

*Teppo Vehanen
Petri Kylmälä*

Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen

Osaraportti 5: Kalakantojen hoitomallin Oulujärvi-sovellus

Paltamo 1998



Teppo Vehanen ja Petri Kylmälä

Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen*Osaraportti 5: Kalakantojen hoitomallin Oulujärvi-sovellus***Tutkimusraportti***Projektin nimi ja numero*

Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen (202 223, 293 223)

Tiivistelmä

Eri kalajien välisten vuorovaikutusten hahmottaminen on tärkeää esimerkiksi istutusmääriä suunniteltaessa. Siirryttäessä yhden lajin tarkastelusta usean lajin yhtäaikaiseen tarkasteluun tarkasteltava systeemi monimutkaistuu, tarkasteltavien muuttujien määrä lisääntyy ja samalla myös tulosten epävarmuus lisääntyy. Yleensä aina päädytään yksinkertaistukseen tarkasteltavasta systeemistä.

Kalakantojen hoitomalli on kalalajien välisiä vuorovaikutuksia, kalaistutuksia ja kalastusta kuvaava systeemimalli. Mallilla voidaan tarkastella 1-3 kalalajin muodostamaa systeemiä. Mallissa kuvataan kalojen lisääntymistä, kasvua ja kuolleisuutta. Mallia on aiemmin sovellettu Inarijärvellä. Tässä työssä sovellettiin kalakantojen hoitomallia Oulujärven kalakanta-aineistoon.

Malli on hyödyllinen apuväline erilaisissa mitä-jos tarkasteluissa ja esimerkiksi istutusten tuloksellisuuden hahmottamisessa, kun otetaan huomioon siihen liittyvä epävarmuus. Mallin tulosten mukaan taimenen istutusmääriä muutettaessa on huomiotava eri ravintotilanteiden vaikutukset istutusten tuloksellisuuteen sekä taimenpredaation vaikutukset saalislajeihin. Bioenergettin malli ja kalakantojen hoitomalli päätyivät taimenen predation suuruuden suhteen samaa luokkaa oleviin tuloksiin. Mallin mukaan siikaistutusten tuloksellisuus on heikko yli miljoonan siian vuosittaisilla istutuksilla.

Asiasanat**systeemimalli, Oulujärvi, istutukset, taimen, muikku***Sarjan nimi ja numero*

Kala- ja riistaraportteja 109

ISBN

951-776-146-5

ISSN

1238-3325

Sivumäärä

55 s + 2 liitettä.

Kieli

Suomi

*Hinta**Luottamuksellisuus*

Julkinen

Jakelu

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely
Manamansalontie 90
88 300 Paltamo
Puh: 020 5751640 Fax: 020 5751649

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

1. JOHDANTO	5
2. MALLIN KUVAUS	6
2.1 Keskeiset riippuvuussuhteet	6
2.2 Välttämättömät tiedot	8
2.3 Laskennan eteneminen	8
3. OULUJÄRVEN AINEISTO	9
3.1 Taimen	10
3.2 Siika	11
3.3 Muikku	13
3.4 Kalastus	13
4. MALLIN KALIBROINTI	14
4.1 Taimen	15
4.2 Siika	16
4.3 Muikku	19
4.4 Eri vuorovaikutusten merkitys	21
4.4.1 Siian ja muikun rekrytoinnin yhteisvaikutus	22
4.4.2 Siian ja muikun rekrytoinnin lämpötilariippuvuus	22
4.4.3 Taimenen predaation vaikutus	23
4.4.4 Taimenistukkaiden kuolleisuuden riippuvuus ravintolanteesta	23
4.4.5 Siikaistukkaiden kuolleisuuden riippuvuus oman lajin ja muikun tiheydestä (ravintokilpailu)	23
5. MALLIN LASKENTATULOKSET	24
5.1 Taimenistutukset	24
5.2. Taimenistutusten tuloksellisuus	26
5.3. Ravintolanteen vaikutus	29
5.4 Planktonsiikaistutusten tuloksellisuus	34
5.5. Kalastuksen vaikutus	36
6. EPÄVARMUUSTARKASTELU	46
7. TULOSTEN TARKASTELU	49
7.1 Taimen	49
7.2 Planktonsiikaistutukset	50
7.3 Kalastus	51
8. MALLIN SOVELTAMISMAHDOLLISUUKSISTA	52
9. BIOENERGEETTISEN MALLIN JA KALAKANTOJEN HOITOMALLIN VERTAILU	55
10. KIRJALLISUUS	58

1. Johdanto

Kalakantoja säätelevät useat eri tekijät. Osa niistä on kalakannan tiheydestä riippumattomia tekijöitä kuten ilmastolliset tekijät (esim. lämpötila) ja veden laatu. Toiset taas voidaan luokitella tiheydestä riippuviksi säätelytekijöiksi. Kalakannan tiheydestä riippuvat tekijät voivat olla lajin sisäisiä tekijöitä, kuten koosta ja iästä riippuva hedelmällisyys, emokannan koko tai kannibalismi. Toisaalta myös lajien väliset tekijät, kuten lajien välinen kilpailu ja predaatio, voivat säädellä voimakkaasti kalakantoja.

Kalakantojen vaihtelun syiden ja istutusten tuloksellisuuden selvittäminen ovat olleet kalantutkimuksen painopistealueita Suomessa. Usein kalakantojen vaihtelua (esim. muikkukanta) ja istutusten tuloksellisuutta (esim. taimenistutukset) on tarkasteltu ainoastaan kyseisen lajin näkökulmasta. Järven kalayhteisöllä ja kalalajien välisillä vuorovaikutuksilla on kuitenkin huomattava merkitys esimerkiksi taimenistutusten tuloksellisuuteen (Vehanen 1995). Useamman lajin vuorovaikutusten tarkastelu toisi todennäköisesti luotettavampaa tietoa esimerkiksi istutusten tuloksellisuuteen vaikuttavista syistä. Siirtyminen usean lajin tarkasteluun yhden lajin sijasta kuitenkin monimutkaistaa tarkastelua ja lisää tarkasteltavien muuttujien määrää. Usean lajin tarkastelussa joudutaankin usein rajaamaan mallin monimutkaisuutta valitsemalla ne muuttujat ja osa-alueet joita tarkastellaan.

Kalakantojen hoitomalli on kalalajien välisiä vuorovaikutuksia, kalaistutuksia ja kalastusta kuvaava malli (Marttunen ja Kylmälä 1997). Mallilla voidaan tarkastella 1-3 kalalajin muodostamaa systeemiä. Mallissa kuvataan kalojen lisääntymistä, kasvua ja kuolleisuutta. Näihin voidaan vaikuttaa istutuksilla ja kalastuksella. Kalakantojen hoitomalli on kehitetty Suomen ympäristökeskuksen, Teknillisen korkeakoulun ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen yhteistyönä. Mallia on toistaiseksi sovellettu Inarijärvellä. Inarijärvi-tarkastelun mukaan mm. petokalaistutukset ovat huonossa ravintotilanteessa (alhainen muikkukanta) olleet ylisuuria ja istutusten tuloksellisuus huono (Marttunen ja Kylmälä 1997).

Tässä työssä sovelletaan Kalakantojen hoitomallia Oulujärven kalakanta-aineistoon ja esitetään keskeiset tulokset. Tulosten perusteella myös pohditaan mallin käyttökelpoisuutta kalataloudellisessa tarkkailussa ja ohjauksessa sekä vertaillaan mallin tuloksia suhteessa tämän tutkimuksen muihin osa-tuloksiin. Tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa on tarkoitus jatkaa hoitomallin soveltamista erilaisten tulevaisuuden tilavaihtoehtojen vaikutusten kuvaamiseksi.

2. Mallin kuvaus

Kalakantojen hoitomallin yksityiskohtainen kuvaus on esitetty Inarijärven sovelluksen yhteydessä (Marttunen ja Kylmälä 1997). Tässä yhteydessä esitetään ainoastaan mallin pääperiaatteita Marttunen ja Kylmälän (1997) kuvausta mukaellen.

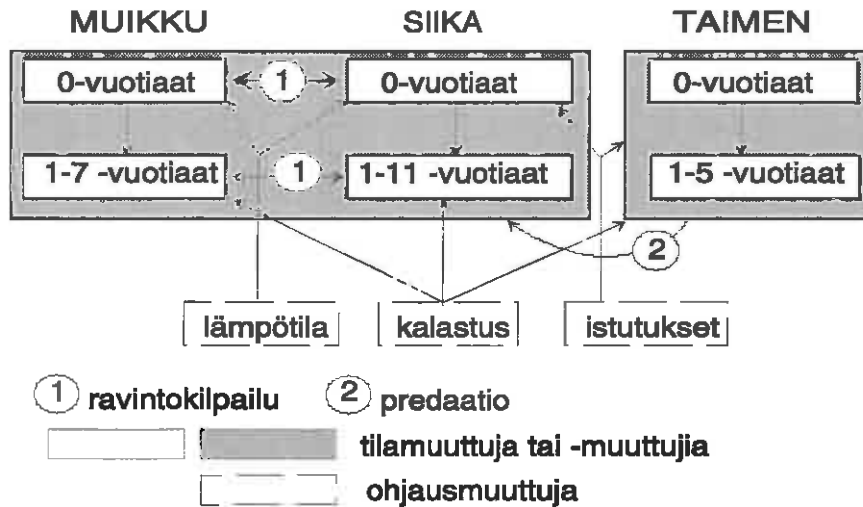
Kalakantojen hoitomalli on deterministinen malli, jolla simuloidaan 1-3 kalalajin vuorovaikutussuhteita sekä kalastuksen, istutusten ja lämpötilan (kevään lämpökehityksen suotuisuuden) vaikutusta. Malli on toteutettu Excelillä ja Visual Basicilla.

Malli laskee populaatio- ja saalistiedot ikäryhmäkohtaisesti vuoden aika-askeleella. Malli tulostaa myös istutushyödyn (saalis / 1000 istukasta), joka lasketaan kullekin vuosiluokalle kumulatiivisesti, koko istutetun luokan elinkaaren aikana saadun saaliin mukaan. Malli on tarkoitettu erityisesti kalastuksen ja istutusten vaikutusten arviointiin. Ohjaustekijöitä voidaan manipuloida (samoin kuin monia muita mallin tekijöitä) ja tuottaa populaatioista ja saaliista erilaisia mitä-jos-arvioita.

Malli soveltuu erityisesti kohteille, joissa kolmesta lajista yksi on muita syövä petokala ja kaksi muuta keskenään (mahdollisesti) kilpailevaa planktonsyöjää. (Oulujärven sovelluksessa nämä lajit ovat taimen, muikku ja siika.). Tarkasteltavien lajien ei oleteta muodostavan täysin muista lajeista riippumatonta systeemiä. Ympäröivä systeemi otetaan huomioon esimerkiksi siten, että vain tietyn osan petokalan (taimen) ravinnosta oletetaan koostuvan tarkasteltavista planktonsyöjistä, ja tietyn osan tarkasteluun sisällyttämistä lajeista.

2.1 Keskeiset riippuvuussuhteet

Mallin keskeiset riippuvuussuhteet liittyvät lisääntymiseen, kasvuun ja predaatioon. Huomioon otetut vuorovaikutukset on esitetty vaikutuskaaviona kuvassa 1. Mallin ohjausmuuttujia ovat kalastus, istutukset sekä veden lämpökehityksen suotuisuutta kevätkesän aikana kuvaava lämpöarvosana.



Kuva 1. Kaavio mallin tärkeimmistä vuorovaikutuksista.

Useiden vaikutussuhteiden voimassaolo on valittavissa. Seuraavassa on lueteltu mallissa tarkastellut tila- ja ohjausmuuttujien väliset riippuvuussuhteet:

- Muikun ja siian poikastuotto kevään (0-vuotiaat) riippuu emokannan koosta sekä kevään ja alkukesän lämpöolosuhteista (lämpövaikutus valinnainen).
- Siian ja muikun kevään poikastuotto (0-vuotiaat) riippuu kilpailevan lajin (siika tai muikku) emokannan koosta (valinnainen).
- Siikaistukkaiden luonnolliseen kuolevuuteen vaikuttaa niiden ja muikun poikasten välinen ravintokilpailu (valinnainen).
- Kaikkien lajien kasvu riippuu ravintotilanteesta. Ravintotilanne on:
 - siialla ja muikulla lajin lukumäärä.
 - taimenella ravinnonkulutuksen potentiaalin ja käytettävissä olevan ravintomäärän (siian ja muikun ravinnoksi soveltuvan biomassan) suhde.
- Siian ja muikun välillä on ravintokilpailu, eli kasvu riippuu myös kilpailevan lajin määrästä.
- Taimen saalistaa siikaa ja muikkua.
- Taimenen istukkaiden kuolleisuus riippuu ravintotilanteesta (valinnainen).
- Kaikkia lajeja voidaan kalastaa ja istuttaa.

Riippuvuussuhteen valinnaisuus listassa tarkoittaa sitä, että mallin laskennassa voidaan parametreja muuttamatta asettaa ko. vuorovaikutus päälle / pois. Myös siian ja muikun välinen ravintokilpailu voidaan helposti kytkeä pois päältä, mutta vain parametreja muuttamalla.

Siikaistukkaiden (ja mahdollisten toisen planktonsyöjän istukkaiden) kuolleisuuden riippuminen ravintotilanteesta on mallin lisäys, joka ei ole mukana mallin Inarijärvi sovelluksessa (Marttunen ja Kylmälä 1997).

2.2 Välttämättömät tiedot

Sovelluskohteen aineiston minimivaatimuksena on sisältää

- 1) laskennan lähtötiedot (niiltä vuosilta, joita halutaan käyttää laskennan aloitusvuosina): arviot populaatioiden lukumääristä ja keskipainoista ikäryhmittäin
- 2) ohjausmuuttujat: vuosittaiset istutusmäärät ja virtuaalista populaatioanalyysiä (VPA) vastaavat kalastuskuolevuuskertoimet F .
- 3) kevään lämpöarvosana on mallin ohjausmuuttuja, mutta malli voidaan laskea jättämällä lämpö kokonaan huomioonottamatta. Lämpöarvosana (TA) kuvaa kevään ja kevätkesän lämmönkehitystä kuoriutuvien poikasten kannalta. Lukuarvon laskenta perustuu kevätkesän päivittäisiin lämpötilamittauksiin.

2.3 Laskennan eteneminen

Laskenta on lajien muodostaman systeemin simulointia annetusta ensimmäisen vuoden populaatiotilanteesta lähtien. Malli tarvitsee laskennassa seuraavat tiedot:

- 1) Riippuvuussuhteet ja niihin liittyvät parametriarvot
- 2) Kalapopulaatiot (lukumäärät ja yksilöiden keskipainot lajeittain ja ikäryhmittäin) ensimmäisen laskentavuoden alussa
- 3) Ohjausmuuttujia koskevat tiedot kultakin tarkastelujakson vuodelta.

Lähtö- ja tulostietojen osalta laskenta-askeleen pituus on vuosi. Kun populaatiot vuoden alussa ovat selvillä, malli laskee kalojen määrän ja keskipainon ikäryhmittäin seuraavan tarkasteluvuoden vuoden alussa, jne.

Laskennan lähtökohtana on vuoden aikana tapahtuvan kuolleisuuden yhtälö, jossa kalastus on jaettu kahteen osaan: ensin lasketaan alkuvuoden kalastus, siitä jäljelle jäävässä kannassa tapahtuu kalojen kasvu ja predaatio ja lopuksi lasketaan loppuvuoden kalastus.

Laskennan päävaiheet ovat seuraavat:

- 1) Populaatiot vuoden alussa ovat selvillä
- 2) Lasketaan emokannat ja kevään poikastuotto
- 3) Predaattorin kantaan lisätään kevätistukkaat
- 4) Vuoden ensimmäisen puoliskon kalastus
- 5) Kasvut
- 6) Predaatio ja muu luonnollinen kuolleisuus
- 7) Syksyn istukkaat ja niiden kuolleisuus
- 8) Vuoden jälkimmäisen puoliskon kalastus
- 9) Populaatiot vuoden lopussa: ikäryhmä j vuoden lopussa on ikäryhmä j+1 seuraavan vuoden alussa.

Tulostettu lajikohtainen saalis on vaiheiden 4) ja 8) summa.

3. Oulujärven aineisto

Oulujärven kalakannoista on kerätty tietoja vuodesta 1973 lähtien. Oulujärven kalakanta-aineisto on esitelty erillisessä raportissa (Vehanen ja Hyvärinen 1996), joten tässä raportissa esitellään lyhyesti aineisto tarkastelujaksolta (1973-1995). Mallin kalastusosaa (pyyntimalli) varten eri lajien (siika, taimen, muikku) jaettiin aineiston perusteella eri pyydyksille ikäryhmäkohtaisesti.

Rahallisesti merkittävin panostus Oulujärven kalakantoihin tehdään istutusten kautta. Pääosa istutuksista on säännöstelystä ja jätevesien laskusta johtuvia velvoitteita (taulukko 1). Oulujärven kalanistutukset alkoivat vuonna 1938 ja pääsialliset istutuslajit ovat olleet eri siikamuodot, järvitaimen ja hauki (esim. Salojärvi ym. 1985). Viime vuosina on aloitettu myös suhteellisen voimakkaat kuhaistutukset. Yhteensä Oulujärveen on istutettu ainakin 20 eri kalalajia. Siikaistutukset tehtiin aluksi pääasiassa vastakuoriutuneilla poikasilla, mutta 1970-luvun lopulta lähtien yksikesäisten poikasten istutukset yleistyivät nopeasti luonnonravintolammikkopinta-alan lisääntyessä. Vuosina 1990-1995 Oulujärveen on istutettu 0,6-1,0 miljoonaa kesänvanhaa planktonsiikaa vuosittain. Järvitaimenistutukset on viimeisen kymmenen vuoden aikana tehty 2-3-vuotiailla poikasilla, joiden vuosittainen istutusmäärä vuosina 1990-1995 on vaihdellut välillä 36 000-58 000 kappaletta. Yksikesäisiä kuhia on

istutettu merkittäviä määriä vuodesta 1987 lähtien istutusmäärän vaihdellessa vuosina 1990-1995 välillä 107 000-363 000 kappaletta vuosittain. Hauki-istutukset tehtiin 1970-luvun lopulle saakka vastakuoriutuneilla hauenpoikasilla. Viime vuosina vastakuoriutuneiden haukien istutukset ovat vähentyneet ja vastaavasti esikesäisten hauenpoikasten vuosittain istutettu määrä on noussut. Muista lajeista järvilohen istutuksilla on ollut merkitystä, istutusmäärien ollessa kuitenkin suhteellisen alhaisia.

Velvoiteistutusten lisäksi Oulujärven säännöstelyluvan saajalla on velvoite tarkkailla istutusten ja niiden sijaan ehkä määrättävien toimenpiteiden vaikutuksia Oulujärven kalastukseen. Myös jätevesien johtamisen vaikutuksia kalakantoihin ja kalastukseen sekä kalanhoitomaksulla suoritettujen toimenpiteiden tuloksellisuutta on velvoitteiden mukaan tarkkailtava.

Taulukko 1. Oulujärven istutusvelvoitteet (PSVEO 11.6.1984, KHO 19.9.1985, PSVEO 21.10.1991, Vesiyläioikeus 12.9.1994).

Velvollinen	Hanke	Kalanhoitomaksu	Taimen	Kuha*	Siika**	Hauki*
Imatran Voima Oy	Oulujärven säännöstely		20000 (>25 cm)	50000	450000	50000
Imatran Voima Oy	Oulujärven säännöstely		17000 (k. 23 cm)			
Imatran Voima Oy	Leppikosken voimalaitos		10000 (>25 cm)		169500	
Imatran Voima Oy	Leppikosken voimalaitos		4000 (>18 cm)			
Imatran Voima Oy	Leppikosken voimalaitos****		2700 (>18 cm)			
Imatran Voima Oy	Seitenoikean voimalaitos		4500 (>25 cm)			
Kajaanin kaupunki	Jätevesien lasku	25500 mk				
Yhtyneet Paperitehtaat Oy	Jätevesien lasku	124500 mk				
Yhteensä		150000 mk	58200	50000	619500	50000

*Yksikesäisiä poikasia

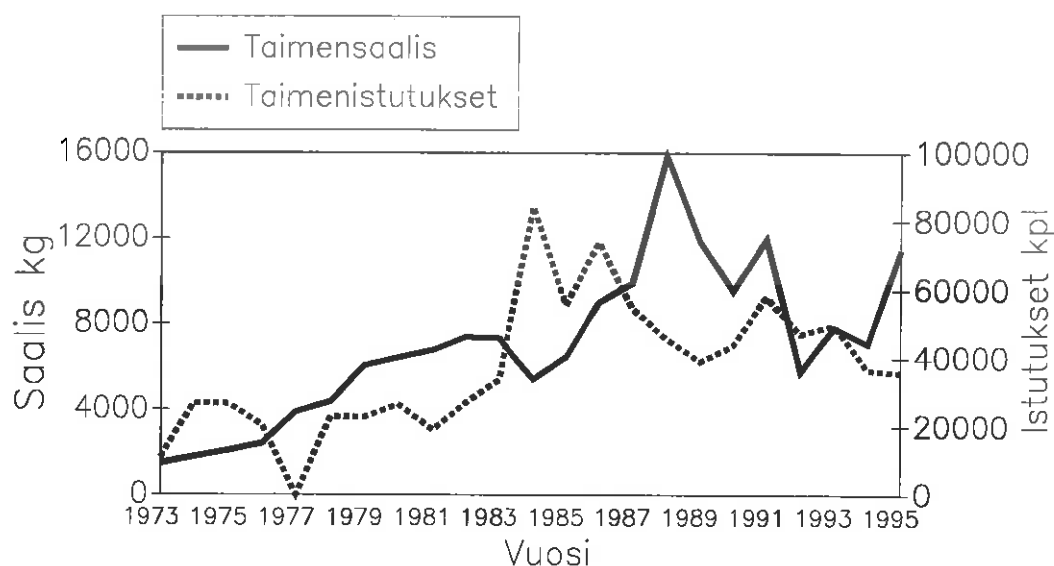
** Yksikesäisiä planktonsiikoja ja kuhia keskimäärin 500 000 vuodessa siten, että siian osuus on vähintään kolme neljäsosaa

***Esikesäisiä haukia

****Toukansaaren itäpuolen Oulujärveen laskeviin virtaaviin vesiin

3.1 Taimen

Oulujärven taimensaalis on istutusten varassa. Taimensaalis on pääasiassa kasvanut tarkastelujaksolla 1980-luvun loppupuolelle saakka (kuva 2). Parhaimmillaan Oulujärven taimensaalis on ollut noin 16 000 kiloa. Taimenistutukset olivat suurimmillaan 1980-luvun puolivälissä. Suuret istutukset eivät kuitenkaan johtaneet saaliin kasvamiseen, johon on voinut olla syynä heikko muikkukanta tänä ajankohtana. Myös 1990-luvun alussa ollut heikko muikkukanta on todennäköisesti vaikuttanut samanaikaiseen taimensaaliiden alenemiseen.



Kuva 2. Oulujärven taimensaalis ja 2-3-vuotiaiden taimenten istutukset 1973-1995.

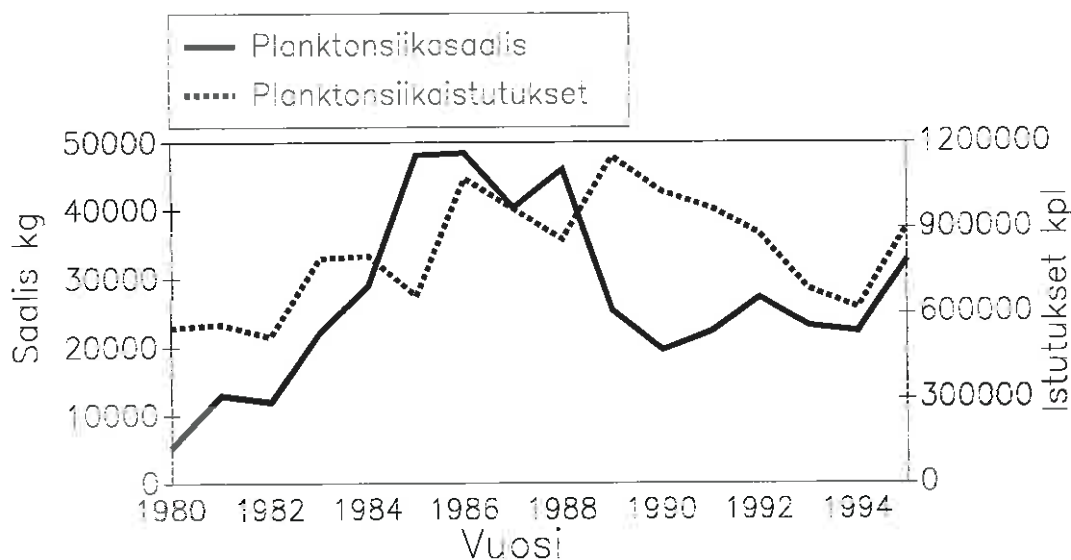
3.2 Siika

Oulujärvessä esiintyy luontaisesti ns. verkkosiikaa, jonka siivilähammasluku on keskimäärin $33,5 \pm 3,2$ (Salojärvi 1992). Toinen luontaisesti esiintyvä siikatyyppe on harvempisiivilähampainen ja hidaskasvuisempi ns. tuppisiika, jonka siivilähammasluku on keskimäärin $22,7 \pm 2,3$. Oulujärven luonnonvaraiset jokikutuiset siikakannat ovat taantuneet vesien likaantumisen, rakentamisen ja säännöstelyn myötä (Salojärvi 1992). Luontaisesta rekrytoinnista saadussa siikasaaliissa pääosa on verkkosiikaa, tuppisiikan osuus on vähäinen.

