

Markku Julkunen ja Eero Niemelä (toim.)

Sähkökalastus ja sen luotettavuus Tenon lohen poikastiheyksien seurannassa



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 135

1997

Sähkökalastus ja sen luotettavuus Tenon lohen
poikastiheyksien seurannassa

Markku Julkunen ja Eero Niemelä (toim.)

Helsinki 1997

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Sähkökalastusta Tenon sivuvesistössä: anodin käyttäjä ohjaa taintuneet poikaset alavirtaan haavimiehille. (Kuva: Jaakko Erkinaro)

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

ISBN 951-776-135-X

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 1997

Sisällys

Johdanto sähkökalastusmetelmän tutkimuksiin	5
---	---

Eero Niemelä

Tenojoella käytetty sähkökalastusmenetelmä.....	9
---	---

Markku Julkunen, Jaakko Erkinaro, Matti Kylmäaho ja Eero Niemelä

Lohen poikastiheyksien arviointi Tenojoen sähkökalastustuloksista	25
---	----

Markku Julkunen, Jorma Kuusela ja Eero Niemelä

Tenojoen sähkökalastustietojärjestelmä	41
--	----

Jorma Kuusela, Markku Julkunen ja Eero Niemelä

Johdanto sähkökalastusmenetelmän tutkimukseen

Eero Niemelä

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Tenojoen kalantutkimusasema, 99980 UTSJOKI

Johdanto sähkökalastusmenetelmän tutkimuksiin

Vuonna 1979 voimaan tulleen Tenojoen kalastussopimuksen mukaan Norjan ja Suomen tulee olla läheisessä yhteistyössä säilyttääkseen Tenojoen vesistön kalakannat. Tavoitteen toteuttamiseksi sopimusosapuolten tulee tehdä yhteisiä tutkimuksia vesistön kalakannoista ja kalansaaliista. Yksi tärkeimmistä tehtävistä on seurata lohenpoikasten määrissä tapahtuvia muutoksia ja arvioida muutoksiin vaikuttaneita syitä, etenkin kalastuksen säätelytoimenpiteiden onnistumista. Sähkökalastus on yleisin virtavesikalojen tiheysarvioinnissa käytetty menetelmä erityisesti pienissä joissa (Hickey 1990), mutta myös yleisesti käytetty menetelmä suurten jokien kalanpoikasmäärien selvittämiseksi (Saltveit 1990). Sähkökalastus on suurissa joissa yleensä rajoittunut matalaan veteen rantojen lähelle.

Tenojoki sijaitsee subarktisella alueella, jossa lohenpoikasten kasvu on hidasta ja elinkierto pitkä, joten kalastuksen säätelyssä tapahtuvat muutokset näkyvät kannoissa hitaasti. Jokeen nousevan lohimäärän ja sen tuottaman poikasmäärän välinen suhde on monitahoinen ja nousevan lohimäärän selvittäminen voi olla vaikeata ja kallista (Solomon 1985). Vaelluskalakantojen tilaa kuvaavat saalismäärät ja poikasmäärät. Saalistilastot perustuvat eri kalastajaryhmien tekemiin saalisilmoituksiin, ja poikasmäärien kehittymistä kuvaavat luvut perustuvat mittaustietoihin joessa elävien poikasten tai joesta vaeltavien poikasten määristä. Poikasnootaus soveltuu vain hiekkapohjille ja sukellushavainnointi lähinnä syvään veteen, eivätkä ne siten sovellu vaihteleviin lohenpoikasten ympäristöihin. Tenojoen kaltaisessa suuressa vesistössä poikastuotannossa tapahtuvia muutoksia voidaan tutkia kahdella menetelmällä: vaelluspoikaspöynnillä ja sähkökalastamalla. Vaelluspoikasten pöynti ja määrän selvittäminen onnistuu vain pienemmissä sivujoissa eikä se kuvaa vesistön pääuomien poikastuotantoa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Sähkökalastamalla saadut tulokset edustavat rajoitettua osaa vesistöalueesta eikä niitä voida käyttää osoittamaan koko joen tilannetta, mutta niitä voidaan käyttää verrattaessa samojen tai samankaltaisten alueiden tiheysien muutoksia pitkällä aikavälillä (Saksgård ja Heggberget 1990). Pienempien jokien vaelluskalojen poikasmääriä ovat tutkineet sähkökalastamalla mm. Heggberget 1984a, 1984b, Karlström 1977 ja Amiro 1990. Sähkökalastus vaikuttaa hyvin vähän lohenpoikasten elinvoimaisuuteen. Sensijaan suurempikokoisille kaloille se aiheuttaa usein selkärangan vioittumia tai kuoleman (Dalbey ja McMahon 1996, Power 1993, Lamarque 1990).

Seurantatutkimuksessa joudutaan soveltamaan tutkimusmenetelmiä tavoilla, joita ei aina kuvailla riittävän tarkasti tutkimusraporteissa, jotta niitä voitaisiin soveltaa muissa tutkimuksissa tai niiden luotettavuutta voitaisiin arvioida. Sähkökalastuksia tehdään Tenojoen vesistöalueella vuosittain satoja. Havaintomäärät vaihtelevat muutamasta kalayksilöstä satoihin yksilöihin. Tämän laajan kokemuksen perusteella Tenojoen kalantutkimusasemalla on kiinnitetty menetelmän luotettavuuteen huomiota ja kehitetty yleisesti käytetystä menetelmästä seurantatutkimukseen sopiva kenttätyöjärjestelmä sekä tiedonhallintajärjestelmä. Tätä johdantoa seuraavissa julkaisuissa kuvaillaan käytetty sähkökalastusmenetelmä sekä arvioidaan sen luotettavuutta ja käytökelpoisuutta lohenpoikasten tiheyden pitkäaikaisseurannassa sekä selvitetään tapoja, joilla menetelmää voidaan kehittää.

Kiitokset

Julkaisujen tulokset perustuvat Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkimuksiin ja sen henkilökunnan työhön vuosina 1979-1996. Julkaisujen tekijät kiittävät Anssi Elorantaa, Maija Länsmania, Jorma Ollilaa, Raimo Parmannetta, Anssi Sauraa ja Lauri Urhoa, jotka kommentoivat käsikirjoituksia.

