

Tuusulanjärven lahna-, pasuri- ja särkikannat vuosina 2005-2011

Tutkimusraportti 29.11.2013

Tommi Malinen
Jouni Kervinen

Helsingin yliopisto,
ympäristötieteiden laitos

1. Johdanto

Tuusulanjärven hoitokalastuksen vaikutusta kalakantoihin alettiin seurata heti kalastuksen käynnistyttyä verkkokoekalastuksin ja kaikuluotauksin (Olin & Rask 2000, Olin & Ruuhijärvi 2004, Malinen ym. 2004, Ruuhijärvi & Vesala 2010). Nämä menetelmät eivät kuitenkaan mahdollistaneet tehokalastuksen kohteena olevien särkikalakantojen koon (lkm tai kpl hehtaarilla) arviointia. Tätä tarkoitusta varten otettiin syksyllä 2005 käyttöön populaatioanalyysi. Menetelmä perustuu hoitokalastussaaliin laji- ja ikäjakaumatietoihin ja sitä on onnistuneesti käytetty mm. Lahden Vesijärven tehokalastusprojektissa särkikannan koon arviointiin (Horppila & Peltonen 1994).

Tutkimuksen päämääränä oli laskea Tuusulanjärven kolmen runsaimman särkikalalajin; lahnan, särjen ja pasurin kantojen koot vuoden 2005 alusta vuoden 2011 loppuun. Kanta-arvioiden perusteella arvioitiin hoitokalastuksen onnistumista ja vaikutuksia kalakantoihin. Lisäksi tulosten perusteella hahmoteltiin Tuusulanjärvelle parhaiten sopivaa hoitokalastusstrategiaa.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Näytteenotto ja ikämääritykset

Kalanäytteet populaatioanalyysin laatimista varten otettiin nuottapyynnistä syys-joulukuussa sekä muutamista talvella tehdyistä vedoista (tammi-helmikuu). Näytteet pyrittiin ottamaan jokaisesta nuottavedosta. Tähän tavoitteeseen ei aivan päästy, mutta näytteenoton piiriin saatiin kuitenkin yli 90 % vedoista. Kaikkiaan näytteet otettiin 357 vedosta (taulukko 1). Otanta tehtiin siten, että ensin saalis tyhjennettiin tasapohjaiseen nuottaveneeseen. Tämän jälkeen saalis sekoitettiin lapiolla ja sitten painettiin kalamassan läpi pinta-alaltaan yhden neliömetrin suuruinen kehikko. Kehikon sisälle joutu- neet kalat otettiin näytteeksi. Menettelyllä saatiin poistettua erikokoisten kalojen kerrostumisen aiheuttama harha, koska näyte sisälsi sekä pinnalle että pohjalle lajittuneet kalat.

Rannalla kalanäyte jaoteltiin lajeittain suuriin (yli 20 cm) ja pieniin (alle 20 cm) kaloihin, joiden paino punnittiin erikseen pienten ja suurten suhteellisten osuuskien arvioimiseksi. Molemmista ryhmistä otettiin ikänäytteet. Lisäksi otettiin vuosina 2010 ja 2011 kattava pituusjakaumanäyte ikä-pituus-avainta (Ricker 1975) varten. Vuosina 2005-2009 ikämäärityksiä tehtiin lahnasta n. 1000 kpl, särjestä 400-1000 kpl ja pasurista 450-1000 kpl vuosittain (taulukko 1). Vuosina 2010 ja 2011 ikä-pituusvai- men käyttö mahdollisti huomattavasti pienemmän ikänäytteen käyttämisen. Kaikkiaan lahnan

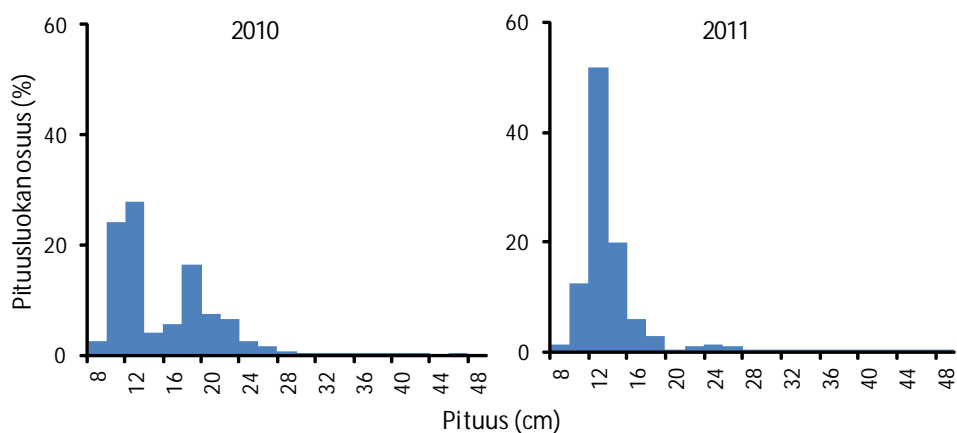
ikänäytteitä määritettiin 5625, särjen 3743 ja pasurin 3627 kappaletta. Valtaosa määryksistä tehtiin suomen perusteella, mutta vaikeimpien tapauksien kohdalla ikä varmistettiin hartian lukkoluusta.

Taulukko 1. Nuottasaalisnäytteiden sekä ikämääryksien ja pituusmittausten lukumäärät vuosittain.

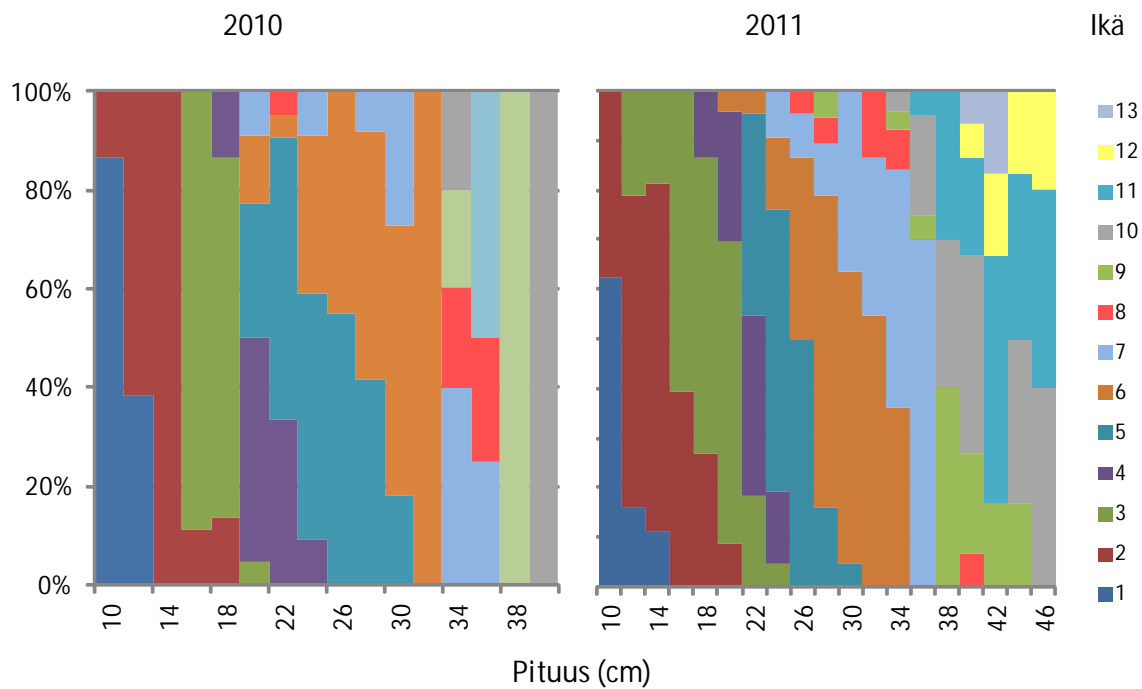
	Nuotta- näytteet	Ikämäärykset			Pituusmittaukset		
		lahna	särki	pasuri	lahna	särki	pasuri
2005	71	1010	1011	1011			
2006	41	1033	990	449			
2007	42	994	384	606			
2008	44	1068	412	500			
2009	57	983	553	520			
2010	49	199	162	195	2265	973	269
2011	53	338	231	346	1445	1743	985
yhteensä	357	5625	3743	3627	3710	2716	1254

2.2 Ikä-pituusavain

Ikä-pituusavaimen käyttöön siirryttiin Tuusulanjärvellä vuonna 2010. Siinä määritetään ikänäytteestä ikäryhmien saalisosuudet sopivissa (esim. 2 cm) pituusluokissa ja pituusjakaumanäytteestä näiden pituusluokkien suhteellinen runsaus saaliissa (Ricker 1975). Näistä lasketaan saaliin ikäjakauma. Menetelmän ideana on vähentää työläitä ja kalliita ikämääryksiä nopeita ja halpoja pituusmittauksia lisäämällä. Lisäksi sillä saadaan yleensä tarkempi arvio kannan ikäjakaumasta. Ikä-pituusavaimen käyttöä havainnollistavat kuvat 1 ja 2. Kertomalla ikäryhmän suhteelliset osuudet tietyssä pituusluokassa (kuva 2) yksilöiden määrällä vastaavassa pituusluokassa (kuvan 1 osuudet kerrottuna kokonaissaaliilla) saadaan tietyn ikäisten kalojen määrä pituusluokassa. Tietyn ikäryhmän kokonaissaalis (yksilöä) saadaan laskemalla yhteen kalojen määrä kaikissa pituusluokissa. Särjellä ja pasurilla ikä-pituusavainta käytettiin ainoastaan pienillä (< 20 cm) kaloilla. Suurempia kaloja oli varsin vähän, ja ikämääryksien katsottiin antavan riittävän hyvän arvion niiden ikäjakaumasta.