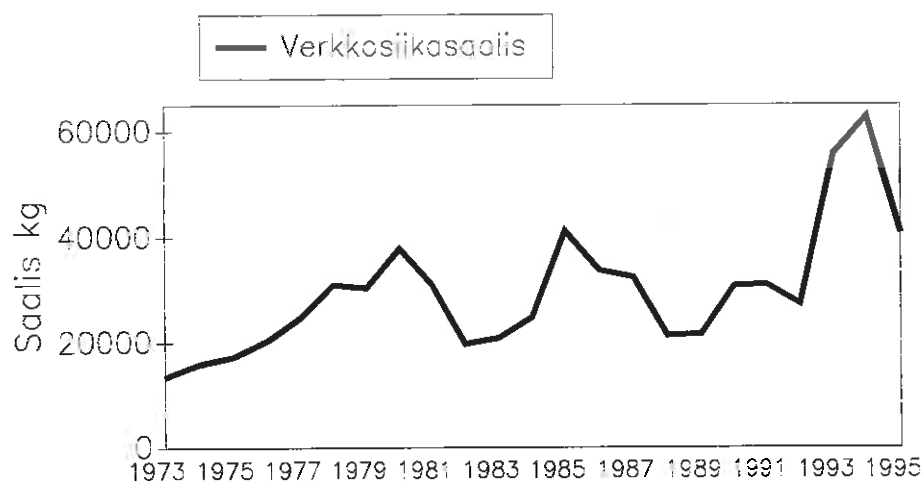
Laajamittaiset yksikesäisten siikojen istutukset aloitettiin 1970-luvun puolivälissä. Kesänvanhat siikaistukkaat ovat olleet planktonsiikaa ja peledsiikaa. Peledsiikaa istutettiin runsaasti 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa. Vuodesta 1986 lähtien istutetut siikat ovat olleet yksinomaan planktonsiikaa. Oletuksena on, että planktonsiika ei luontaisesti lisäännä järvessä (virtakutuinen alkuperäinen planktonsiika hävisi jokien patoamisen ja säännöstelyn myötä) tai luonnollisen lisääntymisen osuus on hyvin pientä. Istutusten saaliissa peledsiikan osuus oli suuri 1980-luvun alussa (Salojärvi 1992). Vuodesta 1985 lähtien istutusten saalis on ollut lähes yksinomaan planktonsiikaa.

Oulujärven planktonsiikasaalis nousi 1970-luvun lopulta alkaneiden voimakkaiden istutusten myötä noin 50 tonniin vuodessa 1980-luvun puolivälissä (kuva 3). Saalistaso kuitenkin laski alle 20 tonniin vuodessa 1990-luvun alussa, vaikka istutusmäärissä ei tapahtunut suurta muutosta. Viime vuosina planktonsiikasaalis on ollut kasvussa.

Myös luontaisesti lisääntyvän verkkosiiian saaliissa on ollut vaihtelua (kuva 4). Parhaat saaliit on saatu vuonna 1980, 1985 ja erityisesti 1994.



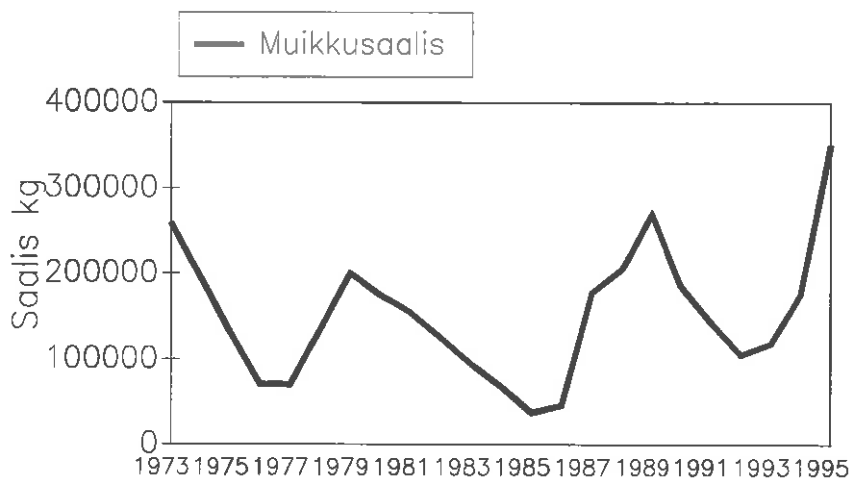
Kuva 3. Oulujärven planktonsiikasaalis ja kesänvanhojen planktonsiikojen istutukset 1980-1995.



Kuva 4. Oulujärven verkkosiiikasaalis 1973-1995.

3.3 Muikku

Oulujärven muikkusaalis on tarkastelujaksolla vaihdellut alle 40 tonnista vuoden 1995 ennätyselliseen yli 350 tonnin saaliiseen. Oulujärvellä ei synny hyvää muikun vuosiluokkaa joka toinen vuosi, vaan muikkukannan vaihtelultaan järvi on ns. pitkän kierron järvi. Tämä näkyy muikkusaaliissa, jossa saalishuippu esiintyy useamman vuoden välein (kuva 5). Muikun kalastuksessa tapahtui suurin muutos vuonna 1987, kun troolaus järvellä aloitettiin.



Kuva 5. Oulujärven muikkusaalis 1973-1995.

3.4 Kalastus

Oulujärvellä on aina ollut suuri merkitys alueen kotitarve ja virkistyskalastajille. Kalastaneiden ruokakuntien määrä oli pienimmillään 1970-luvun alussa hieman yli 3000 taloutta ja suurimmillaan 1983 yli 5000 kalastavaa taloutta. Viimeisimmän kalastustiedustelun mukaan vuonna 1995 järvellä kalasti runsaat 3700 taloutta (Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto 1996). Verkkojen käyttömäärässä ei ole tapahtunut suuria muutoksia 1980-luvulla. Rysien käyttö on vähentynyt 1970-luvulta. Isorysäkalastus alkoi vuonna 1984. Parhaimmillaan Oulujärvellä oli käytössä 43 isorysää vuonna 1988. Nykyisin isorysäkalastus on vähentynyt. Toinen suuri muutos

Oulujärven kalastuksessa tapahtui vuonna 1987, kun troolaus alkoi. Vuosina 1987-1990 järvellä kalasti 7-11 troolikuntaa (Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1990). Vuonna 1995 Oulujärvellä kalasti yhdeksän trooliporukkaa (Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto 1996). Oulujärvellä harjoitetaan sekä kesä että talvinuottausta. Erityisesti talvinuottauksen muikkusaaliit ovat viime vuosina olleet merkittäviä: 28,6 tonnia vuonna 1995. Vuonna 1995 järvellä kalasti runsaat 50 ammattimaista kalastusta harjoittavaa taloutta.

4. Mallin kalibrointi

Malli laskettiin kahdella erilaisella 3 lajin yhdistelmällä, jossa toisessa oli mukana taimenen ja muikun lisäksi Oulujärven tärkein luontaisesti lisääntyvä siikamuoto, verkkosiika, ja toisessa verkkosiian tilalla oistutettava siikamuoto, planktonsiika. Malli kalibroitiin käyttämällä referenssiaineistona Oulujärven kalakanta-aineisto koko tarkastelujaksolta. Aineistoa hyödynnettiin parametrien asettamisessa mallin eri osakuvauksissa (esim. kasvu, rekrytointi, predaatio, ks. Marttunen ja Kylmälä 1997). Kalibroinnin päämääränä pidettiin populaatioiden yleistason oikeellisuutta.

Malli kalibroitiin ensin taimen-muikku-verkkosiika sovelluskohteella. Tämän jälkeen taimen-muikku-planktonsiika (istutettava siikamuoto) sovelluskohteen osalta alkuarvoinna käytettiin taimenen ja muikun osalta verkkosiika-vaihtoehdon kalibroinnissa saatuja arvoja.

Mallisovellukseen sisältyy kalibroinnin käyttöliittymä, jonka avulla suurin osa mallin parametristä voitiin määrätä vertaamalla osakuvauksien (kasvu, poikastuotto jne.) sovitteita vastaaviin aineiston tietoihin Oulujärveltä. Kalibrointi toteutettiin systemaattisesti eri osakuvausten avulla. Aluksi annettiin arvot parametreille, jotka on määrättävä etukäteistiedon perusteella. Näitä ovat mm. sukukypsien kalojen osuudet, luonnollisen kuolevuuden vakioarvot ja taimenen ravintokalojen kokosopivuudet. Osa parametreista on kuitenkin määrättävä laskemalla koko malli ja vertaamalla tuloksia aineistoon.

Paras tulos saavutettiin rakennemallilla, jossa siian ja muikun rekrytointi riippuu oman lajin emokannan lisäksi kilpailevan lajin määrästä. Tätä valinnaista vuorovaikutusta ei käytetty planktonsiika-sovelluksessa, koska lajilla ei ole luontaista poikastuotantoa. Myös kevään lämpötilakehitys vaikuttaa verkkosiian ja muikun rekrytointiin, tosin lämpötilakehityksen vaikutus on suhteellisen vähäinen. Oulujärven lämpötilakehityksen seuraamisen ongelmana on, että erityisesti muutamina vuosina 1980-luvun alussa järvestä ei ole päivittäisiä veden

pintalämpötiloja, vaan lämpötilat jouduttiin ennustamaan (regressio) Oulujoen veden lämpötilojen perusteella.

Molemmissa sovelluksissa mallissa muikun ja siian luonnollinen kuolleisuus riippuu taimenen predaatiosta. Taimenen predaatio ei kuitenkaan alustavan mallilaskennan mukaan paranna selkeästi muikun tai siian populaatiodynamiikan kuvausta, joten predaation vaikutus ei mallin mukaan ollut kovin merkittävä. Predaation lisäksi muikku- ja siikakantaan kohdistetaan ikäryhmäkohtainen lisäkuolleisuus. Taimenistukkaiden kuolleisuus riippuu mallissa vuosittaisesta ravintotilanteesta.

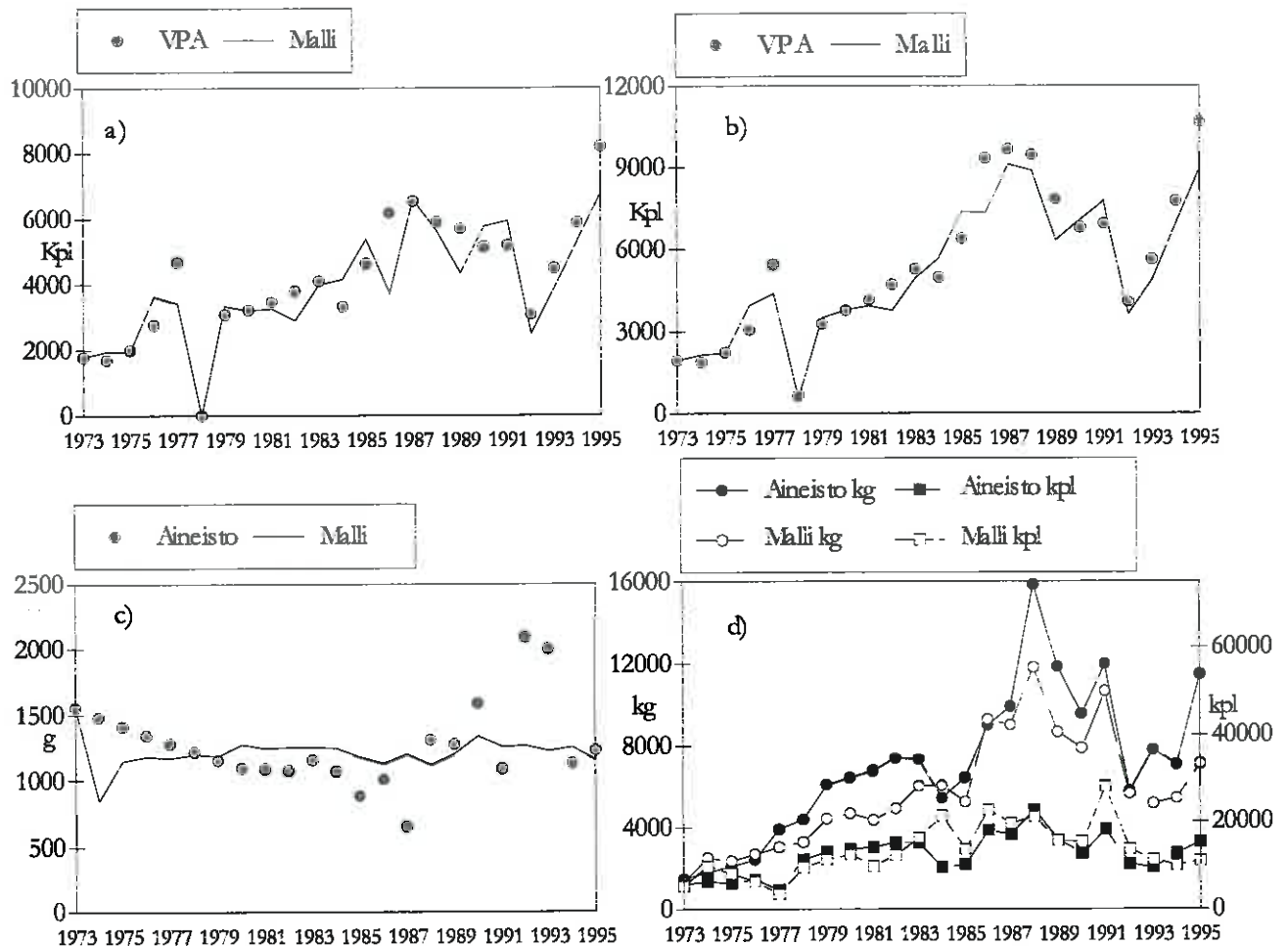
Seuraavissa kappaleissa mallin toimivuutta ja kalibroinnin onnistumista tarkastellaan lajeittain saaliiden, populaation koon ja kasvujen perusteella..

4.1 Taimen

Oulujärven taimenkanta koostuu tehokkaan pyynnin vuoksi pääosin istutusvuoden (0-järvivuotiaat) taimenista. Tätä vanhempien (1-4 järvivuotiaat) taimenten määrä on vaihdellut muutamasta tuhannesta noin kymmeneen tuhanteen (kuva 6). Poikkeuksena on vuosi 1977, jolloin järveen ei istutettu taimenia lainkaan. Mallilla kyetään kuvaamaan hyvin istukkaiden selviytymistä seuraavaan vuoteen sekä taimenen kokonaispopulaatiossa tapahtuvia vaihteluita (kuva 6).

Aineiston mukaan taimenen keskipainossa on Oulujärvessä suurta vaihtelua (kuva 6). Pääosin 2-järvivuotiaiden taimenten paino on kuitenkin vaihdellut 1-1.5 kilon välillä. Aineiston ääriarvot voivat osittain olla myös suhteellisen pienen aineiston aiheuttamia satunnaisvaihteluita. Mallilla lasketut taimenten painot kuvaavat hyvin taimenten painon yleistaso, mikä olikin kalibroinnin tavoitteena.

Oulujärven taimensaalis on tarkastelujaksolla vaihdellut alle 2000:sta kilosta noin 16 000:een kiloon. Saalis oli suurimmillaan 1980 luvun lopulla, jolloin istutusmäärät olivat suhteellisen alhaiset. Myös tarkastelujakson lopulla taimensaalis on ollut kasvussa. Mallilla kyetään kuvaamaan hyvin saaliskehitystä sekä kiloissa että kappaleissa. Kilomääräinen saalis jää ajoittain hieman toteutunutta saalista alhaisemmaksi.



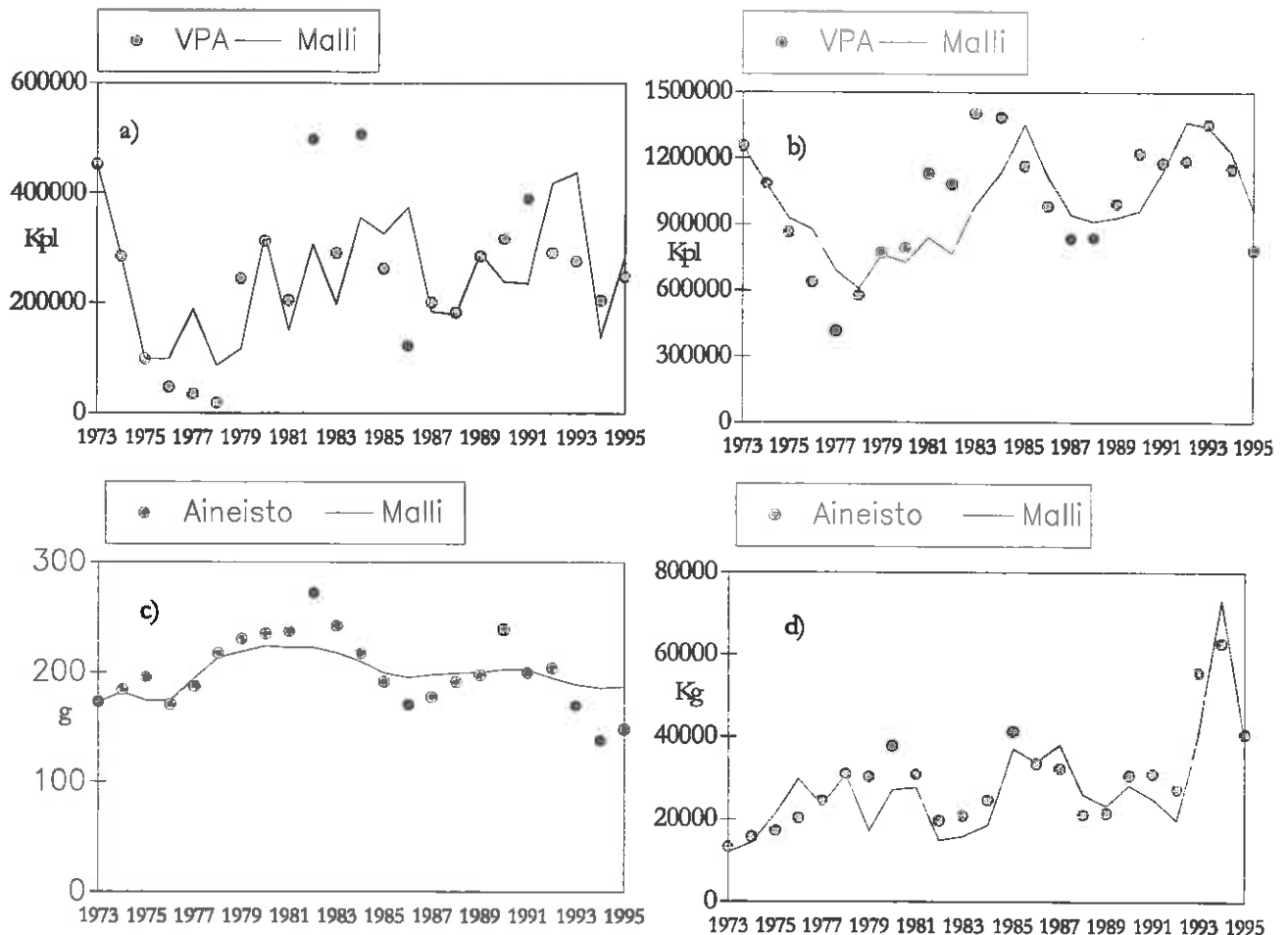
Kuva 6. VPA:lla ja kalakantojen hoitomallilla lasketut taimenten (1-järvivuotiaat (a) ja kokonaispopulaatio (b)) lukumäärät, 2-järvivuotiaiden taimenten keskipainot (c) sekä taimensaaliit (d) Oulujärvessä 1973-1995.

4.2 Siika

Oulujärven siikamuodoista merkittävimmit ovat luontaisesti lisääntyvä verkkosiika ja istutettava planktonsiika. Verkkosiikakanta on vaihdellut suhteellisen voimakkaasti: pienimmän ja suurimman verkkosiikakannan välillä on noin kolminkertainen ero (kuva 7). Aineiston mukaan kanta on ollut suurimmillaan 1970-, 1980- ja 1990-luvun alussa. Mallilla pystytään kuvaamaan kokonaispopulaation vaihtelua melko hyvin. Kolmevuotiaiden siikojen lukumäärän yleistäsoa voidaan mallilla simuloida suhteellisen hyvin, mutta 1970-luvun lopun erityisen huonot ikäluokat ja 1980-luvun alun erityisen hyvät ikäluokat eivät mallissa toteudu.

Mallissa verkkosiian kasvu kalibroitiin aineiston mukaan riippumaan kannan tiheydestä. Malli kuvaakin hyvin verkkosiian kasvun yleistäsoa ja melko hyvin myös siinä tapahtunutta

vaihtelua (kuva 7). Verkkosiikasaalis on aineiston mukaan vaihdellut vuosittain alle 20 000 kilosta noin 60 000 kiloon. Malli kuvaa hyvin saaliin vaihtelua.



Kuva 7. VPA:lla ja kalakantojen hoitomallilla lasketut verkkosiikojen (3-vuotiaat (a) ja kokonaispopulaatio 2-10 v. (b)) lukumäärät, 7-vuotiaiden siikojen keskipainot (c) sekä verkkosiikasaaliit (d) Oulujärvessä 1973-1995.

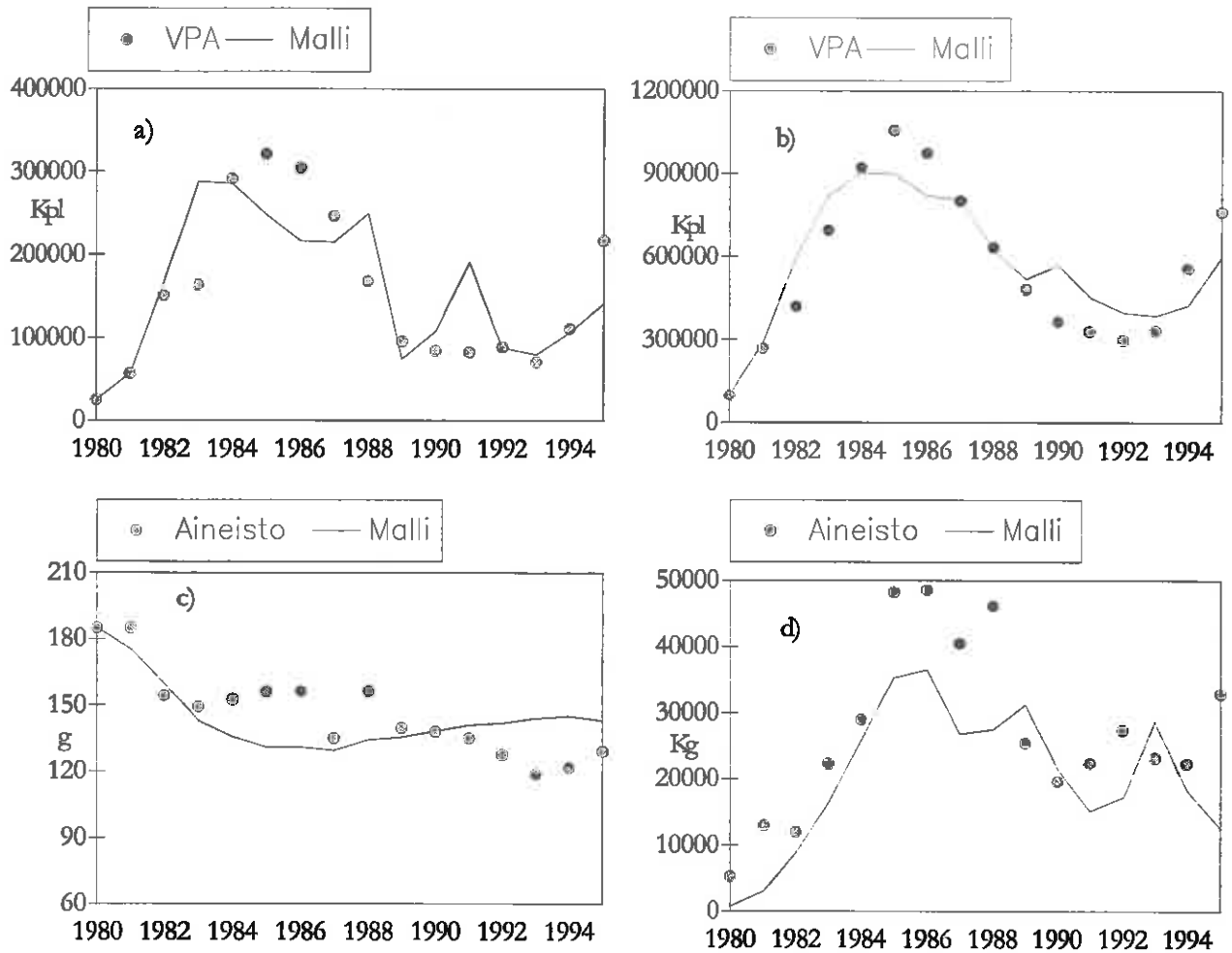
Planktonsiika on istutettava siikamuoto Oulujärvellä. Voimakkaitten istutusten vuoksi kanta lähti kasvuun 1980-luvun alussa (kuva 8). Kannan koko ja saaliit kääntyivät kuitenkin laskuun 1980-luvun lopulla. Kannan koko näytti 1990-luvun puolivälissä taas kääntyneen nousuun (kuva 8).