Kirjallisuus

- Amiro, P.G. 1990. Variation in juvenile Atlantic salmon population densities between consecutive enclosed sections of streams. In: Cowx, I.G. (ed.) *Developments in electric fishing*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 96–101.
- Dalbey, S.R. & McMahon, T.E. 1996. Effect of electrofishing pulse shape and electrofishing-induced spinal injury on long-term growth and survival of wild rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 560–569.
- Heggberget, T.G. 1984a. Habitat selection and segregation of parr of arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in two streams in North Norway. In: Johnson, L. & Burns, B.L. (eds.) *Biology of the Arctic Charr*, Proceedings of the international Symposium on Arctic Charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981. Univ. Manitoba Press, Winnipeg. p. 217–231.
- Heggberget, T.G. 1984b. Populations of presmolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) before and after hydroelectric development and building of weirs in the River Skjoma, North Norway. In: Lilliehammer, A. & Saltveit, S.J. (eds.) *Regulated Rivers. Proceedings of the Second International Symposium on Regulated Streams*, Oslo, Norway, 8-12. August 1982. Universitetsforlaget. p. 293–308.
- Hickley, P. 1990. Electric fishing in practice. In: Cowx, I.G. & Lamarque, P. (eds.) *Fishing with electricity. Application in freshwater fisheries management*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 176–187.
- Karlström, Ö. 1977. Habitat selection and population densities of salmon and trout parr in Swedish rivers. *Inform. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*. 6, 72 p.
- Lamarque, P. 1990. Electrophysiology of fish in electric fields. In: Cowx, I.G. & Lamarque, P. (eds.) *Fishing with electricity. Application in freshwater fisheries management*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 4-33.
- Power, G. 1993. Estimating production, food supplies and consumption by juvenile Atlantic salmon. In: Gibson, R.J. & Cutting, R.E. (eds.) *The production of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in natural waters*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 118: 262.
- Saksgård, L.M. & Heggberget, T.G. 1990. Estimates of density of presmolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a large north Norwegian river. In: Cowx, I.G. (ed.) *Developments in electric fishing*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 102–108.

Saltveit, S.J. 1990. Studies of juvenile fish in large rivers. In: Cowx, I.G. (ed.) Developments in electric fishing. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 109–114.

Solomon, D.J. 1985. Salmon stock and recruitment and stock enhancements. J. Fish. Biol. 27 (Supplement A): 45–57.

Tenojoella käytetty sähkökalastusmenetelmä

Markku Julkunen, Jaakko Erkinaro, Matti Kylmäaho, Eero Niemelä

Sisällys

1. JOHDANTO.....	11
2. POISTOPYYNTIMENETELMÄ	12
2.1. Sähkökalastuslaitteisto	12
2.2. Kenttätyömenetelmä.....	12
2.3. Laskentamenetelmä	13
3. SÄHKÖKALASTUSMENETELMÄN LUOTETTAVUUS.....	14
3.1. Hajonnan ja harhan arviointi	14
3.2. Näytealueen ominaisuuksien vaikutus.....	15
3.3. Kalan ominaisuuksien ja kalapopulaation vaikutus	17
3.4. Teknisten tekijöiden vaikutus.....	18
4. MENETELMÄN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET	19
4.1. Muualla käytettyjä menetelmiä	19
4.2. Kehittämismahdollisuudet Tenolla.....	21
KIRJALLISUUS.....	23

1. Johdanto

Tenojoen kalantutkimusasemalla on tehty sähkökalastuksia poistopyyntimenetelmää käyttäen vuodesta 1979 lähtien. Sitä ennen vesistöalueella oli tehty hajanaisia ja kartoittavia sähkökalastustutkimuksia. Sähkökalastustutkimusten tarkoituksena on ollut seurata lohenpoikasten määrissä tapahtuvia muutoksia ja arvioida muutoksiin vaikuttaneita syitä.

Lohenpoikastiheyksiä on seurattu Tenon pääuomassa, Inarijoessa ja Utsjoessa yhteensä 57 pysyvällä näytealueella. Näytealueet valittiin ensimmäisenä vuonna subjektiivisesti kuvaamaan erilaisia poikasten elinympäristöjä. Samat näytealueet on kalastettu vuosittain heinäkuun ja elokuun lopun välisenä aikana.

Pääuoman vakioalueiden seurannan lisäksi sähkökalastusta käytetään sivujokien poikastutkimuksissa. Näitä tutkimuksia on tehty vuodesta 1985 lähtien lähes kaikilla Tenojoen Suomen puoleisilla sivujoilla. Vuosina 1990–1995 Tenon ja Utsjoen pääuomassa sekä muutamissa sivujoissa on seurattu avovesikauden ajan samoilla näytealueilla lohenpoikasten tiheyksien muutoksia ja kasvua erilaisissa ympäristöissä.

Kivisimpun leviämistä ja suhdetta lohenpoikastiheyksiin on seurattu sähkökalastuksella Utsjoessa erityisesti vuodesta 1987 lähtien.

Tämän työn tarkoituksena on kuvata Tenojoella käytettävää sähkökalastusmenetelmää ja sen luotettavuutta, sekä pohtia menetelmän kehittämismahdollisuuksia.

2. Poistopyyntimenetelmä

2.1. Sähkökalastuslaitteisto

Sähkökalastuslaitteistoon kuuluu aggregaatti ja muuttaja. Tutkimustoiminnan alkuaikoina Tenojoen kalantutkimusasemalla käytettiin toimintavarmoja, mutta raskaita Briggs & Strattonin polttomoottoreita ja Boschin generaattoreita. Nykyiset aggregaatit ovat kevyempiä kuin aikaisemmat laitteet. Vuodesta 1988 lähtien on käytetty Honda GX1000 -aggregaattia. Sen generaattorin ulostuloteho on 1 kW, mikä on riittävä myös sähkönsäilytykseltään alhaisiin vesiin.

Muuttajat ovat niin ikään keventyneet ja tulleet helpommiksi huoltaa. Aikaisemmin käytetyt Lugab L-1000 muuttajat olivat raskaita ja monimutkaisia. Nykyisissä muuttajissa (valmistaja Seppo Rapinoja) lähes kaikki komponentit ovat vaihdettavissa kenttälaitteissa. Sähkökalastuksissa Tenojoella käytetään muuttajan sykkivää tasavirtaa noin 900 voltin jänniteellä ja noin 0,2 ampeerin virran voimakkuudella.

Pienillä sivupuroilla ja lajistonselvityksissä on käytetty norjalaista Paulsen-sähkökalastuslaitetta. Tämän selässä kannettavan laitteen virtalähteenä käytetään 12 voltin akkua. Laite tuottaa sykkivää tasavirtaa kuten raskaampi aggregaatti-muuttaja-yhdistelmäkin. Kannettavan Paulsen-laitteen käyttöjännite on noin 600 voltia ja virran voimakkuus noin 0,2 ampeeria.

