L., Ellonen, T. & Selin, P. 1978. Säännöstelyn vaikutuksista Päijänteen arvokalakantoihin ja pohjaeläimistöön. Jyväskylän yliopisto. Hydrobiologian tutkimuskeskus. 31 s. (Moniste).
- Heikinheimo, O. 1996. Päätösanalyysillä tutkittiin taimenen ja siian kalastusta Lappajärvellä. *Suomen Kalastuslehti* 103 (1), s. 32-35.
- Heikinheimo, O. & Raitaniemi, J. 1998. Decision analysis as a tool in planning fisheries management, exemplified by the whitefish and brown trout fishery in Lake Lappajärvi, Finland. *Archiv für Hydrobiologie. Advances in Limnology* 50. (In press).
- Heikinheimo-Schmid, O. 1992. Management of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) stocks in Lake Paasivesi, eastern Finland. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 39, p. 827-835.
- Hyvärinen, P., Virtanen, K., Vehanen, T., Koskiniemi, J., Kannel, R. & Pursiainen, M. 1996. Viihtyykö vieras kala Oulujärvessä? Eri taimenkantojen ja järvilohen istukoiden vertailu. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 119, s. 1-38.
- Jämsä, A., Bagge, P. & Valkeajärvi, P. 1993. Taimenen ravinto, kunto ja kasvu Konnevedessä ja Päijänteessä. *Suomen Kalatalous* 59, s. 125-137.
- Järvinen, E. 1997. Päijänteen säännöstely ja sen käyttö. Päijänne-luontokeskuksen julkaisuja 2, s. 15-24.
- Kirjasniemi, J. & Valkeajärvi, P. 1994. Alamittaisten taimenten selviäminen troolauksuksesta Päijänteellä ja Päijänteen troolikalastus. Helsinki. Maa- ja metsätalousministeriö, Kala- ja riistaosasto. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 6, s. 3-29.
- Kuikka, S. & Varis, O. 1997. Uncertainties of climatic change impacts in Finnish watersheds: a Bayesian network analysis of expert knowledge. *Boreal Environment Research* 2: 109-128.
- Makkonen, J., Piironen, J., Pursiainen, M., Toivonen, J. & Kolari, I. 1996. Pyyntitavat heikentävät järvitaimenen istutustulosta. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 108, s. 1-105.
- Marjomäki, T., Koivurinta, M., Helminen, H. & Valkeajärvi, P. 1996. Taimenistutukset voivat haitata heikon muikkukannan elpymistä. *Suomen Kalastuslehti* 103, s. 14-16.
- Niva, T. & Juntunen, K. 1993. Järvitaimenistutusten tuloksellisuus Kitkajoen Jyrävän yläpuolisella joki- ja järviolueella vuosina 1986-1990 Carlin- ja kuonomerkintämenetelmillä arvioituna. *Suomen Kalatalous* 59, s. 85-101.
- Oliver, R.M. & Smith, J.Q. 1990. Influence diagrams, belief nets and decision analysis. Essex. John Wiley & Sons. 458 p.