Kolmevuotiaiden planktonsiikojen määrä on Oulujärvessä VPA:n mukaan tarkastelujaksolla vaihdellut muutamasta kymmenestä tuhannesta yli 300 000 yksilöön ja kokonaispopulaatio vajaasta sadasta tuhannesta hieman yli miljoonaan yksilöön. Mallilla

pystytään melko hyvin kuvaamaan 3-vuotiaiden planktonsiikojen määrän kehitystä. Aineistosta poiketen mallissa syntyy vuonna 1988 vahva ikäluokka. Tämä johtuu siitä, että istukkaiden eloonjäänti mallissa riippuu aineistoa mukaillen melko jyrkästi istutettavien siikojen määrästä siten, että istutusmäärän noustessa lähelle miljoonaa yksilöä istutuksen tuloksellisuus heikkenee nopeasti. Vuoden 1988 istutusmäärä (noin 850 000 siikaa) on tämän tiheydestä riippuvan istutusmäärän alapuolella, mutta siitä ei aineiston mukaan ole kuitenkaan jäänyt eloon vahvaa ikäluokkaa. Mallissa 1980-luvun puolivälin populaatiohuippu jää aineistoa lyhyemmäksi. Kokonaispopulaation kuvauksessa nämä poikkeamat aineiston tiedoista ovat pienempiä, ja malli kuvaakin kokonaispopulaation kehitystä hyvin.

Kuvassa 8c on kuvattu 4-vuotiaiden planktonsiikojen keskimääräiset painot tarkastelujaksolla. Siikojen keskipaino on tarkastelujaksolla pääsääntöisesti laskenut. Myös malli kuvaa keskipainon laskun ja painon yleistason hyvin, mutta painon vaihtelu ei mene täysin yksiin aineiston kanssa.

Planktonsiikasaalis on vaihdellut muutamasta tuhannesta kilosta lähes 50 000 kiloon. Parhaat saaliit saatiin 1980-luvun puolivälissä ja alhaisimmat tarkastelujakson alussa. Saaliin kilomäärät jäävät mallissa 1980-luvulla toteutuneita saaliita pienemmiksi (kuva 8).



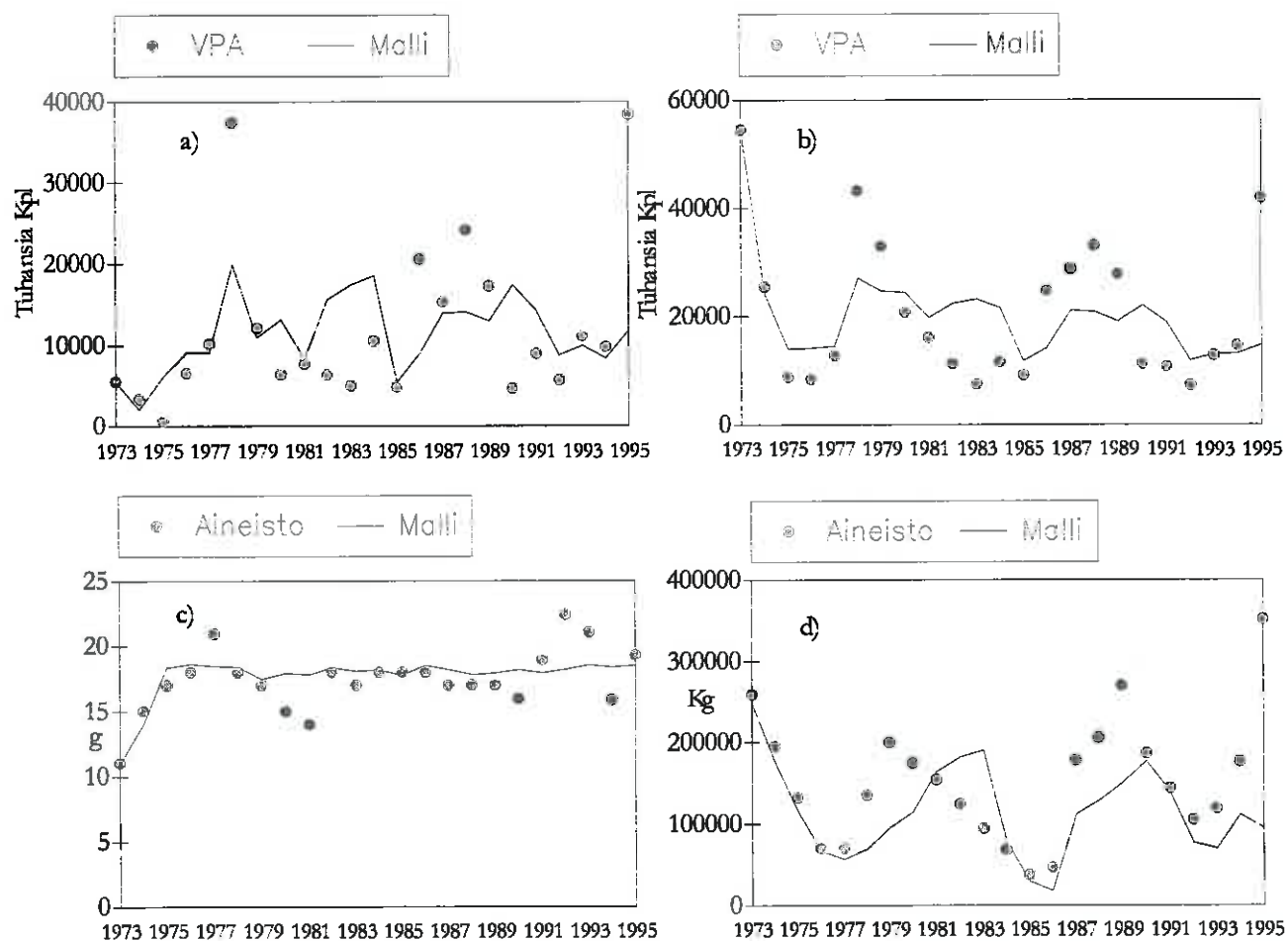
Kuva 8. VPA:lla ja kalakantojen hoitomallilla lasketut planktonsiikojen (3-vuotiaat (a) ja kokonaispopulaatio 2-8 v. (b)) lukumäärät, 4-vuotiaiden planktonsiikojen keskipainot (c) sekä planktonsiikasaaliit (d) Oulujärvessä 1980-1995.

4.3 Muikku

Muikun kannanvaihtelut ovat tarkastelluista lajeista nopeimpia ja suurimpia. Yksivuotiaiden muikkujen määrä on aineiston mukaan vaihdellut 1970-luvun alun alle miljoonasta yksilöstä lähes 40 miljoonaan yksilöön. Vastaavasti muikun kokonaispopulaatio (1-5 vuotiaat) on vaihdellut alle 10 miljoonasta yli 50 miljoonaan (kuva 9). Malli kuvaa muikkupopulaation yleistason ja siinä tapahtuvia muutoksia, mutta ei annetuilla vuorovaikutuksilla hae populaation heilahtelun ääriarvoja (kuva 9). Ilmeisesti myös muut kuin mallissa kuvatut tekijät vaikuttavat erityisen vahvojen tai heikkojen muikun vuosiluokkien syntyyn. Vuosien 1981-1983 vuosiluokat malli kuvaa aineistoa selvästi vahvemmiksi. Syynä on

näiden vuosien erinomaiset lämpöarvosanat mallissa, jotka kuitenkin saattavat olla osittain virheelliset. Syynä on Oulujärven pintaveden lämpötilatietojen puuttuminen näiden vuosien keväiltä. Lämpötilatiedot on ennustettu Oulujoen sekoittuneen veden lämpötilojen perusteella.

Muikkujen painossa ei 1970-luvun alkua lukuunottamatta ole tapahtunut suuria muutoksia. Malli kuvaa hyvin painon yleistason (kuva 9). Myös muikkusaaliin vaihtelua malli kuvaa kohtuullisen hyvin. Yleistaso mallissa jää aineistoa alhaisemmaksi. 1980-luvun alun mallin suuremmat saaliit johtuu em. lämpöarvosanasta.



Kuva 9. VPA:lla ja kalakantojen hoitomallilla lasketut muikun (1-vuotiaat (a) ja kokonaispopulaatio 1-5 v. (b)) lukumäärät, 2-vuotiaiden muikkujen keskipainot (c) sekä muikkusaaliit (d) Oulujärvessä 1980-1995.

4.4 Eri vuorovaikutusten merkitys

Malli kuvaa hyvin taimenen ja eri siikamuotojen kannanvaihteluja. Muikku on tarkasteltavista lajeista ongelmallisin. Vaikka malli pystyy seuraamaan muikkukannan yleistasossa tapahtuvia vaihteluita, ei ääriarvojen mallintaminen onnistu. Erittäin vahvan muikkuikäluokan syntyyn vaikuttanevatkin myös muut kuin mallissa huomioitavat tekijät (esim. ravintona tärkeän eläinplaktonin kehitys).

Myös eri lajien saaliiden kehitystä malli kuvaa hyvin. Taimenella mallin kilomääräinen saalis jää ajoittain toteutunutta saalista alhaisemmaksi. Syynä on sama tekijä kuin Inarijärvi sovelluksessa (Marttunen ja Kylmälä 1997): malli ei ota huomioon kalastuksen kokoselektiivisyyttä vaan saalis määräytyy lukumääräsaaliin ja ikäryhmien populaatiokeskipainojen perusteella. Oulujärvellä toteutuneet ja mallilla lasketut saaliit olivat kuitenkin melko lähellä toisiaan.

Mallin populaatiotuloksia vertailtiin VPA:n antamiin tuloksiin. VPA:n laskemat populaatiotiedot eivät kuitenkaan varsinaisesti ole aineistoa, vaan toisen mallin tuloksia, jotka voivat sisältää systemaattista virhettä esimerkiksi väärin arvioidun luonnollisen kuolleisuuden vuoksi. Absoluuttisia tuloksia kalapopulaatioista ei kuitenkaan ole olemassa. Kalibroinnissa VPA:n tuloksia käytettiin ns. yleistasona, johon kalibroituna oletettiin kuvaavan kalapopulaatioiden dynamiikkaa. VPA:n ja mallin tulosten täydelliseen vastaavuuteen ei siten kannata kiinnittää liikaa huomiota.

Mallissa on parametrejä ja valinnaisia riippuvuuksia, joiden merkitystä tarkastellaan seuraavissa kappaleissa. Tarkasteltavat riippuvuudet ovat

- siian ja muikun rekrytoinnin yhteisvaikutus
- siian ja muikun rekrytoinnin lämpötilariippuvuus
- taimenen predaation vaikutus
- taimenistukkaiden kuolleisuuden riippuvuus ravintotilanteesta
- siikaistukkaiden kuolleisuuden riippuvuus oman lajin tiheydestä ja muikun ravintokilpailusta

4.4.1 Siian ja muikun rekrytoinnin yhteisvaikutus

Siian ja muikun kilpailua pikkupoikasvaiheessa voidaan mallissa kuvata asettamalla näiden lajien rekrytointi riippumaan toisen lajin kannan koosta. Riippuvuuden voimakkuutta voidaan myös mallissa säätää.

Verkkosiikasovelluksessa rekrytoinnin yhteisvaikutuksen kytkeminen päälle paransi mallin kalibroinnin onnistumista. Kalibrointi onnistui parhaiten vaikutuksen ollessa suhteellisen lievän. Rekrytoinnin yhteisvaikutuksen vaikutus muikkuun on hyvin vähäinen, mutta se parantaa jonkin verran verkkosiian populatiodynamiikan mallintamista. Voimakkaampi vaikutus siikaan johtuu siitä, että esimerkiksi emokantojen ollessa yhtä suuret muikku pystyy tuottamaan huomattavasti suuremman määrän poikasia kuin siika ja näin vaihtelut muikkupopulaatiossa ovat huomattavasti suurempia. Planktonsiikasovelluksessa rekrytoinnin yhteisvaikutusta ei kytketty päälle, koska planktonsiialla ei ole poikastuotantoa.

4.4.2 Siian ja muikun rekrytoinnin lämpötilariippuvuus

Siian ja muikun rekrytointi voidaan asettaa riippumaan kevään lämpötilakehityksestä, asettamalla rekrytointiyhtälön poikastuotannon ja emokalamäärän suhteuttava termi lämpötilakehityksen suotuisuuden funktioksi. Lämpötilakehityksen vaikutuksen voimakkuutta rekrytointiin voidaan säädellä asettamalla riippuvuus vahvaksi tai heikoksi.

Verkkosiikasovelluskohteessa rekrytoinnin lämpövaikutus paransi 1-vuotiaiden muikkujen lukumäärän kuvausta. Paras kalibrointitulos saavutettiin kuitenkin kun lämpötilariippuvuus asetettiin suhteellisen heikoksi. Muikun osalta lämpötilariippuvuuden kytkeminen päälle paransi 1-vuotiaiden muikkujen lukumäärän kuvausta vain hieman. Suotuisat lämpötilaolosuhteet 1980-luvun puolivälissä aiheuttavat sen, että mallin mukaan muikkuja syntyy selvästi aineiston antamaa kuvaa enemmän. Näinä kyseisinä vuosina Oulujärven pintaveden kehitys on kuitenkin arvioitu Oulujoen sekoittuneen veden lämpötilojen perusteella, mikä voi osin olla harhaanjohtavaa tietoa. Vaikka lämpötilariippuvuuden vaikutus muikun lukumäärien kuvaukseen oli vähäinen, malli laskettiin lämpötilariippuvuuden kanssa.

4.4.3 Taimenen predaation vaikutus

Mallissa tutkittiin taimenen aiheuttaman predaation vaikutusta muikun ja siian populaatiodynamiikkaan. Predaation vaikutusta testattiin vaihtelemalla ravinnonkäytön tehoa ja ravinnonotto nopeutta kuvaavia parametrejä laajalla alueella. Lisäksi alennettiin muusta kuin predaatiosta aiheutuvaa kuolleisuutta predaatiopaineen vaikutuksen esille saamiseksi. Predaatio ei kuitenkaan kovin hyvin selitä muikun eikä siian populaatiodynamiikkaa. Mallin mukaan muusta kuin predaatiosta aiheutuva kuolleisuus on siis suurta, eikä taimenen aiheuttama predaatiohävikki näy selkeästi saaliskalojen populaatioissa, vaikka taimenkanta on vaihdellut suhteellisen paljon.

4.4.4 Taimenistukkaiden kuolleisuuden riippuvuus ravintotilanteesta

Mallissa taimenistukkaiden kuolleisuus voidaan asettaa riippumaan ravintotilanteesta, jota kuvataan sopivan kokoisten muikkujen ja siikojen määrällä. Oulujärvellä taimenistutusten tuloksellisuus näyttää vaihdelleen melko voimakkaasti. Kun taimenistukkaiden kuolleisuus asetetaan riippumaan ravintotilanteesta, se parantaa taimenistukkaiden selviytymisen kuvausta 1-järvivuotiaiksi selvästi. Tämä viittaa siihen, että käytettävissä olevan ravinnon määrän vaihtelulla on tärkeä merkitys taimenistukkaiden eloonjäännille. Taimenistukkaiden selviytyminen mallissa riippuu lähes yksinomaan muikkutilanteesta, siialla ei juurikaan ollut merkitystä.

4.4.5 Siikaistukkaiden kuolleisuuden riippuvuus oman lajin ja muikun tiheydestä (ravintokilpailu)

Siikamuodoista vain planktonsiikaa istutetaan. Aineiston mukaan istutusten tuloksellisuus näyttää selvästi heikentyneen, kun siirrytään 700 000 kappaleen istutuksista noin miljoonan siian istutuksiin. Tämän vuoksi planktonsiikaistukkaiden luonnollisen kuolleisuuden asettaminen katkaistun lineaarikäyrän mukaan riippumaan suhteellisen jyrkästi tiheydestä tällä

välillä parantaa istukkaiden eloonjäännin kuvausta huomattavasti. Yhtenä vuotena (vuoden 1988 ikäluokka, ks. kuva 8) malli kuitenkin tuottaa tämän riippuvuuden vuoksi selvästi aineistoa enemmän 1-vuotiaiksi selviytyviä planktonsiikoja.

Mallissa on mahdollisuus asettaa siikaistukkaiden lisäkuolleisuus riippumaan oman lajin tiheyden lisäksi kesänvanhojen muikkujen tiheydestä. Koska aiemmassa mallin versiossa kyseistä mahdollisuutta ei ollut, esitetään tiheys- ja kilpailuriippuvuuden laskentaperiaate liitteessä 1.

Riippuvuus lajin omasta ja kilpailevan lajin tiheydestä asetetaan antamalla lajille painotus (0-1), joka kuvaa sen merkitystä kilpailua aiheuttavan kokonaismäärän laskemisessa. Toisen lajin painotus on 1-lajin oma painotus Kalibroinnin mukaan planktonsiikaistukkaiden kuolleisuus riippuu lähinnä oman lajin tiheydestä. Muikun vaikutuksen lisääminen voimakkaana heikentää selvästi planktonsiikojen lukumäärän kuvausta. Jos muikun kilpailuvaikutus lisättäisiin lievänä (planktonsiikan painotus 0.97), planktonsiika populaatiodynamiikan kuvaus olisi vielä suhteellisen hyvä. Malli laskettiin kuitenkin ilman muikun kilpailuvaikutusta.

5. Mallin laskentatulokset

5.1 Taimenistutukset

Taimen on tällä hetkellä yksi merkittävimmistä petokaloista Oulujärvellä. Sen saalistusvaikutus näkyy erityisesti järven ulappa-alueilla. Taimenen saalistus näkyy paitsi suoranaisten taimenen syömien lajien vähenemisenä, myös välillisesti lajien välisissä vuorovaikutuksissa. Kalakantojen hoitomallilla arvioitiin taimenistutusten vaikutuksia Oulujärven taimen-, muikku- ja siikakantoihin ja saaliisiin eri taimenistutustiheyksillä. Mallilla arvioitiin myös taimenistutusten tuloksellisuutta erityisesti suhteessa taimenen käytössä oleviin ravintovaroihin.

Oulujärveen on tarkastelujaksolla (1973-1995) istutettu keskiarvona hieman vajaat 40 000 kaksivuotiaista tai vanhempaa järvitaimenta. Mallilla laskettiin kuinka taimenistutusten laskeminen 20 000 kappaleeseen vuodessa tai nostaminen 60 000 kappaleeseen vaikuttaa taimenen, siian ja muikun populaatioihin ja saaliisiin verrattuna keskimääräiseen istutusmäärään (40 000 kappaletta vuodessa). Taimenen istutusmäärän laskeminen puoleen keskimääräisestä laskisi taimensaalista, mutta ei samassa suhteessa kuin istutusmäärän lasku. Mallin mukaan

saalis laskee 28% (taulukko 2). Istutusmäärän puolittamisen vaikutus näkyisi mallin mukaan erityisesti muikkusaaliin nousuna (14%) ja vähemmässä määrin verkkosiian saaliissa (taulukko 2). Planktonsiian osalta malli laskettiin vuosille 1980-1995, koska planktonsiian istutukset alkoivat kasvattaa kantaa vasta 1980-luvun alusta. Tulokset planktonsiian osalta eivät ole vertailukelpoisia muitten lajien kanssa, joille malli laskettiin koko tarkastelujaksolle 1973-1995. Malli kuitenkin osoittaa, että taimenen istutusmäärän puolittaminen lisäisi myös planktonsiian saalista.

Taimensaaliin lisäksi istutusten puolittaminen laskisi myös istutusvuoden jälkeiselle järvivuodelle selviytyvien taimenten (taulukossa 2 1-vuotiaat taimenet) määrää ja kokonaispopulaation määrää. Mallin mukaan lasku populaatiokoossa olisi vajaat 20%. Saaliiksi saatujen taimenten keskipaino sen sijaan nousisi 20%. Muikun 1-vuotiaiden määrä nousisi 14% ja molempien siikamuotojen vastaavasti alle 10%. Muikun keskipainossa ei tapahtuisi muutosta, siian saaliskalojen keskipaino laskisi vain hieman (taulukko2).

Vuosittaisten taimenistutusten nostaminen 60 000 kappaleeseen vuodessa lisäisi taimensaalista 16% (taulukko 2). Taimenen kokonaispopulaatio nousisi runsaat 20%, mutta istutusvuoden jälkeiselle järvivuodelle selviäisi vain hieman enemmän taimenia kuin keskiarvoistutusten tilanteessa. Saaliiksi saatujen taimenten keskipaino laskisi 14%. Muista lajeista suurin vaikutus olisi muikkuun: saalis laskisi 17% ja 1-vuotiaiden määrä 19%.

Taulukko 2. Eri suuruisten taimenistutusten vaikutukset taimen-, siika- ja muikkukantaan sekä saaliisiin. Tarkastatelussa on verrattu 20 000 kappaleen ja 60 000 kappaleen vuosittaisia taimenistutuksia tarkastelujakson 1973-1995 keskimääräiseen vuosittaiseen istutusmäärään (40 000 kpl). Luvut ovat poikkeamia (prosentteja) tästä keskimääräisen istutusmäärän tuloksista.

Vuosittaiset istutukset 20 000 kpl				
	1-v. määrä	Populaation koko	Keskipaino	Saalis
Taimen	-18	-18	20	-28
Muikku	14	12	0	14
Verkkosiika	8	7	-2	5
<i>Plantonsiika</i>	6	14	-2	12

Vuosittaiset istutukset 60 000 kpl				
	1-v. määrä	Populaation koko	Keskipaino	Saalis
Taimen	1	22	-14	16
Muikku	-19	-25	0	-17
Verkkosiika	-10	-14	3	-6
<i>Plantonsiika</i>	-8	-25	3	-13

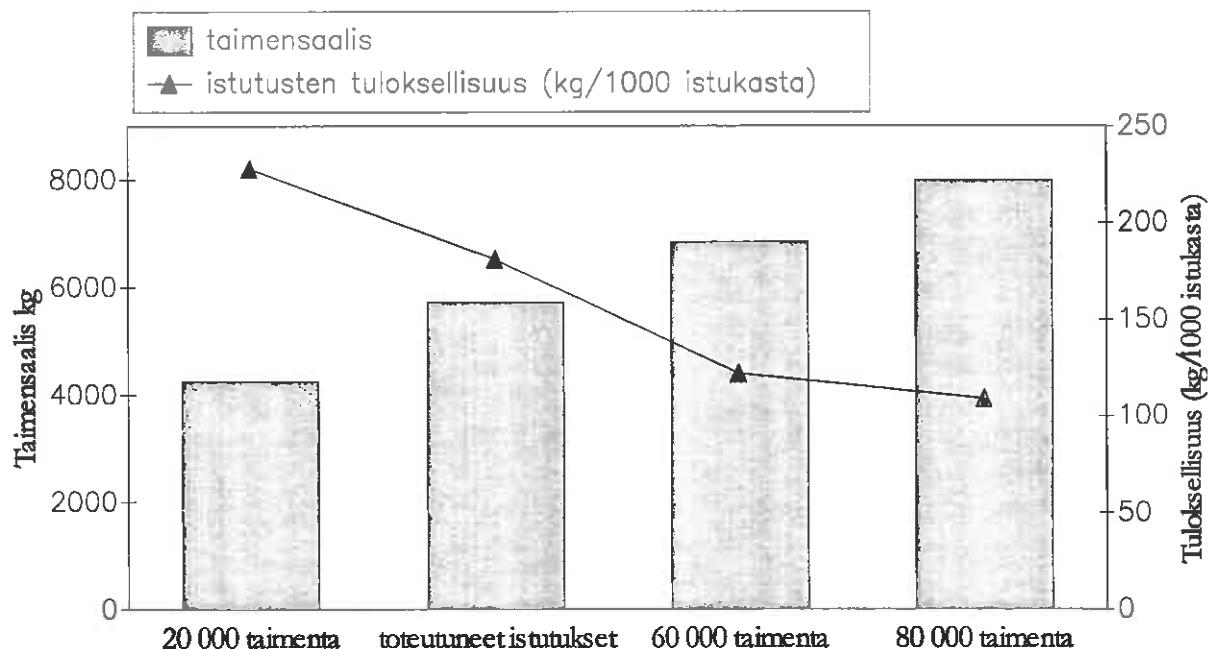
5.2. Taimenistutusten tuloksellisuus

Taimenistutusten tuloksellisuutta tarkasteltiin neljässä eri vaihtoehdossa verkkosiikasovelluskoteissa. Nämä vaihtoehdot olivat (1) toteutuneet taimenistutukset 1973-1995 (keskiarvo 37 467 taimenta vuodessa, maksimi 84 300 vuodessa), (2) istutetaan 20 000 taimenta vuodessa, (3) istutetaan 60 000 taimenta vuodessa ja (4) istutetaan 80 000 taimenta vuodessa. Istutukset tehtiin vaihtoehdoissa 2-4 keväällä, toteutuneista istutuksista osa on tehty myös syksyllä. Vaihtoehdoissa 2-4 taimenistukkaiden painona käytettiin 175 grammaa, mikä on toteutuneiden istutusten taimenistukkaiden keskiarvo. Taimenistutusten tuloksellisuuden laskemisessa käytettiin toteutuneita kalastuskuolevuuskertoimia ja mallilaskentaa jatkettiin vuoteen 2000-saakka keskimääräisillä istutuksilla sekä vuoden 1995 kalastuskuolevuuksilla, jotta myös tarkastelujakson viimeisille vuosille saatiin arvio istutusten tuloksellisuudesta.

