

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 366

*Teija Aho
Jorma Piironen
Markku Pursiainen*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen taimenen
emokalastojen geneettinen monimuotoisuus
mikrosatelliittianalyysien perusteella

Helsinki 2005

Teija Aho, Jorma Piironen ja Markku Pursiainen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen taimenen emokalastojen geneettinen monimuotoisuus mikrosatelliittianalysien perusteella

Vesiviljelyn tulosityksikkö

Luonnonkalakantojen hoidon yhtenä päätehtävänä on säilyttää kantojen eriytyneisyys ja perinnöllinen monimuotoisuus. Koska valtion kalanviljelyllä on tässä keskeinen rooli, päätettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vesiviljelyn tulosityksikössä 1990-luvun lopulla ryhtyä kartoittamaan emokalastojen perinnöllistä tilaa, erilaisuutta ja monimuotoisuutta eli biodiversiteettiä.

Tällä työllä on luotu ensimmäistä kertaa kattava, samoihin tutkimusmenetelmiin perustuva viljelyssä olevien taimenkantojen perinnöllisiä ominaisuuksia ja rakennetta kuvaava tietokanta, joka mahdollistaa vertailukelpoisen perusaineiston käytön emokalastoja vuosien mittaan uusittaessa, viljelytoimintaa kehitettäessä, sekä vertailtaessa villien ja viljeltyjen taimenkantojen ominaisuuksia.

Työssä käytetty aineisto on kerätty valtion kalanviljelylaitoksilla kasvatetuista eri taimenkantojen emokalastoista lokakuun 1997 ja kesäkuun 1999 välisenä aikana. Näytteitä otettiin kaikkiaan 55 emoparvesta, mutta resurssisyistä voitiin analysit tehdä vain 35 parven näytteistä (1.184 kalaa).

taimenet, MS-DNA, DNA-mikrosatelliitit, emokalanviljely

Kala- ja riistaraportteja 366

951-776-XXX-X

1238-3325

21 s. + liite

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 2
00791 HELSINKI
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201
<http://www.rktl.fi/tutkimuslaitos/julkaisut> (pdf)

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Viikinkaari 4, PL 2
00791 HELSINKI
Puh. 020 57511 Faksi 020 5751 201
www.rktl.fi

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. AINEISTO	2
3. MENETELMÄT	3
3.1. Näytemäärä.....	3
3.2. Geneettiset analyysit.....	3
3.3. Monimuotoisuus.....	3
3.4. Efektiivinen populaatiokoko.....	4
3.4.1 Perustajayksilöt.....	4
3.4.2 Teoreettinen efektiivinen populaatiokoko (N_e).....	4
3.4.3 Toteutunut efektiivinen populaatiokoko.....	5
3.4.4 Geneettinen pullonkaula	5
3.5. Yksilöiden välinen sukulaisuus	5
3.6. Kantojen väliset erot.....	6
3.7. Kantojen väliset geneettiset etäisyydet.....	6
4. TARKASTELUTAPA	7
5. TULOKSET	8
5.1 Taimenparvien väliset erot ja geneettinen etäisyys	8
5.2. Taimenkantojen erot ja geneettinen etäisyys.....	8
5.3. Taimenparvien geneettinen monimuotoisuus.....	10
5.4. Taimenkantojen geneettinen monimuotoisuus	11
5.5. Taimenparvien sukulaisuusaste ja efektiivinen populaatiokoko	12
6. KANTAKOHTAINEN TARKASTELU JA SUOSITUKSET	14
KIRJALLISUUS	21
LIITE.....	23

1. Johdanto

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella on viljelyssä 12 alkuperäistä kalalajia ja näistä lähes 70 eri kantaa, rapu, sekä lisäksi eräitä vieraita lajeja (Makkonen ym. 2000). Näistä suurin osa on mädintuotantoviljelyssä, eli laitoksille perustetaan ja niissä ylläpidetään emokalastoja, joista lypsetty mäti siirtyy pääosin yksityisen poikaskasvatuksen kautta istutuksiin. Emokalojen perinnöllinen aines välittyy siten niiden jälkeläisiin eli takaisin luontoon ja sen olosuhteisiin.

Luonnonkalakantojen hoidon yhtenä päätehtävänä on säilyttää kantojen eriytyneisyys ja perinnöllinen monimuotoisuus. Koska valtion kalanviljelyllä on tässä keskeinen rooli, päätettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vesiviljelyn tulosityksikössä 1990-luvun lopulla ryhtyä kartoittamaan emokalastojen perinnöllistä tilaa, erilaisuutta ja monimuotoisuutta eli biodiversiteettiä. Toiminnalla on ollut ja tulee olemaan suuri vaikutus mm. vesiviljelyn toimintajärjestelmän menettelyohjeisiin.

Tämä käsillä oleva kirjoitus on toinen sarjassa, jonka ensimmäisessä osassa (Aho ym. 2002) selostettiin geneettisen tietokannan perusteita, rakennetta ja mittaristoa. Tässä osassa käsitellään viljelyssä olevia taimenkantoja ja seuraavat osat tulevat käsittämään harjus- ja siikakantojen emokalastojen mikrosatelliitti-DNA –selvitysten tulokset.

Tällä työllä on luotu ensimmäistä kertaa kattava, samoihin tutkimusmenetelmiin perustuva viljelyssä olevien taimenkantojen perinnöllisiä ominaisuuksia ja rakennetta kuvaava tietokanta, joka mahdollistaa vertailukelpoisen perusaineiston käytön emokalastoja vuosien mittaan uusittaessa, viljelytoimintaa kehitettäessä, sekä vertailtaessa villien ja viljeltyjen taimenkantojen ominaisuuksia.

2. Aineisto

Tässä työssä käytetty aineisto on kerätty valtion kalanviljelylaitoksilla kasvatetuista eri taimenkantojen emokalastoista lokakuun 1997 ja kesäkuun 1999 välisenä aikana. Näytteitä otettiin kaikkiaan 55 emoparvesta, mutta resurssisyistä voitiin analyysit tehdä vain 35 parven näytteistä (1.184 kalaa). Käsitellyt kannat olivat seuraavat (kirjainyhdistelmä on kannasta tässä raportissa käytetty lyhenne):

Järvitaimenkannat:

JTKIE = Kiellajoen järvitaimen
JTTSI = Siuttajoen järvitaimen
JTJUJ = Juutuanjoen järvitaimen
JTIVA = Ivalojoen järvitaimen
JTKJY = Kitkajoen Jyrävän yläp. järvitaimen
JTKJA = Kitkajoen Jyrävän alap. järvitaimen
JTKUU = Kuusinkijoen järvitaimen
JTKIL = Kirintö-Lohijoen järvitaimen
JTMON = Montan järvitaimen
JTVAR = Varisjoen järvitaimen
JTOUN = Ounasjoen järvitaimen
JTTRAU = Rautalammin reitin järvitaimen
JTVUV = Vuoksen vesistön järvitaimen

Purotaimenkannat:

PTOUN = Ounasjoen purotaimen
PTKEM = Kemijoen purotaimen
PTOHT = Ohtaojan purotaimen
PTVAA = Vaarainjoen purotaimen
PTLUU = Luutajoen purotaimen

Meritaimenkannat:

MTTOR = Tornionjoen meritaimen
MTIJO = Iijoen meritaimen
MTLES = Lestijoen meritaimen
MTISO = Isojoen meritaimen
MTING = Ingarskilajoen meritaimen

Useimmista kannoista analysoitiin ainakin kaksi emoparvea. Analysoidut parvet on valittu pääsääntöisesti siten, että ne edustaisivat mahdollisimman hyvin alkuperäistä luonnonpopulaatiota (yleensä vain ensimmäisen laitospolven luonnonmädistä perustetut kalastot). Saman kannan rinnakkaisparvien avulla oli tarkoituksena selvittää, paitsi eri parvien välisiä eroja, myös mahdollisia parvien perustamiseen ja viljelykäytäntöihin liittyviä perinnölliseen monimuotoisuuteen vaikuttaneita tekijöitä.

3. Menetelmät

3.1. Näytemäärä

Taimenkantojen monimuotoisuuden taso on selvitetty analysoimalla seitsemän muuntelevaa mikrosatelliittigeenipaikkaa (*MST60*, *MST73*, *One9*, *Ssa197*, *Ssa85*, *SSOSL417* ja *MST15*) kustakin kannasta (ks. myös Aho ym. 2002). Analysoitujen yksilöiden määräksi on pyritty saamaan 50, mutta käytännössä kaikki yksilöt harvoin toimivat kaikkien geenipaikkojen osalta. Mikäli yksilömäärä jonkin geenipaikan osalta on alhaisempi kuin 50, aineisto on korjattu vastaamaan tavoiteyksilömäärää Ewensin (1972) korjausmenetelmää käyttäen. Tässä raportissa esitetyt tulokset ovat siten suoraan vertailukelpoisia analysoidusta yksilömäärästä riippumatta.