- Raitaniemi, J., Heikinheimo, O. & Miinalainen, M. 1995. Siika- ja järvitaimen-istutusten tuloksellisuus ja ehdotus velvoitehoidon kehittämiseksi Lappajärvessä ja Evijärvessä. Velvoiteistutusten vaikutusten tarkkailututkimuksen loppuraportti. Helsinki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja Riistaraportteja 39. 74 s. + 42 liitesivua.
- Salojärvi, K. 1992. The role of compensatory processes in determining the yield from whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) stocking in inland waters in northern Finland. Finnish Fisheries Research 13, s. 1-30.
- Seppovaara, O. 1962. Zur Systematik und Ökologie des Lachses und der Forellen in den Binnengewässern Finnlands. Ann. Zool. Soc. Vanamo 24. 86 s.
- Turunen, T., Auvinen, H., Piironen, J. & Salmi, P. 1997. Verkkokalastus - sisävesien merkittävin pyyntimuoto. Enonkoski. RKTL, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely. 8 s. (Esite).
- Turunen, T., Kurkilahti, M. & Suuronen, P. (käsikirjoitus). Gillnet catchability and selectivity of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.): Seasonal effect of mesh size and twine diameter. Helsinki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Valkeajärvi, P. 1987. On the species and growth of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) in Lake Päijänne. Biol. Res. Rep. Univ. Jyväskylä 10, s. 133-145.
- Valkeajärvi, P. 1992a. Effects of increased fishing effort on the European whitefish (*Coregonus wartmanni*) stock in Lake Päijänne. Pol. Arch. Hydrobiol. 39, s. 817-825.
- Valkeajärvi, P. 1992b. Miksi taimen kasvaa huonosti Päijänteessä? Kalamies 7/1992, s. 9.
- Valkeajärvi, P. 1993a. Taimenen kutukanta, kalastus ja verkkojen valikoivuus Konnevedessä. Suomen Kalatalous 59, s. 43-56.
- Valkeajärvi, P. 1993b. Carlin-merkkien palauttamattomuudesta johtuva virhe ja sen korjaaminen. Suomen Kalastuslehti 199(1), s. 18-20.
- Valkeajärvi, P. & Raatikainen, M. 1995. Siikaistutusten tuloksellisuus Päijänteessä 1980-luvulla. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 14, s. 1-36.
- Valkeajärvi, P. 1996. Factors regulating growth rate of vendace (*Coregonus albula*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Lakes Konnevesi and Päijänne. International Symposium on the Biology and Management of Coregonid Fishes. Konstanz, Germany 23.-26.9.1996 (poster).
- Valkeajärvi, P. 1997. Päijänteen kalakannat ja kalastus 1990-luvun alkupuolella. Päijänne-luontokeskuksen julkaisuja 2, s. 107-115.
- Valkeajärvi, P., Takkunen, T., Eskelinen, P. & Kovanen, J. 1997. Rautalammin reitin taimen tulee takaisin - menetelminä monipuoliset istutukset ja kalastuksen säätely. RKTL. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 134. 48 s.
- Varis, O., Kettunen, J. & Sirviö, H. 1990. Bayesian influence diagram approach to complex environmental management including observational design. Computational Statistics and Data Analysis 9, p. 77-91.
- Varis, O. & Kuikka, S. 1990. Analysis of sardine fisheries management on Lake Kariba, Zimbabwe and Zambia - structuring a Bayesian influence diagram model. Laxenburg, Austria. International Institute for Applied Systems Analysis. WP-90-48.
- Varis, O., Kuikka, S. & Kettunen, J. 1993. Belief networks in fish stock assessment - the Baltic salmon case. International Council for Exploration of the Sea, C.M. 1993 D:13 (Mimeo).

Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä – Päätösanalyysitarkastelu

Järvitaimenen ja siian verkkokalastuksen säätelyvaihtoehtoja Päijänteellä tarkasteltiin päätösanalyysin avulla. Päijänteen järvitalmenet ovat lähes yksinomaan istutuksista peräisin. Järvikutulinen, luonnossa lisääntyvä "pikkusiika" (*Coregonus lavaretus wartmanni*) on runsaslukuinen. Planktonsilikakantaa (*C.l. pallasii*) pidetään yllä istutuksin.

Vapaa-ajankalastajat saavat 95 % Päijänteen taimensaaliista ja yli puolet siikasaaliista. Noin 60 % kummankin lajin kokonaissaaliista saadaan verkoilla. Uistimella saadaan Pohjois-Päijänteellä kolmannes taimensaaliista ja Etelä-Päijänteellä viidennes. Pikkusiikasaaliista pyydetään järven eteläosassa suuri osa troolilla.

Ongelmana on, että suuri osa taimenista jää siikaverkkoihin alamittaisina. Verkkojen silmäkoon säätelyssä on kuitenkin otettava huomioon myös hidaskasvuisen pikkusiian kalastus.

Päijänteen taimenen ja siian kalastusta kuvattiin vaikutuskaaviomallilla, jossa päätösmuuttujina olivat verkkojen silmäkokorajoitus, pyyntiponnistus verkoilla ja taimenen istutuskoko. Silmäkoon rajoitusvaihtoehdot olivat: 1) ei rajoituksia (nykyinen tilanne); 2) väliharvuuksien (solmuväli 36-54 mm) kielto; 3) tihedien verkkojen (solmuväli ≤ 35 mm) kielto. Tilannetta tarkasteltiin erikseen Pohjois- ja Etelä-Päijänteellä.

Verkkojen väliharvuuksien kielto on tulosten mukaan edullista sekä siika- ja taimenistutusten tuoton parantamisen että taimenen virkistyskalastuksen kannalta. Istutusten tuotosta menetetään odotusarvoista laskettuna 25-40 %, jos silmäkokorajoituksia ei aseteta. Istutusten tuoton vaihtelu ja epävarmuus ovat kuitenkin suuria verrattuna silmäkokorajoituksen vaikutukseen. Pikkusiikasaaliisiin em. Silmäkoon rajoituksilla ei olisi juuri mitään vaikutusta. Pienten taimenten osuus saaliissa vähenisi ja suurten taimenten yksilö- ja kilomäärä uistinsaaliissa kasvaisi sen sijaan selvästi, jos verkkojen väliharvuudet kielletään.

Verkkopyyntiponnistuksen alentaminen lisäisi istutusten tuottoa ja suurten taimenten määrää saaliissa. Nykyisellä kalastuksen voimakkuudella planktonsilian ja taimenen kasvupotentiaali jää osaksi hyödyntämättä, kun kaloista suuri osa pyydetään jo pienikokoisina.