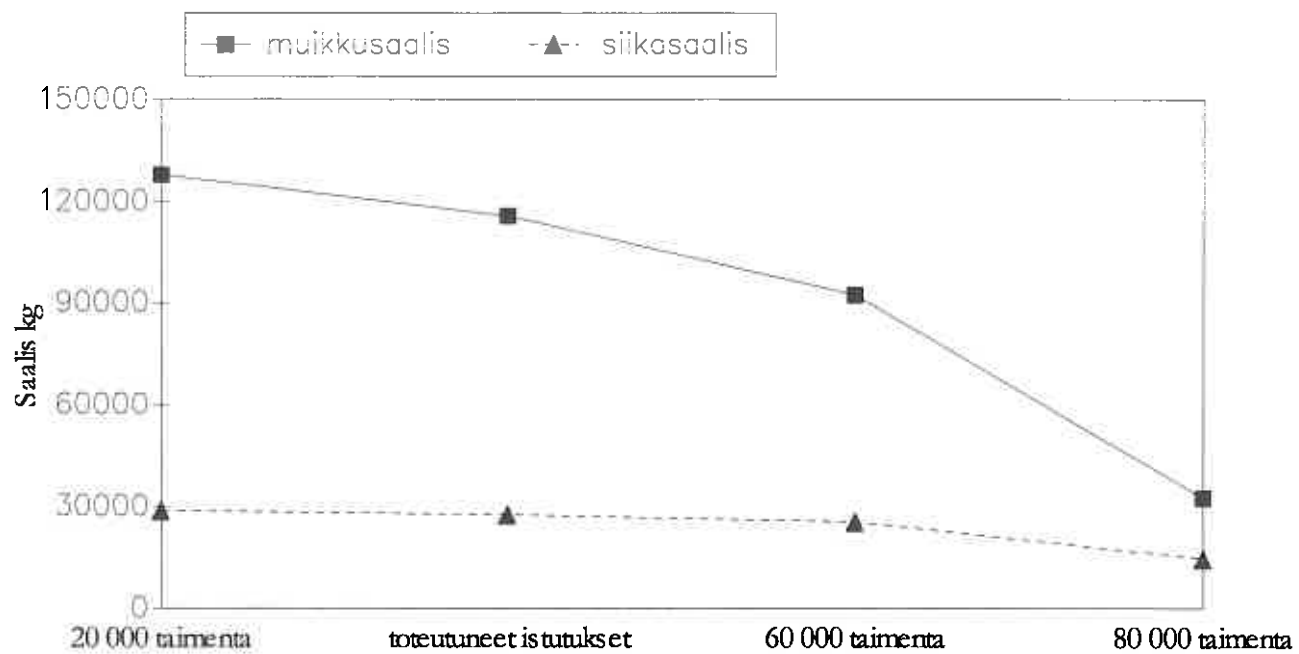
Tulosten mukaan taimensaalis tarkastelluilla istutuksilla kasvaa istutusmäärän mukana. Istutusmäärän lisääminen nelinkertaiseksi (20 000 → 80 000) ei kuitenkaan kasvata saalista samassa suhteessa, vaan saalis lisääntyy alle 50% (kuva 10). Tämä johtuu lähinnä kuolleisuudesta, joka erityisesti huonossa ravintotilanteessa on tiheillä istutuksilla suurta, sekä kasvun heikkenemisestä. Istutusten tuloksellisuus on paras pienellä istutustiheydellä (228

kg/1000 istukasta) ja laskee alle puoleen suurimmalla istutusvaihtoehdolla (kuva 10).

Taimenen istutusmäärän muuttaminen vaikuttaa erityisesti muikkusaaliisiin (kuva 11). Istutusmäärän kasvaessa muikkusaalis pienenee ja vaikutus on suuri erityisesti suurimmalla (80 000 kpl vuodessa) istutusmäärällä. Tämä johtuu siitä, että suurimmalla istutusmäärällä taimenia on niin paljon, että ne alhaisen muikkukannan aikana syövät muikun 0-vuotiaiden kannan niin alhaiseksi, että jatkossa myös emokanta pienenee eikä enää jatkuvassa predaatiopaineessa toivu hävikistä. Todennäköisesti alhaisen muikkukannan aikana taimen kuitenkin siirtyy käyttämään muita ravintokohteita (esim kuore). Mallin tulos, kuten myös bioenergeettisen mallin soveltaminen Oulujärvelle (Vehanen ja Hyvärinen 1997), osoittaa kuitenkin että suuri taimenmäärä alhaisen muikkukannan aikana kykenee syömään valtaosan muikuista. Siikaan taimenistutusten muuttamisella on pienempi vaikutus kuin muikkuun, mutta suurimmalla istutusmäärällä myös verkkosiikasaalis mallin mukaan pienenee (kuva 11).



Kuva 10. Taimensaaliin suuruus ja istutusten tuloksellisuus erilaisilla istutusmäärillä vuosien 1973-1995 keskiarvoina.



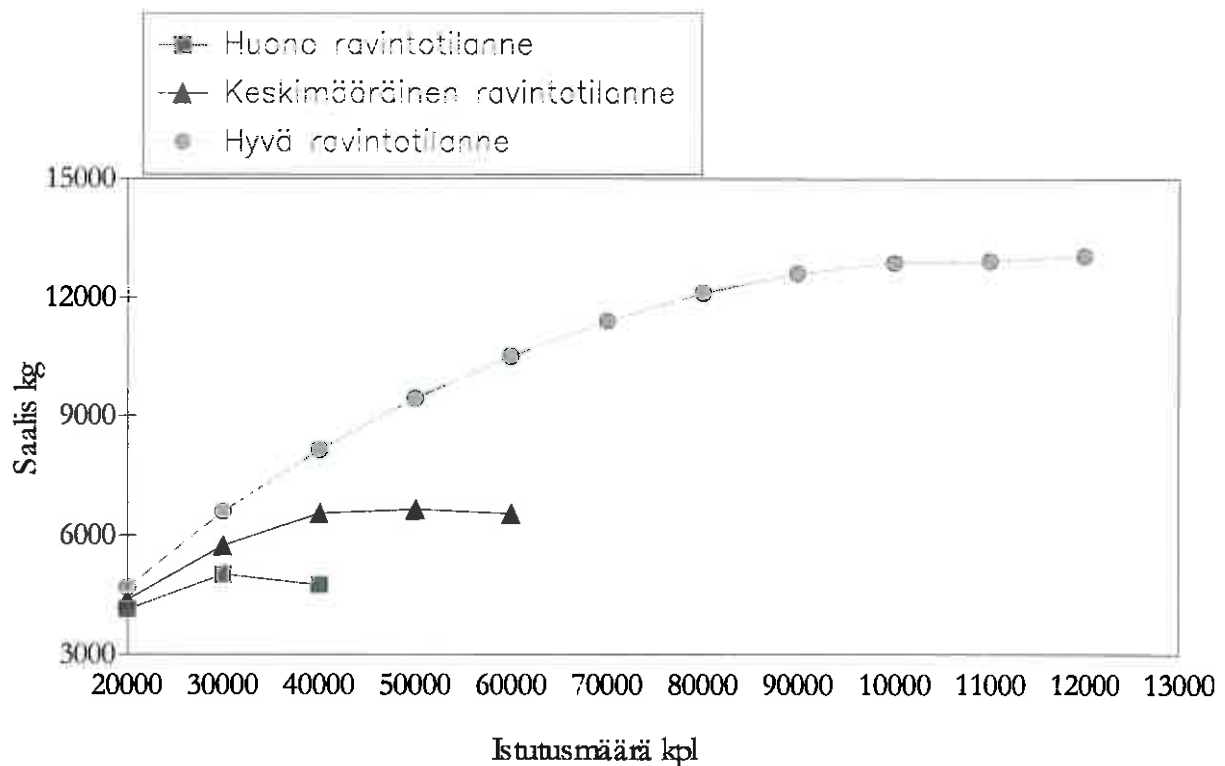
Kuva 11. Taimenen eri istutusmäärien vaikutus muikku- ja siikasaaliisiin esitettynä vuosien 1973-1995 keskiarvosaaliina.

5.3. Ravintotilanteen vaikutus

Taimensaaliisiin vaikuttaa istutusmäärien lisäksi taimenen tarjolla olevan ravinnon määrä. Oulujärvellä pääosan taimenen ravinnosta muodostaa muikku (Vehanen ja Hyvärinen 1997), joten voidaan olettaa, että muikkukannan tila kuvaa parhaiten tarjolla olevan ravinnon määrän vaihtelua. VPA:n mukaan 1-vuotiaiden muikkujen tiheys on Oulujärvellä 1973-1995 ollut keskimäärin 10,7 miljoonaa vaihdellen alle miljoonasta (poikkeuksellinen arvo 1970-luvun alussa, muut alhaisimmat tiheydet 3-5 miljoonaa) lähes 40 miljoonaan 1-vuotiaaseen muikkuun. Ravintotilanteen merkityksen selvittämiseksi taimenistutusten vaikutuksia arvioitiin kolmessa eri ravintotilanteessa: (1) huono ravintotilanne, jossa 1-vuotiaiden muikkujen määrä vuoden alussa oli keskimäärin noin 7 miljoonaa kappaletta, (2) keskimääräinen ravintotilanne, jossa 1-vuotiaiden muikkujen määrä vuoden alussa oli keskimäärin noin 11 miljoonaa kappaletta ja (3) hyvä ravintotilanne, jossa 1-vuotiaiden muikkujen määrä vuoden alussa oli keskimäärin noin 19 miljoonaa kappaletta.

Halutut vuosiluokat tuotettiin muuttamalla lämpöarvosanaa. Lämpöarvosana eri ravintotilanteille määritettiin asettamalla taimenistutukset 40 000 kappaleeseen ja lämpöarvosanaa kasvatettiin tai pienennettiin kunnes keskimääräinen 1-vuotiaiden muikkujen määrä tarkastelujaksolla oli lähellä haluttua ravintotilannetta. Kalastuskuolevuuksille käytettiin koko tarkastelujakson ajan samoja ikäryhmäkohtaisia kertoimia.

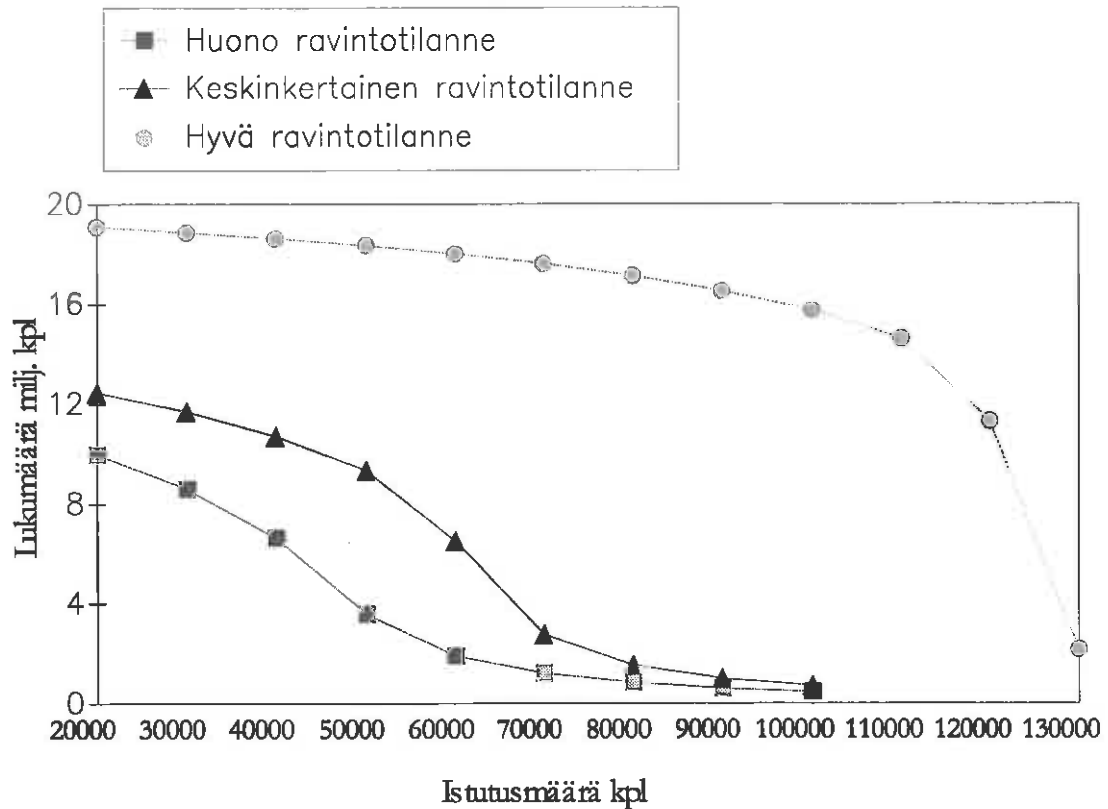
Koska osa istukkaista saadaan sekä mallissa että todellisuudessa saaliiksi nopeasti istutuksen jälkeen, mallitarkastelun mukaan taimensaalis kasvaa jopa ravintokalojen loppumisen jälkeenkin istutusmäärän lisääntyessä. Tämän vuoksi ravintotilanteen tarkastelu lopetettiin tilanteessa, jossa tämä ns. taustasaalis tuli istutusten saaliissa vastaan. Ravintotilanteella on kuitenkin selkeä merkitys taimensaaliisiin. Hyvässä ravintotilanteessa taimensaalis samoilla istutusmäärillä voi olla lähes kaksinkertainen verrattuna huonoon ravintotilanteeseen (kuva 12). Pienimmillä ja suurimmilla istutusmäärillä ero eri ravintotilanteiden välillä pienenee. Jos taimenistutuksista halutaan saada järvessä tuotettua lisäkasvua, huonossa ravintotilanteessa tulisi käyttää pientä istutustiheyttä ja hyvässä ravintotilanteessa voidaan istutusmääriä nostaa.



Kuva 12. Taimensaaliin ja taimenistutusten välinen riippuvuus erilaisissa ravintotilanteissa.

Oulujärven tehtyjen taimenen ravintaselvitysten mukaan taimenen tärkein ravintokohde, ainakin hyvän muikkukannan aikana, on muikku. Siian ja esimerkiksi kuoreen merkitys ravinnossa on huomattavasti vähäisempi. Mallissa tarkasteltiin taimenpredaation vaikutusta muikkuun eri ravintotilanteissa. Taimenen optimikooksi asetettiin ravintaselvitysten perusteella 3 g ja painosopivuus on puolittunut 6 g:ssa. Näin lasketut taimenpredaation vaikutukset muikkukantaan sisältävät kuitenkin runsaasti epävarmuutta (vrt. Marttunen ja Kylmälä 1997). Mallin muun kuolleisuuden ja predaatiosta aiheutuvan kuolleisuuden suhteelliset osuudet mallissa riippuvat mallin kalibroinnissa annetuista osaksi harkinnanvaraisista kertoimista. Lisäksi vuosien välillä tapahtuvaa todennäköistä muutosta ravinnonkäytössä eri ravintotilanteissa ei tarkoin tunneta eikä voida ottaa huomioon.

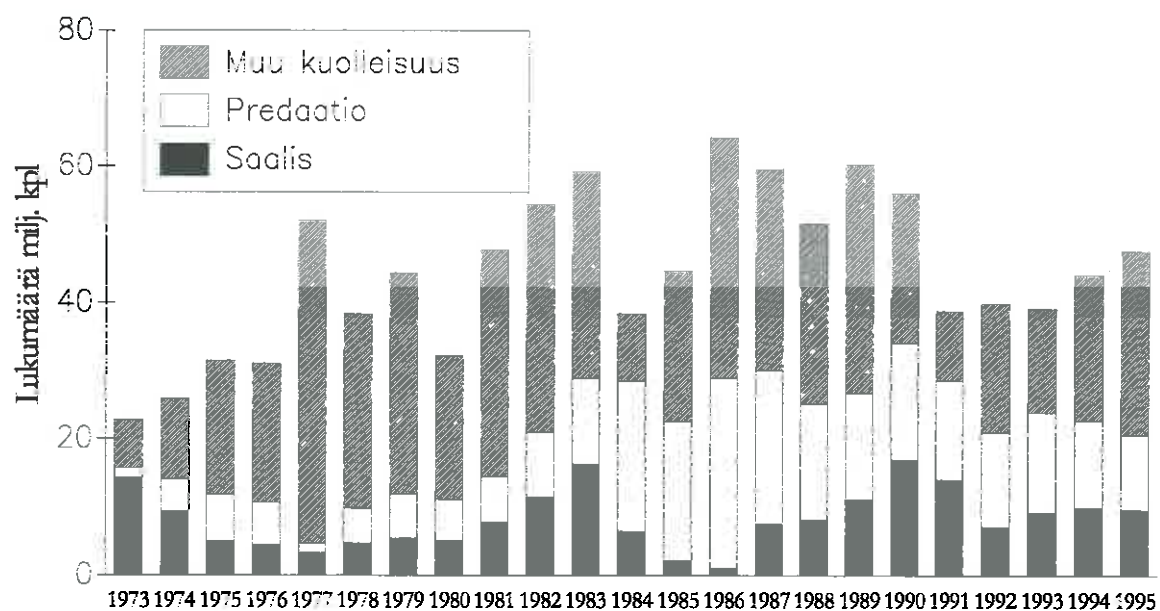
Mallin tulosten mukaan taimenpredaation vaikutus muikkukantaan on merkittävä erityisesti huonossa ravintotilanteessa (kuva 13). Huonossa ravintotilanteessa jo melko alhaiset istutusmäärät alentavat nopeasti järven 1-vuotiaiden muikkujen määrää. Mitä parempi muikkukanta, sitä suurempia taimentiheyksiä voidaan käyttää istutuksissa ilman että muikkukanta kärsii siitä. Hyvässä ravintotilanteessa jopa yli 100 000 taimenen vuosittaiset istutusmäärät eivät alenna 1-vuotiaiden muikkujen määrää huomattavasti (kuva 13).



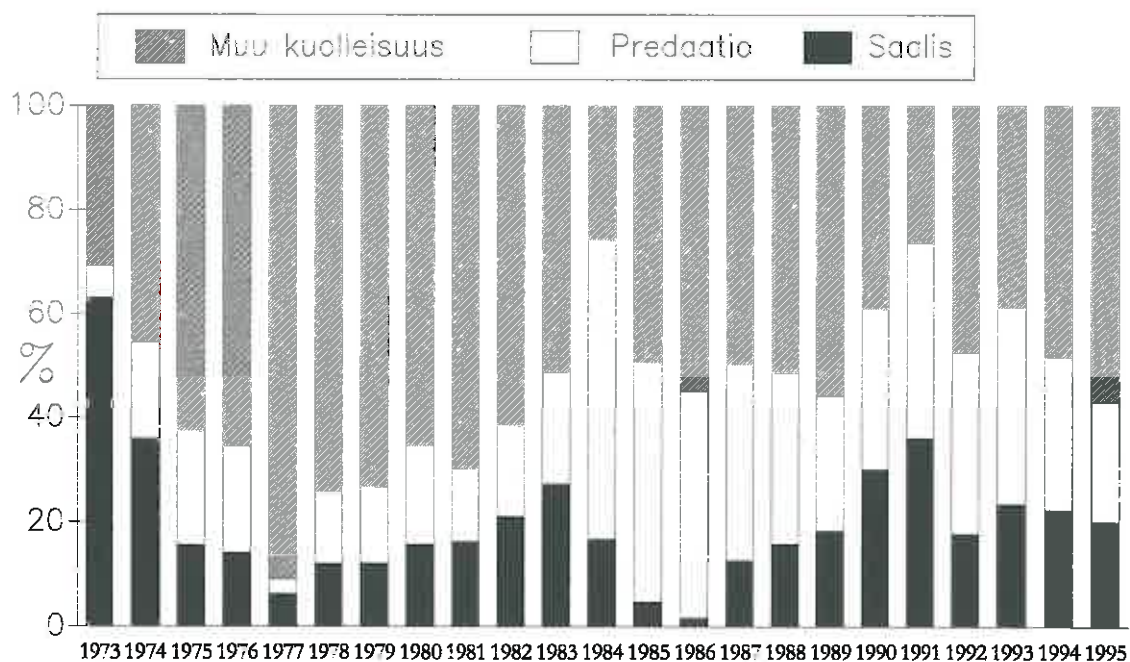
Kuva 13. Taimenistutusten vaikutukset 1-vuotiaiden muikkujen määrään eri istutusmäärillä.

Muikun kuolleisuus mallissa aiheutuu kalastuksesta, taimenen saalistuksesta ja muusta kuolleisuudesta. Muu kuolleisuus sisältää muiden kuin taimenen aiheuttaman predaatiokuolleisuuden ja muun luonnollisen kuolleisuuden. Kuolleisuuden jakautuminen eri osiin vuosina 1973-1995 on esitetty kuvissa 14-16. Keskimäärin tarkastelujaksolla kalastuksen osuus on ollut 20%, taimenpredaation 26% ja muun kuolleisuuden selvästi suurin: 54%. Osuudet ovat kuitenkin vaihdelleet huomattavasti tarkastelujaksolla (kuva 15). Kalastuksen ja taimenpredaation osuudet ovat vaihdelleet muutamasta prosentista yli puoleen muikun kuolleisuudesta. Muu kuolleisuus on vaihdellut noin neljänneksestä 90%:iin.

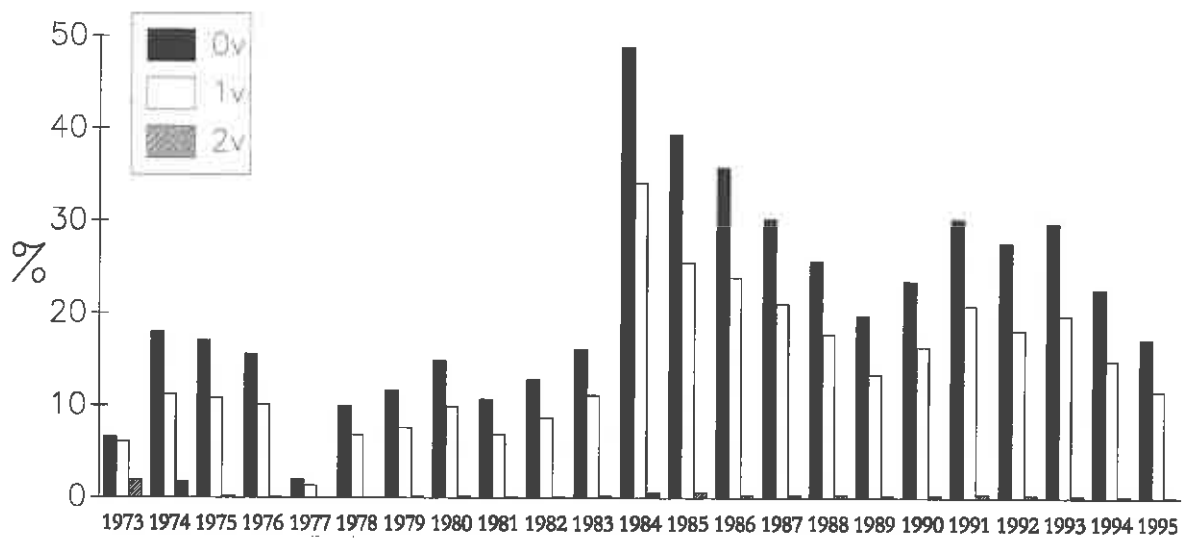
Taimenpredaatio kohdistuu lähinnä 0-vuotiaisiin muikkuihin. Keskimäärin tarkastelujaksolla 0-vuotiaista muikuista syötiin 21%, mutta predaation osuus ikäluokasta vaihteli 2%:sta 49%:tiin (kuva 16). Mallin mukaan 1-vuotiaistakin muikuista syötiin keskimäärin 14%, vaihteluvälin ollessa 1%:sta 34%:tiin. Tätä vanhemmat muikut eivät juurikaan kuulu taimenen ravintoon.



Kuva 14. Muikun kuolleisuus tarkastelujaksolla 1973-1995 kappaleina.

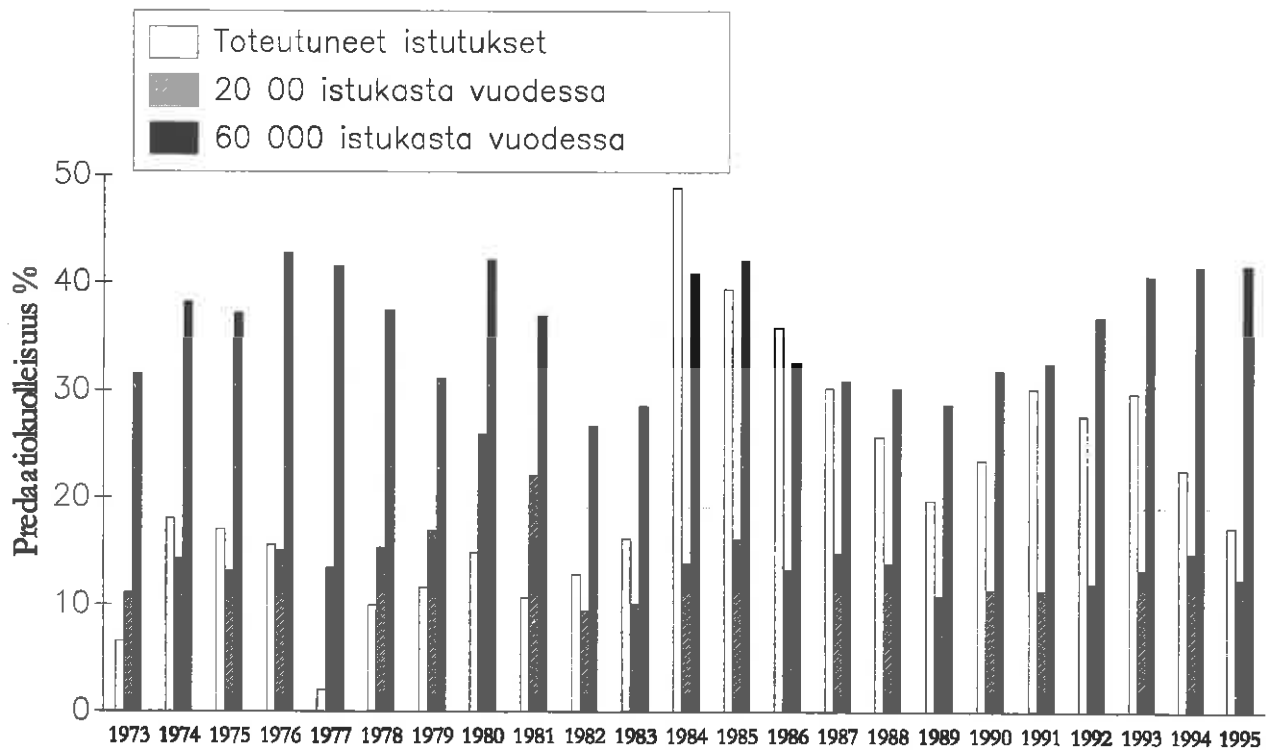


Kuva 15. Muikun kuolleisuuden muodostuminen (%) tarkastelujaksolla 1973-1995.