Kuva 1. Tuusulanjärven lahnan pituusjakaumat vuosilta 2010 ja 2011, jolloin niitä käytettiin ikäryhmittäisten kappalesaaliiden laskennassa.



Kuva 2. Tuusulanjärven lahnan ikä-pituusavaimet graafisesti esitettyinä vuosilta 2010 (vasemmalla) ja 2011 (oikealla). Ikäryhmät on erotettu toisistaan väreillä. Kuvista nähdään esimerkiksi se, että vuonna 2010 pituusluokassa 14-16 cm oli pelkästään 2-vuotiaita lahnoja, mutta vuonna 2011 vastaavassa pituusluokassa oli myös 1- ja 3-vuotiaita kaloja.

2.3 Populaatioanalyysi

Tuusulanjärven lahna-, pasuri- ja särkikantojen lukumäärän kehitys vuosina 2005-2011 laskettiin ikäryhmittäin kohorttianalyysillä (Pope 1972), joka on populaatioanalyysin sovellus. Lyhyen suomenkielisen johdatuksen aiheeseen ja esimerkin kohorttianalyysistä tarjoaa Rahikainen (1999). Analyysissä käytetään lähtötietoina vuosittaisia ikäryhmäkohtaisia kappalemääräisiä saaliita. Malli aloitettiin lahnalla ikäryhmästä 2, pasurilla ikäryhmästä 3 ja särjellä ikäryhmästä 1. Nuorimmat ikäryhmät jätettiin pois laskelmista, koska ikäryhmäkohtaisten saaliiden perusteella niiden pyydystettävyyttä oli muutamina vuosina erittäin pieni. Lukumääräarvioista laskettiin biomassan kehitys ikäryhmien keskipainojen perusteella.

Oletuksina malliin tarvitaan myös arviot luonnollisesta kuolevuudesta (=muun kuin nuottakalastuksen aiheuttama kuolevuus) ja viimeisen vuoden kalastuskuolevuudesta. Tuusulanjärven lahnan hetkelliseksi luonnolliseksi kuolevuudeksi (M) valittiin arvo 0,15. Tämä tarkoittaa sitä, että luonnollisista syistä kuolee vuoden aikana noin 14 % lahnoista ($1 - \exp(-M)$). Pasurille valittiin M:n arvoksi 0,2 ja särjelle 0,3 (Horppila & Peltonen 1994).

Viimeisen vuoden kalastuskuolevuuden arvona käytettiin särjelle ikäryhmittäistä keskiarvoa vuosilta 2005-2009 (Rahikainen 1999). Sen sijaan lahnan ja pasurin viimeisen vuoden kalastuskuolevuuden valinta osoittautui ongelmalliseksi. Tämän vuoden (2011) erittäin suuret lahna- ja pasurisaaliit viittasivat voimakkaasti siihen, että näiden lajien kalastuskuolevuuden täytyi olla paljon keskimääräistä suurempi. Näin ollen viimeisen vuoden kalastuskuolevuutena ei voitu käyttää aineiston keskiarvoa.

Lopulta päädyttiin siihen, että vuoden 2011 kalastuskuolevuus arvioitiin kalastuksellisesti onnistuneen vuoden 2009 kalastuskuolevuuksien ja vetomäärien perusteella. Lahnalla eri ikäryhmien pyydystettävyyks oletettiin samansuuruisiksi kuin vuonna 2009 ja kalastuskuolevuus laskettiin seuraavan yhtälön perusteella:

$$F_i = q_i * E, \text{ missä}$$

F_i = ikäryhmän i hetkellinen kalastuskuolevuus

q_i = ikäryhmän i pyydystettävyyks

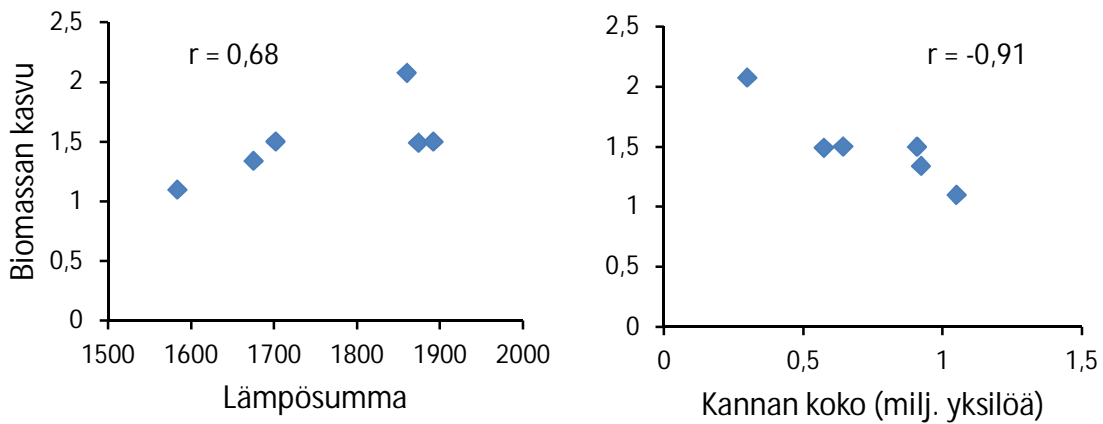
E = pyyntiponnistus (vetojen lukumäärä/vuosi)

Pasurilla tämäkään ei riittänyt, vaan suuresti ikäryhmittäin vaihtelevien pyydystettävyyksien takia jouduttiin käyttämään kaikille ikäryhmille laskettua keskiarvoa. Nämä yhtälöt sisällytettiin populaatioanalyysiin, ja sille etsittiin iteratiivisesti stabiili ratkaisu. Kalastuskuolevuuksiin ei ollut mahdollista sisällyttää muun kalastuksen kuin nuottapyynnin aiheuttamaa kuolevuutta tarvittavien tietojen puuttuessa. Tämän kuolevuuden ajateltiin sisältyvän luonnollisen kuolevuuden arvoon. Analyysin tuloksena saatiin arvio lahnakannan koosta (biomassa ja yksilömäärät ikäryhmittäin) kunakin aineiston hankintavuotena – eli saatiin vastaus siihen, kuinka suuri kalakannan on täytynyt olla, jotta siitä voitu saada tunnetut saaliit. Populaatioanalyysin kanta-arviot tarkentuvat alkua kohti, eli lähtötilanteen (vuosi 2005) estimaatit ovat kaikkein tarkimpia. Erityisesti viimeisen vuoden kanta-arvioon tulee suhtautua suurella varauksella.

2.4 Lahnakannan kehityksen ennustaminen

Ikäjakamiin perustuvan populaatioanalyysin avulla voidaan myös ennustaa kalakantojen muutoksia seuraavina vuosina. Tällöin laskenta tapahtuu ajassa eteenpäin eikä taaksepäin kuten tavallisessa analyysissä (Horppila & Peltonen 1994). Vuosiluokista, joita on kalastettu useita vuosia, on kertynyt paljon aineistoa, joten niiden osalta runsausarviot ja ennusteet ovat luotettavimmat. Nuorempien vuosiluokkien ennusteisiin liittyy suurempaa epävarmuutta. Rekrytointi, eli 2-vuotiaiden lahnojen määrä oletettiin keskimääräiseksi paitsi vuonna 2012, jolle rekrytointi laskettiin rekryyttimallilla (ks. sivu 6). Lahnan kasvun oletettiin olevan yhtä nopeaa kuin keskimäärin vuosina 2005-2011. Mallilla laskettiin ns. tasapainosaaliis, joka kertoo kuinka suuria saaliita pitäisi keskimäärin kalastaa vuosittain, jotta kannan koko pysyy pitkällä aikavälillä samansuuruisena. Tuusulanjärvellä tasapainosaaliis ei kuitenkaan ole kovin käyttökelpoinen saalistavoitteen määrittämisessä kannan biomassan, rekrytoinnin ja kalastuksen tehokkuuden suuren vaihtelun takia.

Jo vuosille 2005-2009 tehtyjen populaatioanalyysilaskelmien perusteella havaittiin, että Tuusulanjärven lahnakannan kehitystä on mahdollista ennustaa suunta-antavasti lämpötila-aineistojen perusteella. Lämpötilan lisäksi arveltiin myös kannan tiheyden vaikuttavan biomassan kasvunopeuteen (Malinen ym. 2011). Silloinen aineisto ei kuitenkaan mahdollistanut näiden tekijöiden vaikutuksen erottelua. Vuosien 2010 ja 2011 aineiston lisääminen antoi niin paljon lisäinformaatiota, että tässä tutkimuksessa erottelu oli jo mahdollista. Päivitetyin aineiston perusteella lahnakannan biomassan suhteellinen kasvu kesän aikana korreloi positiivisesti kesän lämpösumman ja negatiivisesti kannan yksilömäärän kanssa (kuva 3).



Kuva 3. Tuusulanjärven lahnakannan biomassan suhteellinen kasvu kesällä sekä vastaavien kesien lämpösumma ja kannan yksilömäärä vuosina 2006-2011.