Asiasanat

järvitaimen, siika, kalastuksen säätely, vaikutuskaavio, päätösanalyysi

Sarjan nimi ja numero

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 140

ISBN

951-776-157-0

ISSN

0787-8478

Sivumäärä

40 s.

Kieli

Suomi

Hinta

50 mk

Luottamuksellisuus

Julkinen

Myynti

Edita-kirjakauppa
Annankatu 44
00100 Helsinki

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki

Puh. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Outi Heikinheimo och Pentti Valkeajärvi

Reglering av örings- och sikfisket i Päijänne – Granskning av beslutsanalys

Rapport

Samordning av örings- och sikfisket i Päijänne (separata publikationer 203260)

Alternativen för reglering av nätfisket på öring och sik i sjön Päijänne granskades med hjälp av beslutsanalys. De insjööringar som lever i Päijänne härstammar nästan helt och hållet från utplanteringar. Dessutom finns här mycket "småsik" (*Coregonus lavaretus wartmanni*) och ett bestånd av aspsik (*C.I. pallasii*) som upprätthålls med hjälp av utplantering.

Problemet är att en stor del av öringarna fångas i siknät innan de nått minimimåttet. Bestämmelserna för maskstorlek måste också beakta fisket på den långsamt växande småsiken. Cirka sextio procent av sik- och öringsfångsten i Päijänne tas med nät. I norra Päijänne tas en tredjedel av öringsfångsten med drag och i södra Päijänne en femtedel. I södra delen av sjön fångas en stor del av småsiken med trål. Fisket av öring och sik i Päijänne beskrevs med en effektdiagrammodell, där de bestämmande variablerna var begränsningen av maskstorlek vid nätfiske, fångstinsatsen vid nätfiske och öringens utplanteringsstorlek. Alternativen för begränsning av maskstorleken var följande: 1) inga begränsningar (dagens situation); 2) förbud mot mellanstorlekar (knutavstånd 36-54 mm); 3) förbud mot tätmaskiga nät (knutavstånd ≤ 35 mm).

Resultaten visar att ett förbud mot nätmaskor av mellanstorlek skulle vara fördelaktigt och förbättra utplanteringsresultaten för båda arterna. Dessutom skulle det gynna fritidsfisket på öring. Utan begränsningar av maskstorleken förlorar man 25-40 % av den förväntade utplanteringsproduktiviteten. Variationen och osäkerheten beträffande den förväntade produktiviteten är dock stora jämfört med effekterna av en begränsning av maskstorleken.

Fångsterna av småsik skulle inte påverkas nämnvärt av ifrågavarande begränsning. Andelen små öringar i fångsten skulle minska, medan dragfångsterna av stora öringar (både individ- och viktmässigt) skulle öka om man gick in för att förbjuda nät med mellanstora maskor.

En minskning av nätfiskesinsatsen skulle öka utplanteringarnas produktivitet och andelen stora öringar i fångsten. Det nuvarande fisket gör att både aspsikens och öringens tillväxtpotential delvis förblir outnyttjad i och med att en stor del av fiskarna fångas medan de ännu är små.

insjööring, sik, reglering av fisket, effektdiagram, beslutsanalys

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 140

951-776-157-0

0787-8478

40 s.

Finska

50 mk

Offentlig

Edita-bokhandel

Annegatan 44

00100 Helsingfors

Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

PB 6

00721 Helsinki

Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

April 1998

Author(s)

Outi Heikinheimo and Pentti Valkeajärvi

Title of Publication

Management of the brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) fishery in Lake Päijänne: A decision analysis approach

Type of Publication

Research Report

Commissioned by

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Management of the brown trout and whitefish fishery in Lake Päijänne, 203260

Abstract

Alternative management measures for the gill net fishery of brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Lake Päijänne were considered using decision analysis.

The brown trout in Lake Päijänne originate almost exclusively from stocking. The lake-spawning, naturally reproducing "little whitefish" (*Coregonus lavaretus wartmanni*) is abundant. The river-spawning "plankton whitefish" (*C. l. pallasii*) is maintained by annual stocking, and makes up about half of the whitefish catch.

In Lake Päijänne, 95 % of the brown trout catch and more than half of the whitefish catch are taken by non-professional fishermen. About 60 % of the total catch of both species are taken with gill nets. Nearly a third of the brown trout catch is taken with rods, mainly by trolling. The little whitefish is also caught with trawls by professional fishermen. The problem is that a great deal of brown trout are caught with whitefish gill nets when still below the minimum allowable catch size. On the other hand, the mesh size restrictions should not hinder the gill net fishing of the slow-growing little whitefish.