Anodina on käytetty 180 cm pituisen lasikuituisen varren päässä 30 asteen kulmassa olevaa metallikehää, jonka halkaisija on 30 cm. Kehän materiaali oli aikaisemmin alumiini, mutta vuodesta 1995 lähtien materiaalina on käytetty ruostumatonta terästä. Alumiinin haittana on, että se murtuu ja hapettuu helposti, jolloin sen sähkönsäilyvyys alenee. Anodin varressa on "kuolleenmiehenkytkin", joka katkaisee virran, kun ote kytkimestä irtaantuu.

Nykyisin Tenojoen tutkimusasemalla käytetty katodi on 15 mm leveää kuparipunosta, jonka pituus on noin viisi metriä. Katodin on oltava pinta-alaltaan selvästi anodia suurempi, riittävän paksu ja hyvin sähköä johtavaa materiaalia.

2.2. Kenttätöyömenetelmä

Tenojoen kalantutkimusaseman sähkökalastuksessa käytetään poistopyyntimenetelmää (Bohlin ym. 1989). Työryhmään kuuluu yleensä kolme henkilöä, joista yksi toimii anodin käyttäjänä ja kaksi muuta haavin käyttäjinä.

Näytealueen ala- ja yläreunat merkitään rannalle ennen kalastuksen aloittamista. Generaattori ja muuttaja sijoitetaan alueen yläpuolelle. Katodi sijoitetaan ylävirtaan, alueen ulkopuolelle. Sulkuverkkoja ei Tenojoen tutkimusaseman tutkimuksissa ole käytetty vuoden 1987 jälkeen. Kalastus aloitetaan alueen alareunasta ylävirtaan edeten. Haavimiehet pysyvät alavirran puolella anodin käyttäjään nähden. Anodinkäyttäjät etenee noin metrin kerrallaan poikkivirtaan kalastaen virran suuntaan kaksi metriä pitkää kaistaletta. Kalastettaessa anodia liikutetaan mutkittellen ja pohjan muotoja myötäillen alavirtaan kohti haaveja, joita pidetään rinnakkain pohjassa kaistaleen alareu-

nassa. Näytealuetta ei häiritä millään tavoin ennen anodin käyttöä. Useimmiten taintuneet kalat ajautuvat virran mukana haaveihin ja haavimiehet keräävät havaitsemiaan kaloja myös aktiivisesti. Kalat kerätään anodinkäyttäjän sankoon, joka tyhjennetään ajoittain rannalle isompaan saaviin.

Näin toimien kalastetaan 1–2 aarin näytealue yleensä kolmeen kertaan. Kalastuskertojen välillä kaloista otetaan tarvittavat tiedot ja näytteet (pituus, paino ja suomunäyte). Kalat säilytetään rannalla saavissa muiden kalastuskertojen ajan ennen vapauttamista. Saaviin vaihdetaan ajoittain vesi. Kalastuskertojen välistä taukoa on tutkimuksissa pidetty kalojen käsittelyyn kuluva aika (15–45 minuuttia).

Mikäli ensimmäisellä kalastuskerralla saadaan vain vähän kaloja (alle viisi lohta tai taimenta, vuodesta 1995 alkaen alle kymmenen), jäävät toinen ja kolmas kerta kalastamatta.

2.3. Laskentamenetelmä

Peräkkäisten kalastuskertojen kalamääristä lasketaan keskimääräinen pyydystettävyyss estimoimalla pyydystämättä jäävien kalojen osuus Moranin-Zippinin menetelmällä (Seber 1982). Pyydystettävyyssarvon ja kokonaissaaliin perusteella lasketaan kalastetun alueen kalamäärän arvio (estimaatti) ja siitä edelleen kalatiheys 100 m² kohden (vrt. Seber 1982, Bohlin ym. 1989, Julkunen ym. 1997). Kuusela ym. (1997) esittävät Tenojoen kalantutkimusasemalla laskennassa käytetyt tietokoneohjelmat.

3. Sähkökalastusmenetelmän luotettavuus

3.1. Hajonnan ja harhan arviointi

Sähkökalastusmetodin luotettavuuden peruskriteerit ovat Moranin–Zippinin estimointimenetelmää käytettäessä Seberin (1982) mukaan:

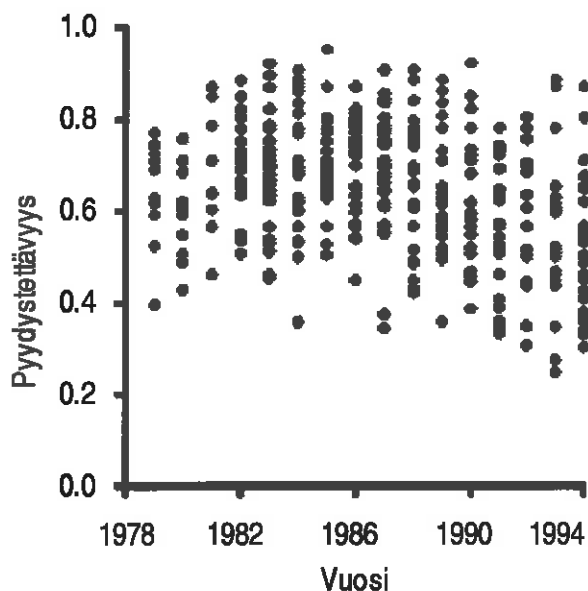
1. Kalastettavan populaation tulisi olla suljettu eli kalastuksen aikana kaloja ei saisi lähteä tai tulla alueelle.
2. Kaikilla kalayksilöillä tulisi olla sama todennäköisyys joutua kalastetuksi.
3. Pyydystettävyyden tulisi olla sama kaikilla peräkkäisillä kalastuskerroilla.

Nämä ehdot eivät tarkasti ottaen toteudu käytännön kalastustilanteessa. Monet tekniikkaan, laitteistoon ja työryhmään sekä kalastettavaan alueeseen, kalalajiin ja populaatioon liittyvät seikat vaikuttavat pyydystettävyyteen ja tulosten luotettavuuteen.

Käytetyn sähkökalastusmetodin virhelähteet voi jakaa otantavirheeseen ja systemaattiseen virheeseen. Otantavirhe tarkoittaa satunnaisvaihtelua estimaatin (laskentatuloksen) ympärillä ja sitä kutsutaan usein hajonnaksi. Systemaattista virhettä kutsutaan usein harhaksi ja se tarkoittaa estimaatin odotusarvon (yksinkertaistaen keskiarvojen keskiarvon) poikkeamaa todellisesta näytealueen tiheydestä (Julkunen ym. 1997).