Biomassan kehityksen ennustamista varten sovitettiin kahden selittävän muuttujan lineaarinen regressiomalli. Regressiokertoimista oli kuitenkin vain toinen (kannan koko) tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$). Mallissa ovat mukana vuodet 2006-2011. Kesän lopun suhteelliselle biomassalle (syyskuun puolenvälin biomassa/vuoden alun biomassa) saatiin seuraava yhtälö:

$$\text{Suhteellinen biomassa} = 0,001 * \text{lämpösumma} - 0,89 * \text{kannan koko} + 1,133 \quad , \text{ missä}$$

lämpösumma = yhteenlasketut ilman lämpötilat ($^{\circ}\text{C}$) Helsinki-Vantaan lentoasemalla 1.6. - 14.9. välisenä aikana

kannan koko = Tuusulanjärven lahnakannan yksilömäärä (2-vuotiaat ja vanhemmat) vuoden alussa populaatioanalyysillä laskettuna

Lisäksi lahnabiomassaa ennustettaessa tarvitaan arvio 2-vuotiaiden lahnojen määrälle eli rekrytoinnille, koska niiden määrästä ei populaatioanalyysilaskelmia vielä ole käytettävissä. Rekrytoinnin oletettiin riippuvan kahden ensimmäisen kesän lämpösummasta sekä nuottakalastuksen saaliiksi 1-vuotiaina jääneiden lahnojen määrästä. Käytettävissä oleva aineisto tuki vain osittain näitä oletuksia. Ainoastaan kahden ensimmäisen kesän lämpösumma korreloi 2-vuotiaiden lahnojen määrän kanssa ($r=0,84$). Näin ollen rekryyttien määrän ennustamista varten sovitettiin yhden selittävän muuttujan regressiomalli. Tässä mallissa regressiokerroin oli myös tilastollisesti merkitsevä. Rekryyttien lukumäärälle saatiin seuraava yhtälö:

$$\text{Rekryyttien lkm} = 0,0001313 * \text{lämpösumma} - 1,83083 \quad , \text{ missä}$$

rekryyttien lkm = 2-vuotiaiden lahnojen yksilömäärä vuoden alussa (miljoonaa yksilöä)

lämpösumma = kahden ensimmäisen kesän yhteenlasketut ilman lämpötilat ($^{\circ}\text{C}$) Helsinki-Vantaan lentoasemalla (1.6. - 14.9.)

Särki- ja pasurikannoille ei laskettu ennustavaa populaatioanalyysiä eikä biomassan kehitystä ennustavaa regressiomallia. Lämpösumman ja kannan koon mahdollista vaikutusta vuotuisen biomassan kasvuun selvitettiin regressioanalyysillä. Niiden perusteella kannan koko ei vaikuttanut kummankaan lajin biomassan kasvuun. Lämpösummalla ja särjen biomassan kasvulla oli positiivinen korrelaatio (0,60), mutta lämpösumman ja pasurin kasvun välinen korrelaatio oli varsin heikko (0,22). Heikko korrelaatio selittyy suurelta osin poikkeavasta vuodesta 2010: jostain syystä tänä lämpimänä kesänä pasurin kasvu oli paljon keskimääräistä heikompaa. Ilman vuotta 2010 lämpösumman ja pasurin kasvun välinen korrelaatio olisi ollut 0,60. Näitä heikkoja riippuvuuksia ei käytetty ennustamisessa, koska populaatioanalyyseistä laskettu keskimääräinen biomassan kasvu koettiin riittävän hyväksi ennusteeksi.

3. Tulokset

3.1 Lahna

3.1.1 Lahnakannan kehitys vuosina 2005-2011

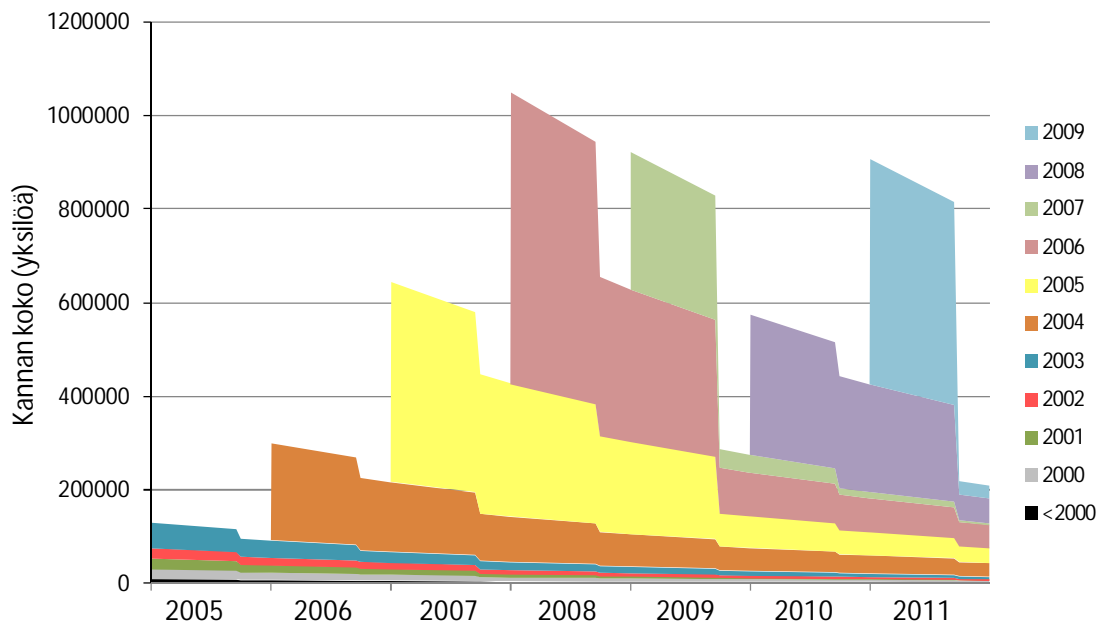
Lahnakannan yksilömäärä vaihteli voimakkaasti tutkimusjakson aikana (kuva 4). Kaksivuotiaiden ja vanhempien lahnojen lukumäärä oli jakson alussa ainoastaan 0,13 milj. yksilöä. Suurimmillaan kannan koko oli vuoden 2008 alussa, n. 1,05 milj. yksilöä. Vuoden 2011 lopussa lukumäärä oli n. 0,21 milj. yksilöä. Lahnabiomassa oli pienimmillään heti tutkimusjakson alussa vuonna 2005 (kuva 5) kahden edellisen syksyn hyvien nuottasaaliiden ansiosta. Tämän jälkeen kannan biomassa nousi heikkojen saaliiden takia vuoteen 2009 asti. Syksyn 2009 onnistunut kalastus laskee biomassaa tuntuvasti, mutta seuraavan syksyn pieni saalis päästi kannan jälleen nousuun. Biomassa oli suurimmillaan vuonna 2011 juuri ennen syysnuottauksen alkamista. Tehokas nuotto pienensi kantaa lähes 40 % (kuva 6) ja vuoden lopussa biomassa oli enää 40 tonnia. Tästä huolimatta lahnakannan biomassa 3,5-kertaistui vuoden 2005 lopun ja vuoden 2011 lopun välisenä aikana.

Tuusulanjärven lahnakanta on varsin tuottava. Keskimäärin 2-vuotiaiden ja vanhempien lahnojen biomassa kasvaa 1,5-kertaiseksi kesän aikana. Kannan tuotanto-biomassasuhde on siis noin 0,5, mikä on suurempi kuin esimerkiksi Vesijärven Enonselän särkikannalla 1990-luvulla (Horppila & Peltonen 1994). Biomassan kasvu vaihtelee kuitenkin paljon kesän lämpösumman ja kannan tiheyden mukaan (taulukko 2 ja kuva 3). Parhaimmillaan kannan biomassa kasvoi kesällä 2006 yli kaksinkertaiseksi. Päinvastainen esimerkki oli vuosi 2008, jolloin biomassa kasvoi vain 10 % viileän kesän ja tiheän kannan takia. Kiloilla mitattuna biomassa kasvoi eniten, 20000 kg, kesän 2011 aikana. Pienimmillään kasvu oli em. kesänä 2008, alle 4000 kg.

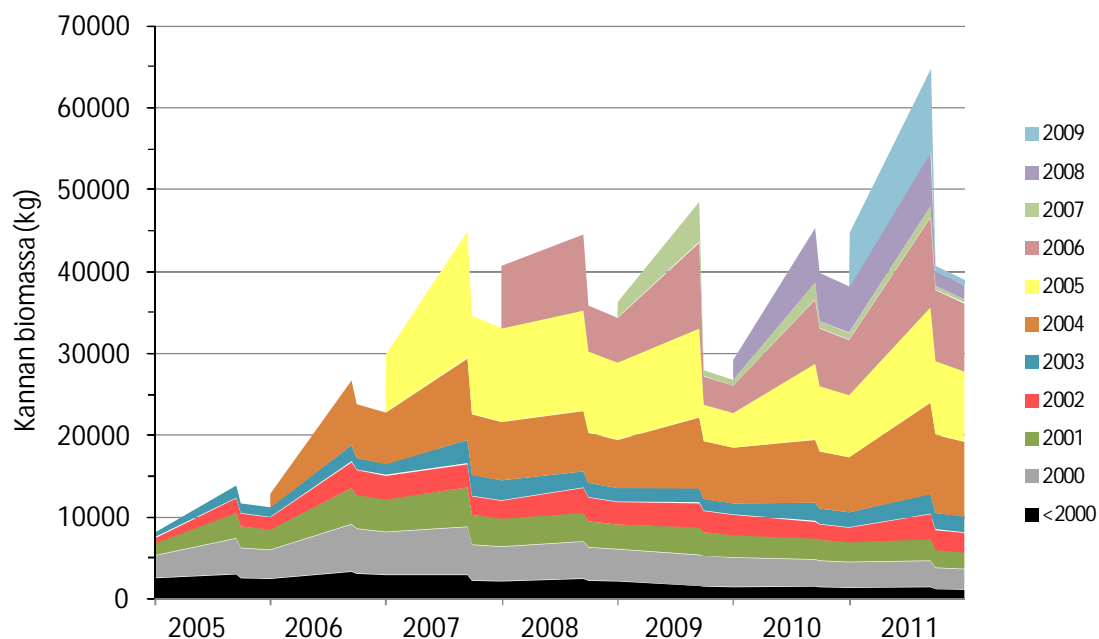
Hoitokalastuksella poistettiin vuosittain keskimäärin 23 % lahnabiomassasta (kuva 6). Koska biomassa kasvoi vuosittain keskimäärin 50 %, on ymmärrettävää että biomassa kasvoi tutkimusjakson aikana selvästi. Lahnakannan koko- ja ikäjakauma muuttui selvästi; vuonna 2005 kanta koostui pääosin pienistä ja nuorista kaloista, kun taas vuonna 2011 myös vanhempien kalojen osuus oli merkittävä.