A Bayesian influence diagram was compiled to describe the brown trout and whitefish fishery in Lake Päijänne. The decision variables were: mesh size restriction of gill nets, fishing effort with gill nets, and stocking size for brown trout. The alternative mesh size restrictions were 1) no restrictions (the present situation); 2) middle mesh sizes forbidden (36-54 mm bar length); 3) small mesh sizes forbidden (≤ 35 mm bar length). According to the decision analysis, the prohibition of the middle mesh sizes is advantageous both for increasing the return from brown trout and whitefish stocking, and for the recreational fishing of brown trout. If mesh size restrictions were not applied, the yield from stocking would be 25-40 % smaller than with no middle mesh sizes. However, the variation and uncertainty of the return from stocking is great compared with the effect from mesh size restrictions. The catch of little whitefish would be practically unaffected. In contrast, if the middle mesh sizes were forbidden, the proportion of small brown trout would clearly decrease and the number of large brown trout increase in the catch of recreational fishers.

A lower fishing effort with gill nets would raise the yield from stocking and the number of large brown trout in the catch. With the present fishing effort, the growth potential of the brown trout and the plankton whitefish is partly unexploited because the fish are taken at small sizes.

Key words

Brown trout, whitefish, fisheries management, influence diagrams, decision analysis

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 140

ISBN

951-776-157-0

ISSN

0787-8478

Pages

40 p.

Language

Finnish

Price

50 FIM

Confidentiality

Public

Distributed by

Oy Edita Ab

Book-shop

Annankatu 44

FIN-00100 Helsinki, Finland

Phone +358 0 566 0566 Fax +358 0 566 0570

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute

P.O.Box 6

FIN-00721 Helsinki, Finland

Phone +358 205 7511 Fax +358 205 7511

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

103. TAMMI, J.

Rehevöitymisen vaikutukset kaloihin, kalakantoihin ja kalastukseen –kirjallisuuskatsaus

(Eutrofieringens effekter på fisk, fiskbestånd och fiske – litteraturoversikt) (The Effects of Eutrophication on Fishes, Fish Stocks and Fisheries – A Literature Review). 66 s. Helsinki 1996.

104. SAURA, A., MIKKOLA, J.

Henkiin herätetty lohijoki — Kymijoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1992—1994

(En laxälv som återuppstått — Vandringsfiskundersökningar i Kymmene älv å 1992—1994) (Revived salmon river — Studies on migratory fish in the River Kymijoki from 1992—1994). 100 s. Helsinki 1996.

105. RAITANIEMI, J., HEIKINHEIMO, O., MIKKOLA, J.

Vaellussiika — Uudenmaan rannikon tuottoisa istutuskala

(Vandringssiken — resultat av utplantering längs den nyländska kusten) (Whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) — Successful Stocking on the Coast of the Province of Uusimaa). 28 s. Helsinki 1996.

106. KORHONEN, P., KOSKINIEMI, J., TOLONEN, K.

Taimenen ja kotiutetun puronierjän tila Ylä-Kemijoella vuosina 1993 — 1994

(Öringens och den införda bäckrödingens situation i Kemi älvs övre lopp åren 1993 — 1994) (The State of Brown and Stocked Brook Trout Populations in the Upper Part of the Kemijoki River between 1993 and 1994). 42 s. + 8 liit. Helsinki 1996.

107. LAPPALAINEN, A., PÖNNI, J.

Suomenlahti kalastajan silmin — Tutkimus Suomenlahden likaantumisen ja vapaa-ajankalastuksesta

(Finska viken ur fiskarens synpunkt — En undersökning av föroreningen av Finska viken och fritidsfisket) (The Gulf of Finland in the Fisherman's eyes — Pollution and Recreational Fishery in the Gulf of Finland). Helsinki 1996.

108. MAKKONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M., TOIVONEN, J., KOLARI, I.

Pyyntitavat heikentävät järvitäimenen istutustulosta — Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979 — 1992 tehtyjen Carlin-merkintöjen tulokset

(Utplanteringsresultatet för insjööring försämrats av fångstmetoderna — Resultat av Carlin-märkningar i Vuoksi insjösystem åren 1979 — 1992) (Fishing methods decrease the impact of stocking brown trout — Results of Carlin tagging experiments in the Vuoksi watercourse from 1979 — 1992). 105 s. + liite. Helsinki 1996.

109. PYLKKÖ, P., POHJANVIRTA, T., PURSIAINEN, M.

Nieriän (*Salvelinus alpinus*) silmäsamentumat

(Grumling av ögat hos röding (*Salvelinus alpinus*)) (Cataract of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*)). 21 s. Helsinki 1996

110. Istutuspoikasten elinkaari - mätimunanasta saaliiksi, Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät

(Utplanterade yngels livscykel - från romkorn till fångst, Statens fiskodlings XX diskussionsdagar) (Fish stocking - lifecycle eggs to catch, State Fish Culture Conference, No. XX). Jarmo Makkonen ja Markku Pursiainen (toim.), 103 s. + 4 liitettä. Helsinki 1996.