Kuva 16. Taimenpredaation osuus 0-2-vuotiaiden muikkujen kuolleisuudesta.

Mallilla laskettiin, miten taimenen taimenen istutusmäärän muuttaminen vaikuttaa 0-vuotiaiden muikkujen predaatioon. 0-vuotiaiden muikkujen predaatiokuolleisuus on hyvin riippuvainen taimenen istutusmäärästä (kuva 17).

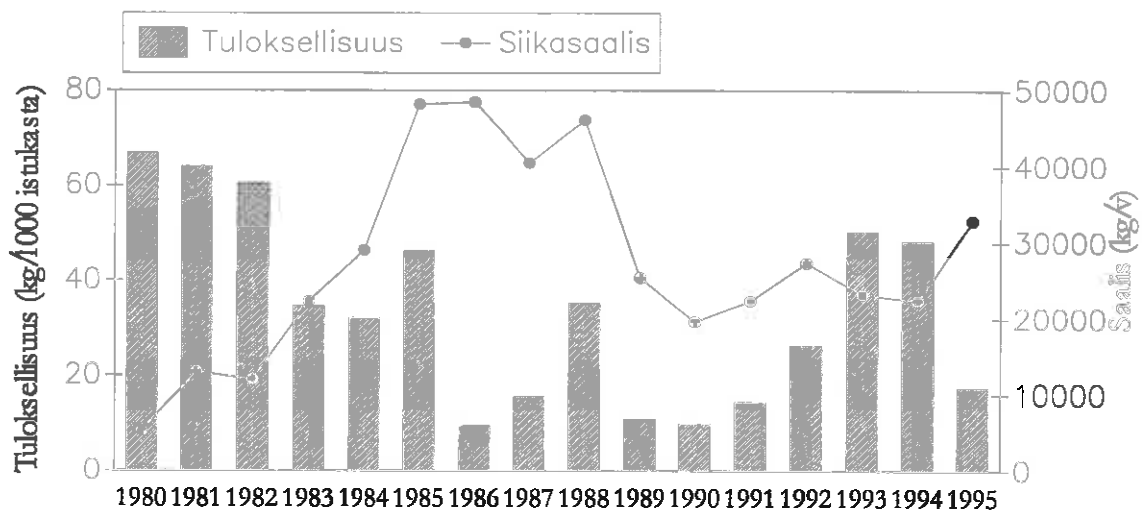


Kuva 17. Taimenistutusten vaikutus 0-vuotiaiden muikkujen predaatiokuolleisuuteen 1973-1995.

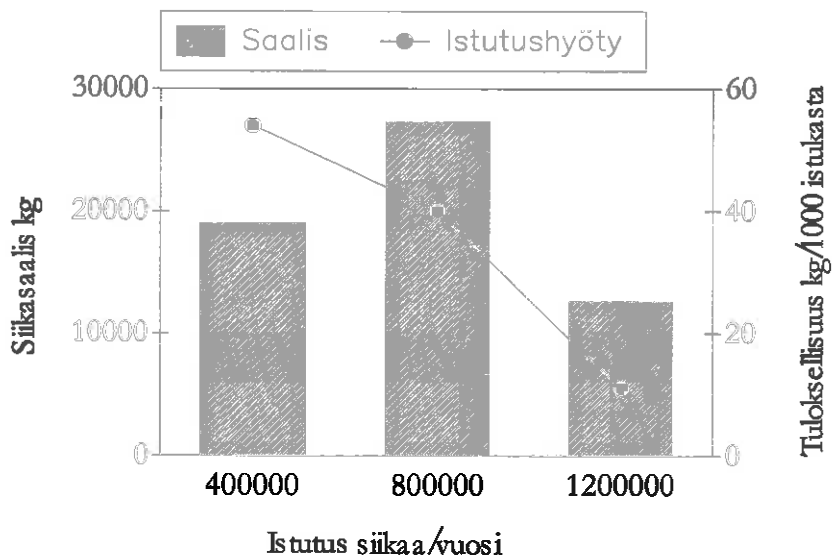
5.4 Planktonsiikaistutusten tuloksellisuus

Planktonsiikaa ja sen istutustulosta käytettiin Oulujärven aineiston toista sovelluskohdetta, jossa verkkosiian tilalla (muikun ja taimenen lisäksi) oli istutettava siikamuoto planktonsiika. Jokien patoamisen ja säännöstelyn takia planktonsiian luontainen lisääntyminen on loppunut ja planktonsiikasaalis on peräisin istutuksista (esim. Salojärvi 1992). Planktonsiikaistutukset alkoivat suuremmassa mittakaavassa 1970-luvun lopulla. Tarkastelujaksona mallisovelluksessa olivat vuodet 1980-1995. Keskimäärin tarkastelujaksolla on istutettu runsaat 800 000 planktonsiikaa vuodessa. Mallin laskema istutusten tuloksellisuus on tarkastelujaksolla ollut keskimäärin 34 kiloa tuhatta istutettua siikaa kohden. Vuosittainen vaihtelu on esitetty kuvassa 18. Mallilaskentaa jatkettiin vuoteen 2000 saakka keskimääräisillä istutustiheyksillä (taimen ja siika), lämpöarvosanoilla sekä vuoden 1995 kalastuskuolevuuskertoimilla, jotta tarkastelujakson loppuvuosille saatiin arvio istutusten onnistumisesta.

Planktonsiikaistutusten tuloksellisuutta arvioitiin laskemalla planktonsiikasaaliit ja istutushyöty seuraavilla istutustiheyksillä (1) 400 000 siikaa vuodessa, (2) 800 000 siikaa vuodessa ja (3) 1 200 000 siikaa vuodessa. Taimenen istutusmääränä kaikissa vaihtoehtoissa oli 40 000 taimenta vuodessa ja kalastuskuolleisuus ja lämpöarvosanat perustuivat aineistoon. Vuosien 1980-1995 keskiarvona paras saalis saataisiin 800 000 siian vuosittaisilla istutuksilla ja huonoin suurimmilla istutuksilla (kuva 19). Istutusten tuloksellisuus on paras pienimmällä istutustiheydellä ja olisi mallin mukaan erityisen huono suurimmilla istutusmäärillä (kuva 19). Muikku ja taimensaaliisiin eri siikaistutuksilla ei olisi juurikaan vaikutusta. Saaliskalojen keskipainot ovat pienimmästä suurimpaan istutusvaihtoehtoon 137, 129 ja 144 g.

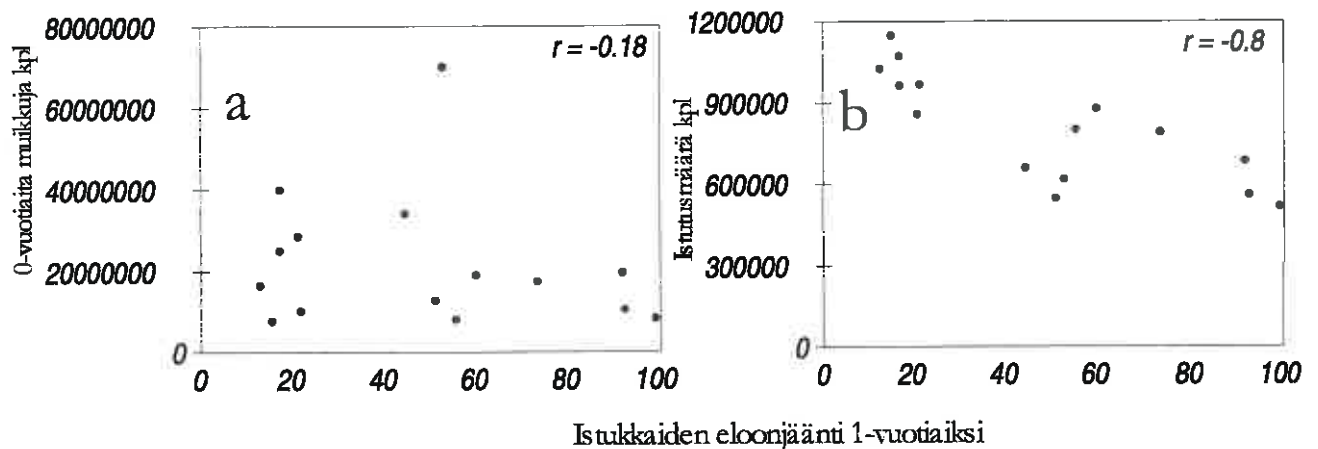


Kuva 18. Planktonsiikaistutusten tuloksellisuus ja siikasaalis tarkastelujaksolla 1980-1995.



Kuva 19. Planktonsiikasaaliin suuruus ja istutusten tuloksellisuus erilaisilla istutusmäärillä vuosien 1980-1995 keskiarvoina.

Yksi siikaistukkaiden eloonjääntiin mahdollisesti vaikuttava tekijä on kilpailu muikun kanssa. Muikkujen määrä (0-vuotiaat syyskuun alussa, kuva 20a) ei kuitenkaan korreloi planktonsiikaistukkaiden eloonjääntiin kanssa. Myös mallin kalibroinnin yhteydessä havaittiin, että istukkaiden ja muikun ravintokilpailu ei lisää mallin kykyä selittää planktonsiikapopulaation dynamiikkaa. Sen sijaan istutusmäärä näyttäisi vaikuttavan vahvasti istukkaiden eloonjääntiin. Noin miljoonan ja tätä suuremmilla istutusmäärillä siikojen kuolleisuus näyttää olleen erittäin suurta (kuva 20b). Ei kuitenkaan voida varmuudella sanoa, johtuuko istukkaiden kuolleisuus istutusmäärästä tai jostakin muusta istutusten aikaan vallinneesta ympäristötekijästä, jota ei ole voitu ottaa huomioon.



Kuva 20. Kesänvanhojen planktosiikaistukkaiden eloonjäännin (% istutusmäärästä, kesänvanhoista 1-vuotiaiksi) riippuvuus 0-vuotiaiden muikkujen määrästä (syyskuun alun muikkulukumäärä) ja planktonsiaan vuosittaisesta istutusmäärästä 1980-1994.

5.5. Kalastuksen vaikutus

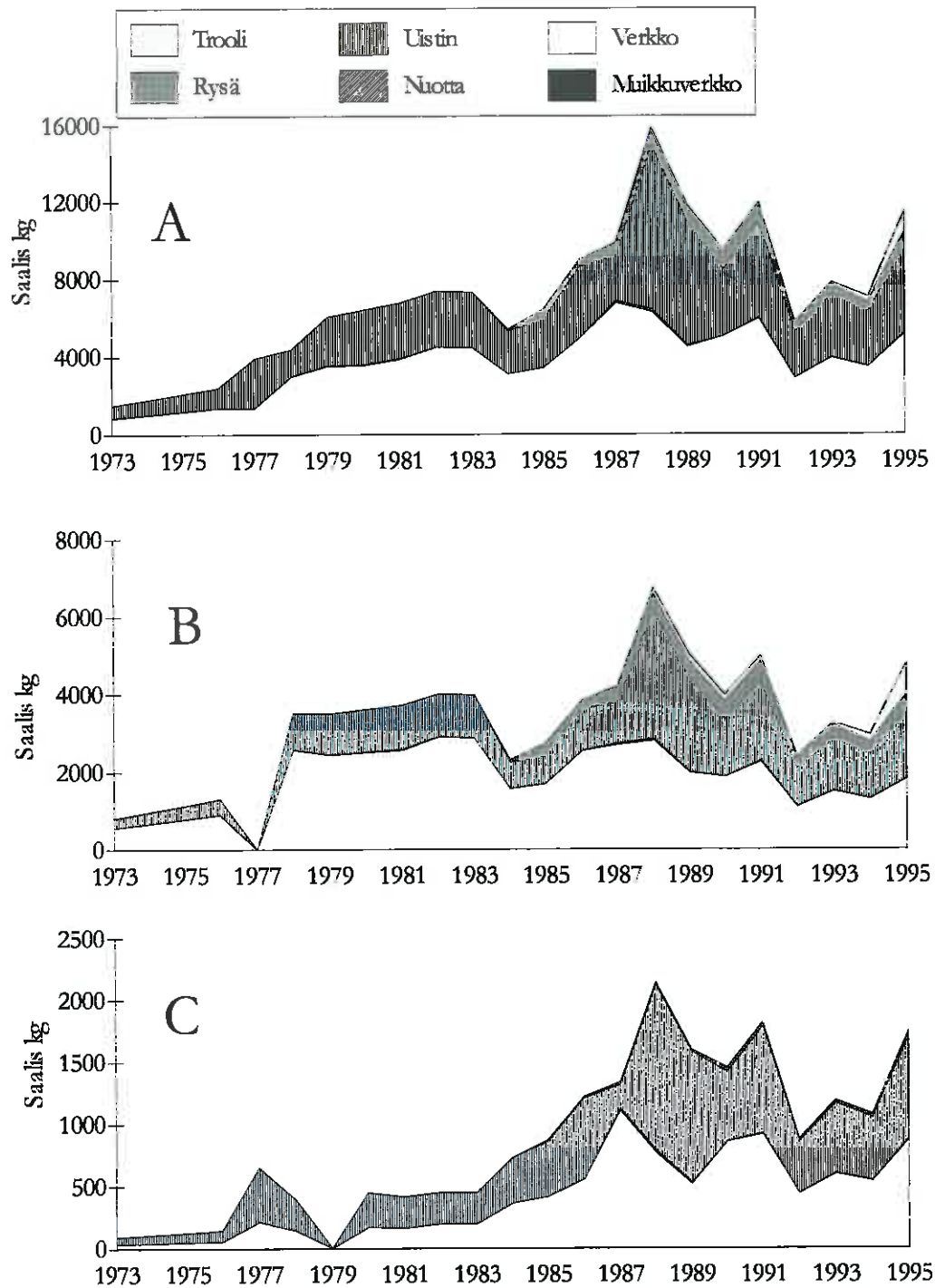
Mallilla arvioitiin kalastuksen vaikutusta tarkasteltavien lajien saaliisiin. Eri pyydysten merkityksen selvittämiseksi taimenen, siian ja muikun saaliit jaettiin pyydyksittäin eri ikäluokkiin. Taimensaaliista pääosa saadaan verkoilla ja uistimella (kuva 21). Verkkojen osuus on 0-järvivuotiaiden taimenten saaliista hieman suurempi verrattuna 3-järvivuotiaisiin taimeniin (kuva 21).

Muikkusaaliista pääosa on saatu muikkuverkoilla. Pyynnissä on kuitenkin 1980-luvun lopulta lähtien tapahtunut muutoksia. Troolin ja myös nuotan osuus on nykyisin huomattava (kuva 22). Rysän osuus oli suurimmillaan 1980-luvun lopulla. Myös eri ikäisten muikkujen välillä on eroja. 0-vuotiaita muikkuja on pyydetty vasta 1980-luvun lopulta lähtien huomattavassa määrin ja pääasiallinen pyydys on ollut trooli (kuva 22b). Sen sijaan vanhempien muikkujen saaliista (2-vuotiaat ja vanhemmat) troolilla on selvästi pienempi osuus (kuva 22c).

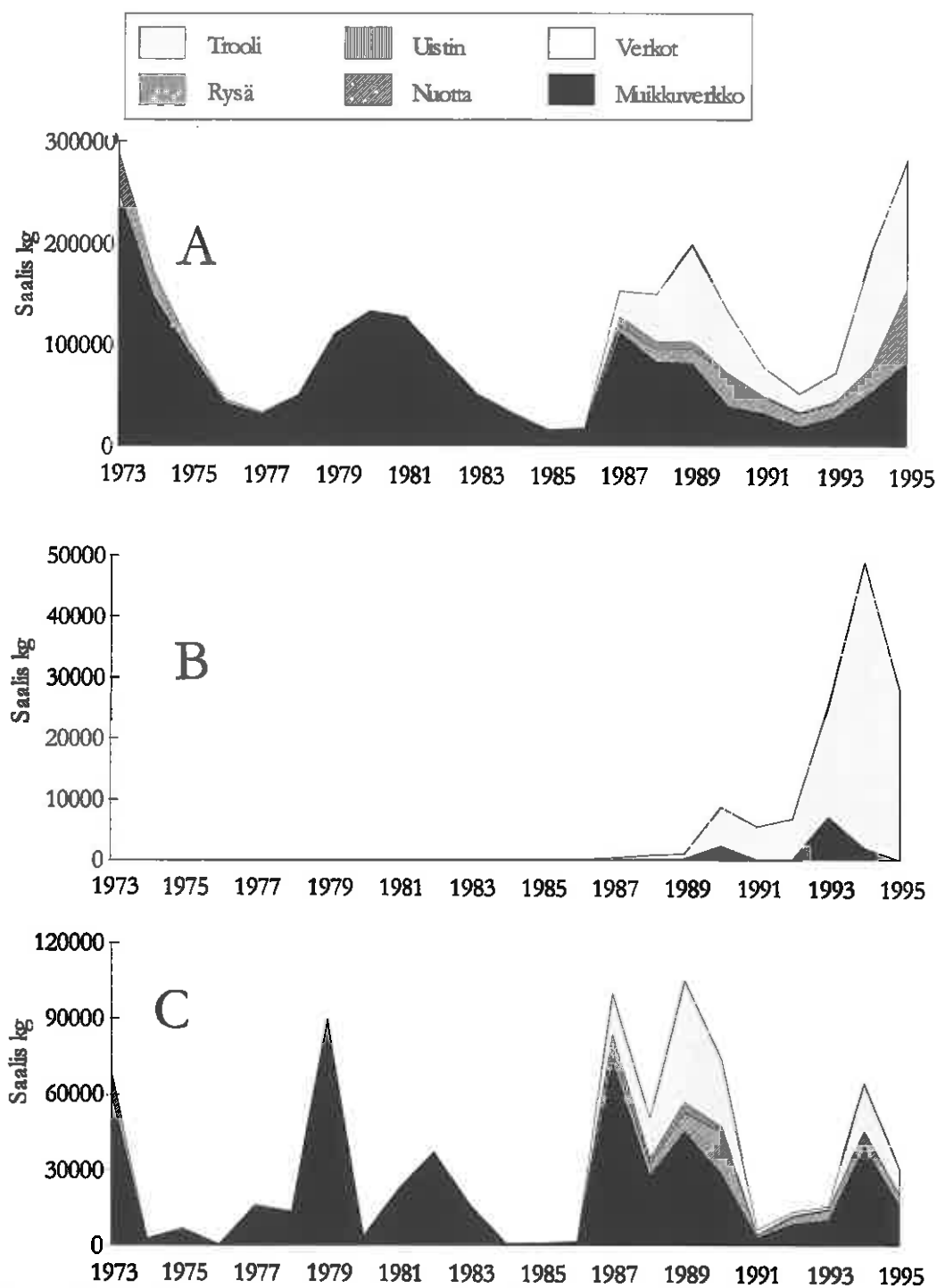
Pääosa siikasaaliista saadaan verkoilla (kuva 23). Rysän osuus on 1990-luvulla selvästi pienentynyt. Troolin osuus pienenee vanhemmissa ikäluokissa (kuva 23b ja c).

Kalastuksen kuvauksen parantamiseksi kalakantojen hoitomalliin kehitettiin lisäosa, jonka avulla voidaan tarkastella eri lajien ja ikäluokkien pyydystettävyyden vaihtelua ja pyyntiponnistuksen vaihtelun vaikutusta saaliisiin. Pyyntiponnistusmallin periaatteet on esitetty

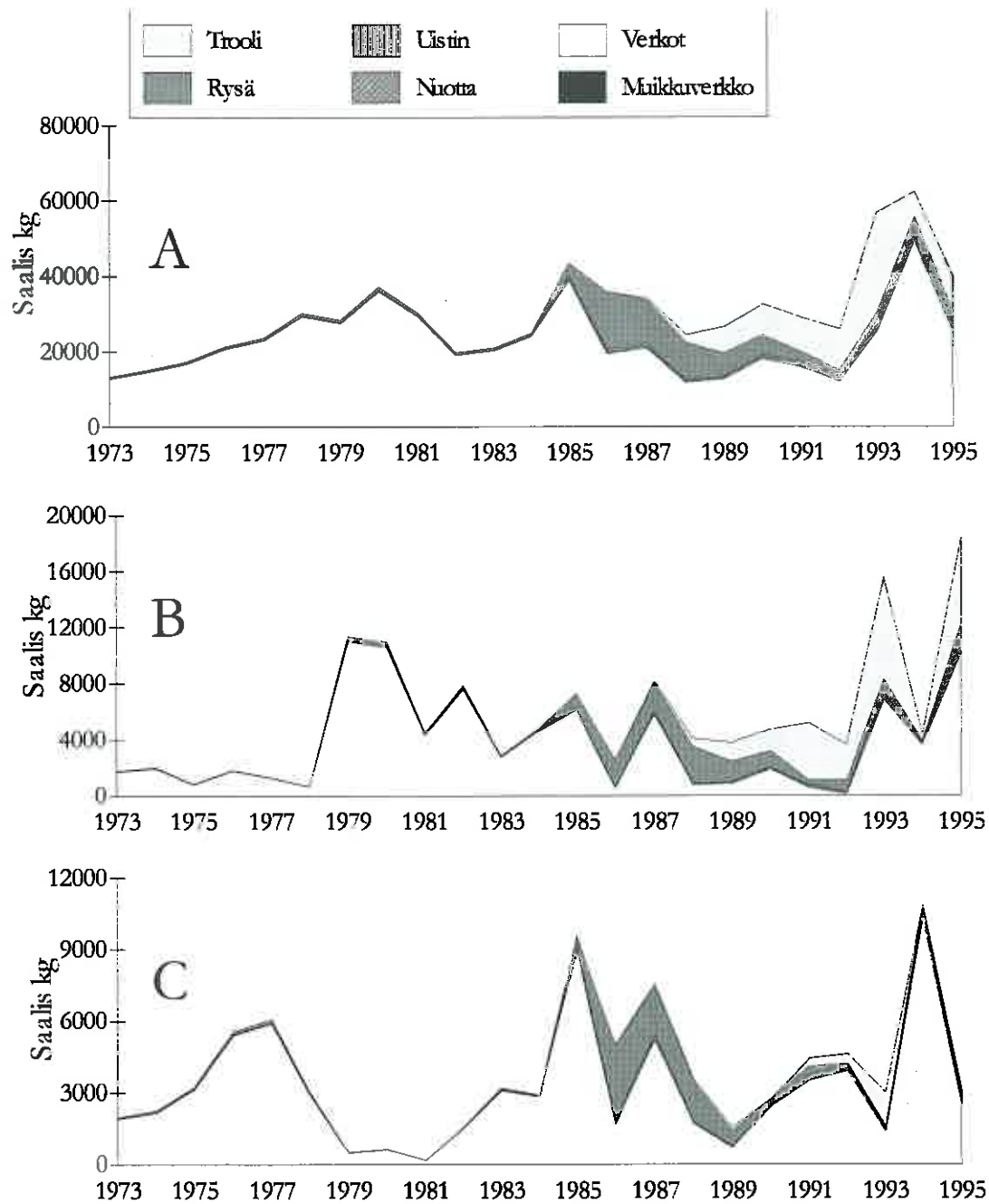
liitteessä 2. Pyydystettävyydellä (catchability, q) tarkoitetaan kalastuskuolevuutta (F) jaettuna pyyntiponnistusta (E) kohden. Mitä suuremman arvon pyydystettävyyys saa, sitä vähemmällä ponnistuksella kalaa saadaan kyseisellä pyydyksellä. Jotta pyydystettävyyys voitiin laskea pyydyskohtaisesti, malliin tuotiin myös tiedot eri pyydysten pyyntiponnistuksista (verkkojen pyydysvuorokaudet, troolin vetotunnit, käytössä olleiden isorysien määrä, nuottien määrä ja heittokalastuksen kalastustunnit). Pyyntiponnistuksista verkkojen (muikkuverkot ja muut verkot) pyyntipäivät ja troolauksen vetotunnit pystyttiin arvioimaan sillä tarkkuudella, että pyydystettävyyden ja kalastuskuolleisuuksien muutosten arviointi eri tilanteissa on mielekästä. Kalastuskuolleisuus ja pyydystettävyyys laskettiin pyydyskohtaisesti, joten eri pyydyksien pyyntiponnistusten ei tarvitse olla vertailukelpoisia. Kuvassa 24 on esitetty eri lajien pyydystettävyyden vaihteluja tarkastelujaksolla 1973-1995. Pyydystettävyyys on laaduton suure, joten eri pyydysten pyydystettävyydet eivät kuvissa ole vertailukelpoisia. Siihen pyydystettävyyys sekä 3- että 6-vuotiailla siioilla on verkkopyynnissä tarkastelujakson viime vuosina noussut koko jakson korkeimmalle tasolle. Muikun pyydystettävyyys on 1-vuotiailla muikulla ollut verkkopyynnissä tarkastelujakson lopulla melko alhaisella tasolla, mutta troolipyynnissä 0-vuotiaitten muikkujen pyydystettävyyys on noussut. Taimenen pyydystettävyyys näyttäisi olleen laskussa sekä verkko- että vapapyynnissä.