Lahnan biomassan vuotuisen kasvun suuri vaihtelu tekee kiinteän saalistavoitteen määrittämisen tehottomaksi keinoksi kalastuksen suunnitteluun. Lämpimän kesän jälkeen pitäisi kalastaa kymmeniä tonneja enemmän kuin kylmän kesän jälkeen. Näiden lukujen valossa tuntuu selvältä, että syksyn saalistavoitetta määritettäessä kannattaa hyödyntää kesän lämpötilamittauksia ja toisaalta

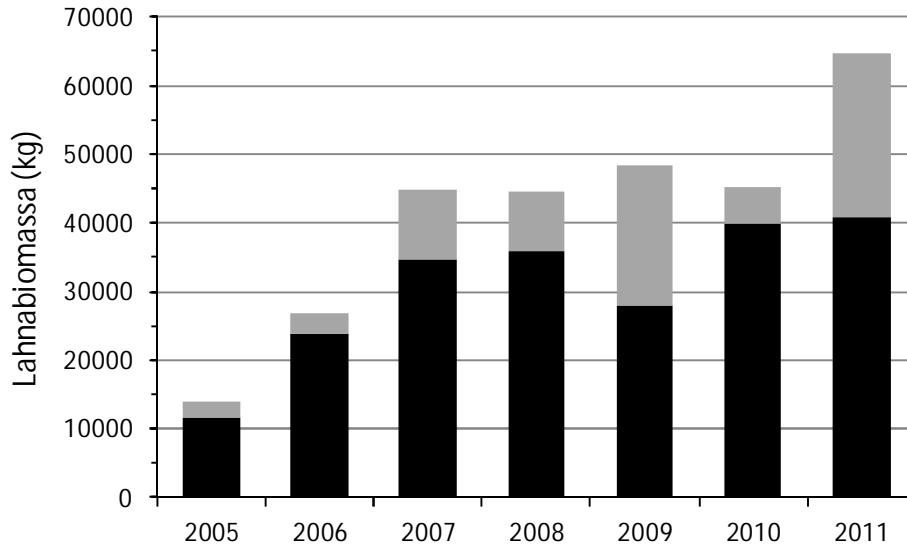
populaatioanalyysillä tehtyjä laskelmia kannan runsaudesta ja biomassasta. Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon, että tässä esitetyt tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia aikaisemman raportin (Malinen ym. 2011) tulosten kanssa, koska uudemmat laskelmat on tehty vasta 2-vuotiaista kaloista alkaen aikaisempaa luotettavampien tuloksien saavuttamiseksi. Lisäksi vuoden 2011 kalastuskuolevuuteen liittyvä epävarmuus aiheuttaa tuloksiin merkittävää epävarmuutta (ks. luku 4).



Kuva 4. Tuusulanjärven lahnakannan (2-vuotiaat ja vanhemmat) yksilömäärän kehitys vuosina 2005-2011 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



Kuva 5. Tuusulanjärven lahnakannan (2-vuotiaat ja vanhemmat) biomassan kehitys vuosina 2005-2011 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



Kuva 6. Tuusulanjärven lahnakannan biomassa kasvukauden lopussa (tumma + vaalea pylväs) ja syysnuottauksen päätyttyä (tumma pylväs).

Taulukko 2. Regressiomalleissa käytetyt lämpösummat, lahnakannan yksilömäärät ja suhteelliset biomassat (kasvukauden lopun biomassan suhde vuoden alun biomassaan) sekä nuottauksen saalis lahnakannan biomassasta (%), biomassan kasvu ja toteutunut saalis kiloina.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Lämpösumma (1.6. - 15.9.)	1710	1860	1702	1584	1675	1874	1892
Kanta vuoden alussa (milj. yksilöä)	0,130	0,300	0,644	1,051	0,924	0,575	0,909
Suht. biomassa syksyllä	*	2,07	1,50	1,10	1,34	1,49	1,50
Nuottauksen saalis biomassasta (%)	16	11	23	19	42	12	37
Biomassan kasvu (kg) välillä 1.1.-15.9.	5800	13900	15000	3900	12200	14300	21500
Nuottasaalis (kg)	2200	2900	10300	8700	20500	5100	24000

* ei laskettu, koska ikäryhmittäisiä keskipainotietoja ei ollut vuoden alun tilanteesta (populaatioanalyysinäytteenotto aloitettiin vasta vuoden 2005 syksyllä)

3.1.2 Lahnakannan kehityksen ennuste

Rekryyttimallilla saatiin 2-vuotiaiden lahnojen lukumääräarvioksi vuoden 2012 alussa 0,63 miljoonaa yksilöä. Kun tämä lisätään vuoden 2011 lopun populaatioanalyysiarviioon vanhempien lahnojen määrästä, saadaan kannan kooksi 0,94 milj. yksilöä. Vuoden 2011 ikäryhmien keskipainojen perusteella biomassa oli vuoden 2012 alussa 49 tonnia, josta se biomassamallin (selittävinä muuttujina

lämpösumma ja kannan koko) perusteella olisi kasvanut kesän loppuun mennessä peräti 95 tonniin. Tämä ei kuitenkaan vaikuta uskottavalta. Sovitetun biomassamallin ongelma on se, että tutkimusjaksolla ei ole ollut kesiä, jolloin sekä kannan yksilömäärä että lämpösumma olisivat olleet pieniä. Lämpösumman vaikutus mallissa on hyvin pieni, eikä kesän 2012 viileys juurikaan vaikuta estimaattiin. Nykyiseen aineistoon perustuvaa biomassamallia ei voidakaan pitää luotettavana. Jos lahan populaatioanalyysiä jatketaan, saadaan kesästä 2012 arvokas havainto (pieni kannan koko ja lämpösumma) uuden mallin sovittamista varten.

Ennustavan populaatioanalyysin mukaan tasapainosaalis vuosille 2012 ja 2013 olisi ollut n. 23000 kg/vuosi. Tätä pienemmällä saaliilla kannan biomassa nousee ja suuremmilla saaliilla laskee. Valitettavasti molempina vuosina lahnasaalis jäi tätä pienemmäksi. Todennäköisesti lahnabiomassa on siis kasvanut. Koska tasapainosaalis riippuu kannan koosta, olisi uuden aineiston perusteella laskettu tasapainosaalis suurempi kuin tässä esitetty arvio.

3.1.3 Lahnan saalistavoite

Tuusulanjärven lahnakannan biomassaennusteen mukaan syksyjen 2012 ja 2013 saalis (2-vuotiaiden ja vanhempien lahnojen) olisi pitänyt olla n. 23 tonnia, jotta biomassa ei olisi kasvanut. Tähän ei kuitenkaan päästy, ja vuoden 2014 tasapainosaalis on esitettyä korkeampi. Tarkalla tasapainosaalisarviolla ei kuitenkaan ole nykytilassa merkitystä. Tuusulanjärven lahnabiomassa on niin suuri, että hoitokalastuksen saalistavoitetta ei kannata mitoitaa estämään biomassan kasvua. Aluksi järveen kertynyttä lahnabiomassaa tulisi poistaa tuntuvasti, ja saalistavoite vuosille 2014 ja 2015 tulisi olla ainakin 35 tonnia vuodessa (2-vuotiaita ja vanhempia). Tällöinkin biomassa jäisi vielä suuremmaksi kuin jakson alussa, vuonna 2005. Jos tämä poistokalastus onnistuu hyvin, voidaan mahdollisesti jatkossa siirtyä varsinaiseen hoitokalastusvaiheeseen, jossa tähdätään vuosittaisen tuotannon poistamiseen ja biomassan kasvun estämiseen. Tällöin tarkempi saalistavoite voidaan laskea päivitettyllä populaatioanalyysillä hyödyntäen päivitettyjä biomassa- ja rekryttimalleja. Toisaalta nuottakalastuksen teho vaihtelee Tuusulanjärvellä paljon syksyjen välillä. Epäsuotuisten olojen vallitessa ei juuri kannata kalastaa, vaan on järkevämpää keskittää pyyntiponnistusta syksyihin, jolloin nuottauksen yksikkösaaliit ovat hyviä.