111. RAHKONEN, R., PASTERNAK, M., POHJANVIRTA, T., PYLKKÖ, P., LINDÉN, J.

Kokeita Apoject 1-Fural paiseutautirokotteella 1993-1995

(Försök med Apoject 1-Fural furunkulosvaccin 1993-1995) (Experiments with Apoject 1-Fural Furunculosis Vaccine, 1993 - 1995). 24 s. Helsinki 1996.

112. SOMPPI, K., RAITANIEMI, J., RASK, M.

Kalkituksen vaikutukset särki- ja ahvenkantoihin Etelä-Suomen happamoituneissa pikkujärvissä

(Kalkningens effekter på mört- och abborrbestånd i södra Finlands försurade sjöar) (The Effects of Liming on Roach and Perch Populations of Small Acidified Lakes in Southern Finland). 41 s. + 9 liitettä. Helsinki 1996.

113. Inarijärven pohjasiika * Istutusten merkitys. (Storaiken i Enare träsk - utplanteringarnas betydelse) (Sparsely-rakered

Whitefish from Lake Inari: Results from Stocking). Erno Salonen (toim.), 90 s. Helsinki 1996

114. SALMINEN, M.

Istutusiän ja -koon merkitys merilohen vaelluspoikasten istutuksissa

(Utplanteringsålderns och -storleken betydelse vid utplantering av smolt av havlax) (The Influence of Stocking Age and Size on the Results of Salmon Smolt Stocking). 59 s. Helsinki 1996.

115. PARMANNE, R., SETÄLÄ, J.

Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin
(Foderfiskets effekter på strömmingsbestånden) (The effect of fodder fishing on Baltic herring stocks)
27+18 s. Helsinki 1996.

116. SALMI, J., HONKANEN, A., JURVELIUS, J., MOILANEN, P., SALMI, P. JA VESALA, K. M.

Haastatteluja Hangosta Utsjoelle. Ammattikalastuksen profiilitutkimuksen metodiikkaa.
(Intervjuer från Hangö till Utsjoki, metodik för profilundersökningar av yrkesfisket) (Interviewing Commercial Fishermen in Finland: The Methodology of the Study). 26 s. Helsinki 1996.

117. Mädin desinfiointi - laadun hallintaa käytännössä

(Romdesinfektion i avsikt att kontrollera romproduktionens kvalitet) (The Disinfection of Fish Eggs: Quality Control in Practice). Päivi Eskelinen (toim.), 69 s. Helsinki 1996

118. VEITOLA, K., MÄKINEN, T.

Kalankasvatuksen ympäristöpolitiikka- Tavoitteiden ja tosiasiatietojen yhdistelmä
(Fiskodlingens miljöpolitik - en kombination av målsättningar och fakta) (The Environmental Politics of Fish Farming: A Combination of Goals and Facts). 52 s. Helsinki 1996

119. HYVÄRINEN, P., VIRTANEN, K., VEHANEN, T., KOSKINIEMI, J., KANNEL, R. JA PURSIAINEN, M.

Viihtyykö vieras kala Oulujärvessä? Taimenkantojen ja järvilohen soveltuvuus Oulujärven hoitokalaksi.
(Trivs främmande fiskar i Ule träsk? Jämförelse av olika utplanterade bestånd av öring och insjölox) (Does the strange fish stocks succeed in lake Oulujärvi? Results of stocking four brown trout stocks and land locked salmon in Lake Oulujärvi). 39 s. Helsinki 1996.

120. JOKIKOKKO, E.

Muikun ja siian lisääntymisedellytyksistä Perämerellä.
(Förutsättningar för förökning av siklöja och sik i Bottenviken) (The breeding potential of whitefish and vendace in Bothnian Bay). 32 s. Helsinki 1997.

121. RAITANIEMI, J.

Rannikon siikojen iänmäärityksen luotettavuus.
(Hur pålitlig är åldersbestämningen av kustsikor?) (The reliability of the ageing of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) on the Finnish Baltic coast). Helsinki 1997.

122. Lähikuvia ammattikalastuksesta - Kalastusammatin rakenne, joustavuus ja mahdollisuudet.

(Yrkesfisket i närbild. Fiskaryrkets struktur, flexibilitet och möjligheter) (Close-ups on the Commercial Fishery; Structure, Flexibility and Opportunities of the Fishing Trade). Juhani Salmi ja Pekka Salmi (toim.). 125 s. Helsinki 1997.

123. TOIVONEN A.-L.

Toistuvan jäätyksen ja sulamisen vaikutus kalanpyydysten havasmateriaaleihin.
(Inverkan av upprepad infrysning och upptining på redskapsmaterial) (The Effects of Freeze-thaw Cycling on Fishing Gear Materials). 30 s. Helsinki 1997.

124. FRIMAN, T., KOLARI, I. JA TOIVONEN, J.

Merkitseekö menetelmä? Carlin-merkinnän virhetekijät kaksi- ja kolmivuotiaina istutetuilla järvitaimenilla.
(Spelar metoden någon roll? Felkällor vid Carlin-märkning av insjööringar utplanterade som två- och treåringar) (The errors caused by Carlin-tagging in the estimation of stocking results of two- and three-year-old brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris*)). 27 s. Helsinki 1997.