Sähkökalastusmetodi poistopyyntimetodina antaa yleensä liian pieniä arvoja, eli metodin mukaisesti laskettu kalatiheys on pienempi kuin todellinen kalatiheys (Seber 1982, Bohlin ym. 1989). Yksittäiset tulokset voivat olla todellista suurempiakin. Erityisen ongelmallista on pyydystettävyyden vaihtelu peräkkäisten kalastuskertojen välillä (Bohlin ja Cowx 1990).

Hajonta voidaan sähkökalastustuloksen laskennan yhteydessä jakaa kahteen osaan, estimaatin otantavirheeseen ja kalastuksen mittausvirheeseen. Laskennalliseen otantavirheeseen vaikuttavat näytealueen alkuperäinen kalamäärä, kalastuskertojen määrä ja pyydystettävyyden vaihtelu. Pyydystettävyyden vaihtelu on vaihdellut Tenon tutkimuksissa 0,2 ja 0,8 välillä. Keskimäärin se on ollut noin 0,5–0,6 (kuva 1). Pyydystettävyyden vaihtelu, ja siis myös otantavirheen suuruus, riippuu myös kalojen jakautumisesta (laikuttaisuudesta ja territoriaalisuudesta) ja tiheydestä kalastettavalla alueella. Lohenpoikasten jakautuminen tutkittavalla alueella riippuu pohjan laadusta ja kalojen iästä (koosta). Julkunen ym. (1997) tarkastelevat hajonnan ja harhan arviointia laajemmin, sekä teoreettiselta kannalta että esimerkkien avulla.



Kuva 1. Lohenpoikasten (ikäryhmä $\geq 1+$) pyydystettävyys vuosina 1979–1994 Tenon pitkäaikaisseurannan aineiston perusteella. Estimointi Moranin-Zippinin menetelmällä kolmen peräkkäisen kalastuksen saaliista.

3.2. Näytealueen ominaisuuksien vaikutus

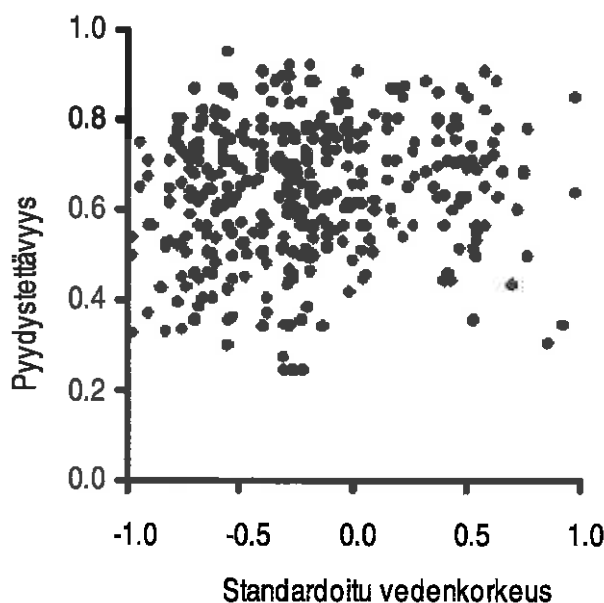
Veden syvyys, väri ja pyörteisyys, pohjan väri ja raekoko sekä heijastuminen ja valon määrä vaikuttavat kalojen havaittavuuteen ja pyydystettävyyteen. Suositeltavaa olisi, että kalastavan ryhmän jäsenet käyttäisivät polaroituja aurinkolaseja veden heijastumien vaikutuksen poistamiseksi. Kirkkaassa vedessä kalat ovat arkoja ja saattavat paeta työryhmän aiheuttamaa häirintää. Kovalla sateella ei voida kalastaa huonon näkyvyyden ja turvallisuusseikkojen vuoksi (Vesi- ja ympäristöhallitus 1990).

Veden johtokyky vaikuttaa sähkökentän ominaisuuksiin. Mitä pienempi sähköjohtokyky on, sitä suurempi on kalojen kautta kulkevan sähkökentän tiheys ja sähköön vaikutus kaloihin (Zalewski ja Cowx 1990). Johtokykyä suurentaa, ja siis veden sähkövastusta vähentää, lämpötilan nousu ja veteen liuenneiden aineiden määrä. Tenojoen vesistössä vedenlaadun vaihtelulla ei ole sähkökalastukselle merkitystä tulva-aikojen lukuunottamatta. Sähköjohtavuus on vaihdellut eri vedenlaatututkimuksissa 10–70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ välillä (Vaajala 1985, Kylmäaho 1990). Alhaisen sähköjohtavuuden takia kalastuksessa käytetään suurta (900 V) jännitettä.

Lohikalat ovat parhaiten kalastettavissa 5–10°C lämpötilassa, jolloin ne ovat sopivan aktiivisia eivätkä tainnu liian helposti, kuten esimerkiksi alle neljän asteen lämpötilassa (Zalewski ja Cowx 1990). Lämpimämmässä vedessä kalat ovat liian vilkkaita. Pitkien lämpökausien aikana ei kalasteta, koska kalat oleilevat tavanomaisesta poikkeavilla alueilla. Tenojoella tehtyjen tutkimusten aikana veden lämpötila on ollut lähes aina 5–15°C.

Suuri virtausnopeus vaikeuttaa kalojen pyydystämistä muun muassa siksi, että veden pinnan rikkoutuminen heikentää näkyvyyttä. Tenojoen kokemusten perusteella voimakas virta voi myös tuoda kalat haaviin. Toisaalta kalat voivat ajautua myös haavin ohi. Käyttämällä kahta rinnakkaista haavia pystytään virtausnopeuden aiheuttamaa pyydystettävyyden vaihtelua pienentämään.

Tulvan aikana tai heti tulvan jälkeen ei kalasteta, koska kalat ovat eri alueilla kuin normaalivedenkorkeuden aikana, eikä korkean veden aikana voida useinkaan kalastaa haluttua aluetta. Pitkäaikaisseurantatutkimusten pyydystettävyyssarvot eivät ole korreloineet vedenkorkeuden kanssa (kuva 2).



Kuva 2. Lohenpoikasten (ikäryhmä $\geq 1+$) pyydystettävyyden suhde vedenkorkeuteen Tenon pitkäaikaisseurannan aineiston (1979–1994) perusteella. Estimointi Moranin-Zippinin menetelmällä kolmen peräkkäisen kalastuksen saallista.