Tutkituissa järvitaimenparvissa eri mikrosatelliittilokuksissa havaittu alleelimäärä (laskettu 50:tä yksilöä kohti) on raportin liitteenä.

3.2. Geneettiset analyysit

Laboratorioanalyysit on 12 kannasta tehty Helsingin yliopiston Populaatiobiologian osaston Molekyyliökologian laboratoriossa (vastaava tutkija C. Primmer) ja 11 kannasta Uppsalan yliopiston Eläinekologian laitoksen molekyyllaboratoriossa (vastaava tutkija T. Aho). Käytetyistä menetelmistä ja niiden soveltuvuudesta ks. lähemmin Aho (1999). Aineiston analysoinnin ja tulosten tulkinnan osalta vastuullinen tutkija on tässä työssä T. Aho, tietokannan ovat laatineet T. Aho ja J. Piironen.

3.3. Monimuotoisuus

Monimuotoisuusindekseinä on käytetty (ks. myös Aho ym. 2002):

- havaittua geenimuotojen määrää (saman geenin eri muodot eli alleelit; jokaisella yksilöllä on kaksi kopiota kustakin geenistä, joista toinen on peritty naaraalta ja toinen koiraalta). Harvinaiseksi geenimuodoksi sanotaan sellaista, jonka taajuus on alle 5%.
- havaittua heterotsygotia-astetta (H_o ; erilaiset geenimuodot omaavien yksilöiden suhteellinen osuus).
- odotettua heterotsygotia-astetta (H_e ; geenidiversiteetti, geenimuotojen määrän perusteella laskettu odotettu heterotsygotia-aste). Geenidiversiteetti vastaa odotettua heterotsygotia-astetta vastaavassa, satunnaisesti lisääntyvässä populaatiossa. Mikäli kannan sisällä yksilöt lisääntyvät satunnaisesti eikä esimerkiksi sukusiitosta tai yksilömäärän romahduksia esiinny, noudattavat geenimuotojen taajuudet nk. Hardy-Weinbergin taajuuksia. Populaation geenimuotojen taajuuksien sanotaan tällöin olevan Hardy-Weinbergin tasapainotilassa. Tällöin havaittu heterotsygotia-aste ja geenidiversiteetti ovat suunnilleen yhtä suuria. Poikkeamat H-W-tasapainotilanteesta on tilastollisesti testattu.

3.4. Efektiivinen populaatiokoko

3.4.1 Perustajayksilöt

Perustajayksilöillä tarkoitetaan viljelyparven alkuhedelmöityksissä käytettyjä naaraita ja koiraita. Näiden emojen ominaisuuksista määräytyy hyvin pitkälle se, kuinka monimuotoinen viljeltävä emoparvi on geneettisesti (vrt. efektiivinen koko). Teoriassa parhaimmillaankin emoparveen voidaan saada korkeintaan sama määrä perinnöllistä muuntelua kuin perustajayksilöissä on olemassa. Käytännössä viljelyssä olevan emokalparven toteutuneeseen efektiiviseen kokoon vaikuttavat mm. perustajaemojen paritustavat, jälkeläismäärän vaihtelu ja kuolevuus ennen parven sukukypsyysikää.

3.4.2 Teoreettinen efektiivinen populaatiokoko (N_e)

Laskennallinen tunnusluku N_e kuvaa lisääntyvän eli perinnöllisessä mielessä tehokkaan populaation kokoa, mikä on aina pienempi kuin populaation yksilöiden kokonaisuus. Tarkkaan ottaen efektiivistä populaatiokokoa kuvaavilla kaavoilla lasketaan, millä todennäköisyydellä sama geeni kahdella yksilöllä on peräisin samalta naaraalta ja samalta koiraalta. Sen laskemiseen ideaalipopulaatiossa (mm. satunnainen hedelmöitys, vakaa populaatiokoko, tasainen sukupuolijakauma, Poisson-jakaumaa noudattava perhekoon jakauma, minkä lisäksi oletetaan, ettei valintaa tapahdu) käytetään eri tilanteissa seuraavia kaavoja:

a) Käytetään eri määrä naaraita ja/tai koiraita:

$$N_e = (4 \times N_n \times N_k) / (N_n + N_k),$$

N_n = naaraiden lukumäärä ja N_k = koiraiden lukumäärä.

b) Populaatiokoko vaihtelee peräkkäisissä vuosiluokissa:

$$N_e = (1/t \times \sum 1/N_i) - 1,$$

missä t = vuosiluokka ja N_i = populaatiokoko vuosiluokassa t

c) Populaatiokoko vaihtelee ja käytetään eri määrä naaraita ja/tai koiraita:

$$N_e = [1/t \times \sum (1/4 N_n + 1/4 N_k)]^{-1},$$

symbolit ovat samat kuin edellä.

Jos populaatiokoot (N_i) ovat suhteellisen suuria, on efektiivinen populaatiokoko likimain populaatiokokojen harmoninen keskiarvo:

$$1/N_e = 1/t \times \sum 1/N_i$$

d) Jälkeläisten lukumäärä/emokala vaihtelee, populaatiokoko pysyy vakiona:

$$N_e = (4N - 2) / (V_k + 2),$$

V_k = jälkeläismäärän varianssi/emokala.

Siis jos kaikilla naarilla ja koirilla on yhtä monta jälkeläistä tai perheiden jälkeläismäärä on tasattu (eli $V_k = 0$), on:

$$N_e = 2N - 1$$

eli huomattavasti suurempi kuin käytettyjen emojen lukumäärien perusteella laskettu efektiivinen populaatiokoko.

3.4.3 Toteutunut efektiivinen populaatiokoko

Mikrosatelliittiaineistosta laskettu toteutunut efektiivinen populaatiokoko, eli lisääntyvien yksilöiden määrä on laskettu Hillin (1981) metodia käyttäen. Tämä menetelmä edellyttää, että populaatioiden välillä ei ole vaihtuvuutta, ts. että populaatiot ovat toisistaan eristyneitä. Mikäli vaihtuvuutta (tai kantojen välisiä istutuksia) esiintyy, arvio efektiivisestä populaatiokoosta saattaa olla liian suuri. Menetelmä on sitä tarkempi, mitä suurempi analysoitu yksilömäärä on, joten esimerkiksi noin 20 yksilön otoksiin on suhtauduttava varauksella. Toisaalta, mitä vanhemmasta emokalaparvesta on kysymys, sitä enemmän yksilöitä on todennäköisesti kuollut. Tämä pienentää aineistosta laskettua efektiivistä perustajamäärää. Nuorista emokalaparvista tehdyistä otoksista laskettu efektiivinen populaatiokoko on siten luotettavampi kuin jo ikääntyneistä.

3.4.4 Geneettinen pullonkaula

Geneettiseksi pullonkaulaksi kutsutaan tilannetta, jossa populaation lisääntyvien yksilöiden määrä on romahtanut hyvin pieneksi. Tämä näkyy analyysituloksissa heterotsygotiaylijäämänä, mikä on tilastollisin testein osoitettavissa. Kyseinen testi vaatii kuitenkin vähintään kymmenen mikrosatelliittigeenipaikan analysointia luotettavien tulosten saamiseksi. Tässä työssä ei näin ollen ole tuota testiä käytetty, vaan geneettisen pullonkaulan mahdollisuuteen viitataan tapauksissa, joissa heterotsygotiaylijäämää selvästi esiintyy.

3.5. Yksilöiden välinen sukulaisuus

Parven yksilöiden välinen keskinäinen sukulaisuusaste, r -arvo, on laskettu käyttäen ohjelmaa Delrious (Stone & Björklund 2001). Ohjelma laskee mikrosatelliittiaineistosta jokaisen yksilöparin välisen sukulaisuuden, ja näistä pareittaisista arvoista on laskettu keskiarvo koko parvelle. Sukulaisuusasteen $r = 0,5$ vastaa täyssisaruksia, $r = 0,25$ puolisisaruksia ja $r = 0,125$ serkuksia. Kullekin emoparvelle on lisäksi laskettu täyssisarusparien osuus (niiden pareittaisten vertailujen osuus, joissa $r > 0,375$) ja sukulaisparien osuus ($r > 0,07$) kaikista pareittaisista vertailuista. Sukulaisuuden tilastollisena raja-arvona on siis käytetty r -arvoa $0,07$. Myös tämä menetelmä on sitä tarkempi, mitä suurempi analysoitu yksilömäärä ja geenipaikkojen määrä on. Mahdolliset poikkeamat Hardy-Weinbergin tasapainosta vaikuttavat r -arvoihin (menetelmä edellyttää satunnaista paritumista), joten niiden parvien osalta, joissa poikkeamia havaittiin, tulee r -arvoja tarkastella viitteellisinä. Tässä selvityksessä r -arvoja tulee kaikkien parvien osalta käyttää lähinnä vertailtaessa emoparvia keskenään.