125. SUTELA, T. JA HUUSKO, A.

Virkistyskalastus Kuusinki-, Kitka- ja Oulankajoella.
(Fritidsfisket i älvarna Kuusinki-, Kitka- och Oulankajoki) (Recreational fishery in rivers Kuusinkijoki, Kitkajoki and Oulankajoki). 24 s. Helsinki 1997.

126. Kalastuskiistat haasteena hallinnolle - näkökulmia sisävesien paikallisiin ristiriitoihin

(Fiskekonflikter som en utmaning för förvaltningen - synpunkter på lokala konflikter i insjöområdet) (Perspectives on Fishery Conflicts in Finnish Lakes). Pekka Salmi (toim.). 71 s. Helsinki 1997.

127. SALONEN, E., MUTENIA, A., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan peledsiika. Tekojärvien siikakantojen vaihtelu vuosina 1987-1996.

(Peledsiken i Lokka och Porttipahta. Sikbeståndens variation i konstgjorda sjöar 1987 - 1996) (Peled in the Lokka and Porttipahta Reservoirs. The Variations in the Stocks from 1987 - 1996). 34 s. Helsinki 1997.

128. HYVÄRINEN, P.

Erikokoisten järvitaimenistukkaiden kannattavuusvertailu Oulujärvellä.

(Lönsamhetsjämförelse vid utplantering av olika stora öringssyngel i Ule träsk) (Comparison of the Profitability of the Stocking of Different-Sized Brown Trout in Lake Oulujärvi). 26 s. Helsinki 1997.

129. LEHTONEN, H., VUORIMIES, O., BÖHLING, P., AUVINEN, H.

Kalakantojen vuosiluokkavaihteluiden mekanismit - Kirjallisuuskatsaus.

(Mekanismerna bakom fiskbeståndens årsklassvariationer - Litteraturoversikt) (The Mechanisms of Year-class Fluctuations in Fishes - A Literature Review). 44 s. Helsinki 1997.

130. LAUKKANEN, M.

Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi.

(Bioekonomisk analys av laxfisket i Östersjön) (A Bioeconomic Analysis of the Baltic Salmon Fishery). 35 s. Helsinki 1997.

131. KÄYHKÖ, A., SETÄLÄ, J., SALMI, P.

Vajaakäyttöisen järvikalan jalostuksen ongelmat ja kehittäminen.

(Förädling av svagt utnyttjad insjöfisk i Finland) (Processing of under-utilized freshwater fishes in Finland). 31 s. Helsinki 1997.

132. TAMMI, J., LAPPALAINEN, A., MANNIO, J., RASK, M., VUORENMAA, J.

Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus.

(Insjöeutrofiering och fiskbestånd i Finland. Sjöinventering baserad på sampling) (Eutrophication and Fishes in Finnish Lakes: A Survey Based on Random Sampling). 35 s. Helsinki 1997

133. Saimaan nieriä, syvien vesien uhanalainen.

(Saimen rödingen, en hotad djupvattensart) (Saimaa Arctic char, the threatened deep water fish). Makkonen, J. (toim.). 129 s. Helsinki 1997.

134. VALKEAJÄRVI, P., TAKKUNEN, T., ESKELINEN, P., KOVANEN, J.

Rautalammin reitin taimen tulee takaisin - menetelminä monipuoliset istutukset ja kalastuksen säätely.

(Öringen från Rautalampi strömmen kommer tillbaka - tack vare fiskereglering och mångsidiga utplanteringar) (The brown trout stock of Rautalampi watercourse comes back - by the means of fishing regulation and many-sided stockings). 28 s. Helsinki 1997.

135. Sähkökalastus ja sen luotettavuus Tenon lohen poikastiheyksien seurannassa.

(Användning av elfiske vid bedömningen av yngeltätheter i Tana älven) (Electrofishing as a method of density estimation of salmon juveniles in the River Teno). Julkunen, M. Niemelä, E. (Toim.). 56 s. Helsinki 1997.

136. SETÄLÄ, J.

Parantaako silakan tehokas jäähdytys troolikalastuksen kannattavuutta?

(Förbättrar effektiv kylning av strömming trålfiskets lönsamhet?) (Does effective chilling increase the profitability of trawl fisheries?) 36 s. Helsinki 1998.