Zalewskin ja Cowxin (1990) mukaan kalastusteho on pienempi hienorakeisella pohjalla, koska se johtaa sähköä paremmin kuin karkea, ja kalojen kautta kulkevan sähkökentän tiheys on silloin pienempi. Tällä ei kuitenkaan ole ilmeisesti käytännön vaikutusta, sillä pohjan rakenteen vaihtelu vaikuttaa lähinnä kalojen havaittavuuteen. Tenojoen kenttähavaintojen perusteella näyttää pohjan suojapaikoilla olevan vaikutusta kalojen pyydystettävyyteen. Kivien väliin kaivautuvien kalojen kiinnisaanti on vaikeaa, mikä laskee karkean pohjan kalastettavuutta. Toisaalta on mahdollista, että hienorakeisella pohjalla kalat eivät löydä suojapaikkoja ja saattavat paeta työryhmän aiheuttamaa häiriötä. Siitä, vaikuttaako pohjan erilaisten suojapaikkojen määrä tai laatu kalastustehokkuuteen, ei kuitenkaan ole lohen ja taimenen sähkökalastustutkimuksissa saatu tietoa.

Zalewskin ja Cowxin (1990), Rileyn ja Fauschin (1992) ja Rileyn ym. (1993) mukaan sähkökentän teho laskee joen leveyden kasvaessa. Leveissä joissa tulisi käyttää tehokkaita laitteita, jotta päästäisiin samanlaisiin pyydystettävyyssarvoihin kuin kapeissa uomissa. Lisäksi leveässä joessa, joka kalastetaan vain osalta uoman leveyttä, kaloilla on suurempi mahdollisuus siirtyä kalastettavan alueen ulkopuolelle kuin joessa, joka kalastetaan koko leveydeltä. Tenon ja sen suurimpien sivujokien sähkökalastus koko uoman leveydeltä on käytännössä mahdotonta.

Pitkäaikaisessa seurantatutkimuksessa syntyy tilanteita, joissa seuratut alueet eivät vastaa luonteeltaan sitä, minkä vuoksi ne alunperin on valittu tutkimusalueeksi. Muun muassa jääeroosio muuttaa kalojen kannalta joen uoman habitaatteja jopa vuosittain. Näin on käynyt joissakin tapauksissa myös Tenon tutkimuksissa. Inarijoen yhden näytealueen ympäristö on muuttunut täysin, kun joen uoma on muuttunut, ja Tenojoen yksi näytealue on ruopattu. Tilapäiset olosuhteet ovat vaikuttaneet muun muassa siten,

että vuosina 1979, 1981 ja 1992 ei ole kalastettu tulvan takia kaikkia näytealueita. Vakioseurantaan voidaan ottaa myös uusia alueita olosuhteiden muutosten takia.

3.3. Kalan ominaisuuksien ja kalapopulaation vaikutus

Isot kalat reagoivat voimakkaammin sähkökenttään kuin pienet, koska jännite-ero kalan pään ja pyrstön välillä on sitä suurempi, mitä pitempi kala on (Lamarque 1990, Zalewski ja Cowx 1990). Vastakuoriutuneiden lohenpoikasten pyydystettävyyden on huono ja tulosten hajonta suuri (Borgström ja Skaala 1993). Pienille kaloille tulee helposti mittauksissa käsittelyvaurioita ja suuremmille kaloille taas sähkövirta voi aiheuttaa vaurioita. Anodin käyttäjän ammattitaidosta riippuu osaltaan se, kuinka kauan kalat joutuvat olemaan sähkökentässä. Sähkökalastuksen vaikutustutkimuksia on tehty runsaasti etenkin lohenpoikasia isommille kaloille. Vaikutukset ovat pienille kaloille vähäisempiä kuin isoille (mm. Lamarque 1990, Sharper ja Carothers 1990, Hollender ja Carline 1994, Dalbey ym. 1996).

Kala pyrkii usein sähkökentässä jatkamaan suuntaansa, jolloin se voi päästä pakoon ennen joutumistaan varsinaiseen anodin houkutusvyöhykkeeseen. Joessa tämä lienee ongelma, koska kalat usein suuntautuvat virtaa vasten, mikä on myös kalastuksen etenemissuunta. Tenon tutkimusten kenttähavaintojen perusteella lohenpoikaset näyttävät pakenevan kaikkiin suuntiin.

Kalojen aktiivisuus vaikuttaa niiden pyydystettävyyteen. Esimerkiksi vuorokauden-aika vaikuttaa kalojen liikkumis- ja ravinnonottoaktiivisuuteen. On mahdollista, että aktiiviset kalat häiriintyvät helpommin alueella työskentelystä tai toisaalta päinvastoin, ne voivat olla helpommin pyydettävissä kuin suojapaikoissa oleskelevat passiiviset yksilöt.

Pyydystettävyyden vaihteluun vaikuttavat erityisesti kalan koko, sähkökalastustekniikka ja kalastettavan alueen ominaisuudet sekä yksittäisten kalayksilöiden erilainen todennäköisyys joutua saaliiksi. Osa kalayksilöistä on huomattavasti pyydystettävissä muun muassa koko- ja aktiivisuuserojen vuoksi. Huomattavasti pyydystettävien osuus saaliissa kasvaa kalastuskertojen myötä, eli toisella ja kolmannelle kalastuskerralla jäljellä ovat vaikeasti pyydettävät yksilöt (Bohlin ja Cowx 1990). Esimerkkejä pyydystettävyyden vaihtelusta kalastuskertojen välillä ja sen aiheuttamasta virhelähteestä antavat Julkunen ym. (1997).

Koska kalan koko vaikuttaa pyydystettävyyteen, tiheysestimaatit on laskettava ikäryhmittäin. Toisaalta estimoinnin laskentatavan vuoksi ikäryhmien kokonaissaaliin pitää olla riittävän suuri laskennan onnistumiseksi. Tämän vuoksi ikäryhmiä ei voi tiheysarvion laskennassa olla monta. Tenojoen tutkimuksissa on osoittautunut käytännössä mahdolliseksi ikäryhmäjaoksi kalojen jako saman kesän poikasiin (0+ ikäryhmä) sekä vuoden vanhoihin ja sitä vanhempiin poikasiin ($\geq 1+$ ikäryhmä). Systemaattinen virhe on havaittavissa erityisesti ikäryhmän 0+ pyydystettävyyden alenemisena peräkkäisinä kalastuskertoina. Sen todellista suuruutta ei ole kuitenkaan voitu laskea.