Emokalaparvien sisäinen sukulaisuus on luokiteltu seuraavasti

Sukulaisuusaste (r)	Täyssisaria (%)	Sukulaisten osuus	Luokittelu
<0.06		<20	erittäin alhainen
0.061-0.070	<5	20.1-25	alhainen
0.071-0.100	5.1-10	25.1-30	keskimääräinen
0.101-0.110	10.1-15	30.1-35	korkea
>0.111	>15.1	>35.1	erittäin korkea

3.6. Kantojen väliset erot

Kantojen välisten erojen analyysi perustuu eroihin geenimuotojen taajuuksissa sekä määrissä. F_{ST} -arvo kertoo kantojen välisen erilaisuuden, eli montako prosenttia kokonaismuuntelusta esiintyy kantojen välillä verrattuna kantojen sisäiseen geneettiseen muunteluun (esim. $F_{ST} = 0,0529$ tarkoittaa sitä, että 5,29 % muuntelusta esiintyy kantojen välillä ja loput kantojen sisällä). Mitä suurempi F_{ST} -arvo on, sitä erilaistuneempia kannat ovat. F_{ST} -arvon tilastollinen merkitsevyys kertoo sen, onko arvo suurempi kuin nolla. Mikäli arvo ei ole tilastollisesti merkitsevä, kannat eivät ole geneettisesti erilaistuneita.

Geenimuotojen taajuuksiin perustuva testi (population differentiation test) kertoo onko kantojen välillä eroja geenimuotojen taajuuksissa, ja F_{ST} -arvo puolestaan kertoo erojen suuruuden (montako prosenttia kokonaismuuntelusta esiintyy kantojen välillä, verrattuna kantojen sisäiseen muunteluun). Geenimuotojen taajuuksiin perustuva testi on konservatiivisempi kuin pelkkä F_{ST} -arvo.

F_{IS} -arvo puolestaan kuvaa kannan (tai parven) sisäistä geneettistä rakennetta. Mikäli tämä arvo on positiivinen kaikkien tutkittujen geenipaikkojen osalta, on todennäköistä että kannassa esiintyy sukusiitosta.

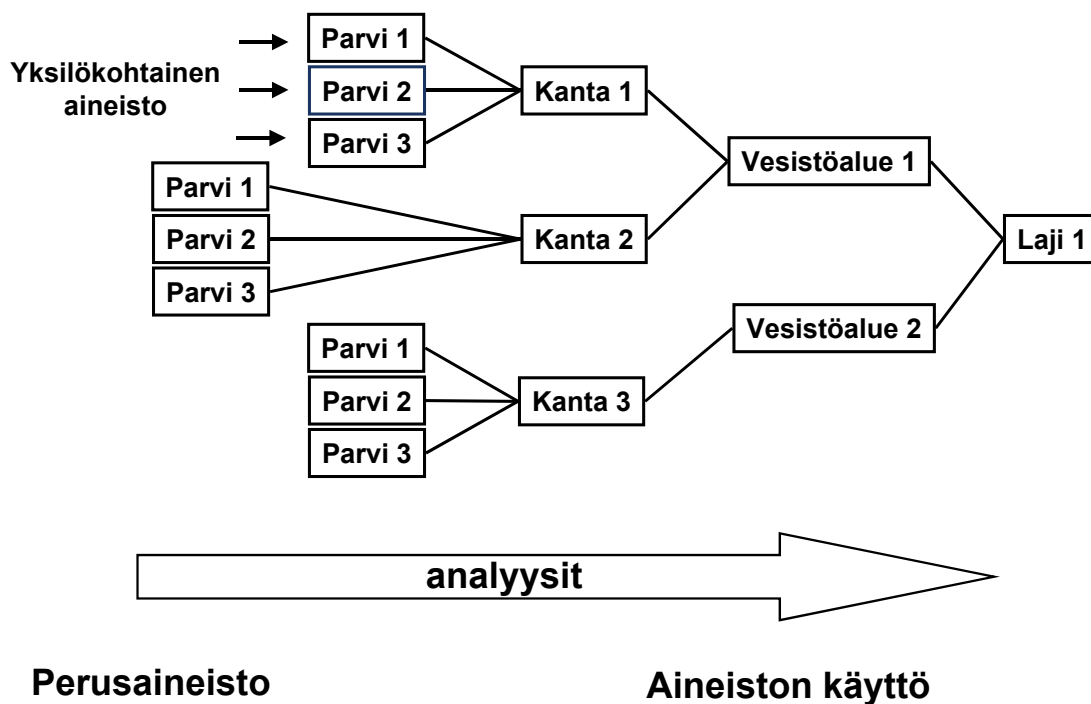
3.7. Kantojen väliset geneettiset etäisyydet

Kantojen väliset geneettiset etäisyydet on laskettu käyttämällä Nei DA distance –menetelmää. 'Puudiagrammi' kertoo eri kantojen suhteellisen geneettisen etäisyyden toisistaan. Mitä lähemmäs toisiaan kannat sijoittuvat, sitä läheisempää 'sukua' ne ovat toisilleen. Jokaisen viivan alussa oleva numero kertoo prosentuaalisesti, kuinka todennäköistä on, että kanta sijoittuu juuri kyseiseen kohtaan. Mikäli luku on yli 50, tarkoittaa se yli 50%:n todennäköisyyttä, ja sijoittumista voidaan pitää melko varmana. Viivojen pituudet ovat puolestaan geneettisen erilaisuuden mitta: mitä pidempi viiva, sitä enemmän kanta poikkeaa muista kannoista.

4. Tarkastelutapa

Aineistosta saatuja tuloksia on tarkasteltu neljällä eri tasolla:

- Kalakohtaiset tiedot on ensin koottu parvitasolla laskemalla kunkin parven monimuotoisuustaso, efektiivinen koko ja yksilöiden välinen sukulaisuusaste. Saman kannan eri parvia on sitten verrattu keskenään mahdollisten geneettisten erojen selvittämiseksi.
- Tämän jälkeen parvikohtaiset tiedot on yhdistetty ja käsitelty kantatasolla laskemalla kantojen monimuotoisuustaso.
- Kannat on tämän jälkeen ryhmitelty joko vesistökohtaisesti (Inarinjärven, Rautalammin ja Vuoksen vesistöalue, Kuusamon alue) tai taimenmuodoittain (meritaimenet, purotaimenet). Kunkin vesistöalueen/muodon sisällä kantoja on verrattu keskenään ja niiden geneettiset erot on testattu.
- Neljännellä, eli lajitasolla, kaikkia kantoja on vertailtu keskenään ja niiden välisiä suhteita tarkastellaan esimerkiksi kantojen välisten geneettisten etäisyyksien avulla.



Kuva 1. Taimenen emokalastojen geneettisen selvityksen tarkastelutavan hierarkkinen rakenne.

5. Tulokset

5.1 Taimenparvien väliset erot ja geneettinen etäisyys

Kalanviljelylaitoksilla emokalaparvet elävät rajallisen ajan. Parven perustajayksilöiden määrä ja kasvatuksen aikana tapahtuva kuolevuus ovat sattumanvaraisia ja erillään luonnon- ja viljelypopulaatioista. Tästä syystä ei yksittäisen parven perusteella ole syytä tehdä pitkälle vieviä johtopäätöksiä, vaan parvitasolla on syytä keskittyä mahdollisesti havaittaviin yllätyksellisiin poikkeamiin.

Eri laitoksilla viljelyssä olevat taimenten emokalastojen parvet jakautuvat geneettisen etäisyyden perusteella selkeästi kolmeen maantieteelliseen alueeseen:

- Etelä-Suomi (Lutajoen purotaimenparvet, Lestijoen, Isojoen ja Ingarskilajoen meritaimenparvet sekä Vuoksen vesistön järvitaimenparvet)
- 'Keski-Suomi' (Oulujoen vesistön, Varisjoen, Montan, Rautalammin reitin, Kitkajoen, Kirintö-Lohijoen ja Kuusinkijoen järvitaimenet sekä Kemijoen, Ounasjoen ja Ohtaajan purotaimenet)
- Pohjois-Suomi (Ivalojoen, Siuttajoen, Kiellajoen ja Juutuanjoen järvitaimenparvet sekä yllättäen Tornionjoen ja Iijoen meritaimenparvet).