137. KEMPPAINEN, S., MÄÄTTÄ, V., PASANEN, P., MÄÄTTÄ, E.

Nieriälajit vertailussa - Elämänskaari poikasesta fileeksi

(Jämförelse mellan olika arter av röding - Livscykel från yngel till file) (Comparison Between Salvelinus species: Lifespan from Fry to Fillet) 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

138. AALTO, J., NIEMELÄ, E., JULKUNEN, M., ERKINARO, J.

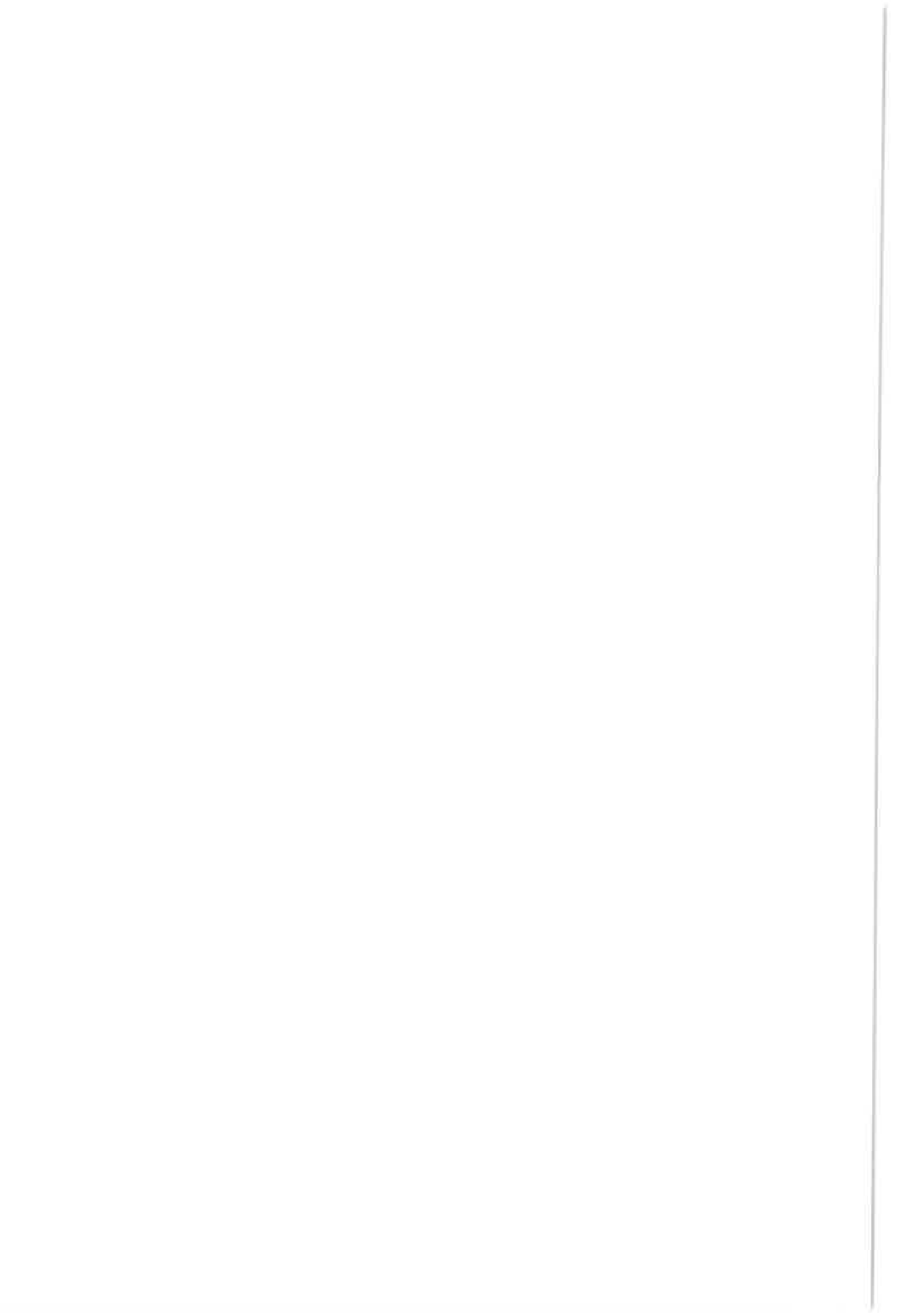
Taimenen poikastiheydet, kasvu ja vaellukset Lutto- ja Nuorttijoen.