Kalatiheys vaikuttaa monella tavalla lohenpoikasten pyydystettävyyteen ja sen estimaatin hajontaan. Lohikalojen pyydystettävyyden sähkökalastuksella on pienempi pienessä tiheydessä kuin suuressa tiheydessä, koska pienissä tiheyksissä kalayksilöillä on todennäköisempiä mahdollisuuksia löytää piilopaikkoja. Myös kalojen reviiri on laajempi pienessä kalatiheydessä kuin kalatiheyden ollessa suuri, jolloin on mahdollista, että kalat voivat paeta ilman, että naapuriyksilöt reviiriä puolustaessaan estäisivät sitä. Näiden tekijöiden merkityksen osoittaminen on kuitenkin vaikeaa ja edellyttäisi käyttäytymisekologista lähestymistapaa. Kalatiheys vaikuttaa tuloksiin myös siten, että laskettavan kalamäärän estimaatin hajonta on teoreettisestikin suuri, kun kalamäärä on pieni. Näin ollen pienten tiheyksien näytealueiden pinta-alan tulisi olla huomattavasti

laajempi kuin suurten tiheyksien näytealueiden. Toisaalta suuressa populaatiotiheydessä tulee kiinnittää erityisesti huomiota peräkkäisten kalastuskertojen samankaltaiseen intensiteettiin, jotta tiheyden aleneminen kalastuskertojen välillä ei vaikuttaisi pyydystettävyyden vaihteluun (Seber 1982, Bohlin ym. 1989, Bohlin 1990, Bohlin ja Cowx 1990).

3.4. Teknisten tekijöiden vaikutus

Sähkökalastusmenetelmän luotettavuudelle on olennaista, että työ tehdään jokaisella peräkkäisellä sähkökalastuskerralla samalla tavoin. Vuosien väliset erot työryhmän koossa, kokoonpanossa ja harjaantuneisuudessa tulee seurantatutkimuksessa vakioida. Tenojoen alueella tehdyissä sähkökalastuksissa on yleensä aina yksi anodin ja kaksi haavin käyttäjää.

Seurantatutkimuksien työryhmien vetäjinä ovat toimineet samat henkilöt useita vuosia peräkkäin, sen sijaan haavinkäyttäjät ovat vaihtuneet usein. Yleensä uudet työntekijät ovat harjoitelleet vetäjänsä johdolla ennen ensimmäistä varsinaista koekalastusta, ja joinakin vuosina työryhmille on järjestetty erityistä koulutusta.

Laitteisto ja sen säädöt vaikuttavat kalastettavuuteen. Häiriötekijöitä voivat olla esimerkiksi katkaisimien huono toiminta tai generaattorin muuttajalle antama vaihteleva jännite.

Tenon alueen tutkimuksissa kalojen siirtymistä näytealueelta pyrittiin aikaisemmin estämään sulkuverkoilla, mutta niiden käyttö oli työlästä ja niiden asettamisen oletettiin häiritsevän ja karkottavan poikasia. Tämän katsottiin vaikuttavan tuloksen virhelähteisiin samaan tapaan kuin kalojen liikkuminen ilman sulkuverkkoja tapahtuvan kalastuksen aikana näytealueen rajojen yli. Myöskään Bohlin ym. (1989) eivät pitäneet sulkuverkkoja tarpeellisina lohikaloiden sähkökoekalastuksessa. Sulkuverkoista luovuttiin vuoden 1987 jälkeen ja samaan aikaan otettiin käyttöön tehokkaammat laitteet, mikä on myös saattanut vaikuttaa pyydystettävyyteen. Näiden vaikutusta on vaikea erottaa toisistaan ja muusta suuresta pyydystettävyyden vaihtelusta (kuva 1).

Tenolla kalastettujen alueiden koko on yleensä ollut 50–200 m². Näytealueilla, missä tiheydet ovat olleet alhaisia, pyydystettyjen lohenpoikasten määrä on jäänyt usein alle 50 yksilön, mikä on liian vähän luotettavien tulosten estimoimiseksi (Bohlin ym. 1989). Sen sijaan alueilla, joissa lohenpoikasten tiheydet ovat olleet suuria, kalamäärät ovat olleet yleensä riittäviä luotettavaan estimointiin.

Sähkökalastettavan alueen pinta-alan mittausvirhe aiheuttaa virheen lopputuloksessa. Tenojoen tutkimuksissa pinta-ala mitattiin aiemmin 50 cm ja vuodesta 1995 lähtien 25 cm tarkkuudella. Leveys mitataan näytealueen päistä ja kahdesta muusta kohdasta. Pintakivien pinta-ala vähennetään mittaustuloksesta, mikäli niiden alla ei ole elintilaa lohenpoikasille.

4. Menetelmän kehittämismahdollisuudet

4.1. Muualla käytettyjä menetelmiä

Sähkökalastusta on Suomessa käytetty lukuisissa virtavesien lohikalojen populaatio-tutkimuksissa (Sutela 1981, Laine 1984 ja taulukko 1). Kotimaisissa sähkökalastus-tutkimusten raporteissa ei yleensä ole kuvattu menetelmää niin, että sen luotettavuutta voisi arvioida (Laine 1984). Tenojoen tutkimuksissa on käytetty samaa vakioitua me-netelmää runsaan viidentoista vuoden ajan eikä vastaavan laajuista aineistoa sähkö-kalastuksesta ole muualla Suomessa.

Taulukko 1. Eräiden Suomessa tehtyjen tutkimusten sähkökalastuslaitteiden mallit ja käy-tettyjä menettelytapoja

Julkaisu	Paikka	Laitteet	Jännite, virran voi-makkuus ja pulssi-taajuus	Sulku-verkkojen käyttö	Peräkkäis-ten kalas-tusten määrä	Estimointi-menetelmä	Muuta
Eloranta (1985), Elo-ranta ja Olkio (1987)	Häme, Keski-Suomi	Lugab L-1000	400–600 V, 0,1–1,0 A	on/ei	1 tai 3 kertaa	Zippin, Junge & Libosvasky	
Ikonen ym. (1986)	Tornionjoki	Lugab L-1000	600–900 V, 0,25–1,0 A	ei	1–3 kertaa	Junge & Libosvasky	
Huusko (1990)	Kuusinkijoki	Honda, Lugab L-1000	700–850 V	ei	3 kertaa, välillä 20 minuutin tauko	Zippin	
Korhonen (1993)	Ylä-Kemijoki	Briggs&Stratton, Lugabin L-1000, Paulsen FA-3	600–800 V, 0,4–0,6 A ja 650 V ja 70 Hz	ei	3 kertaa, välillä 20–30 minuutin tauko	Junge & Libosvasky, Seber & LeC-renin	Kalat nuku-tettiin MS222:lla
Mäki-Petäys ym. (1994)	Kuusinkijoki	Paulsen FA-3	350 V				Tarkoituk-sena palkan-taa kalat
Kemppainen ym. (1995)	Kiiminkijoki	Lugab L-1000	400–1000 V, 0,2–0,5 A		3 kertaa, välillä 15 minuutin tauko	Zippin	