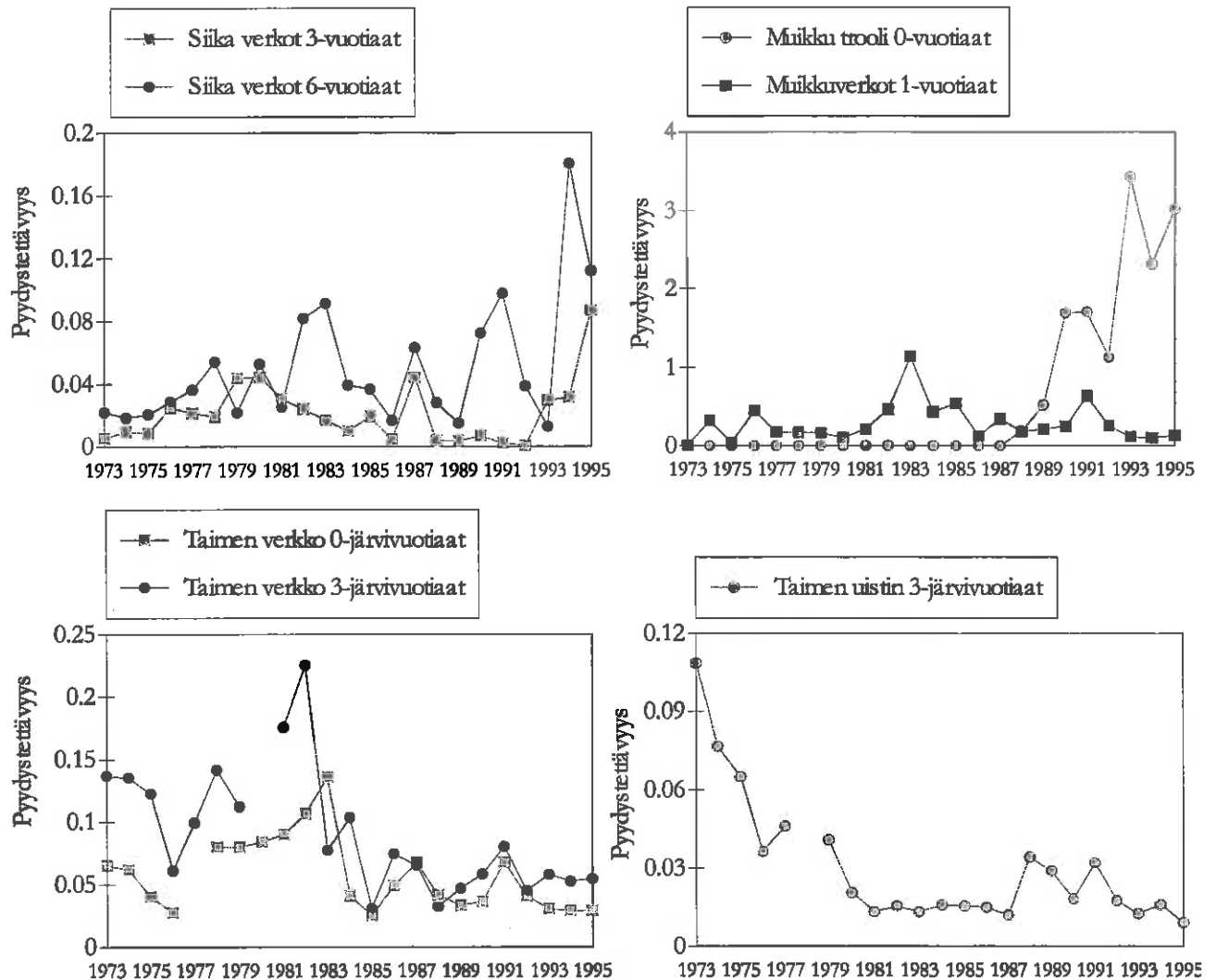
Kuva 21. Järvitaimensaalis jaettuna eri pyydyksille vuosina 1973-1995: (A) kokonaissaalis, (B) 0-järvivuotiaitten taimenten saalis ja (C) 3-järvivuotiaitten taimenten saalis. Huomaa akselien erilainen asteikko.



Kuva 22. Muikkusaalis jaettuna eri pyydyksille vuosina 1973-1995: (A) kokonaissaalis, (B) 0-vuotiaiden muikkujen saalis ja (C) 2-vuotiaiden muikkujen saalis. Huomaa akselien erilainen asteikko.



Kuva 23. Verkkosiiin saalis jaettuna eri pyydyksille vuosina 1973-1995: (A) kokonaissaalis, (B) 3-vuotiaiden siikojen saalis ja (C) 6-vuotiaiden siikojen saalis. Huomaa akselien erilainen asteikko.

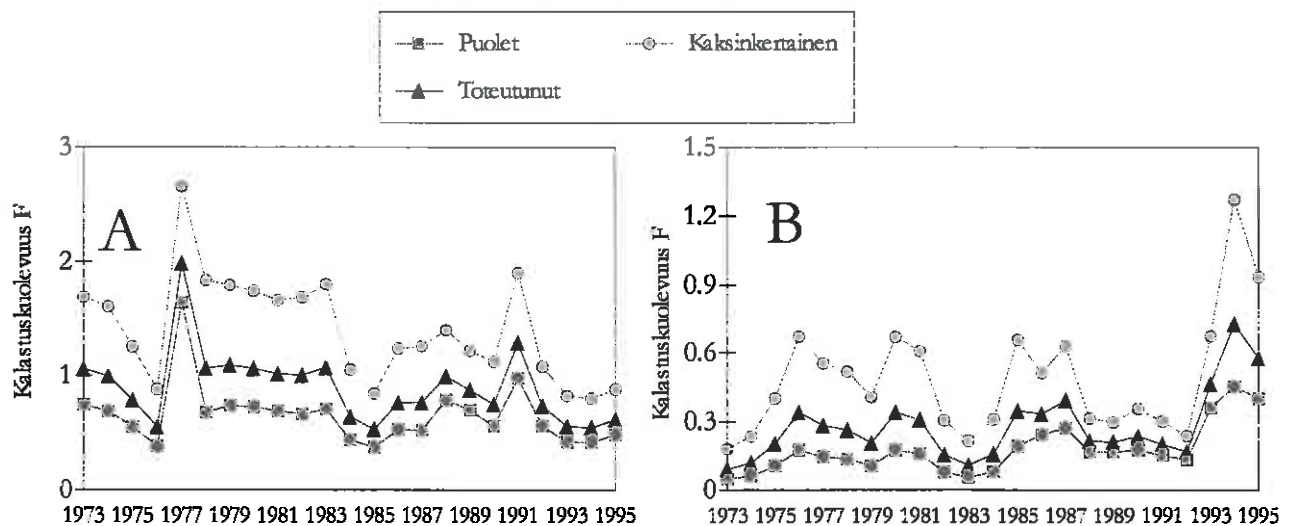


Kuva 24. Siian muikun ja taimenen pyydystettävyksiä ($q=F/E$) tarkastelujaksolla 1973-1995.

Mallissa tutkittiin pyyntiponnistuksen vaihtelun vaikutusta kalastuskuolleisuuteen ja sen aiheuttamia vaikutuksia tarkasteltavien lajien populaatioissa ja saaliissa. Kalastuskuolleisuuden muutos laskettiin lajikohtaisesti pyydyksittäin ja ikäluokittain pyyntiponnistuksen ja pyydystettävyuden avulla. Kuvassa 25 on esitetty, miten kalastuskuolleisuus taimenella ja siialla muuttuu toteutuneesta kun verkkojen (ei muikkuverkot) pyyntiponnistus puolitetaan tai kaksinkertaistetaan. Taulukossa 3 on esitetty kalastuskuolleisuuden muutosten vaikutuksia siikaan, muikkuun ja taimeneen. Tulosten mukaan verkkojen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistaminen ja siitä aiheutuva kalastuskuolleisuuden nousu nostaisi vain hieman taimensaalista. Taimenpopulaation koko järvessä laskisi noin neljänneksen ja saaliskalojen koko lähes 20% nykyisestä (taulukko 3). Taimenkannan predaation pieneneminen kasvattaisi

muikkupopulaatiota ja muikkusaalista runsaat 10%. Verkkosiian 1-vuotiaiden määrä ja saalis kasvaisivat hieman, mutta saaliskalojen keskipaino ja kokonaispopulaatio pienentyisivät.

Verkkojen pyyntiponnistuksen puolittamisesta aiheutuva kalastuskuolleisuuden pieneneminen lisäisi taimenen 1-järvivuotiaiksi selviytyvien taimenten määrää vain hieman. Kalastuksen lisäksi myös ravintotilanteella on tärkeä merkitys taimenen eloonjäännille. Taimenen kokonaispopulaatio kasvaisi 13% ja myös saaliskalojen keskipaino kasvaisi huomattavasti (taulukko 3). Kokonaissaalis pienenesi alle 10%. Mallin mukaan myös istutushyöty (kg/1000 istukasta) pienenesi hieman. Suurempi taimenpopulaatio aiheuttaisi muikulle suuremman predaatiopaineen ja muikun saalis ja populaatio pienenisivät runsaat 10%. Verkkosiian saalis putoaisi neljänneksen.



Kuva 25. Kalastuskuolevuuden (F) muuttuminen Oulujärnessä eri verkkojen pyyntiponnistuksilla (A) taimenella ja (B) siialla.

Taulukko 3. Verkkojen pyyntiponnistuksen vaikutukset taimen-, siika- ja muikkukantaan sekä saaliisiin. Tarkastattelussa on verrattu verkkojen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistamisen ja puolittamisen vaikutuksia verrattuna toteutuneeseen pyyntiponnistukseen ja sen mukaiseen kalastuskuolleisuuteen. Luvut ovat poikkeamia (prosentteja) tästä toteutuneesta tilanteesta.

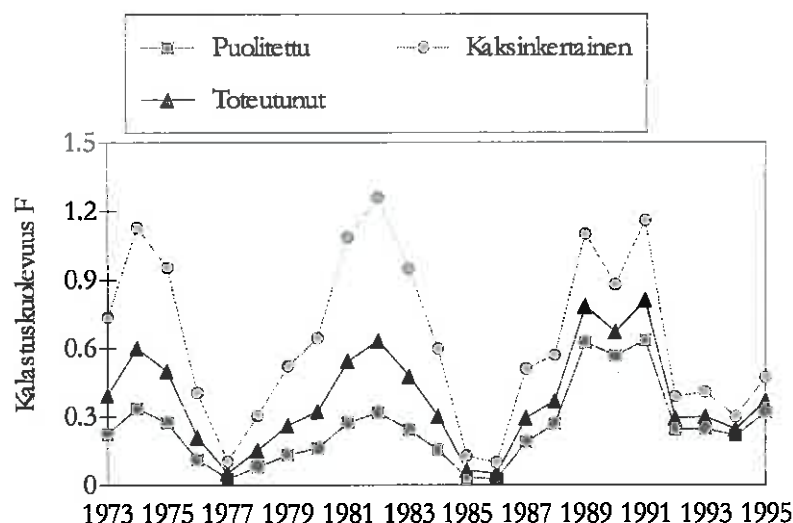
Verkkojen pyyntiponnistus kaksinkertaistettu

	1-v. määrä	Populaation koko	Saaliskalojen keskipaino	Saalis	Istutushyöty
Taimen	-15	-26	-19	6	2
Muikku	15	13	-1	13	-
Verkkosiika	4	-13	-7	8	-

Verkkojen pyyntiponnistus puolitettu

	1-v. määrä	Populaation koko	Saaliskalojen keskipaino	Saalis	Istutushyöty
Taimen	1	13	17	-8	-5
Muikku	-13	-11	1	-11	-
Verkkosiika	-15	-6	9	-25	-

Muikkuverkkojen aiheuttama kalastuskuolleisuus vaihtelee muikkukannan mukaan: kannan ollessa alhainen myös kalastuskuolleisuus on vähäistä (kuva 26). Muikkuverkkojen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistaminen pienentäisi muikkupopulaatiota ja muikkusaalista (taulukko 4). Verkkopyynti kohdistuu lähinnä juuri emokantaan ja alhaisen muikkukannan aikana aikana emokanta pieneksi eikä enää toipuisi tästä pyyntiponnistuksen jatkuessa korkeana. Muikkukannan pienenemisen vuoksi myös taimenen populaatio ja saalis laskisivat selvästi. Verkkosiian populaatio ja saalis kasvaisivat vain hieman. Muikkuverkkojen pyyntiponnistuksen puolittamisesta aiheutuva kalastuskuolleisuuden pieneneminen kasvattaisi muikun kokonaispopulaatiota alle 10%. Saalis pienenesi 15%. Taimenen tällä ei olisi juurikaan vaikutusta.



Kuva 25. Muikun kalastuskuolevuuden (F) muuttuminen Oulujärvessä muikkuverkkojen erilaisilla pyyntiponnistuksella.

Taulukko 4. Muikkuverkkojen pyyntiponnistuksen vaikutukset muikkupopulaatioon ja muikkusaaliisiin. Tarkastatelussa on verrattu verkkojen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistamisen ja puolittamisen vaikutuksia verrattuna toteutuneeseen pyyntiponnistukseen ja sen mukaiseen kalastuskuolleisuuteen. Luvut ovat poikkeamia (prosentteja) tästä toteutuneesta tilanteesta.

Muikkuverkkojen pyyntiponnistus kaksinkertaistettu

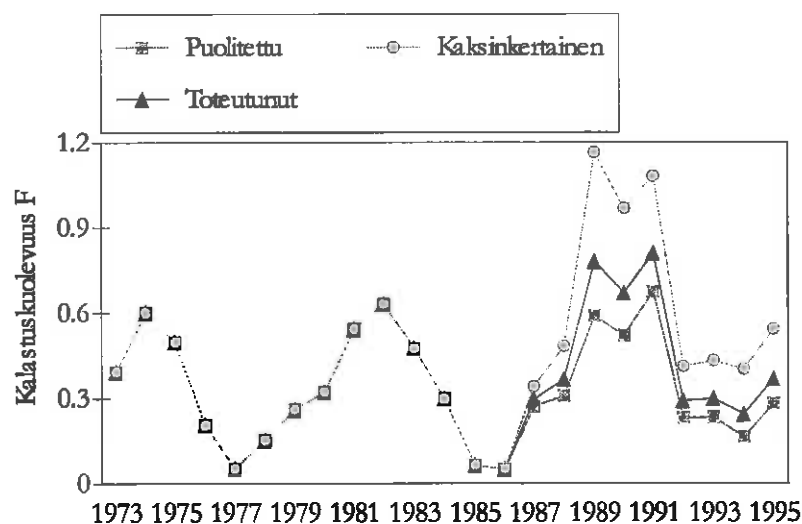
	1-v. määrä	Populaation koko	Saalisalojen keskipaino	Saalis	Istutushyöty
Taimen	-24	-22	-11	-16	-13
Muikku	-43	-38	4	-24	-
Verkkosiika	3	4	0	3	-

Muikkuverkkojen pyyntiponnistus puolitettu

	1-v. määrä	Populaation koko	Saalisalojen keskipaino	Saalis	Istutushyöty
Taimen	0	0	0	0	-1
Muikku	1	8	2	-15	-
Verkkosiika	-6	-6	1	-4	-

Troolaukset Oulujärvellä alkoi 1980-luvun lopulla (kuva 26). Tämän vuoksi koko ajanjaksolle lasketut luvut troolauksen aiheuttaman kalastuskuolleisuuden muutoksen vaihtelusta antavat vain suuntaviivoja muutoksen suunnasta (taulukko 5). Troolauksen kaksinkertaistaminen laskee muikun ja sen seurauksena myös taimenen populaatiokokoa ja saaliita. Siikaan vaikutus on pieni. Troolauksen pienentämisen vaikutus on päinvastainen. Muikun ja taimenen populaatiokoot kasvavat ja jopa kokonaissaalis kasvaa hieman. Tämä johtuu lähinnä siitä, että troolauksen vähentäminen puoleen pienentää muikkuun kohdistuvaa pyyntiponnistusta voimakkaasti. Tämän seurauksena muikun emokanta kasvaa ja emokanta-rekryytisuhteen perusteella malli synnyttää vahvat ikäluokat vuosittain. Kuvassa 27 on kuvattu muikun, taimenen

ja siian populaatioiden muutoksia eri troolauksen pyyntiponnistuksissa. Troolauksen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistaminen laskee muikkukantaa huomattavasti, puolittaminen taas kasvattaa jonkin verran. Muutokset taimenkannassa ovat samansuuntaisia. Siian osalta vaikutukset ovat pieniä.



Kuva 26. Muikun kalastuskuolevuuden (F) muuttuminen Oulujärvessä troolauksenverkkojen erilaisilla pyyntiponnistuksella.

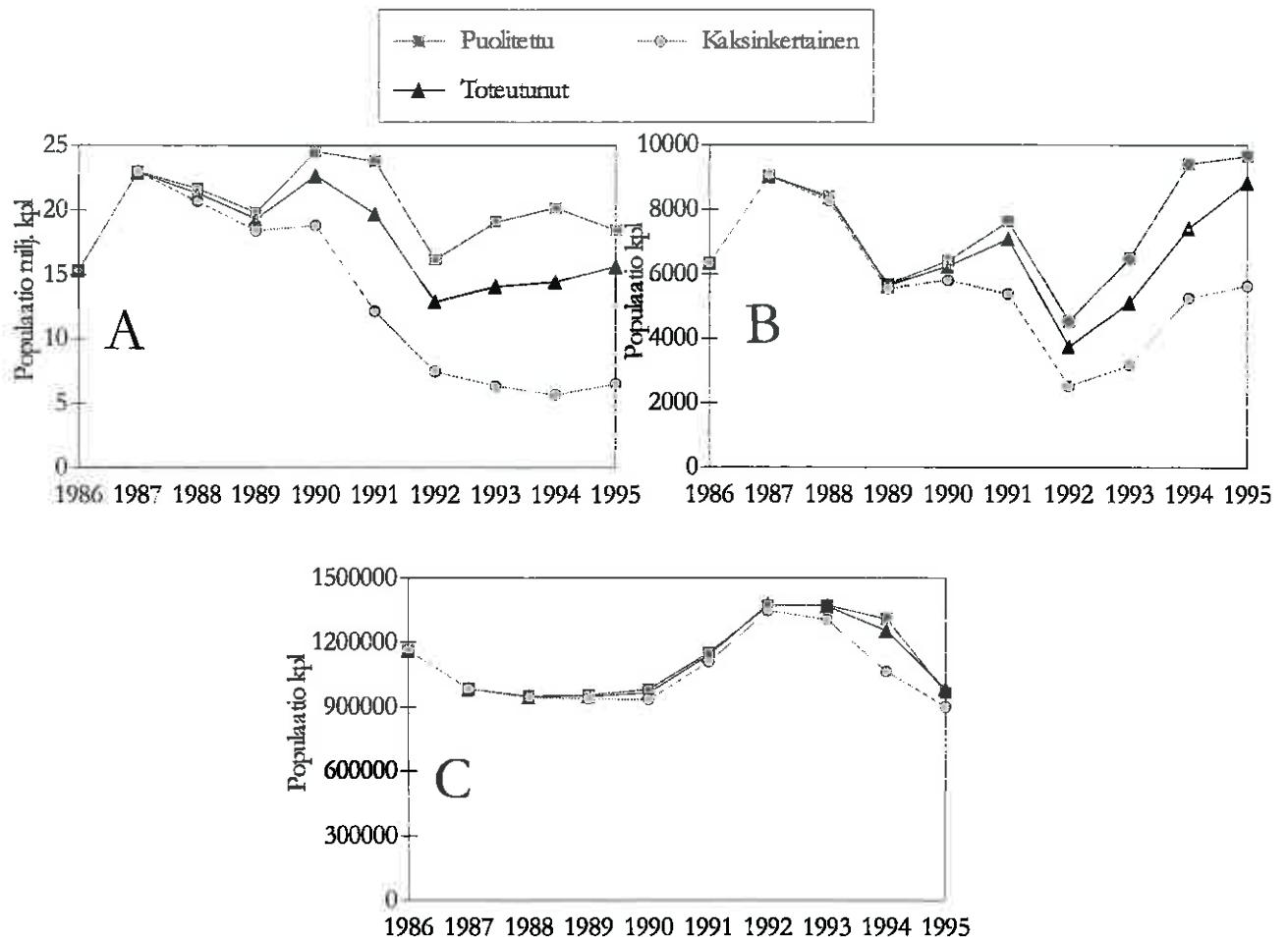
Taulukko 5. Troolauksen pyyntiponnistuksen vaikutukset muikkupopulaatioon ja muikkusaaliisiin. Tarkastattelussa on verrattu troolauksen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistamisen ja puolittamisen vaikutuksia verrattuna toteutuneeseen pyyntiponnistukseen ja sen mukaiseen kalastuskuolleisuuteen. Luvut ovat poikkeamia (prosentteja) tästä toteutuneesta tilanteesta.

Troolauksen pyyntiponnistus kaksinkertaistettu

	1-v. määrä	Populaation koko	Saalkalojen keskipaino	Saalis	Istutushyöty
Taimen	-14	-10	-4	-6	-5
Muikku	-15	-9	-1	-7	-
Verkkosiika	1	-2	-3	2	-

Troolauksen pyyntiponnistus puolitettu

	1-v. määrä	Populaation koko	Saalkalojen keskipaino	Saalis	Istutushyöty
Taimen	6	5	2	3	2
Muikku	7	5	4	1	-
Verkkosiika	-3	0	2	-2	-



Kuva 27. (A) Muikun, (B) taimenen ja (C) verkkosii populaatiokoot troolauksen eri kalastuskuolleisuuksilla 1986-1995.

6. Epävarmuustarkastelu

Mallin epävarmuutta tarkasteltiin tavanomaisella herkkyystarkastelulla poikkeuttamalla yksittäisiä parametreja $\pm 25\%$ ja laskemalla kuinka suuren muutoksen poikkeutus aiheutti tilamuuttujassa. Herkkyydet laskettiin taimenen, muikun ja verkkosii kokonaissaaliin painoille. Poikkeutusten vaikutuksena tarkasteltiin prosentuaalista muutosta ulostulon keskiarvossa. Malli laskettiin koko tarkastelujaksolle, 1973-1995. Herkkyyksanalyysin avulla pyrittiin määrittämään ne parametrit, joille malli on herkin.