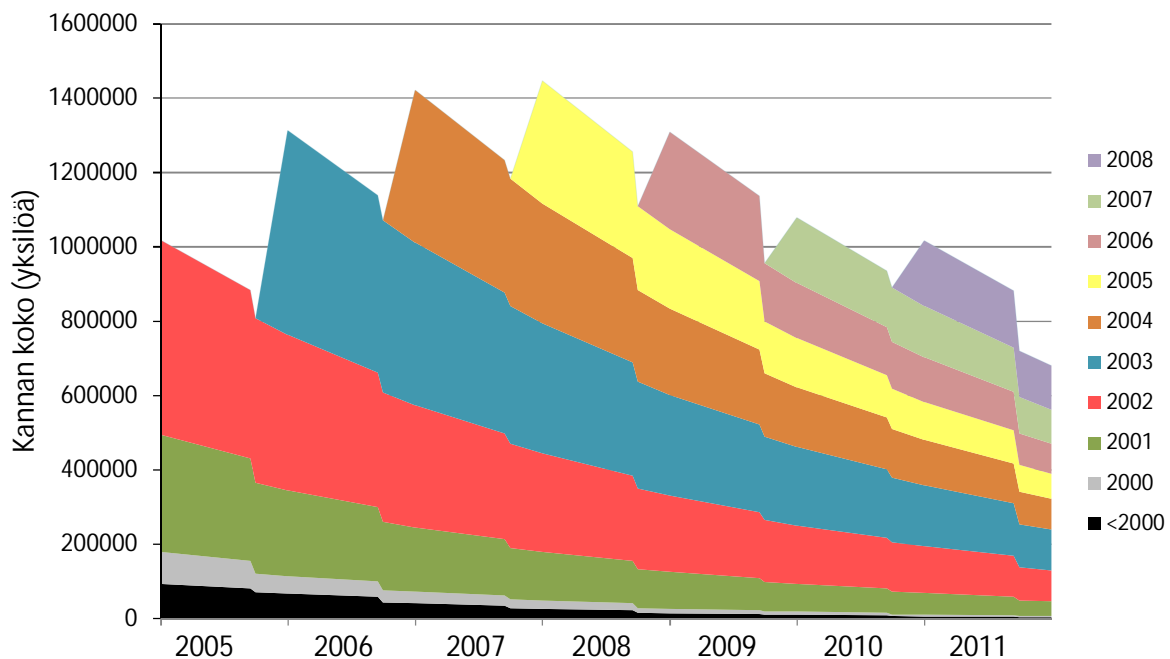
3.2. Pasuri

3.2.1 Pasurikannan kehitys vuosina 2005-2011

Populaatioanalyysin mukaan Tuusulanjärven pasurikannan koko (3-vuotiaat ja vanhemmat) on vaihdellut 0,7 ja 1,5 miljoonan yksilön välillä (kuva 7). Kannan koko oli suurimmillaan vuoden 2008 alussa ja pienimmillään jakson lopussa, vuoden 2011 loppusyksyllä. Pasurikannan biomassa on kasvanut tasaisesti tarkastelujakson aikana (kuva 8). Biomassa oli pienimmillään vuoden 2005 alussa (7400 kg) ja suurimmillaan ennen vuoden 2011 kalastusta (33000 kg). Kalastuksen jälkeen biomassa oli n. 27000 kg. Vastaavana ajankohtana vuonna 2005 biomassa oli n. 12000 kg, joten pasurikannan biomassa on enemmän kuin kaksinkertaistunut kuuden vuoden aikana. Koska kannan koko ei ole kasvanut, vaan pikemminkin laskenut, on pasurin kokojakauma muuttunut selvästi. Vuonna 2005 kanta koostui varsin nuorista ja pienistä kaloista. Tuolloin lähes 70 % biomassasta koostui 3-4-

vuotiaista kaloista. Vuonna 2011 biomassa koostui monista ikäryhmistä, ja 3-4-vuotiaiden osuus biomassasta oli ainoastaan n. 30 %. Hoitokalastuksen saalis on ollut vuotta 2011 lukuun ottamatta ainoastaan 6-11 % pasuribiomassasta (kuva 9). Keskimäärin kalastus on poistanut ainoastaan n. 10 % pasuribiomassasta. Vaikka Tuusulanjärven pasurikanta ei ole niin tuottava kuin lahnakanta, 3-vuotiaiden ja vanhempien pasureiden biomassa kasvaa kuitenkin n. 20 % vuoden alun ja kasvukauden lopun välisenä aikana. Näin ollen on ymmärrettävää, että kannan biomassa on kasvanut. Pasurien kasvunopeuden vuotuinen vaihtelu on melko suurta. Esimerkiksi vuosina 2008 ja 2010 pasuribiomassa ei kasvanut, vaan päinvastoin laski kalojen hitaan kasvun takia.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon, että pasurin viimeisen vuoden (2011) kalastuskuolevuuteen liittyy suurta epävarmuutta (ks. luku 4). Kaikkein voimakkaimmin tämä vaikuttaa vuoden 2011 kanta-arvioihin, joita voidaankin pitää ainoastaan suuntaa antavina. Lisäksi tulee muistaa, etteivät tulokset ole suoraan vertailukelpoisia aikaisemman raportin (Malinen ym. 2011) tulosten kanssa, koska uudemmat laskelmat on tehty vasta 3-vuotiaista kaloista alkaen.

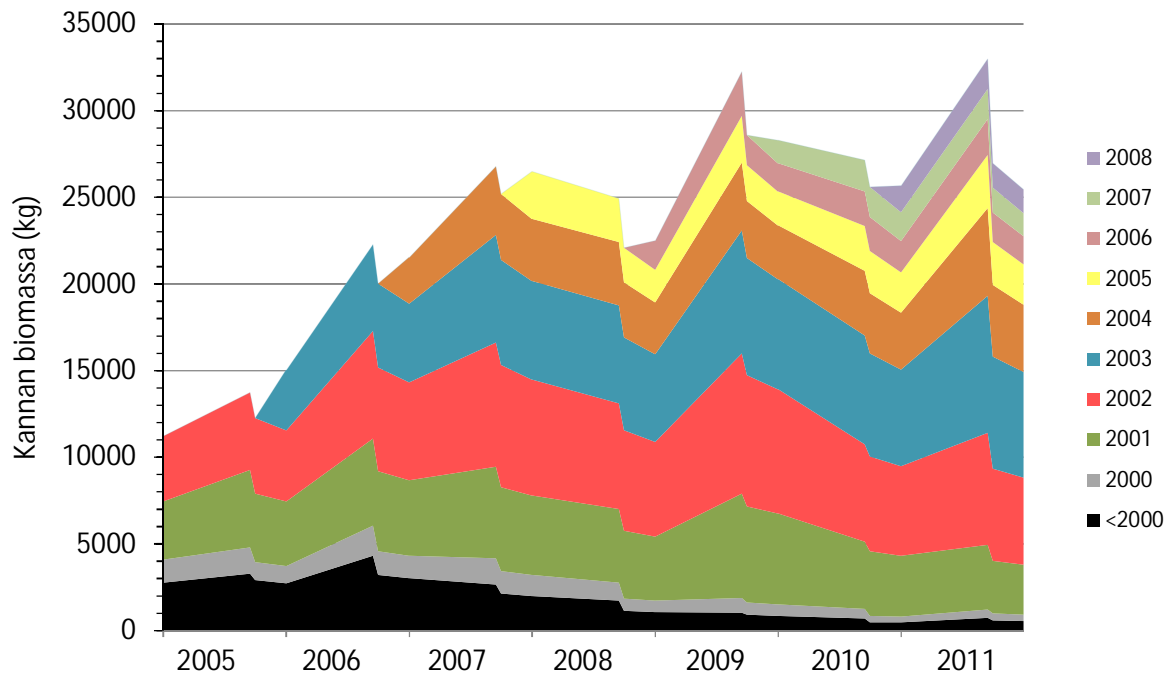


Kuva 7. Tuusulanjärven pasurikannan (3-vuotiaat ja vanhemmat) yksilömäärän kehitys vuosina 2005-2011 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.

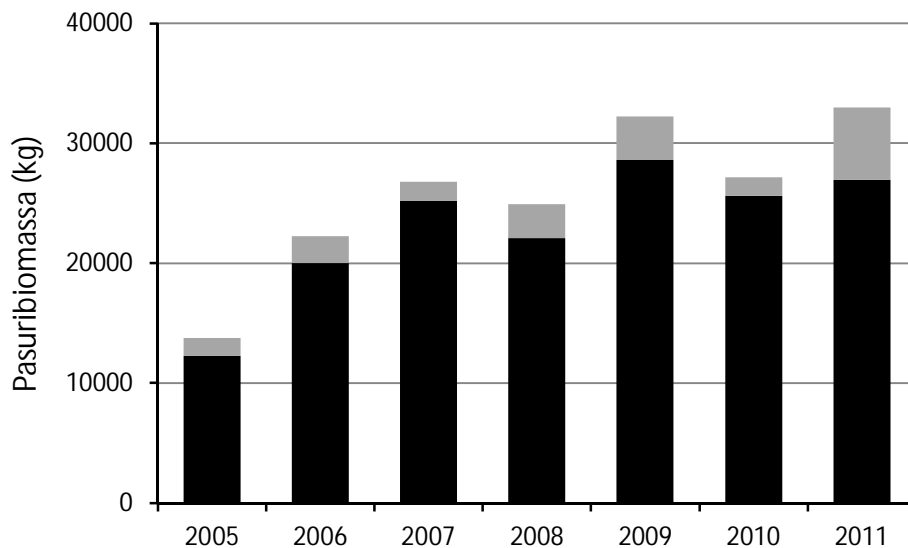
3.2.2 Pasurikannan kehityksen ennuste

Pasurille ei laskettu ennustavaa populaatioanalyysiä, koska vuosittain vaihtelevat pyydystettävyydet tekivät vuoden 2011 kuolevuuden arvioinnin erittäin epävarmaksi ja tämä epävarmuus olisi vaikuttanut voimakkaasti myös tasapainosaalisarvioon. Toisaalta pasuribiomassan kehitystä voidaan melko hyvin ennustaa keskimääräisellä biomassan kasvukertoimella. Tämä laskentapa toimii pasurilla paljon paremmin kuin lahnalla, koska kannan koko ei näyttäisi juurikaan vaikuttavan biomassan kasvuun. Pasuribiomassa kasvaa keskimäärin 20 % vuoden alusta kasvukauden loppuun. Jos tämä lisäkasvu poistetaan nuottauksella, kannan koko pysyy ennallaan. Vuosina 2012 ja 2013 olisi siis pitä-

nyt poistaa 5000 kg pasureita/vuosi (3-vuotiaita ja vanhempia). Tätä ei kuitenkaan saavutettu, joten biomassan kasvun estävä saalis on nyt hiukan suurempi.