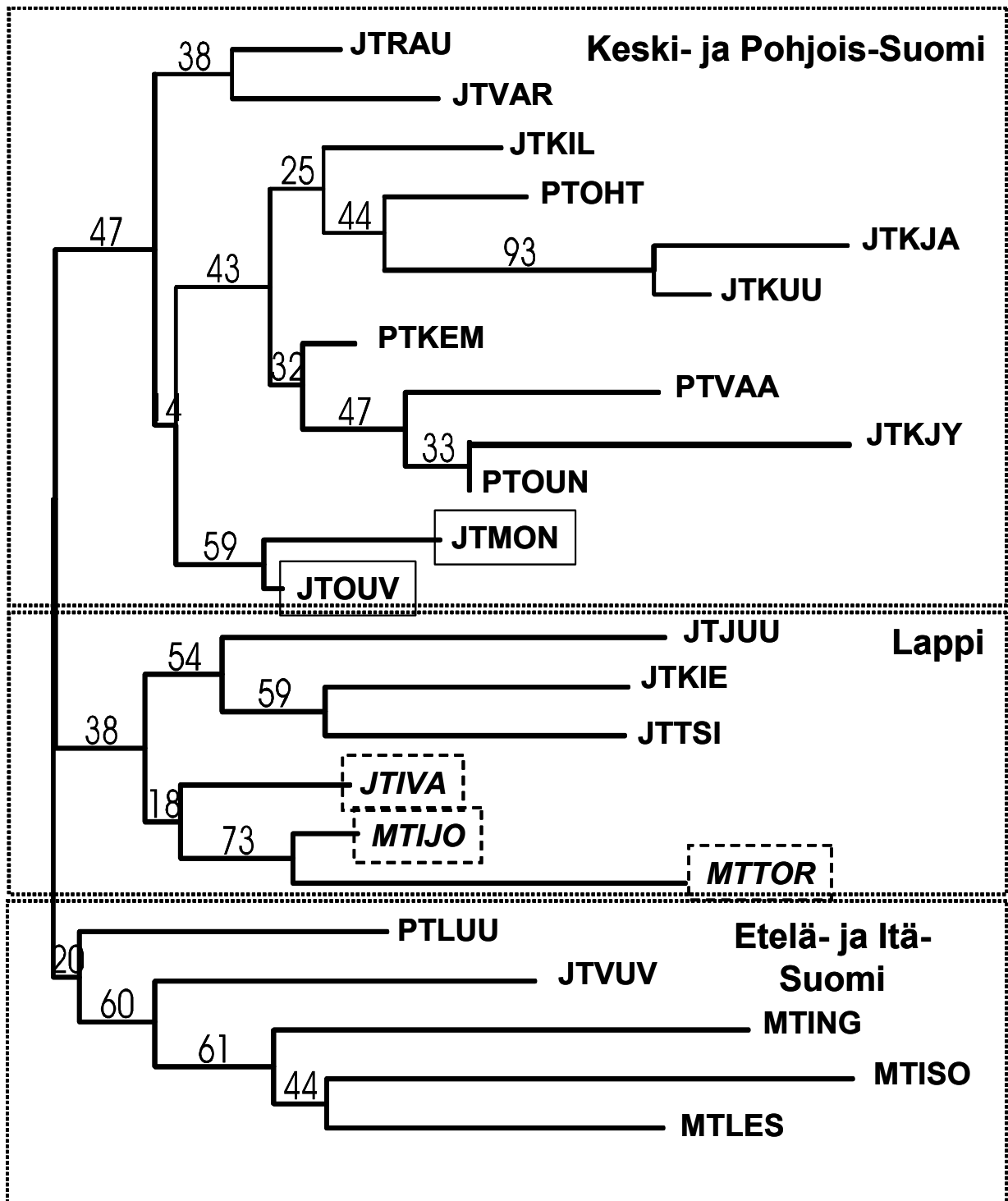
Saman kannan eri emokalaparvien välisissä geneettisissä eroissa havaittiin kuitenkin joitakin sellaisia tekijöitä, jotka voivat olla perustamis- ja viljelyhistorian aiheuttamia. Tekijät on tarkemmin analysoitu parvihistorian avulla, mutta niiden yksityiskohtainen käsittely ei ole tässä yhteydessä mahdollista.

Parvikohtaisessa analyysissä keskinäisen geneettisen etäisyyden suhteen oudosti sijoituivat Ivalojoen järvitaimenen vuosiluokat 1992 ja 1995 ja Iijoen 1989 sekä Tornionjoen 1997 meritaimenen parvet. Ivalojoen järvitaimenen parvien olettaisi sijoittuvan samaan ryhmään muiden Inarinjärven kantojen kanssa, mutta sen sijaan ne sijoittuvat samaan haaraan kuin Iijoen ja Tornionjoen meritaimenet. Geenimuototaajuuksiltaan Ivalojoen parvet eivät poikkea kummastakaan meritaimenparvesta, ja F_{ST} -arvotkin ovat suhteellisen alhaiset, erityisesti vuosiluokassa 1995. Tuloksen nojalla on välttämättä perustettava kaksi tai kolme uutta vuosiluokkaa Ivalojoen järvitaimenen emokalastoja ja tutkittava niiden perustajayksilöiden geneettinen tausta.

Eräs huomionarvoinen seikka oli, että Taivalkosken Ohtaajan purotaimenkannasta perustettu emoparvi poikkeaa selvästi Iijoen meritaimenkannasta, joten purotaimenkanta tulee hoitaa omana yksikkönään.

5.2. Taimenkantojen erot ja geneettinen etäisyys

Useista saman kannan emokalaparvista tehdyistä mikrosatelliitti-DNA -analyysistä voidaan yhdistämällä saada kohtalaisen hyvä kuva kyseisen kannan sijoittumisesta taimenten sukupuuhun. 'Puudiagrammi' kertoo eri taimenparvien suhteellisen geneettisen etäisyyden toisistaan. Mitä lähemmäs toisiaan parvet sijoittuvat, sitä läheisempää 'sukua' ne keskenään ovat. Jokaisen viivan alussa oleva numero kertoo prosentuaalisesti kuinka todennäköistä on, että parvi sijoittuu juuri kyseiseen kohtaan. Mikäli luku on yli 50, tarkoittaa se yli 50%:n todennäköisyyttä, ja sijoittumista voidaan pitää melko varmana. Viivojen pituudet ovat puolestaan geneettisen erilaisuuden mitta: mitä pidempi viiva, sitä enemmän parvi poikkeaa muista parvista.



Kuva 2. Taimenkantojen geneettiset etäisyydet.

Kannat jakautuvat, kuten parvikohtaisesta tarkastelusta on helppo päätellä, selkeästi kolmeen maantieteelliseen alueeseen:

- Etelä-Suomi (Luutajoen purotaimen, Lestijoen, Isojoen ja Ingarskilajoen meritaimenet sekä Vuoksen vesistön järvitaimenet)
- 'Keski-Suomi' (Oulujoen vesistön, Varisjoen, Montan, Rautalammin vesistön, Kitkajoen, Kirintö-Lohijoen ja Kuusinkijoen järvitaimenet sekä Kemijoen, Ounasjoen ja Ohtaajan purotaimenet)

- Pohjois-Suomi (Ivalojoen, Siuttajoen, Kiellajoen ja Juutuanjoen järvitaimenet sekä yllättäen Tornionjoen ja Iijoen meritaimenet).

Ivalojoen järvitaimen on sijoittunut samaan haaraan Iijoen ja Tornionjoen meritaimenten kanssa (ts. näyttää olevan geneettisesti läheisempää sukua näille meritaimenille kuin muille Inarinjärven taimenkannoille), mitä on vaikea uskoa todeksi. Ivalojoen kanta ei poikkea geenimuotojen taajuuksien osalta em. meritaimenista eikä myöskään Kiellajoen ja Siuttajoen järvitaimenista sekä Kirintö-Lohijoen järvitaimenesta. Iijoen meritaimen puolestaan ei poikkea (Ivalojoen lisäksi) Tornionjoen ja Isojoen meritaimenista, Oulun vesistöalueen järvitaimenista, Kemijoen purotaimenista eikä Kiellaja Siuttajoen järvitaimenista. Vastaavat F_{ST} -arvot ovat myös huomattavasti alhaisempia kuin muiden kantojen välillä. Näiden geneettisten samankaltaisuuksien perusteella on mahdollista, että kantojen/parvien välillä on tapahtunut jossain vaiheessa sekoittumista.

Muita havaintoja:

- Kitkajoen Jyrävän yläpuolinen järvitaimenkanta poikkeaa selvästi Jyrävän alapuolisista järvitaimenista, jotka puolestaan ovat läheistä sukua Kuusinkojoen järvitaimenille. Kaikki kolme ovat selvästi omia kantojaan.
- Ohtaajan purotaimen ja Iijoen meritaimen ovat selvästi omia kantojaan, ja niitä tulee hoitaa erillisinä.
- Montan vanha viljelykanta ja Oulun vesistöalueen järvitaimenet eivät poikkea toisistaan, joten niitä voidaan hoitaa yhtenä kokonaisuutena.
- Iijoen meritaimenen ja Vuoksen vesistön järvitaimenen geenimuotojen taajuuksissa kantojen välillä on samankaltaisuuksia (population differentiation test: $p = 0,069$). Kannat eivät siis geenimuotojen taajuuksien osalta täysin selvästi poikkea toisistaan.
- Kemijoen purotaimenen ja Kirintö-Lohijoen järvitaimenen geenimuotojen taajuuksissa kantojen välillä on myös samankaltaisuuksia (population differentiation test: $p = 0,077$). Kannat eivät siis geenimuotojen taajuuksien osalta täysin selvästi poikkea toisistaan.