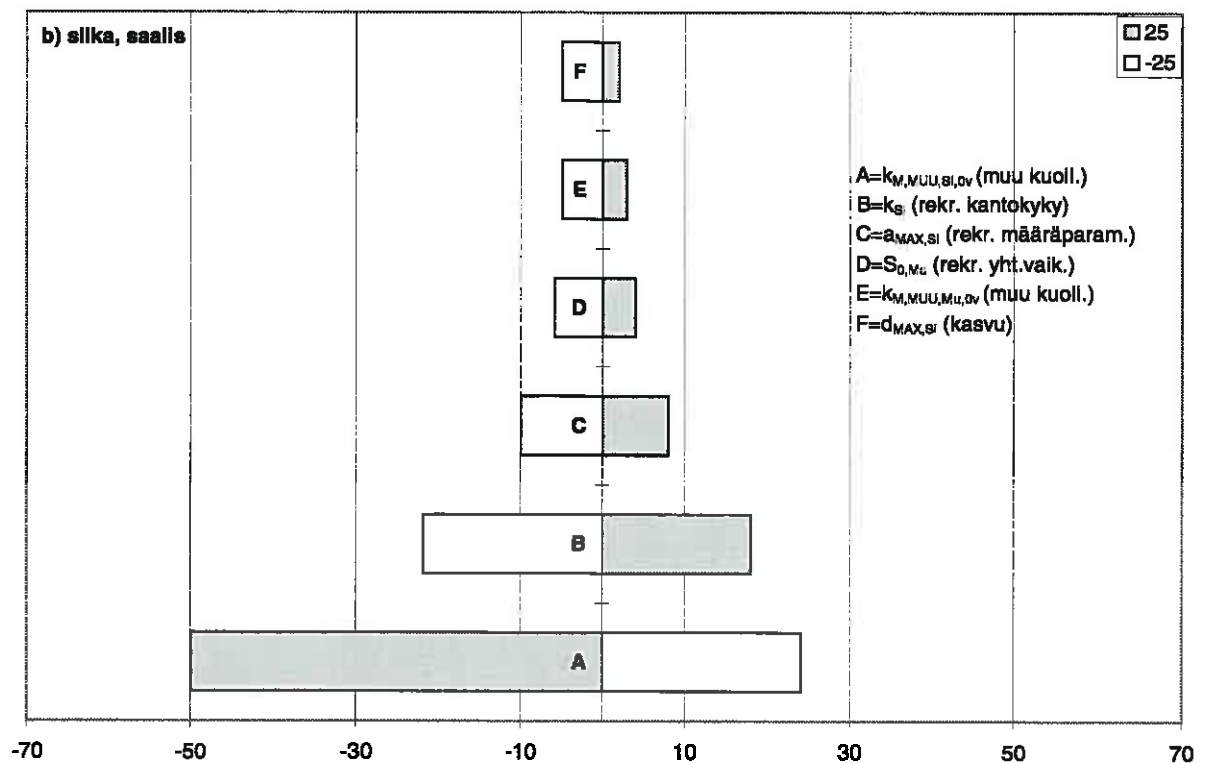
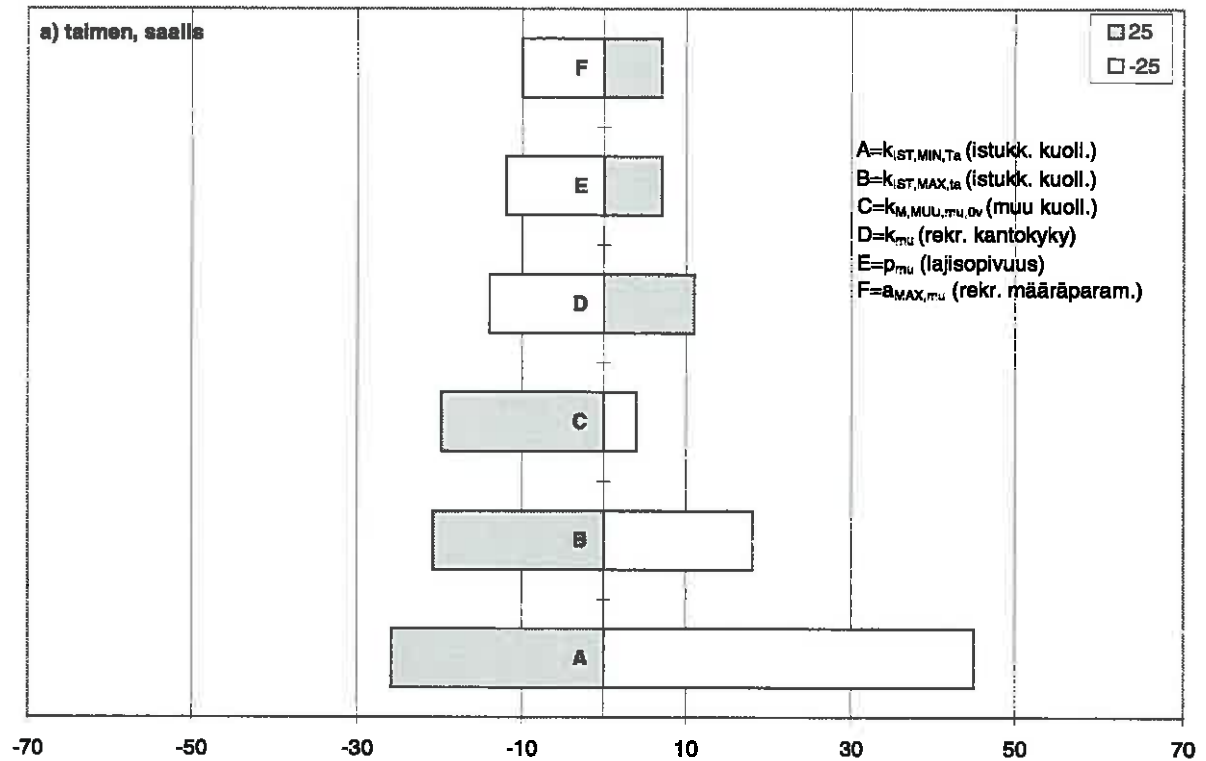
Kuvassa 28 on kunkin lajin vuosisaaliin keskiarvoon 6 eniten vaikuttanutta parametria. Taimen on erityisen herkkä istukkaiden kuolleisuuden maksimi-arvon, $k_{ist,max}$, ja kuolleisuuden minimi-arvon, $k_{ist,min}$, muutoksille. Tämä johtuu siitä, että kalibroinnissa istukkaiden kuolleisuus riippuu voimakkaasti ravintotilanteesta. Kun ravintotilanne on riittävän huono, kuolee suuri osa istukkaista ja vastaavasti hyvässä ravintotilanteessa eloonjäänti on huomattavasti parempi.

Erityisesti kuolleisuuden maksimiarvon pienentäminen saa aikaan sen, että mallin tuottamien 1-vuotiaiden taimenien määrä kasvaa huomattavasti. Muut taimensaaliiseen voimakkaasti vaikuttavat tekijät liittyvät muikkuun, lähinnä muikun kuolleisuuteen ja rekrytointiin (kuva 28a).

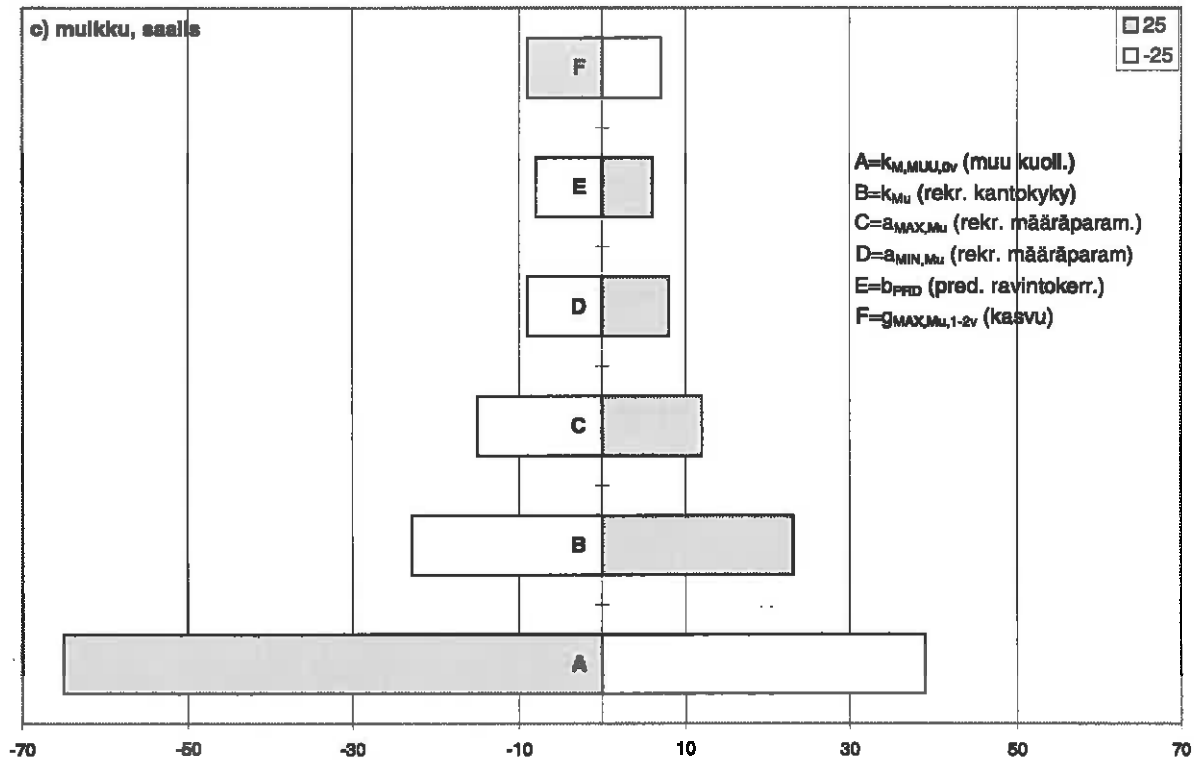
Siikaan vaikuttavista tekijöistä selvästi herkin on 0-vuotiaitten siikojen muun luonnollisen kuolleisuuden vaihtelu (kuva 28b). Muu luonnollinen kuolleisuus sisältää muiden lajien kuin taimenen aiheuttaman predaation aiheuttamaa kuolleisuutta sekä loisten, tautien yms. aiheuttamaa kuolleisuutta. Koska taimenen aiheuttama hävikki 0-vuotiaissa siioissa on pieni, on luonnollista että muun luonnollisen kuolleisuuden vaihtelu aiheuttaa epävarmuutta mallin tuloksiin. Luonnollisen kuolleisuuden aiheuttama epävarmuus kalakanta-arvioissa ei kuitenkaan ole pelkästään kalakantojen hoitomallin ongelma, vaan liittyy yleisesti kaikkiin kalakanta-arvioihin. Muut siikasaaliiseen epävarmuutta aiheuttavat parametrit olivat herkkyystarkastelun mukaan siian rekrytointiin liittyvät parametrit (rekrytointiyhtälön kantokykyä sekä poikasten ja emokalojen määrän suhteuttava parametri). Myös muikkuun liittyvät parametrit (rekrytoinnin yhteisvaikutus ja muikun muu luonnollinen kuolleisuus) sekä siian kasvua kuvaavat parametrit olivat epävarmuutta aiheuttavia parametrejä (kuva 28a), tosin niiden merkitys oli jo suhteellisen vähäinen.

Kuten siialla myös muikulla muun kuin taimenen predaatiosta aiheutuvan luonnollisuuden kuolleisuuden arviointi on eniten epävarmuutta aiheuttava parametri (kuva 28c). Muut epävarmuusparametrit liittyivät muikun rekrytointiin, kantokykyyn ja määräparametrihin. Taimenen ravinnon käytön tehoa kuvaava parametri, b_{PRD} , ja muikun kasvun merkitys oli jo selvästi vähäisempi.

Tulosten mukaan erityisesti luonnollisen kuolleisuuden (muusta kuin taimenen predaatiosta aiheutuvan) määrittäminen ja rekrytointiin liittyvien tekijöiden selvittäminen ovat mallin epävarmuuden vähentämisen kannalta oleellisia tekijöitä.



kuva 28 jatkoa.



Kuva 28. Herkimmät parametrit ja niiden aiheuttama keskimääräinen muutos taimenen, siian ja muikun keskimääräisessä vuosisaaliissa 1973-1995.

7. Tulosten tarkastelu

7.1 Taimen

Mallin tulosten mukaan taimenen istutusmääriä muutettaessa on huomiotava eri ravintotilanteiden vaikutukset istutusten tuloksellisuuteen sekä taimenpredaation vaikutukset saalislajeihin. Taimenen istutusmäärän lisääminen ei lisää saalista samassa suhteessa. Hyvässä ravintotilanteessa saalis samoilla istutusmäärillä on huomattavasti parempi kuin huonossa ravintotilanteessa. Mallin mukaan hyvässä ravintotilanteessa voidaan istuttaa jopa 100 000 taimenta vuodessa, huonossa ravintotilanteessa alle puolet tästä. Istutustuloksen heikkeneminen

nopeasti huonossa ravintotilanteessa johtuu siitä, että istukkaiden kuolleisuus riippuu ravintotilanteesta. Huonossa ravintotilanteessa kuolleisuus lisääntyy nopeasti jo suhteellisen alhaisilla istutusmäärillä. Paitsi kuolleisuuteen mallin mukaan istutusmäärän lisääminen pienentää myös saaliiksi saatujen taimenten keskipainoa.

Taimenen predaatio vaikuttaa myös saalislajien kantoihin ja saaliisiin. Oulujärvellä vaikutus kohdistuu selkeimmin muikkuun. Taimenpredaatio kohdistuu voimakkaimmin muikun 0-vuotiaisiin kaloihin. Taimenpopulaation kasvu pienentää muikkupopulaatiota ja sitä kautta muikun saalista ja vastaavasti taimenpopulaation pieneneminen vähentää muikkuun kohdistunutta predaatiopainetta ja säästää muikkupopulaatiota ja -saalista. Siikaan taimenen saalistuksen vaikutukset ovat vähäisempiä. Mallin tulosten mukaan 80 000 vuosittaiset taimenistutukset voivat merkittävästi vähentää muikkusaaliita. Mallissa tämä johtuu paitsi erityisesti 0-vuotiaisiin kohdistuvasta predaatiosta sitä seuraavasta emokannan pienenemisestä erityisesti heikon muikkukannan aikana. Mallissa alhaisesta poikasmäärästä seuraava emokanta ei pysty predaatiopaineessa tuottamaan vahvaa vuosiluokkaa. Tähän tulokseen liittyy kuitenkin paljon epävarmuutta. Toisaalta alhaisen muikkukannan aikana taimen todennäköisesti vaihtaa johonkin korvaavaan saalislajiin (esim. kuore, siika) edellyttäen, että korvaavaa lajia on riittävästi tarjolla. Toisaalta on myös mahdollista, että pienestä muikun emokannasta syntyy voimakas suuri ikäluokka. Nämä epävarmuustekijät eivät kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että riski sille, että ylisuuret taimenistutukset aiheuttavat saaliskalojen kantojen liian voimakkaan vähenemisen kasvaa istutusmäärän myötä. Tulosten mukaan taimenen istutusmääriä tulisi pyrkiä mitoittamaan kulloisenkin ravintotilanteen mukaan. Nyt toteutuneilla istutusmäärillä predaation osuus muikun kuolleisuudesta on ollut sen verran alhainen, että muikkupopulaatiolle ei olisi aiheutettu vaaraa. Mallin mukaan 0-vuotiaiden muikkujen predaatiokuolleisuus on kuitenkin hyvin riippuvainen taimenen istutusmäärästä.

7.2 Planktonsiikaistutukset

Planktonsiikaistutusten tuloksellisuus on mallin mukaan vaihdellut tarkastelujaksolla suhteellisen paljon. Siikaistutusten tuotto vuosittain vaihteli mallin mukaan yli 60 kilosta tuhatta siikaistukasta kohden noin 10 kiloon tuhatta istukasta kohden. Keskimääräinen tulos oli 34

kg/1000 istukasta. Istutusten tuloksia voidaan pitää korkeintaan kohtuullisina. Ne ovat kuitenkin keskimäärin parempia kuin esimerkiksi Inarijärven siikaistutusten tulokset (ks. Marttunen ja Kylmälä 1997).

Mallitarkastelussa paras siikasaalis tarkastelluista vaihtoehdoista saatiin 800 000 tuhannen vuosittaisilla kesänvanhojen siikojen istutuksilla. Noin 400 000 siian vuosittaiset istutukset ja erityisesti 1 200 000 vuosittaiset istutukset tuottivat huomomman saaliin. Istutusten tuloksellisuus oli heikko erityisesti yli miljoonan siian vuosittaisilla istutuksilla.

Planktonsiikaistutusten tuloksellisuuteen vaikuttavia tekijöitä on mallitarkastelun perusteella vaikea hahmottaa. Istutusten tuloksellisuuden ja muikkujen määrän välillä ei mallitarkastelussa ollut yhteyttä, mikä viittaa siihen että siikaistukkaiden ja muikun välillä ei olisi voimakasta kilpailua. Yksi mahdollinen istutusten tuloksellisuuteen vaikuttava tekijä on siikakannan sisäinen säätely. Oulujärvellä yli miljoonan siian istutukset ovat tuottaneet hyvin heikon istutustuloksen. On tietysti mahdollista, että heikko tulos suurilla tiheyksillä johtuu jostain muusta, malliin sisällyttämättömästä tekijästä. Mallin tulokset kuitenkin puoltavat vahvasti sitä, että vuosittaisten planktonsiikaistutusten määrä Oulujärvellä tulisi pitää selkeästi alle miljoonan yksilön tiheyksissä.

7.3 Kalastus

Mallilla tutkittiin miten eri pyydysten pyyntiponnistusten muutokset vaikuttavat tarkasteltujen lajien kalastuskuolleisuuteen ja sitä kautta saaliisiin ja populaatioihin. Tulosten mukaan verkkojen pyyntiponnistuksen kaksinkertaistaminen nostaisi vain hieman taimensaalista. Pyyntiponnistus on jo nykyisin korkealla tasolla ja sen nostamisen myötä entistä enemmän taimenia saataisiin saaliiksi nopeasti istutuksen jälkeen. Samalla saaliskalojen koko pienenesi entisestään. Pienentynyt taimenpopulaatio pienentäisi muikun predaatiota ja muikun saalis ja populaatio kasvaisivat.

Verkkojen pyyntiponnistuksen puolittaminen näkyisi erityisesti siikasaaliin pienenemisenä. Taimensaalis laskisi mallin mukaan vain hieman ja saaliskalojen keskipaino nousisi. Muikkusaaliiseen lisääntynyt taimenen saalistus vaikuttaisi negatiivisesti. Tulosten mukaan verkkojen pyyntiponnistusta taimenen osalta tulisi ennemminkin pienentää kuin nostaa

nykyisestään. Siian osalta tämä on osin ristiriitaista, koska pyyntiponnistuksen laskeminen laskisi selvästi siikasaalista. Tällä hetkellä aineistolla ei voi vielä tarkastella, voitaisiinko tämä ristiriita ratkaista esimerkiksi eri harvuisten verkkojen selektion avulla. Muikun osalta on huomattava, että taimenkannan koon vaihdellessa myös sen saalistuspaineen vaikutus muikkukantaan vaihtelee.

Muikun kalastuskuolleisuuden suuri kasvattaminen, sekä verkkojen että troolauksen osalta, aiheuttaisi mallin mukaan sekä muikkupopulaation että saaliiden pienemisen. Tässä on kuitenkin huomioitava, että muikkukannan ollessa alhainen esimerkiksi muikkuverkkojen pyyntiponnistus laskee selvästi, eikä jatku yhtä voimakkaana kuin mallissa oletettiin. Tällöin emokannan pyytäminen erittäin pieneksi kannan ollessa alhainen ei ole todennäköistä. Muikkukannan pienentyessä korkean pyyntiponnistuksen seurauksena myös taimenen kanta ja saaliit laskisivat. Siikaan vaikutukset olisivat lieviä. Muikkuverkkojen osalta pyyntiponnistuksen puolittaminen lisäisi muikkupopulaatiota, mutta saaliit jäisivät nykytasoa alhaisemmaksi. Troolauksen pyyntiponnistuksen puolittaminen sen sijaan jopa nostaisi muikkusaalista. Tämä perustuu mallin oletukseen, että vahva emokanta (muikkukanta kasvaa kun troolin tehokas pyynti pienenee, 0-vuotiaita ei juurikaan kalasteta verkoilla) synnyttää vahvan uuden vuosiluokan. Tämä ei kuitenkaan muikun osalta säännöllisesti pidä paikkaansa.

8. Mallin soveltamismahdollisuuksista

Kalakantojen hoitomallin hyödyntämismahdollisuuksia eri tarkoituksissa ovat aiemmin tarkastelleet Marttunen ja Kylmälä (1997). Yksi tärkeimmistä soveltamisalueista ovat eri istutus- ja kalastusvaihtoehtojen vaikutusten mallittaminen. Tätä kautta kalatalousviranomaiset, tarkkailua suorittavat tahot ja tutkijat saavat tietoa erilaisten vaihtoehtotarkastelujen vaikutuksista kalakantoihin ja saaliisiin. Myös istutusten tuloksellisuuden tarkkailu, sekä toteutuneessa tilanteessa että eri kalastus- ja istutusvaihtoehtoisissa, on eri tahoja kiinnostava seikka. Vaikka mallilla pystytään eri parametreja varioimalla tarkastelemaan eri kalastus- ja istutusvaihtoehtojen vaikutuksia, on tulevaisuuden ennustaminen mallilla useiden epävarmuustekijöiden vuoksi vaikeaa.

Malli on aina yksinkertaistus luonnon ekosysteemistä, koska kaikkia luonnon vuorovaikutuksia on käytännössä erittäin vaikea ottaa huomioon. Vaikka kalakantojen hoitomallissa tarkastellaan vain kolmea lajia, ei ”ulkopuolista luontoa” suljeta pois tarkastelusta. Esimerkiksi muikku ja siika muodostavat vain tietyn osan taimenen ravinnosta ja planktonsyöjien kuolleisuudesta vain tietty osuus johtuu taimenen predaatiosta. Vaikka mallin kehitystyössä on pyritty yksinkertaiseen malliin, ei siihen olennaisten vuorovaikutusten suuren määrän vuoksi ole käytännössä päästy. Koska useiden vuorovaikutusten huomioiminen on suhteellisen monimutkainen prosessi, vaatii malli käyttäjältään sekä mallin tuntemusta että kalataloudellista tietämystä. Tämän vuoksi se soveltuu parhaiten alalla työskentelevien henkilöiden, esimerkiksi tutkijoiden, työkaluksi.

Kalataloudellisessa tarkkailussa mallin hyötyarvo olisi suuri juuri istutusten onnistumisen tarkkailussa sekä eri istutus- ja kalastusvaihtoehtojen vertailussa. Mallilla voitaisiin mitä-jos-tarkasteluun hahmottaa eri toimenpiteiden vaikutuksia. Jos tavoitetilä johon pyritään on selvillä, mallia voitaisiin käyttää hahmottamaan, minkä suuntaisilla toimenpiteillä tämä tavoitetilä eri istutus ja kalastusvaihtoehdoin olisi mahdollista saavuttaa.

Mallin käyttö kalataloudellisessa tarkkailussa edellyttää kuitenkin sitä, että tarkkailuohjelma tuottaa riittävästi tietoa mallia varten. Jotta malli voidaan kalibroida oikealle tasolle, tarvitaan riittävän pitkältä aikaväliltä vertailtavat, esimerkiksi VPA:n tuottamat kalakanta-arviot. Malli myös käyttää ensimmäisen vuoden lähtötietoina VPA:n kanta-arvioiden lukumääriä ja kalastuksen pohjana on VPA:n tuottamat kalastuskuolevuuskertoimet. Koska kalakanta-arviot erityisesti lyhyissä aikasarjoissa ovat herkkiä lähtötiedoille, tulisi aikasarjan olla vähintäänkin esimerkiksi 5 vuoden pituinen.

Mallitarkastelun perustana on siis riittävä aineisto. Tällöin tarkkailuohjelman tulisi sisältää menetelmän, yleensä kalastustiedustelun, jolla määritetään eri pyydysten saalis, kokonaissaalis ja jos kalastusmallia halutaan käyttää, myös eri pyydysten pyyntiponnistus. Aluksi kalastustiedustelu tulisi tehdä vuosittain, myöhemmin kun aineistoa on riittävästi eikä esimerkiksi kalastuksessa tapahdu suuria muutoksia, voitaisiin yksikkösaaliita käyttää saaliin ennustamiseen ja kalastustiedustelujen väliä mahdollisesti pidentää. Kalastustiedustelun lisäksi tarkkailuohjelman tulisi sisältää myös kalakantanäytteet, joista saaliin ikäluokkakoostumus ja kalojen kasvu voitaisiin määrittää. Jos tarkkailussa haluttaisiin pyrkiä kustannussäästöihin, joissakin tilanteissa voisi olla mahdollista mallintaa joitakin vuosia pelkästään mallin avulla, ja kiinnittää mallin tulokset myöhemmin aineistoon. Tämä edellyttää että esimerkiksi kalastuksessa

ei tapahdu suuria muutoksia. Useiden vuosien ennustaminen ei kuitenkaan onnistu ilman suurta epävarmuutta.

Järvien kalataloudellisen kehittämisen suunnan määrää paitsi kalastajien tavoitteet myös järvien ominaisuudet. Kaikilla järvillä ei ole edellytyksiä kehittyä esimerkiksi hyviksi taimenjärviksi, koska niillä ei ole tarjota sopivaa elinympäristöä tai riittävästi sopivaa ravintokalaa istutusten onnistumiseksi. Mallin tulosten mukaan myös järven sisäisen ravintotilanteen vaihtelulla on suuri merkitys istutusten onnistumiseksi ja paras tulos saavutettaisiin rytmittämällä istutusmäärät ravintotilanteen mukaan. Kuinka tätä tulosta voidaan hyödyntää riippuu siitä, kuinka hyvin tuleva ravintotilanne voidaan ennustaa, velvoiteen joustavuudesta ja kalanviljelyn kyvystä vastata suhteellisen nopeasti muuttuviin istutustarpeisiin.

Mallin tulosten hyödyntämistä erilaisissa mitä-jos tarkasteluissa heikentää se, että se ei ota huomioon kaikkea systeemiin sisältyvää dynamiikkaa. Kalakantojen vaihtelun seurauksena esimerkiksi taimenen ravinnossa tapahtuu muutoksia. Esimerkiksi alhaisen muikkukannan taimen todennäköisesti vaihtaa muihin saalislajeihin. Mallissa taimenen ravinnonkulutus säilyy kalibroidun kaltaisena. Myös kalastuspaineessa tapahtuu muutoksia kalakantojen vaihtelun mukaan ja esimerkiksi vakioituneet kalastuskuolleisuudet eivät ota huomioon näitä muutoksia eri vaihtoehtoja tarkasteltaessa. Tällöin riski sille, että predaation tai kalastuksen vaikutukset kalakantaan, esimerkiksi muikkuun, voivat mallissa olla voimakkaampia kuin todellisuudessa tapahtuu.

Mallissa poikastuotto perustuu emokanta-rekryyttisuhteeseen. Tilannetta, jossa esimerkiksi pienestä muikkukannasta syntyy aina pieni vuosiluokka ja tietyn kokoinen emokanta tuottaa aina vahvan ikäluokan, ei muikun kohdalla ole aina havaittu. Emokannan lisäksi vahvan muikkuikäluokan syntyy vaikuttanee myös jokin tai jotkut muut ohjaustekijät. Mallissa kevään lämpötilakehitys on ohjausmuuttuja, jolla voidaan vaikuttaa syntyvän ikäluokan vahvuuteen. Tulevaisuudessa kun tietämys muikun ikäluokan vahvuuteen vaikuttavista tekijöistä lisääntyy, lienee hyödyllistä lisätä malliin ainakin muikun osalta ikäluokan vahvuuteen vaikuttavia ohjausmuuttujia lämpötilakehityksen ja emokanta-rekryyttisuhteen lisäksi. Oulujärven sovelluksen yhteydessä testattiin kevään vedenkorkeuden sekä siian ja muikun syntyvän vuosiluokan välistä yhteyttä, mutta näiden tekijöiden välillä ei havaittu korrelaatiota.