Kuva 8. Tuusulanjärven pasurikannan (3-vuotiaat ja vanhemmat) biomassan kehitys vuosina 2005-2011 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



Kuva 9. Tuusulanjärven pasurikannan biomassa kasvukauden lopussa (tumma + vaalea pylväs) ja syysnuottauksen päätyttyä (tumma pylväs).

3.2.3 Pasurin saalistavoite

Myöskään pasurilla biomassan kasvun estävä tasapainosaalis ei ole järkevä saalistavoite. Järveen kerääntynyttä pasuribiomassaa pitäisi ensin pystyä vähentämään ja nuottauksen saalistavoitteeksi vuosille 2014 ja 2015 pitäisi asettaa ainakin 10000 kg/vuosi. Jos tämä tavoite saavutetaan, voidaan saalistavoitetta laskea n. 5000 kiloon vuodessa. On varsin todennäköistä, että nämä tavoitteet saavutetaan, jos luvussa 3.1.3 esitetyt lahnan saalistavoitteet saavutetaan.

3.3 Särkikannan kehitys vuosina 2005-2011

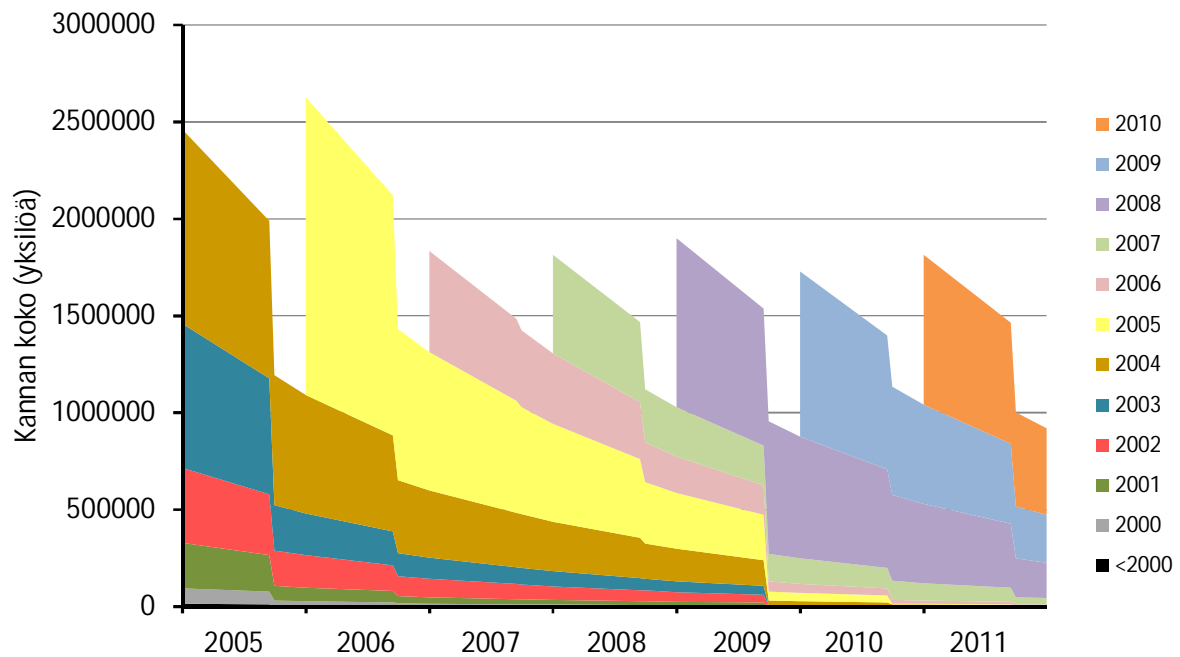
Särkikannan koko (1-vuotiaat ja vanhemmat) oli jakson alussa, vuoden 2005 alussa n. 2,5 miljoonaa yksilöä (kuva 10). Vuoden 2011 alussa kannan koko oli n. 1,8 miljoonaa yksilöä. Syksyn 2011 kalastuksen seurauksena kanta pieneni noin miljoonaan yksilöön. Jos vuonna 2012 rekrytoituva vuoden 2011 vuosiluokka oli keskimääräisen kokoinen, nousi kannan koko jälleen 1,8 miljoonaan yksilöön. Särkikannan koko on siis hieman laskenut seitsemän vuoden aikana. Kannan biomassa oli vuoden 2005 alussa n. 19000 kg (kuva 11). Suurimmillaan biomassa oli juuri ennen vuoden 2006 kalastusta, n. 29000 kg. Jakson lopussa, vuoden 2011 tehokkaan kalastuksen jälkeen biomassa oli enää 14000 kg. Jos vuosiluokan 2011 rekrytointi vuonna 2012 oli keskimääräisen suuruinen, oli kannan biomassa n. 16000 kg vuoden 2012 alussa.

Tuusulanjärven särkikanta on hyvin tuottava. Keskimäärin kannan (1-vuotiaat ja vanhemmat) biomassa 1,6-kertaistuu vuoden alun ja kasvukauden lopun välisenä aikana. Kannan tuotanto-biomassasuhte on siis noin 0,6, mikä on paljon suurempi kuin esimerkiksi Vesijärven Enonselän särkikannalla 1990-luvulla (Horppila & Peltonen 1994). Tuotannon vaihtelu on kuitenkin suurta. Viileänä kesänä 2008 kannan biomassa laski, ja kasvu oli vähäistä myös kesinä 2005 ja 2007. Kalastus poisti biomassasta vuosittain keskimäärin 32 % (kuva 12). Kun keskimääräinen biomassan kasvu oli n. 60 %, tuntuu yllättävältä, ettei biomassa ole kasvanut tarkastelujaksolla. Selitys löytyy siitä, että biomassaa on onnistuttu pienentämään erityisen paljon juuri niiden kesien jälkeen, jolloin se on kasvanut voimakkaasti. Esimerkiksi vuonna 2009 kalastus poisti n. 62 % särkibiomassasta.