5.3. Taimenparvien geneettinen monimuotoisuus

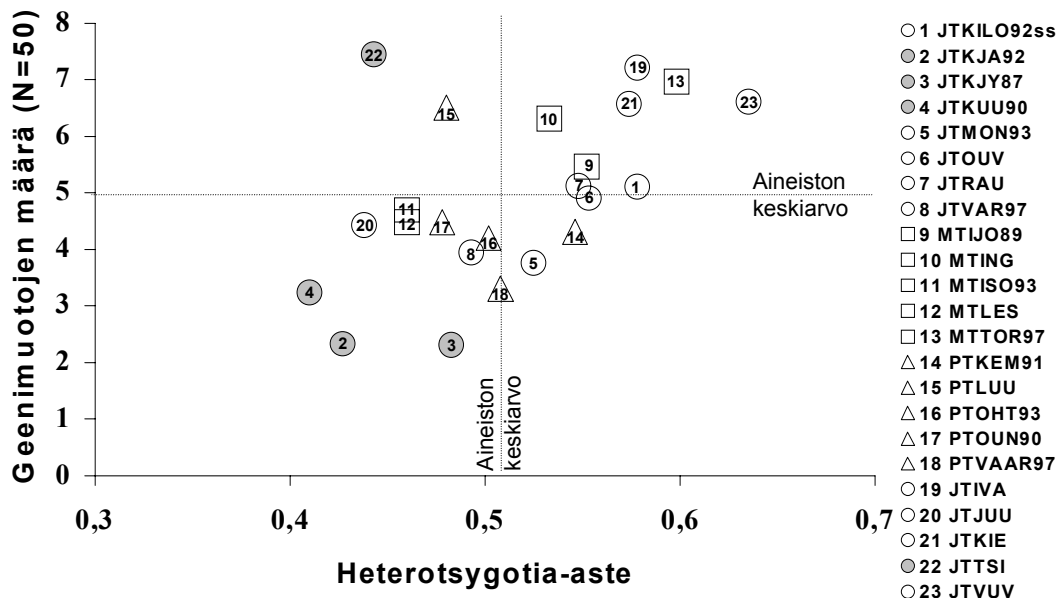
Yksittäisten emokalaparvien näytteistä ei voida tehdä johtopäätöksiä kannan tilasta luonnossa sen paremmin kuin koko viljelypopulaatiossakaan, elleivät kaikki viljelyssä olevat kalat ole samoista perustajayksilöistä peräisin. Mikäli näyteparvi on ikääntynyt ja määrällisesti pieni, ongelma tässä suhteessa korostuu. Parvikohtainen alleelien (geenipaikkojen) määrä ja heterotsygotia-aste kertoo kuitenkin, mihin asioihin viljelyssä erityisesti olisi kiinnitettävä huomiota.

Emoparvien (jopa saman kannan) välillä havaittiin huomattavia eroja monimuotoisuusasteessa. Tämä on seurausta perustajavaikutuksesta (eri määrä perustajayksilöitä, jotka ehkä sattumalta ovat olleet erilaisia). Useimmissa parvissa havaittu heterotsygotia-aste vastasi kohtuullisen hyvin geenimuotojen määrää. Eräissä emokalaparvissa oli poikkeuksellisen pieni alleelien määrä ja alhainen heterotsygotia-aste, mikä viittaa pieneen perustajamäärään ja perustajien keskinäiseen sukulaisuuteen.

Parvikohtaisen tarkastelun tulokset on hyödynnetty jo käytännön viljelytoiminnassa.

5.4. Taimenkantojen geneettinen monimuotoisuus

Useista saman kannan emokalaparvista tehdyistä mikrosatelliitti-DNA -analyysistä voidaan yhdistämällä saada kohtalaisen hyvä kuva kyseisen kannan perinnöllisestä monimuotoisuudesta. Kuvassa 3. on esitetty symbolein jokainen tutkittu taimenkanta, jonka sijoittumisen määrää kaikkien geenipaikkojen yli laskettu keskimääräinen havaittu heterotsygotia-aste ja geenimuotojen määrä. Katkoviivalla on kuvaan merkitty kaikkien analysoitujen kantojen keskiarvot.



**Kuva 3. Taimenkantojen geneettinen monimuotoisuus. Symbolit: pallo = järvi-
taimenet; neliö = meritaimenet; kolmio = purotaimenet; varjostettu kuvio =
kannan monimuotoisuustaso vaatii lisäselvityksiä.**

Kantojen välillä on huomattavia eroja monimuotoisuusasteessa. Useimmissa kannoissa havaittu heterotsygotia-aste vastaa kohtuullisen hyvin geenimuotojen määrää. Koska luonnonkannoista ei ole vielä laajemmin otettu näytteitä ja niitä analysoitu, on vaikeaa päätellä, kuinka hyvin laitoskantojen monimuotoisuustaso vastaa luonnonkannan tasoa. Jotkut kannat saattavat luontaisestikin olla vähemmän monimuotoisia kuin toiset. Aineisto kuitenkin osoittaa kiireisimmät selvityskohteet.

Erityisesti huomiota kiinnittää se, että kaikkien kolmen Kuusamon ylängön järvi-
taimenkannan (Kitkajoen Jyrävän ylä- ja alapuolinen sekä Kuusinkijoki) monimuotoi-
suustaso on emoparvissa alhainen. Näiden merkittävien taimenjokien osalta on erittäin
tärkeää selvittää, onko tämä kantojen luontainen tila, vai voidaanko emoparvi-
en monimuotoisuutta saada nostettua emoparvia uusittaessa.

Myös Pohjanlahteen laskevien suurten ja tärkeiden meritaimenjokien Isojoen ja Lesti-
joen emoparvi-
en monimuotoisuustaso jää keskiarvon alapuolelle. Näiden osalta on
myös syytä selvittää onko kyse vain emoparvi-
en vinoumasta vai kantojen todellisesta
tilasta.

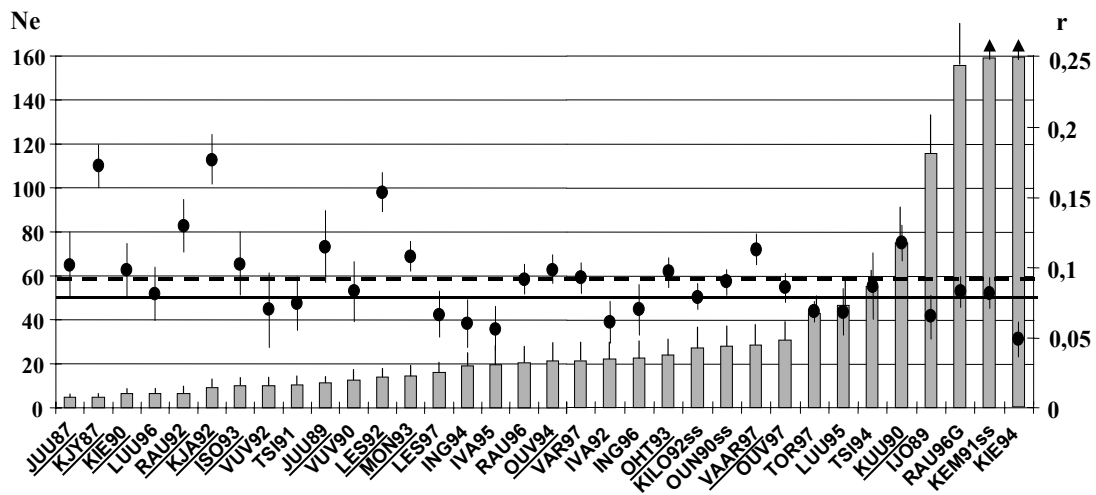
5.5. Taimenparvien sukulaisuusaste ja efektiivinen populaatiokoko

Tutkittujen taimenparvien määrät sukulaisuuden suhteen on esitetty seuraavassa taulukossa:

Luokittelu	Sukulaisuusaste		Täyssisaria (%)		Sukulaisten osuus	
	r-arvo	parvia	%	parvia	%	parvia
erittäin alhainen	<0.06	4			<20	1
alhainen	0.061-0.070	8	<5	8	20.1-25	7
keskimääräinen	0.071-0.100	12	5.1-10	18	25.1-30	15
korkea	0.101-0.110	3	10.1-15	5	30.1-35	8
erittäin korkea	>0.111	7	>15.1	3	>35.1	3

Kuvassa 4 on esitetty tutkittujen parvien toteutunut efektiivinen populaatiokoko (N_e) pylväsdiagrammina (vasemmanpuoleinen akseli) 95%:n luottamusväleinen. Parvet on järjestetty efektiivisen koon mukaan pienimmästä suurimpaan. Tämä metodi on sitä tarkempi, mitä suurempi analysoitu yksilömäärä on, joten esimerkiksi noin 20 yksilön otokseen on suhtauduttava varauksella.

Parven yksilöiden välinen keskinäinen sukulaisuusaste, r-arvo, (keskiarvo kaikista pareittaisista vertailuista) on esitetty palloina, joihin on piirretty myös 95 %:n luottamusvälit (oikeanpuoleinen akseli). Sukulaisuuden r-arvo 0,5 vastaa täyssisaruksia, 0,25 puolissisaruksia ja 0,125 serkuksia.