9. Bioenergeettisen mallin ja kalakantojen hoitomallin vertailu

Tutkimuksen aikana taimenen predaation arvioimiseksi Oulujärvellä sovellettiin kahta eri mallia: bioenergeettistä mallia (Vehanen ja Hyvärinen 1997) ja kalakantojen hoitomallin predaation kuvausta. Näissä kahdessa mallissa predaation kuvaus lähtee erilaisista lähtökohdista. Bioenergeettinen malli perustuu kalan fysiologiaan. Sen perustana on balansoitu energiayhtälö:

$$G = C - R - (F+U) - SDA$$

missä, G = kasvu, C = ravinnonkulutus, R = hengitys (ylläpitoenergia+liikkuminen), F = ulostus, U = erityis and SDA = "specific dynamic action", ravinnon sulaminen ja assimiloituminen. Kun kasvu, veden lämpötila, saalistajan ja saaliskalojen energiasisältö ja aineenvaihduntaa kuvaavien mallien parametrit tunnetaan, voidaan laskea kunkin ikäluokan kuluttama ravintomäärä. Malli koostuu erillisistä osamalleista ravinnonkulutukselle, hengitykselle, ulostukselle ja eritykselle. Mallin tarkka kuvaus on esitetty Hewettin ja Johnsonin (1992) ohjekirjassa. Mallia varten taimenen ravinnosta ja kasvusta kerättiin runsaat 450 näytettä Oulujärvestä.

Kalakantojen hoitomallissa taimenkannan ravintotilannetta kuvaavassa arvossa (D_{ta}) otetaan huomioon sekä petokalatiheys että ravinnoksi kelpaavien kalojen määrä (Marttunen ja Kylmälä 1997). Predaatiopaineen laskemisessa otetaan huomioon taimenen eri ikäluokkien maksimikasvu ja lukumäärä. Ravintomäärän lähtökohtana on ravintokalojen yhteispaino, josta taimenelle sopiva osuus lasketaan kalojen paino- ja lajisopivuuskertoimien perusteella. Näiden kertoimien perustana voidaan käyttää kerättyä aineistoa taimenen ravinnosta. Ravintotilanne lasketaan predaatiopaineen ja potentiaalisen ravinnon määrän välisenä suhteena. Kalakantojen hoitomallissa varsinainen predaation kuvaus ei riipu suoranaisesti taimenen kasvusta, vaikka kasvu ja kuolleisuus ovat riippuvaisia ravintotilanteesta. Predaation kuvaus perustuu Michaelis-Menton-funktioon, jossa kalan ravinnonottonopeus riippuu käytettävissä olevasta ravintomäärästä lausekkeen $B_{rav}/(B_{rav}+k_{rav})$ mukaisesti. B_{rav} on ravinnoksi sopivien muikkujen ja siikojen yhteismäärä ja k_{rav} on parametri, joka vastaa tilannetta, jossa predaationopeus on puolet maksimista. Eri ikäluokkien erisuuruiset kasvupotentiaalit otetaan huomioon termillä $g_{max} \cdot B_{rav}/(B_{rav}+k_{rav})$, jossa g_{max} =ikäluokan maksimikasvu. Ravinnonottonopeuden maksimiarvolla saavutetaan vuoden aikana maksimikasvu. Taimenen kasvua kohti kulutettua ravintobiomassaa merkitään b_{PRD} :llä. Tämä parametri vastaa periaatteessa ravinnonkäytön tehoa kuvaavaa

bienergeetistä kerrointa. Parametri on siis kilomäärä, jonka taimen kuluttaa mallissa tarkasteltavia lajeja (ei kokonaisravintoa) kasvaakseen yhden kilon. Vuoden aikana taimenen predaatiosta aiheutuva ravintobiomassan vähenemä saadaan tämän ravinnonoton tehoa kuvaavan kertoimen, taimenpopulaation kasvupotentiaalin ja ravinnonottonopeuden tulona. Mallin predaation kalibrointi tapahtuu käytännössä etsimällä parametreille k_{rav} ja b_{PRD} oikeat arvot.

Kalakantojen hoitomallissa taimenen saaliskalan optimikooksi asetettiin 3 g, mikä on lähellä Oulujärvestä kerättyjen taimenten saaliskalojen keskikokoa. Ravintonäytteissä ei havaittu voimakasta riippuvuutta saaliskalan keskikoon ja taimenen pituuden välillä. Myöskään kalakantojen hoitomallissa optimikoon ei oletettu kasvavan taimenen koon kasvaessa. Bioenergeettisen mallin mukaan yksittäinen taimen käytti 5 kiloa ravintoa kilon kasvua kohden ensimmäisenä järvivuotena. Ravintonäytteiden mukaan tästä runsaat 80% oli muikkua. Koska mallin mukaan kasvuun käytetty ravinnon osuus pienenee voimakkaasti koon ja iän mukana (elintoimintoihin, liikkumiseen ym. kuluu enemmän energiaa), viidennen järvivuoden lopulla taimen on käyttänyt runsaat 9 kiloa ravintoa yhtä kasvettua kiloa kohden. Muikun ja siian osuus tästä on vaihdellut ensimmäisen vuoden runsaasta 80%:sta noin puoleen. Kalakantojen hoitomallissa ravinnonkäytön tehokkuutta kuvaava kerroin asetettiin 6:een (6 kiloa muikkua ja siikaa syöty kasvettua kiloa kohden), mikä bioenergeettisen mallin mukaan on hieman yläkanttiin oleva arvo. Kalakantojen hoitomallissa sekä muikun että siian lajisopivuus asetettiin 1:ksi. Ravintonäytteiden ja tehtyjen laskelmien perusteella tämä voi hieman yliarvioida siian osuutta saaliissa. Predaation kalibroitu voimakkuus kuitenkin parantaa siikapopulaation dynamiikan kuvausta. Lisäksi siikojen lukumäärä Oulujärvessä on muikun tiheyteen verrattuna niin paljon pienempi, että vaikka lajisopivuus on 1, siikojen osuus ravinnosta on vain noin 2% luokkaa.

Molemmissa malleissa predaatiopaine painotetaan kunkin ikäluokan kalojen lukumäärän perusteella, joten taimenten saalistus on Oulujärvessä suurimmillaan 0-järvivuotiailla taimenilla. Bioenergeettisellä mallilla tarkasteltiin vuosien 1992-1995 keskimääräisen taimenpopulaation predaatiota. Mallilla laskettiin kyseisille vuosille vuosittaiset arvot. Mallilla lasketut populaatiot ovat olleet hyvin lähellä VPA arvioita (ks. kuva 6). Bioenergeettisen mallin mukaan taimenpopulaation kokonaiskulutus oli 48,5 t, josta muikun osuus oli 37,6 t, kuoreen 8,8 t ja siian vajaat 2 t. Kalakantojen hoitamallin tulosten perusteella taimenpopulaatio vuosina 1992-1995 on syönyt vuosittain 32,7-44,9 t muikkua, keskiarvon ollessa 36,7 t. Verkkosiian osalta

predaatio on vaihdellut välillä 1,2-2,2 t. Nämä luvut ovat hyvin lähellä bioenergeettisellä mallilla laskettuja arvoja.

Bioenergeettisellä mallilla laskettiin kuinka suuren osuuden vuosien 1987-1995 keskimääräinen taimenpopulaatio ja vuoden 1995 kuhapopulaatio mallin mukaan söisi vastaavien vuosien (1987-1995) 0-vuotiaitten muikkupopulaatiosta. Laskelma ei sisällä muun luonnollisen kuolleisuuden osuutta (muitten petokalojen kuin taimenen ja kuhan predaatio, taudit, loiset jne), vaan on prosenttiosuus biomassasta ilman tätä muun luonnollisen kuolleisuuden osuutta. Laskelman mukaan, mikäli ravinnon koostumus olisi sama kuin kerätyissä ravintonäytteissä, 9,1-56,7% (keskiarvo 21,2%) biomassasta joutuisi ko. lajien syömäksi. Pelkästään taimenta tarkasteltaessa keskimäärin 16,2% muikkuvuosiluokasta (vaihtelu 7,0-43,5%) joutuisi taimenten saalistamaksi. Kalakantojen hoitomallissa havaittiin kalibroinnin yhteydessä, että taimenen predaatio ei selitä muikun populaatiodynamiikkaa, jolloin voitiin olettaa, että predaatiohävikki ei muodosta suurta osutta muikun vuosiluokasta. Tässä mallissa predaatio kohdistuu kalastuksen ensimmäisestä jaksosta (ensimmäinen 6 kk) selvinneeseen muikkupopulaatioon. Mallin mukaan taimen söi vuosina 1987-1995 keskimäärin 25,2% mallin tuottamasta muikkuvuosiluokasta (vaihtelu 17,3-30,2%). Kahden eri mallin tuottamat arviot syötyjen muikkujen osuudesta eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska esimerkiksi bioenergeettisen mallin tuloksia vertailtiin VPA:n tuottamiin muikkuvuosiluokkiin ja kalakantojen hoitomallin tuloksia mallin itsensä tuottamiin muikkuvuosiluokkiin. Vaikka kalakantojen hoitomalli päättyy keskimäärin hieman korkeampaan syötyjen muikkujen määrään, eivät erot kahden mallin välillä ole oleellisen suuria, eivätkä johda erilaisiin johtopäätöksiin taimenpredaation merkityksestä. Ravintoaineiston mukaan pääosa (95%) taimenen syömistä muikuista oli hyvässä muikkutilanteessa 0-vuotiaita muikkuja. Tämän mukaan taimenen predaatio vanhemmista muikkukäluokista olisi pieni, esimerkiksi 1-vuotiaista alle 10%. Kalakantojen hoitomallin mukaan taimenen predaatio vielä 1-vuotiaista muikuista olisi huomattavasti suurempaa, keskimäärin vuosina 1987-1995 17%. Tämä johtuu osittain siitä, että ravinnon optimipaino on muikkujen paino vuoden alussa, jolloin 1-vuotiaatkin muikut ovat taimenelle kokonsa puolesta soveltuvaa ravintoa.

Bioenergeettinen malli ja kalakantojen hoitomalli lähtevät predaation kuvauksessa erilaisista lähtökohdista. Silti molemmat mallit päättyvät predaation suuruuden suhteen samaa kertaluokkaa oleviin tuloksiin. Bioenergeettisen mallin hyöty kalakantojen hoitomallin predaation kuvaukselle on se, että ravintoaineistoon ja mallin tuloksiin perustuen voidaan

joitakin kalakantojen hoitomallin predaation kuvauksen parametreja tarkentaa ja saada realistisemmalle pohjalle. Näitä parametreja ovat laji- ja kokosopivuudet sekä predaation tehokkuutta kuvaavan kertoimen määrittäminen.

10. Kirjallisuus

Hewett, S.W. & Johnson, B.L., 1992. Fish bioenergetics model 2: a generalized bioenergetics model for fish growth for microcomputers. Univ. Wis. Sea Grant Tech. Rep. WIS-SG-92-250.

Marttunen, M. ja Kylmälä, P. 1997. Kalakantojen hoitomalli Inarijärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa. Suomen ympäristö 117. 83 s.

Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto 1996. Oulujärven kalataloutarkkailu v. 1995. PSV-yhtiöt. 41 s.

Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1990. Oulujärven kalataloustarkkailu v. 1986-1990. PSV-yhtiöt. 44 s.

Salojärvi, K., 1992. Compensation in whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) populations in Lake Oulujärvi, northern Finland. Finnish Fisheries Research 13: 31-48.

Salojärvi, K., Partanen, H., Auvinen, H., Jurvelius, J., Jäntti-Huhtanen, N. ja Rajakallio, R. 1985. Oulujärven kalatalouden kehittämissuunnitelma. Osa I: Nykytila. Monistettuja julkaisuja 40. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 278 s.

Vehanen, T. 1995.: Factors influencing the yield of brown trout, *Salmo trutta m. lacustris* L., in northern Finnish lakes. Fisheries Management and Ecology 2. 121-134.

Vehanen, T. ja Hyvärinen, P. 1996. Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen. Kalakanta-arviot ja ravintonäytteet. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 78.

Vehanen, T. ja Hyvärinen, P. 1997. Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen. Osaraportti 2: Taimenen ja kuhan ravinnonkulutus bioenergeettisellä mallilla arvioituna. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Paltamo. Moniste.

Siikaistukkaiden ravintokilpailu

Mallin aiemmassa versiossa istukkaiden (planktonsyöjien, siika ja/tai muikku) luonnollinen kuolleisuus oli vakio-osuus luonnonpoikasten kuolleisuudesta (p_{SY}), siis $p_{SY} * \text{predaation tai vakiokuolleisuuden mukainen 0-vuotiaiden kalojen kuolleisuus}$. 0-vuotiaiden kokonaiskuolleisuus ja vastaava 1-vuotiaiden tuotanto mallissa voidaan esittää seuraavasti:

1. Luonnonpoikastuotanto

(rekrytointikäyrän mukaan ja mahdollinen siian ja muikun rekrytoinnin yhteisvaikutus)



2. Kalastuksen ensimmäisen jakson osuus (jos 0-vuotiaiden kalastuskuolevuus ei ole 0)



3. Predaatio ja muu kuolleisuus. Malli laskee syksyn luonnonpoikasten määrän.



4. Istukkaat. Saadaan 0-vuotiaiden kokonaismäärä syksyllä.



5. Istukkaiden luonnollinen kuolleisuus (mallin lisäys, istukkaiden ravintokilpailu, koskee siis tätä vaihetta)



6. Kalastuksen jälkimmäinen puolisko (jos kalastuskuolevuus ei ole 0)



7. 0-vuotiaat vuoden lopussa eli 1-vuotiaat seuraavan vuoden alussa.

0-vuotiaiden luonnonpoikasten koko luonnollista kuolleisuutta merkitään tässä merkinnällä f_{LUONK} (vähenemä populaatiossa, arvo 0-1). Jos malli lasketaan predaatiota käyttäen, f_{LUONK} on predaatiohävikki + muu kuolleisuus (minimi- tai lisäkuolleisuus), jos taas lasketaan ilman predaatiota $f_{LUONK} = 1 - \exp(-M_0)$.

Vanhassa mallissa istukkaiden kuolleisuus oli vain $p_{SY} * f_{LUONK}$. Tämä kuolleisuus on lähtökohtana myös kun otetaan mukaan istukkaiden ravintokilpailu. Merkitään istukkaiden kilpailusta aiheutuvaa kuolleisuutta f_{KILP} . Se on (laskennallisesti) lisäkuolleisuutta, joka kohdistetaan eo. kuolleisuudesta ($p_{SY} * f_{LUONK}$) selvinneeseen istukasmäärään. Istukkaiden luonnollinen kuolleisuus f_{ISTK} on siis kokonaisuudessaan:

$$f_{ISTK} = (p_{SY} * f_{LUONK}) + (1 - p_{SY} * f_{LUONK}) * f_{KILP}$$

Ravintokilpailu riippuu syksyn 0-vuotiaiden kokonaismäärästä (edellä olevan kaavion kohta 4). Merkitään tätä määrää lajin k osalta: $N_{SY-TOT,k}$. Kilpailuvaikutusta varten arvioidaan lajille k painotus $p_{KILP,k}$. Toisen lajin m painotus $= 1 - p_{KILP,k}$. Jos lajien vaikutus yksilötasolla on yhtä suuri, $p_{KILP,k} = 0.5$, jos istukkaiden ravintokilpailua aiheuttaa vain laji k, arvo $= 1$, jos taas vain laji m, niin arvo $= 0$ (jolloin lajin m painotus on vastaavasti 1). Istukkaiden kilpailukuolleisuus f_{KILP} riippuu nyt suureesta $D_{SY-KILP}$, joka on painotettu lajien k ja m 0-vuotiaiden yhteismäärä syksyllä:

$$D_{SY-KILP} = p_{KILP,k} * N_{SY-TOT,k} + (1 - p_{KILP,k}) * N_{SY-TOT,m}$$

Lopullinen ravintokilpailun f_{KILP} suuruus riippuu $D_{SY-KILP}$:sta seuraavanlaisen katkaistun lineaarikäyrän mukaan. Kuolleisuudelle annetaan minimi- ja maksimi-arvot $k_{KILP,MIN}$ ja $k_{KILP,MAX}$ sekä niitä vastaavat $D_{SY-KILP}$:n arvot $d_{KILP,MIN}$ ja $d_{KILP,MAX}$. Kun syksyn kilpailutilanne on pienempi tai yhtä pieni kuin $d_{KILP,MIN}$ (hyvä ravintotilanne) saadaan aina pieni f_{KILP} :n arvo $k_{KILP,MIN}$. $D_{SY-KILP}$:n kasvaessa $d_{KILP,MIN}$:stä (ravintotilanteen huonontuessa) f_{KILP} kasvaa lineaarisesti, kunnes saavutetaan maksimi-arvo $k_{KILP,MAX}$, jota suuremmaksi kilpailukuolleisuus ei kasva.

Mallin tulostuksissa syysistukkaiden kilpailu muuttaa (suoranainen vaikutus) vain lajin kokonaiskuolleisuutta. Istukkaiden predaatiokuolleisuus (joka lisätään lajin kokonaispredaatioon (kpl ja kg)) on edelleen 0-vuotiaiden predaatiokuolleisuus kerrottuna p_{SY} :llä. Jos istutetaan molempia lajeja (siika ja muikku), kilpailua aiheuttava 'lukumäärä' $D_{SY-KILP}$ on sama molemmille lajeille, mikä on tietenkin otettava huomioon kalibroitaessa lajien painotusta.

Pyyntiponnistusmalli (Pyyntimalli)

Pyyntiponnistusmalli on kalakantojen hoitomallin lisäosa, jolla voidaan manipuloida mallin laskennassa käytettäviä kalastuskuolevuus kertoimia (F). Työkirja KAM_FQE.XLS on 'mallikappale', josta tehdään kopiot niille kalamallin sovelluskohteille, joiden laskennassa sitä halutaan käyttää. Kalamallin pitää olla jo auki kun pyyntimalli avataan.

Merkinnät

Tässä ohjeessa käytetään seuraavia merkintöjä:

i=vuosi, j=ikäryhmä, k=laji, py=pyydys.

E = pyydyksen pyyntiponnistus (vuoden aikana).

F = kalastuskuolevuuskerroin.

$F_{i,j,k,py}$ = tietyn pyydyksen osuus ikäryhmän kalastuskuolevuudesta.

q (tai $q_{i,j,k,py}$) = ikäryhmän pyydystettävyys pyydyksellä py.

Yleistä

Jokaiselle Kalamallin sovelluskohteella, jolle Pyyntimallia halutaan soveltaa, on oltava oma Pyyntimalli-työkirjansa. Se tehdään ja otetaan käyttöön seuraavasti:

- 1) Avaa Kalamalli & valitse sovelluskohde, jos se ei jo ole oikea (Kalamalli | Sovelluskohde | Avaa Vanha...).
- 2) Avaa KAM_FQE.XLS ja tallenna siitä kopio sovelluskohteen hakemistoon (Tallenna Nimellä...). Työkirjan nimen voi muuttaa.
- 3) Muuta Pyyntimalli-työkirjan lähtötiedoiksi sovelluskohteen Aineisto. Tämä tapahtuu pyyntimallin Toiminta -alaseto-ovalikon komennolla: Aineisto = Komento muuttaa pyyntimalliin tulevat Excel-linkit lähtemään ko. Aineistosta. Samalla sovelluskohteen Pyyntimalli voidaan tallentaa.

Jatkossa tarvitaan vain vaiheet 1) ja 2), paitsi että vaiheessa 2 avataan sovelluskohteelle tehty työkirja, ei KAM_FQE.XLS.

Pyyntimallin Excel-taulukot (worksheet) ovat lukittuja ja ne kannattaa pitää sellaisina; ei tule vahingossa editoitua sellaista, mitä ei kuulu editoida.

Tiedot -näyttö

Saadaan esille Taulukko / kuva -valikosta.

Liite 2.

Näytöllä näkyvät

- 1) sovelluskohteen tiedot,
- 2) pyydysten tiedot sekä
- 3) pari laskentaan liittyvää vaihtoehtoa.

Sovelluskohteen tietoja ei editoida, ne tulevat näkyviin automaattisesti, kun Pyyntimalli on linkitetty oikeaan sovelluskohteeseen.

Pyydysten nimet ja pyyntiponnistuksen yksiköt editoidaan sopiviksi. Jos pyydyksiä tarvitaan vähemmän kuin 7, annetaan turhille nimeksi ihan mitä vain ("tyhjä", "..", tms.).

Käytä aina q:n keskiarvoa (k/e): Jos soluun laitetaan "k", käytetään F:ien laskennassa aina ko. ikäryhmän ja ko. pyydyksen pyydystettävyyssarvon q keskiarvoa, ts. q:n aikasarjaa ei käytetä. Jos soluun laitetaan jotain muuta, käytetään F:ien laskennassa q:n aikasarjaa, ja keskiarvoja vain niiden vuosien osalta, joilta q-arvo puuttuu.

Varmista Toiminnan aloitus & ilmoita kun valmis (k/e): Laita soluun "k", niin pyyntimalli varmistaa

- q- ja F-arvojen laskennan sekä
- F-arvojen siirron aloittamisen Aineistoon sekä ilmoittaa kun kyseinen toiminta on valmis.

Taulukko / kuva-valikko

Valitaan samannimisestä valikosta. Vain valikossa *:llä merkityt taulukot on tarkoitettu editoitaviksi. Niihin syötetään lajien ikäryhmäsaaliit sekä pyyntivälineiden E:t. (KAM_FQE.XLS:n mukana tulevat saalis- ja E-arvot ovat keksittyjä.)

Jos tarkastellaan vähempää kuin 7 pyydystä, jätetään ylimääräisten pyydysten saaliit ja E-arvot tyhjiksi.

Saalistaulukoissa keltaisella merkityt arvot ovat siirtoja Aineistosta, 'venytä' kaavat oikeille vuosille. Huomaa: ei haittaa, vaikka annetut pyydyskohtaiset saaliit eivät aivan tarkkaan vastaisi Aineiston ikäryhmäsaaliita. Malli laskee ikäryhmien pyydysosuudet pyydyksen osuutena kaikkien pyydysten summasta.

E-tilukkuoon tulevat sekä data ja että ne arvot ('annettu'), joiden perusteella F-arvoja muunnellaan.

Kuvissa näkyvät saaliit, lasketut q-arvot, E-arvojen data sekä manipuloidut arvot ('annettu') sekä viimeksimainittujen mukaan lasketut F-arvot ja niiden data (Aineiston lajitaulukkoista no. 8).

Jos kuvassa ei näy oikeita vuosia,

- 1) muuta kuvan x-akselin skaalaa tai
- 2) jos kuva on Line-tyyppiä, jolle ei voi määrätä kunnan x-skaalaa, muuta kunkin käyrän Excel-viittauksen määräämää aluetta. Kummassakin tapauksessa pitää ensin poistaa taulukon suojaus (Työkalut | Suojaus | Poista Taulukon Suojaus.)

Tapauksessa 2): katso mihin alueeseen kunkin käyrän kaava viittaa ja muuta kaavaa niin, että saat kuvaan enemmän rivejä (vuosia). Älä muuta kuvien aputaulukkoita. Suojaa taulukko uudestaan.

Toiminta

1. Aineisto = Komento annetaan, kun Kalamallin sovelluskohteelle on kopioitu Pyyntimallityökirja, ja se avataan ensimmäistä kertaa. Ks. kohta B).

2. Laske q-arvot. Anna komento, kun olet muokannut saalis- tai E-dataa. Komento laskee q-
taulukot: $q_{i,j,k,py} = F_{i,j,k,py} / E_{i,py}$. Huom: $F_{i,j,k,py} = F_{i,j,k} * \text{pyydyksellä py saatu osuus}$,
osuus lasketaan saalisosuustaulukoista: pyydyksen osuus / osuudet yht., mikä varmistaa sen, että
osuus on ok, vaikka pyydys-saaliiden summa ei aivan täsmäisikään ikäryhmän koko saaliiseen.

Jos pyydyksen E-arvo on tyhjä tai 0 tai saalistieto (ikäryhmän saalis ko. pyydyksellä) puuttuu, q-
arvon solu jää tyhjäksi.

3. Laske F-arvot. Anna komento, kun olet muokannut E:n 'annettu' -arvoja. Komento laskee uudet
F-arvot E-datan mukaisten q-arvojen pohjalta (vert. ed.):

$$F_{i,j,k} = F_{i,j,k,py1} + F_{i,j,k,py2} + \dots,$$

missä $py1 = \text{pyydys1, jne.}$ Edelleen $F_{i,k,py} = q_{i,j,k,py} * E_{i,py}$, missä $E_{i,py}$ on 'annettu' arvo.

F-arvoja lasketaan niin pitkälle (vuosissa) kuin E-arvoja on annettu, edes yhdelle pyydykselle.
Niille vuosille, joille ei enää ole q-aineistoa, käytetään ko. q-arvon keskiarvoa. Keskiarvoa voi
myös käyttää joka vuodelle, mikä määrätään Tiedot-näytöllä (vrt. kohta C)).

4. Siirrä F:t Kalamalliin

Lasketut F-arvot (vrt. ed.) siirretään Kalamallin Aineiston lajitaulukoihin no. 10, "F, ohjaus
mallissa". Huomaa, että Aineiston 'F-data' (taul. no. 8) ei muutu.

5. KMallin F:t = Aineisto

Muuttaa Kalamallin F-ohjaustaulukoiden (Ain. taulukoiden no. 10) arvot 'F-datan' (taulukoiden no.
8) kopioiksi.

Huomaa: kumpikin komento, 4 ja 5, siirtää vain ARVOJA, niiden jäljiltä F-ohjaustaulukoissa ei
ole lainkaan Excel-kaavoja.