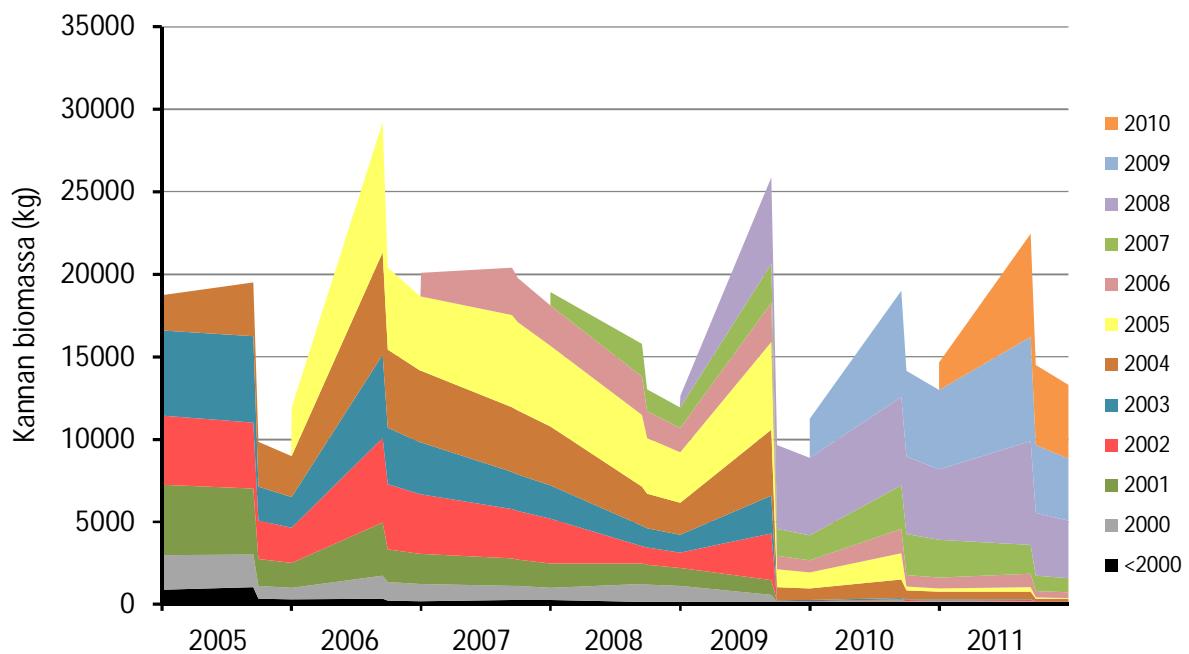
3.3.2 Särkikannan kehityksen ennuste

Särjellekään ei laskettu ennustavaa populaatioanalyysiä, koska vuosittain vaihtelevat pyydystettävyydet tekivät vuoden 2011 kuolevuuden ja tasapainosaaliin arvioinnin erittäin epävarmaksi. Särkibiomassan kehitystä voidaan suunta-antavasti ennustaa keskimääräisellä biomassan kasvukertoimella, koska kannan koko ei näyttäisi juurikaan vaikuttavan biomassan kasvuun. Toisaalta rekrytoinnin suuri vaihtelu vuosittain aiheuttaa epävarmuutta tasapainosaalisarvioon. Särkibiomassa kasvaa keskimäärin 60 % vuoden alusta kasvukauden loppuun. Jos tämä lisäkasvu poistetaan nuottauksella, kannan koko pysyy ennallaan. Tämän laskutavan mukaan vuosina 2012 ja 2013 olisi pitänyt poistaa n. 9000 kg särkiä/vuosi (1-vuotiaita ja vanhempia). Vuonna 2013 tämä lähes saavutettiin, mutta vuonna 2012 särkisaalis jäi pieneksi. Toisaalta viileä kesä 2012 on saattanut joh-

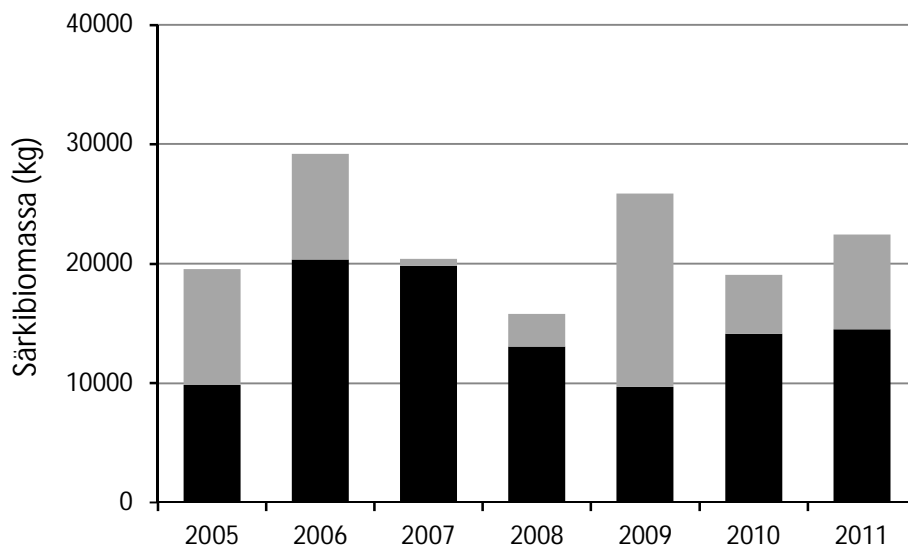
taa keskimääräistä hitaampaan kasvuun, jolloin biomassan kasvun estävä saalis olisi ollut selvästi keskimääräistä tasapainosaalista alhaisempi.



Kuva 10. Tuusulanjärven särkikannan (1-vuotiaat ja vanhemmat) yksilömäärän kehitys vuosina 2005-2011 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



Kuva 11. Tuusulanjärven särkikannan (1-vuotiaat ja vanhemmat) biomassan kehitys vuosina 2005-2011 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



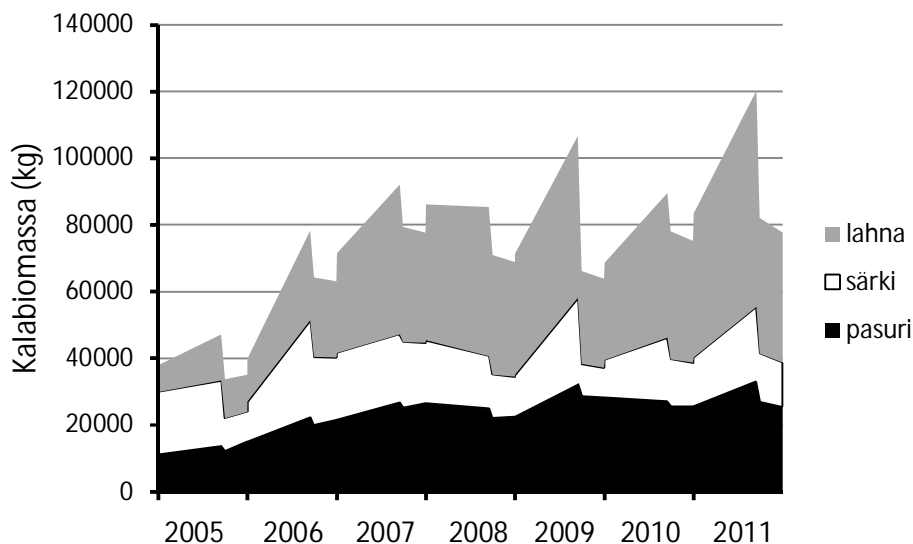
Kuva 12. Tuusulanjärven särkikannan biomassa kasvukauden lopussa (tumma + vaalea pylväs) ja syysnuottauksen päätyttyä (tumma pylväs).

3.3.3 Särjen saalistavoite

Särjellä biomassan kasvun estävä tasapainosaalis on paljon järkevämpi saalistavoite kuin lahnalla ja pasurilla. Särkibiomassaa ei ole näiden lajien tapaan kertynyt lisää viime vuosina, ja kanta on pysynyt kohtuullisen kokoisena petokalojen saalistuksen ja hoitokalastuksen ansiosta. Särjelle voidaan asettaa vuotuiseksi saalistavoitteeksi n. 9000 kg/vuosi. Viilleiden kesien jälkeisenä syksynä riittää selvästi pienempi saalis ja vastaavasti lämpimien kesien jälkeen särkiä tulisi yrittää poistaa keskimääräistä tavoitetta enemmän.

3.4 Lahna-, pasuri- ja särkikantojen kehitys

Yhteenlaskettu lahna-, pasuri- ja särkikantojen biomassa oli vuoden 2005 alussa n. 38000 kg (kuva 13). Biomassa on vähitellen kasvanut lähinnä lahnan runsastumisen ansiosta, ja suurimmillaan se oli juuri ennen vuoden 2011 kalastusta, n. 120000 kg. Tehokas kalastus ja luonnollinen kuolevuus laskevat biomassaa alle 80000 kiloon vuoden 2011 loppuun mennessä. Jos oletetaan rekrytointi keskimääräiseksi, nousi biomassa vuoden 2012 alussa 86000 kiloon. Tämän laskutavan perusteella näiden kolmen lajin yhteenlaskettu biomassa kasvoi siis seitsemän vuoden aikana n. 2,3-kertaiseksi.



Kuva 13. Lahna-, pasuri- ja särkibiomassan kehitys populaatioanalyysien mukaan vuosina 2005-2011. Arvioissa ovat mukana lahnalla 2-vuotiaat ja vanhemmat, pasurilla 3-vuotiaat ja vanhemmat sekä särjellä 1-vuotiaat ja vanhemmat kalat.

3.5 Hoitokalastus ja kalakantojen seuranta tulevaisuudessa

Tuusulanjärven hoitokalastus kannattaa keskittää lahnaan, koska juuri lahna näyttää muodostavan suotuisissa oloissa korkeita biomassoja. Tuusulanjärven lahnat kasvavat nuorina varsin nopeasti ja ohittavat muutamassa vuodessa koon, jossa petokalat voisivat hyödyntää niitä tehokkaasti ravintonaan. Jos lahnaa kalastetaan tehokkaasti, saadaan todennäköisesti myös niin paljon pasuria ja särkeä, että niiden kannat pysyvät kohtuullisen kokoisina. Lahnakantaa pitäisi aluksi harventaa tuntuvasti muutaman vuoden ajan, jonka jälkeen voidaan siirtyä biomassan kasvun estävään hoitokalastukseen. Tuusulanjärven lahnakannan kehitystä ja vastetta nuottakalastukseen kannattaa edelleen seurata, jotta voidaan arvioida kalastuksen vaikutusta kalakantaan ja järven tilaan. Tuusulanjärven lahnakanta on niin tuottava, että suuretkaan saaliit eivät vielä takaa sitä, että kannan biomassaa olisi saatu riittävän alhaiselle tasolle. Kun otetaan huomioon myös populaatioanalyysin ulkopuolelle jääneet kaksi nuorinta ikäryhmää, kannan biomassaa voi moninkertaistua yhden lämpimän kesän aikana. Populaatioanalyysi on käytännössä ainoa menetelmä, jolla Tuusulanjärven lahnakannan kokoa voidaan seurata. Sen sijaan pasurin ja särjen kannan seuranta populaatioanalyysillä ei kannata jatkua. Jos lahnankalastus on tehokasta, saadaan pasuria ja särkeä niin paljon sivusaaliina, etteivät ne pääse muodostamaan suuria biomassoja.