Kuva 4. Taimenparvien toteutunut efektiivinen populaatiokoko N_e (pylväät) ja keskimääräinen yksilöiden välinen sukulaisuusaste r (pallot). Katkoviivalla on merkitty sukulaisuusasteen yleiskeskisarvo ($r=0,092$) ja yhtenäisellä viivalla efektiivisen koon suositustaso ($N_e = 50$).

Toteutunut efektiivinen populaatiokoko (niiden perustajayksilöiden lukumäärä, joiden jälkeläisiä on parvessa edustettuna) on huomattavan alhainen usean parven osalta. Peräti 16 parvella kaikista analysoiduista (34) efektiivinen perustajamäärä näyttäisi olevan alle 20 yksilöä. Ainoastaan kahdeksalla parvella N_e oli yli 40 yksilöä. Sukulaisuusasteen yleiskeskisarvo ($r=0,092$) on suhteellisen korkea, mutta perustajamääriin nähden kohtuullisella tasolla. Niissä parvissa, joiden perustajamäärä jäi alle 20, kes-

kimääräinen sukulaisuusaste vaihteli suuresti. Tämä vaihtelu on todennäköisesti seurausta vaihtelusta hedelmöitystuloksessa parvea perustettaessa (perustamismenetelmä tai perheiden lukumäärä) tai myöhemmästä valikoivasta kuolleisuudesta.

Kantakoodin perään kirjoitettu numero kuvassa kertoo kyseisen parven perustamisvuoden (kalojen kuoriutumivuosi). Mitä vanhempi parvi on, sitä enemmän yksilöitä on todennäköisesti kuollut, mikä osaltaan pienentää aineistosta laskettua efektiivistä perustajamäärää. Toisin sanoen, mitä nuoremasta parvesta on kysymys, sitä luotettavampi aineistosta laskettu efektiivinen koko on.

Parvikohtaisesti kiinnittyy huomio joihinkin erityisiin kohtiin:

- Kiellajoen vuosiluokan 1994 (KIE94) parven efektiiviseksi kooksi Hillin testi antaa äärettömän määrän yksilöitä. Parvi on yhdistelmäparvi aikaisemmista parvista, jolloin geenipaikkojen välisten linkittymisten määrä helposti kasvaa, ja tämä puolestaan näennäisesti nostaa toteutunutta efektiivistä populaatiokokoa (Hillin metodi perustuu geenipaikkojen välisiin linkityksiin). Tämä erityisesti silloin, kun yhdistettävissä parvissa esiintyy sukusiitosta (tai perustajayksilöt ovat sukulaisia keskenään). Käytetty hedelmöitysmuoto on 3 X 3, joten perheiden lukumäärä on suuri. Parvi poikkeaa selvästi H-W-tasapainosta, joten tämä luultavasti johtaa efektiivisen koon yliarvioon.
- Efektiivisen koon ja sukulaisuuden vaihtelu Rautalammin reitin (RAU) järvi-taimenkannassa on suuri; eri laitoksien emokalastoista muodostetun geenipooli-parven (RAU96G) toteutunut efektiivinen koko on huomattavasti korkeampi kuin muilla parvilla.

Tämän parvikohtaisen analyysin perusteella näyttää siltä, että esimerkiksi simulointitutkimusta apuna käyttäen olisi tarpeen selvittää eri hedelmöitystapojen vaikutus mikrosatelliitein mitattavaan efektiiviseen populaatiokokoon. Näin olisi mahdollisuus selvittää esimerkiksi eri ikäluokkien yhdistämisen geneettiset vaikutukset.

6. Kantakohtainen tarkastelu ja suositukset

Seuraavissa kantakohtaisissa tarkasteluissa mukaan on otettu myös viljelykantarekisterissä (Makkonen ym. 2000) esitetty arvio kunkin kannan uhanalaisuudesta sekä viljelyn tarpeellisuudesta.

<p>JTVUV Järvitaimen Vuoksen vesistö Ikäluokat -90 ja -92, osittain myös -91</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Parvet poikkeavat toisistaan geneettisesti. Alhaiseen efektiiviseen perustajamäärään (suositusarvoa alhaisempi) nähden erittäin korkea monimuotoisuustaso ja alhainen sukulaisuusaste. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: Viljely välttämätön, silmälläpidettävä, taantunut kanta. SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Kaikkia parvia tulee käyttää emoparvina, naaraat ja koiraat eri parvista. Mahdollisimman paljon luonnonkaloja emoparviin uusimiseen. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus tutkittava Pielisjoen lisäksi Kermankoskien ja Lieksanjoen emokaloista.</p>
<p>JTRAU Järvitaimen Rautalammin vesistö Ikäluokat -92, -96, -96G (geenipooliparvi)</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Parvet poikkeavat toisistaan geneettisesti. Keskimääräinen monimuotoisuustaso. Geenipooliparvessa selvästi korkein efektiivinen koko ja matala sukulaisuusaste, joka oli kuitenkin perustamishistoriaan nähden odotettua korkeampi. Se voi aiheutua perustajajäsenien keskimääräistä korkeammasta sukulaisuudesta. Muissa parvissa suositeltua alhaisempi efektiivinen koko. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: Viljely välttämätön, silmälläpidettävä, taantunut kanta. SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Tuotannon painopiste tulee siirtää geenipooliparveen. Täydentäminen luonnonkaloista suositeltavaa. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus tutkittava.</p>
<p>JTVAR Järvitaimen Varisjoki Ikäluokka -97</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Vain yksi parvi analysoitu. Hieman keskimääräistä alhaisempi monimuotoisuustaso. Suositusta alhaisempi efektiivinen koko, keskimääräinen sukulaisuusaste. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: ei arvioita SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Uusia emokaloja pyydettyä luonnosta, mikäli laitosviljelylle on tarvetta. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus tutkittava. Arvio muiden parvien tilasta perustamishistorian avulla.</p>
<p>JTMON Järvitaimen Monta Ikäluokka -93</p>	<p>TILANNE: Ei poikkeaa Oulujoen vesistön yhdistetystä kannasta. Vain yksi parvi analysoitu. Hieman keskimääräistä alhaisempi monimuotoisuustaso. Suositusta alhaisempi efektiivinen koko, ja keskimääräistä korkeampi sukulaisuusaste. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: kts. JTOUV SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Voidaan yhdistää OUV-kantaan uutta emokalastoa perustettaessa. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE:-</p>

<p>JTOUV Järvitaimen Oulujoen vesistöalue Ikäluokat –94 ja –97</p>	<p>TILANNE: Geenimuotojen taajuuksien osalta ei poikkeaa Montan järvitaimenista. Parvet poikkeavat toisistaan geneettisesti. Keskimääräinen monimuotoisuustaso. Suositusta alhaisempi efektiivinen koko molemmissa parvissa. Keskimääräiset sukulaisuusasteet.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, erittäin uhanalainen, sekoitus useasta kannasta</p> <p>SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Oulujärven vesistöalueen järvitaimenkantaa voidaan hoitaa yhtenä kokonaisuutena. Olemassa olevia emoparvia on hyvä pitää erillisinä niin kauan kuin uusi emokalasto on perustettu (mahdollisimman paljon luonnonkaloja).</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus, erityisesti erot Iijoen meritaimenista.</p>
<p>JTKIL Järvitaimen Kirintö-Lohijoki Ikäluokka –92ss</p>	<p>TILANNE: Geenimuotojen taajuuksien osalta ei eroa Ivalojoen järvitaimenesta. Eroa kuitenkin selvästi muista Kuusamon alueen kannoista. Vain yksi parvi analysoitu. Monimuotoisuustaso hieman keskimääräistä korkeampi. Efektiivinen koko suositustasoa alempi, mutta sukulaisuusaste keskimääräistä alhaisempi.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta</p> <p>SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Hoidetaan omana kantanaan, luonnonemoja mahdollisimman paljon.</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus tutkittava, erityisesti erot Ivalojoen järvitaimenista, kun uusia emoja hankitaan.</p>
<p>JTKJY Järvitaimen Kitkajoki, Jyrävän yläpuolinen Ikäluokka –87</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Vain yksi parvi analysoitu. Monimuotoisuustaso ja efektiivinen populaatiokoko erittäin alhaiset ja sukulaisuusaste korkea.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, erittäin uhanalainen kanta</p> <p>SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Uusia emokalastoja perustettava luonnonkaloista ja niiden käyttöön siirryttävä viivytyksettä. Suositellaan jatkuvaa emokalaston täydentämistä luonnosta.</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Erittäin tärkeää selvittää luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus.</p>
<p>JTKJA Järvitaimen Kitkajoki, Jyrävän alapuolinen Ikäluokka –92</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Vain yksi parvi analysoitu. Monimuotoisuustaso ja efektiivinen populaatiokoko erittäin alhaiset ja sukulaisuusaste korkea.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta.</p> <p>SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Uusia emokalastoja perustettava luonnonkaloista ja niiden käyttöön siirryttävä viivytyksettä.</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Erittäin tärkeää selvittää luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus.</p>
<p>JTKUU Järvitaimen Kuusinkijoki Ikäluokka –90</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Vain yksi parvi analysoitu. Monimuotoisuustaso erittäin alhainen ja sukulaisuusaste korkea. Efektiivinen populaatiokoko kuitenkin ylittää selvästi suositusrajan, muttei ole ymmärrettävissä perustamishistorian avulla.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön,</p>