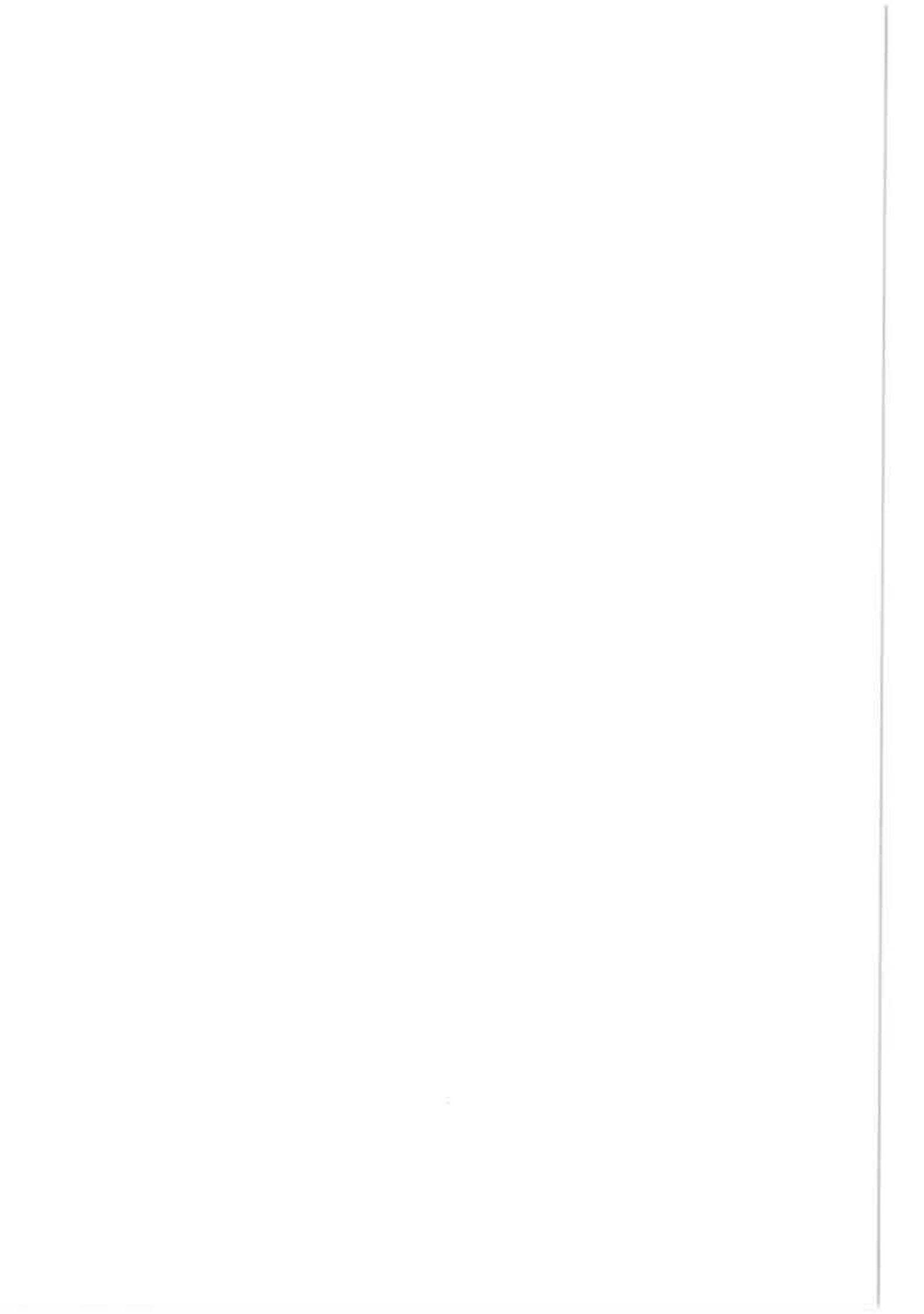
(Yngeltätheter, tillväxt och vandringer hos öring i Lutto- och Nuorttijoki) (Juvenile densities, growth and migration of brown trout (Salmo trutta L.) in the Rivers Luttojoki and Nuorttijoki, northern Finland). 38 s. Helsinki 1998

139. MIINALAINEN, M., HEIKINHEIMO, O.

Siikamuotojen ravintokilpailu Vuokalanjärvessä.

(Födokonkurrens mellan olika sikformer i Vuokalanjärvi) (Food segregation between five whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) stocks in Lake Vuokalanjärvi). 39 s. Helsinki 1998.





Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä

Järvitaimenistutusten heikko tuotto on Päijänteessä ja muissakin sisävesissämme ongelma. Siikaverkot pyydystävät suuren osan istutetuista järvitaimenista jo alamittaisina. Vain harvat taimenet ehtivät kasvaa vapakalastajien toivomaan kokoon. Jos halutaan säästää taimenia ja suurennetaan siikaverkkojen silmäkokoa, hidaskasvuinen siika jää pyytämättä. Kalastuksen säätelyssä olisi otettava huomioon niin ammatti- kuin vapaa-ajankalastajienkin toiveet.

Tässä tutkimuksessa Päijänteen taimenen ja siian kalastusongelmia tarkasteltiin päätösanalyysin avulla. Voidaanko verkkojen silmäkoon rajoituksilla saada taimen- ja siikaistutukset kannattamaan paremmin? Miten rajoitukset vaikuttaisivat vapakalastajien saaliisiin? Millaisia vaikutuksia on siian troolipyynnillä? Tutkijat Outi Heikinheimo ja Pentti Valkeajärvi vastaavat moniin kalastajia askarruttaviin kysymyksiin.