Näytteenottoa, ikämäärityksiä ja laskentaa on saatu tehostettua, eivätkä niiden kustannukset ole enää niin suuria kuin tutkimuksen alkuvuosina. Lisäksi populaatioanalyysin kustannuksia saatiin pienennettyä ikä-pituus-avaimen käyttöön otolla. Jatkossakin kannattaisi toimia siten, että saalisnäytteet otetaan kaikista tai lähes kaikista nuottavedoista. Näistä määritettäisiin lahnan pituusjakauma (n. 2000 kpl) ja otettaisiin ikänäytteet (n. 300 kpl). Populaatioanalyysi kannattaa laatia ennen seuraavan syksyn nuottausta, jotta sen tulokset olisivat käytettävissä saalistavoitteen määrittämisessä.

Toisaalta populaatioanalyysiä ei ole välttämätöntä päivittää joka vuosi. Pituusmittaukset pitää kuitenkin tehdä ja ikänäytteet kerätä, jotta myöhemmin voitaisiin tehdä tarvittavat laskelmat.

Tuusulanjärven hoitokalastuksen ongelmana ovat suuret vuosittaiset vaihtelut pyydystettävyydessä. Vaihtelun kaikkia syitä ei toistaiseksi tiedetä. Samean veden on todettu heikentävän pyyntitehoa, mutta muitakin syitä täytyy olla. Esimerkiksi vuonna 2010, jolloin saaliit olivat heikkoja, oli järven vesi keskimääräistä kirkkaampaa. Vaihtelu johtaa siihen, että aina kun pyydystettävyys on korkea, kannattaa kalastaa keskimääräistä saalistavoitetta enemmän. Jatkossa on kuitenkin odotettavissa heikon pyydystettävyyden kausia. Tällaisina kausina ei välttämättä kannata kalastaa muutamaa koevetoa enemmän.

4. Virhelähteet ja menetelmän rajoitukset

Vuoden 2011 tehokas kalastus poikkeuksellisen suurine saaliineen aiheuttivat suurta epävarmuutta populaatioanalyysin tuloksiin. Viimeisen vuoden lahnan ja pasurin kalastuskuolevuutta, ns. terminaalikuolevuutta ei voitu arvioida edellisten vuosien kalastuskuolevuuksien tai pyydystettävyyksien keskiarvojen perusteella, koska pyydystettävyys oli ilmiselvästi paljon keskimääräistä suurempi. Parhaaksi vaihtoehdoksi koettiin kalastuksellisesti onnistuneen vuoden 2009 pyydystettävyyksien käyttäminen. Vuosittaisten keskiarvojen käyttäminen olisi johtanut huomattavasti tässä esitettyjä arvioita suurempiin lukuihin. Vuosien 2005, 2009 ja 2010 pyydystettävyyden keskiarvoilla (vuodet, jolloin kalastamassa Aulis Kiiskilä ja Arto Hautala) olisi vuoden 2011 lopun lahnabiomassaksi saatu 60 tonnia tässä esitetyn 40 tonnin sijaan. On toki mahdollista, että vuonna 2011 pyydystettävyys oli suurempi kuin kertaakaan jaksolla 2005-2010. Tässä tapauksessa todellinen lahna- ja pasuribiomassa olisi tässä esitettyä arviota pienempi. Pyydystettävyyksiin liittyvä epävarmuus vähenee huomattavasti, jos populaatioanalyysiä jatketaan tulevana vuosina. Menetelmän ominaisuuksiin kuuluu, että estimaatit tarkentuvat mitä kauemmas taaksepäin mennään ajassa. Tässä raportissa esitetyistä biomassarvioista tarkin on vuoden 2005 kasvukauden lopun biomassarvio (se on tarkempi kuin vuoden 2005 alun arvio, koska tarkoista ikäryhmittäisistä keskipainoista ei ollut tietoja).

Populaatioanalyysissä on myös muita merkittäviä virhelähteitä. Esimerkiksi luonnolliselle kuolevuudelle valittu arvo vaikuttaa tuloksiin. Kettunen & Hilden (1986) ovat esittäneet tärkeimpien parametrien raja-arvoja luotettavien tulosten saamiseksi. Tuusulanjärven aineisto täytti nämä kriteerit kohtuullisen hyvin, joskin lahnalla ja pasurilla keskimääräinen kalastuskuolevuus näytti jäävän jonkin verran alle heidän esittämänsä arvon (0,4). Joka tapauksessa luonnollisen kuolevuuden arvo vaikuttaa Tuusulanjärven kalakanta-arvioihin varsin vähän (Malinen ym. 2011). Populaatioanalyysillä ei voitu luotettavasti arvioida nuorimpien ikäryhmien kokoja, koska ne näyttäisivät olevan kalastuksen kohteena vain joinakin vuosina. Esimerkiksi ainakin lahnavuosiluokat 2007 ja 2009 tulivat kunnolla kalastuksen kohteeksi vasta 2-vuotiaina. Biomassa-arvioihin puuttuvat ikäryhmät vaikuttavat vain vähän, mutta lukumääräarvio olisi luonnollisesti paljon suurempi jos nuoret kalat olisi mahdollista laskea mukaan. Toisaalta johtopäätöksiin kannan tilasta ja saalistavoitteisiin niillä ei ole suurta vaikutusta. Saalistavoite asetetaan kuitenkin aina kilomääräisenä.

Populaatioanalyysillä voidaan seurata vain niitä kalalajeja, jotka ovat tehokkaasti kalastuksen kohteena. Näin ollen se ei sovellu esimerkiksi kuoreen tai kuhanpoikasten runsauden arviointiin. Näiden

ulappa-alueella esiintyvien kalojen kannanvaihtelut vaikuttavat sekä eläinplanktonyhteisöön että epäsuorasti myös särkikalajien runsauteen ja kasvuun. Eräs syy särkikalabiomassan voimakkaaseen kasvuun saattaa hyvin olla romahtanut kuorekanta. Kuorekanta on ollut harva jo useita vuosia ja se saattaa olla katoamassa järvestä (Malinen 2013). Toisaalta kannan lisääntymispotentiaali on valtava. Esimerkiksi vuonna 1999 kanta oli todella harva, mutta olosuhteiltaan kuoreelle hyvä (sateinen ja viileä) kesä 2000 tuotti erittäin runsaan vuosiluokan ja jo seuraavana vuonna kanta oli huipussaan. On selvää, että tuolloin eläinplanktonia ulapalla saalistaneet 12 miljoonaa kuoretta (Malinen ym. 2004) vaikuttivat eläinplanktonyhteisöön ja siten myös muiden kalalajien ravinnonsaanti-mahdollisuuksiin. Kuorekannan seuranta on siis jatkossakin tärkeää.

5. Johtopäätökset

Kolmen Tuusulanjärven runsaimman särkikalalajin, lahnan, pasurin ja särjen yhteenlaskettu biomassassa kasvoi yli kaksinkertaiseksi seitsemän vuoden seurantajakson aikana. Valtaosa biomassan lisäyksestä koostui lahnasta. Myös pasuribiomassa kasvoi selvästi, mutta särkibiomassa pysyi samalla tasolla.

Lahnakantaa pitäisi tuntuvasti harventaa muutaman vuoden ajan, jonka jälkeen voitaisiin siirtyä vuotuisen biomassan kasvun estävään hoitokalastukseen. Saalistavoitteen määrittämisessä kannattaa käyttää päivitettyä populaatioanalyysiä.

Tehokkaassa lahnan nuottapyyntissä tulee sivusaaliina niin paljon pasuria ja särkeä, että näiden lajien kantojen koot pysyvät kohtuullisen kokoisina. Niiden seurantaan kalliilla populaatioanalyysillä ei kannata uhrata resursseja.

Lähdeluettelo

- Horppila, J. & Peltonen, H. 1994: The fate of a roach *Rutilus rutilus* stock under an extremely strong fishing pressure and its predicted development after the cessation of mass removal. *J. Fish Biol.* 45: 777-786.
- Kettunen, J. & Hilden 1986: Populaatioanalyysi ja sen herkkyys parametrien muutoksille. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Monistettuja julkaisuja 56. 50 s.
- Malinen, T. 2013: Tuusulanjärven ulappa-alueen kalasto vuosina 1997-2013 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 14 s.
- Malinen, T., Peltonen, H., Kervinen, J. & Lehtonen, H. 2011: Tuusulanjärven lahna-, pasuri- ja särkikannat vuosina 2003-2009. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. Tutkimusraportti. 18 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A. & Pekcan-Hekim, Z. 2004: Tuusulanjärven ulappa-alueen kalatiheys ja –biomassa vuosina 2000-2003 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Julkaisussa: Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.): Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurinon kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. Kala- ja Riistaraportteja 324.

- Olin, M. & Rask, M. (toim.) 2000: Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurjennostuksen kalatutkimuksia vuosina 1996-1999. Kala- ja riistaraportteja nro 184. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 74 s.
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 2004: Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurjennostuksen kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. Kala- ja riistaraportteja nro 324. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 60 s.
- Pope, J. G. 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. ICNAF Research Bulletin 9: 65-74.
- Rahikainen, M. 1999: Populaatiomallit – teoksessa: Böhling, P. & M. Rahikainen: Kalataloustarkkailu – periaatteet ja menetelmät. Riistan- ja kalantutkimus, Helsinki. s. 171 -191.
- Ricker, W. E. 1975: Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research board of Canada 191, 382 s.
- Ruuhijärvi, J. & Vesala, S. 2010: Tuusulanjärven verkkokoekalastukset vuonna 2009. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon riistan- ja kalantutkimus. Moniste, 11s.