	<p>silmälläpidettävä, harvinainen kanta SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Uusi emokalasto perustettava luonnonkaloista ja sen käyttöön siirryttävä viivytyksettä. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Erittäin tärkeää selvittää luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus.</p>
<p>JTIVA Järvitaimen Ivalojoeki Ikäluokat –92 ja –95</p>	<p>TILANNE: Geenimuotojen taajuuksien osalta ei poikkea Iijoen, Tornionjoen ja Isojoen meritaimenista eikä Kiella-, Siutta- ja Kirintö-Lohijoen järvitaimenista. Ilmeisesti sekoittumista on tapahtunut ainakin emoparviin osalta. Analysoidut JTIVA -parvet eivät poikkea toisistaan. Monimuotoisuusaste on korkea. Efektiivinen populaatiokoko on suositustasoa alhaisempi, mutta sukulaisuusaste on molemmissa parvissa alhainen. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Uusi emokalasto perustettava luonnonkaloista ja sen käyttöön siirryttävä viivytyksettä. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus ja erot muihin kantoihin selvitettävä välittömästi.</p>
<p>JTJUJ Järvitaimen Juutuanjoki Ikäluokat –87 ja –89</p>	<p>TILANNE: Selvästi oma erillinen kanta. Parvet eivät poikkea toisistaan. Monimuotoisuudeltaan keskitasoa alhaisempi. Molempien parvien efektiivinen koko hyvin pieni ja sukulaisuusaste suhteellisen korkea. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Emokalastoa syytä täydentää luonnonemoilla. Ikäluokkien sisäisiä hedelmöityksiä vältettävä. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Tärkeää selvittää luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus ja arvioida muiden parvien geneettisen monimuotoisuuden taso.</p>
<p>JTKIE Järvitaimen Kiellajoki Ikäluokat –91 ja –94</p>	<p>TILANNE: Geenimuototaajuuksiltaan ei poikkea Ivalojoen järvitaimenista eikä Iijoen meritaimenista. Analysoidut ikäluokat eivät poikkea toisistaan. Monimuotoisuustasoltaan keskiarvon yläpuolella. Vanhemman parven efektiivinen koko hyvin pieni ja sukulaisuusaste hieman keskitasoa korkeampi, kun taas nuoremman parven efektiivinen koko hyvin suuri ja sukulaisuusaste alhainen. Molemmissa parvissa merkkejä sukusiitoksesta. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta SUOSITUS KÄYTÄNNÖKSI: Emokalastoa syytä täydentää luonnonemoilla. Ikäluokkien sisäisiä hedelmöityksiä vältettävä. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Tärkeää selvittää luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus ja erot erityisesti Ivalojoen järvitaimeneen.</p>
<p>JTTSI Järvitaimen Siuttajoki Ikäluokat –91 ja –94</p>	<p>TILANNE: Oma kantansa, poikkeaa selvästi mm. muista Inarin alueen tutkituista taimenista. Myös analysoidut parvet poikkeavat geenimuototaajuuksiltaan selvästi toisistaan, vaikka perustamiseen on käytetty samojen parvien luonnosta pyydettyjä yksilöitä. 91-ikäluokka monimuotoisempi (selvästi keski-</p>

	<p>tasoa korkeampi geenimuotojen määrä) kuin 94-ikäluokka, jonka heterotsygotia-aste on selvästi keskitasoa alhaisempi (toiseksi alhaisin tutkituista parvista). Molemmissa parvissa merkittäviä poikkeamia Hardy-Weinbergin tasapainosta useissa lokuksissa (odotettua vähemmän hetrotsygoottisia yksilöitä) sekä selviä merkkejä sukusiitoksesta.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta</p> <p>SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Parvia uusittava luonnosta hankittavalla materiaalilla. Koska parvien välillä on selviä eroja alleelien esiintymisessä, on molempia parvia syytä käyttää, kunnes uudet parvet ovat tuotannossa. Hedelmöitykset tehtävä ehdottomasti parvien välisinä!</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Tärkeää selvittää luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus suhteessa viljelyssä oleviin parviin</p>
<p>PTLUU Purotaimen Luutajoki Ikäluokat –95 ja –96</p>	<p>TILANNE: Selvästi erillinen kanta. Monimuotoisuustasoltaan (heterotsygotiaste ja geenimuotojen määrä) keskimääräinen muihin verrattuna. Perustajamäärä ilmeisen pieni. Jonkin verran poikkeamia H-W:n tasapainosta. Parvet poikkeavat toisistaan geenimuotojen esiintymistajuuksissa.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta</p> <p>SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Parvien täydentäminen luonnosta suositeltavaa.</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: -</p>
<p>PTVAA Purotaimen Vaarainjoki Ikäluokka –97</p>	<p>TILANNE: Vain yksi parvi tutkittu. Monimuotoisuusaste on etenkin geenimuotojen määrän suhteen keskitasoa alhaisempi. Huolimatta suhteellisen korkeasta toteutuneesta efektiivisestä koosta, parven sukulaisuusaste on erittäin korkea ja sekä täyssisarparien osuus että sukulaisten osuus on korkea yleistason verrattuna.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely tarpeellinen, silmälläpidettävä, harvinainen kanta</p> <p>SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Uusia geneettiseltä taustaltaan erilaisia emoparvia tulee perustaa luonnon populaatiosta niin, että hedelmöitykset voidaan tehdä ristiin, jolloin vältettäisiin sukulaisuusasteen kasvua.</p> <p>JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen monimuotoisuus tutkittava.</p>
<p>PTOHT Purotaimen Ohtaoja Ikäluokka –93</p>	<p>TILANNE: Oma erillinen kantansa, poikkeaa huomattavasti Iijoen meritaimenesta. Vain yksi parvi tutkittu. Parven monimuotoisuustaso (heterotsygotia-aste ja geenimuotojen määrä) keskimääräinen yleistason verrattuna. Parven sukulaisuusaste ja täyssisarparien osuus on keskimääräinen, mutta sukulaisten osuus on korkea yleistason verrattuna.</p> <p>VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta</p> <p>SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Korkean sukulaisuusasteen vuoksi on suositeltavaa perustaa uudet emoparvet käyttäen mahdollisimman paljon luonnonemoja ja maksimoimalla perheiden määrä emoparvessa. Parven sisäisiä hedelmöityksiä joka tapauksessa vältettävä.</p>

	JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkannan geneettinen rakenne olisi selvitettävä parvien uusimisen yhteydessä.
PTKEM Purotaimen Kemijoki Ikäluokka –91ss	TILANNE: Tutkittu parvi on luonnosta saatuja kaloja (noin 100 kpl), jotka siirretty v. 1991 viljelyyn emokaloiksi. Parven toteutunut efektiivinen koko, yksi suurimmista (>100), kuvaa hyvin parven perustamistapaa (luonnonkaloja). Monimuotoisuustasoltaan parvi on keskimääräinen yleistason verrattuna. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, silmälläpidettävä, harvinainen kanta. SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Hoidetaan omana kantanaan. Jos viljelyssä on vain tämä ikäluokka, on uuden parven perustaminen luonnonemoista tarpeen, jotta parven sisäisiltä hedelmöityksiltä vältytään. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE:
PTOUN Purotaimen Ounasjoki Ikäluokka –90ss	TILANNE: Tutkittu parvi on luonnosta saatuja kaloja (>600 alunperin), jotka siirretty viljelyyn emokaloiksi 1990. Monimuotoisuustasoltaan keskimääräinen yleistason verrattuna. Sukulaisuusaste kuitenkin suhteellisen korkea, mikä voi liittyä mm. valikoivaan kuolleisuuteen laitosympäristössä ja/tai valikointiin jo alkuperäisessä otannassa. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely tarpeellinen, silmälläpidettävä, harvinainen kanta SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Hoidetaan omana kantanaan. Uusia emokaloja syytä hankkia luonnosta emokalojen sukulaisuusasteen pienentämiseksi. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE:
MTING Meritaimen Ingarskila Ikäluokat –94 ja –96	TILANNE: Ryhmittyy erilliseksi kannaksi Isojoen ja Lestijoen meritaimenten sijoittuessa perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan lähimmäksi. Parvien välillä on eroja, mutta ne ovat suhteellisen pieniä verrattuna esimerkiksi kantojen välisiin eroihin. Monimuotoisuustasoltaan parvet ovat lähellä yleistasoja tai jopa hieman sitä parempia. Kuitenkin parvissa esiintyy poikkeuksia H-W:n tasapainoon; -94 parvessa on selvä heterotsygotialijäämä kahdessa lokuksessa ja -96 parvessa taas heterotsygotialijäämä kahdessa lokuksessa. Vanhemmassa parvessa on siis merkkejä geneettisestä pullonkaulasta ja/tai perustajien välisestä sukulaisuudesta. Heterotsygotia-alijäämä on usein merkki siitä, että käytettyjen perustajien monimuotoisuustaso on alhainen, tai perustajat ovat sukulaisia keskenään. Tähän viittaa myös se, että lokuksessa One9 on vain yksi geenimuoto. Sukulaisuusaste, täyysisarparien sekä sukulaisten osuudet ovat keskimääräisiä yleistason verrattuna. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: säilytysviljelyn varainen, erittäin uhanalainen kanta SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Emokalaparvia on käytettävä hedelmöityksissä ristiin. Uusiminen luonnosta suositeltavaa. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Kannan vertaaminen mm. tanskalaisiin purotaimeniin voisi olla mielenkiintoista alkupeuran varmistamiseksi.
MTISO Meritaimen	TILANNE: Ryhmittyy omaksi kannakseen mm. Ingarskilajoen ja Lestijoen meritaimenten lähelle. Kannan monimuotoisuusta-