Sähkökalastusmenetelmään liittyy tulosten hajontaa ja harhaa aiheuttavia tekijöitä, joiden hallintaan tulisi kiinnittää huomiota ja kehittää menetelmää edelleen. Suomalaiset ovat olleet mukana hankkeessa, jossa sähkökalastusmetodin standardisointityötä on tehty pohjoismaiseen käyttöön Oslon yliopiston aloitteesta vuodesta 1981 alkaen (Bohlin ym. 1989). Kanadalaiset ovat 1990-luvulla pyrkineet yhdenmukaistamaan atlanttisten osavaltioiden alueella käytettävää metodia (Scruton ja Gibson 1995). Nämä tarkastelut soveltuvat osittain myös suomalaiseen lohen ja taimenen sähkökalastusmenetelmän kehittämistyöhön.

Kanadan Newfoundlandissa ja Labradorissa käytetty kenttätöyömetodi poikkeaa hie-
man Tenojoen tutkimuksissa käytetystä menetelmästä. Scrutonin ja Gibsonin (1995)
ohjeissa suositellaan sulkuverkkojen käyttöä erityisesti niissä Newfoundlandin ja Lab-
radorin vesissä, joissa on alhainen sähkönjohtokyky. Merkittävä ero Tenojoen tutki-
muksiin verrattuna on se, että Kanadassa kalastetaan vain jokien sellaisissa uomissa,
joissa voidaan kalastaa koko uoman leveydeltä. Bohlin ym. (1989) pitävät sulkuverk-
koja lohenpoikasten sähkökalastuksessa tarpeettomina. Toisaalta he myös esittävät,
että suurissa joissa ja rantavyöhykkeessä kalojen siirtyminen kalastuksen aikana tai
kalastuskertojen välillä voi olla merkittävää, minkä vuoksi niissä tulisi valita tavallista
suurempia näytealueita.

Scruton ja Gibson (1995) suosittelevat neljää kalastuskertaa ja vähintään 30 minuutin
taukoa niiden välillä, vaikka sen merkitystä ei heidän mukaansa ole selvitetty vielä
riittävän tarkasti. Kalastettavan alueen koko riippuu heidän mukaansa näytteenotto-
alueen ominaisuuksista ja kalatiheydestä.

Bohlin ym. (1989) pitävät poistopyyntimetodia hyvin sopivana lohikalatiheyksien ar-
viointiin jokiympäristössä. He suosittelevat kolmen kalastuskerran käyttöä ja kalas-
tettavan näytealueen koon määrittämistä niin, että tarkasteltavan ikäryhmän ja lajin
kalojen lukumäärä alueella on vähintään 50 kappaletta, jolloin estimointi on tarkem-
paa ja helpompaa kuin pienemmällä kalamäärällä. Tämä vastaa karkeasti Scrutonin ja
Gibsonin (1995) mittaa (30 saaliskalaa halutuissa ikäryhmissä) riittävän näytealueen
koon määrittämiseksi. Bohlinin ym. (1989) mukaan kalastuskertoja tulisi olla enem-
män kuin kolme pyydystettävyyssarvon ollessa alle 0,5. Kahden kalastuskerran käyttö
on heidän mukaansa riittävän tarkkaa vasta, kun näytealueen kalamäärä on yli 200
kappaletta. Joskus voidaan olettaa, että jokialueen eri näytealueiden pyydystettävyy-
s on yhtä suuri riippumatta kalatiheydestä. Tällöin Bohlinin ym. (1989) mukaan voi-
daan joissakin tilanteissa käyttää useiden näytealueiden yhteissaaliista laskettua pyy-
dystettävyyssarvoa niiden näytealueiden tuloksen estimointiin, joilla saalismäärä on
liian pieni luotettavaan estimointiin.

Newfoundlandissa käytetyssä sähkökalastusmenetelmässä kalastustekniikka poikkeaa
Tenojoen tekniikasta muun muassa siinä, että anodirenkaaseen on pingotettu litteä-
pussinen verkko, jolla kaloja koukitaan talteen. Haavinkäyttäjät varmistaa anodin-
käyttäjää ja säilyttää saadut kalat sangossa. Scrutonin ja Gibsonin (1995) suosituksen
mukaan yksi työryhmän jäsen käyttää pienisilmäistä ja -kokoista haavia, jolla hän
pyydystää 0-vuotiaita kaloja, joita anodinkäyttäjät ei saa kiinni. Tenojoen vesistön tut-
kimuksissa anodi on varren päässä oleva metallirengas, jonka tainnutamat kalat haa-
vinkäyttäjät pyydystävät ja laittavat anodinkäyttäjän ämpäriin. Näin haavinkäyttäjät
voivat keskittyä työhönsä tarvitsematta varoa kertaalleen pyydetyn saaliin menet-
tämistä, ja anodinkäyttäjät voi keskittyä näytealueen systemaattiseen havainnointiin
eikä hänen tarvitse keskeyttää anodinvetoja nostaakseen kaloja anodilla ämpäriin.

Kanadan Newfoundlandissa ja Labradorissa habitaatin kuvaukset tehdään tarkasti.
Tenon seurantalutkimuksissa ei habitaattikuvauksia ole tehty vuosittain lukuunotta-
matta poikkeusolosuhteiden kirjaamista kalastuspöytäkirjaan. Vuonna 1996 tehtiin
laaja habitaatinkuvausmenetelmän kehittäminen, minkä tulosten analysoinnin perusteella
habitaattikuvaus otetaan jossakin muodossa rutiininomaiseen käyttöön. Kanadassakin
habitaattikuvausten tavoitteiden määrittely sekä standardisointi- ja kehitystyö on kes-
ken (Scruton ja Gibson 1995, Terrel ym. 1995).