<p>Isojoki Ikäluokka –93</p>	<p>so selvästi keskitasoa alempi. Parven sukulaisuusaste on keskitasoa korkeampi ja toteutunut efektiivinen koko huomattavan alhainen. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, erittäin uhanalainen kanta SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Korkean sukulaisuusasteen vuoksi on suositeltavaa perustaa uusia emoparvia käyttäen mahdollisimman paljon luonnonemoja ja maksimoimalla perheiden määrä emoparvessa. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkaloja analysoidulla selvitettävä onko alhainen monimuotoisuus kannan luontainen ominaisuus vai johtuuko se emoparven vinoumasta.</p>
<p>MTLES Meritaimen Lestijoki Ikäluokat: -92 ja –97</p>	<p>TILANNE: Ryhmittyy omaksi kannakseen. Parvet ovat geneettisesti selvästi erilaisia. Parven LES97 monimuotoisuustaso (sekä geenimuotojen määrä että heterotsygotia-aste) on selvästi korkeampi kuin 92-parven. Parven 92 yksilöiden sukulaisuusaste on 3. korkein kaikista tutkituista parvista. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: säilytysviljelyn varainen, erittäin uhanalainen kanta SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Uusia emokalastoja perustettava luonnonkaloista peräkkäisinä vuosina ja niiden käyttöön siirryttävä viivytyksettä. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkaloja analysoidulla selvitettävä onko alhainen monimuotoisuus kannan luontainen ominaisuus vai johtuuko se emoparven vinoumasta.</p>
<p>MTIJO Meritaimen Iijoki Ikäluokka: -89</p>	<p>TILANNE: Ryhmittyy omaksi kannakseen. Ei kuitenkaan geneettisiä eroja Ivalo-, Kiella- ja Siuttajoen sekä Oulujoen vesistön järvitaimeniin, Tornionjoen meritaimeniin eikä Kemijoen purotaimeniin verrattuna. Parvi koostuu jo useamman sukupolven laitosemoista. Monimuotoisuustasoltaan keskimääräinen yleistason verrattuna. Toteutunut efektiivinen koko on selvästi keskitasoa korkeampi ja sukulaisuusaste puolestaan keskitasoa alhaisempi. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: säilytysviljelyn varainen, erittäin uhanalainen kanta, ei lisäännä enää Iijojea SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Koska emokalastoa ei ole mahdollista uusia luonnosta saatavista emoista, tarvitaan erityisohjelma emoparvien uusimiseksi laitosemoista monimuotoisuuden turvaamiseksi. JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkalojen geneettinen monimuotoisuus selvitettävä parven uusimisen yhteydessä. Erityisesti kiinnitettävä huomiota geneettisiin eroihin em. kantoihin verrattuna.</p>
<p>MTTOR Meritaimen Tornionjoki Ikäluokka: -97</p>	<p>TILANNE: Ryhmittyy omaksi kannakseen. Kyseessä ns. yhdistelmäkantana, jossa on käytetty luonnosta vaelluspoikasina pyydettyjä ja viljeltyjä emokalvoja (mm. Pakajoesta). Monimuotoisuustasoltaan selvästi yleistasoa monimuotoisempi. Toteutunut efektiivinen koko on selvästi alhaisempi kuin teoreettinen, käytettyjen kalojen lukumäärän mukaan laskettu koko. VILJELYKANTAREKISTERIN ARVIO: viljely välttämätön, erittäin uhanalainen kanta. SUOSITUKSET KÄYTÄNNÖKSI: Hankittava lisämateriaalia luonnosta, jotta parven sisäisiltä hedelmöityksiltä vältytään.</p>

	JATKOTUTKIMUSTEN TARVE: Luonnonkalojen geneettinen monimuotoisuus ja vesistön sisäiset erot selvitettävä parven uusimisen yhteydessä.
--	---

Kirjallisuus

- Aho, T. 1999: Mikrosatelliitti-DNA tutkimustekniikkana. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 147:12-16
- Aho, T., Piironen, J. ja Pursiainen, M. 2002: Avain viljeltävien taimen-, harjus- ja sii-kaemokalastojen geneettiseen tietokantaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vesiviljelyssä. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 253: 1-23 + liitt.
- Ewens, W. J. 1972: The sampling theory of selective neutral alleles. *Theoretical Population Biology* 3: 87-112.
- Hill, W.G. 1981: Estimation of effective population size from data on linkage disequilibrium. *Genet. Res.* 38: 209-216.
- Makkonen, J., Westman, K., Pursiainen, M., Heinimaa, P., Eskelinen, U., Pasanen, P. ja Kumm, P. 2000: Viljelykantarekisteri, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksissa ja maitipankissa säilytyksessä olevat kalalajit ja -kannat. Kala- ja riistaraportteja nro 200:
- Stone, J. & Björklund, M. 2001: DELRIOUS: a computer program designed to analyse molecular marker data and calculate delta and relatedness estimates with confidence. *Molecular Ecology Notes* 1: 209-212.

Tutkituissa järvitaimenkannoissa eri mikrosatelliittilokuksissa havaittu alleelimäärä (laskettu 50:tä yksilöä kohti).

Lokus	MST15	MST60	MST73	One9	Ssa85	Ssa197	SSOSL4 17
JTVUV (90, 91,92)	3,1	5,1	8,6	8,1	4,0	9,2	8,2
JTRAU (92, 96, 96G)	3,5	1,8	3,5	7,7	5,1	7,7	8,2
JTOUV (94,97)	3,6	1,9	3,7	6,4	4,6	6,2	7,9
JTVAR97	3,0	2,1	3,0	1,0	5,1	7,2	6,2
JTMON93	4,0	2,0	3,2	4,0	3,0	4,0	6,1
JTKUU90	4,3	2,0	3,1	2,0	2,0	4,1	5,1
JTKILO92ss	4,1	2,0	2,0	5,0	5,2	8,3	9,2
JTKJA92	2,0	2,0	1,0	2,0	2,2	2,0	5,1
JTKJY87	2,0	2,0	2,1	2,0	3,0	2,0	3,1
JTJUJ(87,8 9)	4,7	2,0	6,1	3,0	4,0	4,1	7,1
JTI- VA(92,95)	5,5	5,0	9,3	8,4	6,1	7,1	9,1
JTTSI(91,94)	6,6	3,1	7,3	7,9	6,2	10,7	10,3
JTKIE(90,94)	5,4	4,0	7,1	9,3	6,0	7,1	7,1
MTING (94,96)	7,1	7,2	9,1	3,1	5,1	5,2	7,4
MTLES (92,97)	3,8	1,9	4,8	3,9	3,8	7,5	5,6
MTISO93	4,6	3,4	7,1	3,7	4,6	4,8	4,6
MTIJO89	4,6	2,2	4,6	10,2	3,4	4,6	8,6
MTTOR97	4,0	4,2	6,0	11,0	5,0	8,3	10,3
PTLUU (95,96)	6,0	4,0	8,1	4,1	5,1	8,1	10,2
PTVAA97	4,0	2,0	4,0	4,1	2,0	2,0	5,0
PTOUN90ss	5,0	2,0	3,0	7,1	3,0	4,1	7,1
PTOHT93	4,1	2,0	2,0	6,2	3,0	3,0	9,1
PTKEM91ss	4,1	2,1	3,0	6,3	3,1	4,3	7,3
keskiarvot	4,31	2,87	4,86	5,50	4,11	5,72	7,30
<i>Minimi</i>	<i>2,0</i>	<i>1,9</i>	<i>1,0</i>	<i>1,0</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>	<i>3,1</i>
<i>Maksimi</i>	<i>6,6</i>	<i>7,2</i>	<i>9,3</i>	<i>11,0</i>	<i>6,2</i>	<i>10,7</i>	<i>10,3</i>