Kalojen käsittelykuolleisuuteen kiinnitetään Kanadassa enemmän huomiota kuin Te-
non tutkimuksissa, mikä johtuu muun muassa siitä, että Kanadassa jokivesien lämpö-
tila nousee usein 20 celsiusasteeseen. Scrutonin ja Gibsonin (1995) mukaan kaloja
säilytetään väliajat sumpussa ja ne nukutetaan käsittelyjä varten. Suosituksessa tode-
taan, ettei pitkäaikaiskoolevuudesta ole luotettavaa tietoa, mutta nukkuminen on
kuitenkin suositeltavaa.

4.2. Kehittämismahdollisuudet Tenolla

Sähkökalastus on osoittautunut Tenojoella kohtuullisella työmäärällä toteutettuna riittävän tarkaksi menetelmäksi lohenpoikasten tiheyden rutiininomaisessa seurannassa huolimatta siihen liittyvistä virhelähteistä. Lohenpoikaset ovat kohtalaisen helposti sähkökalastettavia, koska ne ovat territoriaalisia ja pysyvät revierillään ja näytealueella kalastusten ajan (Bohlin ym. 1989). Tulokset ovat siten moniin muihin lajeihin verrattuna luotettavampia. Sähkökalastus ei aiheuta lohen ja taimenen poikasille vaurioita kuten joillekin muille lajeille ja suurempikokoisille kalayksilöille. Vaikka myöskään Tenojoen havaintojen perusteella sähkökalastuksesta ei aiheudu merkittävää akuuttia kuolleisuutta lohenpoikasille, tulisi pitempiaikaiset vaikutukset selvittää.

Tenolla käytetty sähkökalastusmetodi ei sovellu käytettäväksi yli metrin syvyisissä vesissä, minkä vuoksi isojen jokien, kuten Tenon ja sen suurten sivujokien, täsmällinen kalatiheystutkimus on vaikeaa. Myös Bohlinin ym. (1989) mukaan suurissa joissa voidaan seurata vain poikastiheyksien muutoksia eikä niinkään arvioida absoluuttista kalamäärää. Tenon tutkimuksissa ei tähän pyritäkään, vaan seurannan tavoitteet saavutetaan vakioimalla vuosittainen kalastusmetodi ja tutkittavien näytealueiden valinta. Seurantatutkimuksien tavoitteena on ollut seurata vuosittain tapahtuvia muutoksia poikastiheyksissä ja lajistosuhteissa, eikä selvittää koko suuren vesistön keskimääräistä poikastiheyttä. Siksi vuosittain on kalastettu samat, seurantatutkimuksen ensimmäisenä vuonna subjektiivisesti valitut näytealueet. Tulokset estimoidaan kuitenkin siten, että niiden voidaan olettaa kuvaavan tunnetulla tarkkuudella todellisia tiheyksiä.

Jos tutkimuksen tarkoitus on arvioida joen keskimääräinen kalatiheys tai todellinen populaatiokoko, tutkimusalueen biotoopit tulee jakaa kahteen tai useampaan kalatiheydeltään homogeeniseen luokkaan (Bohlinin ym. 1989). Tämän jälkeen lasketaan tarvittava näytealuemäärä tai se arvioidaan aikaisemman tiedon perusteella ja tehdään yksinkertainen tai suhteellinen näytealueiden satunnaisotanta. Tällöin on Bohlinin (1990) mukaan yleensä hyödyllisempää käyttää resursseja näytealueiden määrän lisäämiseen kuin yksittäisten näytealueiden tulosten tarkkuuden lisäämiseen. Otanta tulisi toistaa joka vuosi satunnaistaen. Haittana tällaisesta menettelystä olisi nykyiseen verrattuna, että vuosittaisten erojen havaitsemiseen tarvittaisiin enemmän näytealueita.

Poistopyyntimenetelmällä toteutetun sähkökalastuksen systemaattisen virheen laskeminen on vaikeaa. Siksi Tenojoen tutkimusasemalla on vakioitu kalastustekniikka. Tähän kiinnitetään huomiota työryhmän koulutuksella ja sillä, että pitkäaikaissuranta tekevän ryhmän vetäjänä on vuosittain sama henkilö. Kokenut työryhmä kykenee kehittyneellä anodinkäyttökoneella vakioimaan peräkkäisten pyyntien pyydystettävyyttä. Vuodesta 1995 alkaen kaikille sähkökalastajille järjestetään tutkimuskauden alussa päivän kestävä koulutus ja harjoittelu. Samalla kun koulutuksen avulla pienennetään systemaattista virhettä, pienennetään myös otantavirhettä, koska oletettavasti työryhmän huolellisuus koko kalastustapahtuman aikana kasvaa. Erityisesti huomiota kiinnitetään peräkkäisten kalastuskertojen samankaltaiseen intensiteettiin, jotta tiheyden aleneminen kalastuskertojen välillä ei vaikuttaisi pyydystettävyyden vaihteluun.

Otantavirhettä on toisinaan aiheuttanut näytealueiden pieni koko niin, että kalamäärät ovat jääneet pieniksi, jolloin ei ole saavutettu haluttua tarkkuutta (Julkunen ym. 1997). Kalastettavan näytealueen pinta-alaa lisäämällä voidaan jonkin verran kompensoida leveiden uomien sähkökalastuksen virhelähteitä (Bohlin ym. 1989). Toisaalta yhteen kalastuskertaan kuluva aika ei pidä kasvattaa paljon, koska kalat joka tapauksessa liikkuvat elinalueellaan ja saattavat siirtyä kalastuksen aikana pois näytealueelta. Vuodesta 1996 lähtien Tenojoen seurantatutkimuksen näytealueiden pinta-alaa on kasvatettu noin sadasta kahteensataan neliometriin niillä alueilla, joilla koko-

naissaalis on aikaisempina vuosina ollut usein alle 50 kalaa. Tällä tavoin saadaan näiden näytealueiden otantavirhe samalle suhteelliselle tasolle, kuin lohenpoikastihedeltään parhaimpien alueiden otantavirhe. Koska tuloksen laskentamenetelmä on pienillä kalamäärillä epäluotettava, eikä lisäkalastuksista ole silloin vaivaan nähden riittävää hyötyä (Julkunen ym. 1997), on Tenojoella päädytty jättämään toinen ja kolmas peräkkäinen kalastus tekemättä, jos ensimmäisen kalastuskerran saalis on pieni. Vuonna 1996 raja nostettiin niin, että jomman kumman ikäryhmän (0+ ja $\geq 1+$) kaloja tulee olla kaksikymmentä tai yli ensimmäisellä kalastuskerralla.

Tenojoen tutkimusaseman sähkökalastustulokset osoittavat, että kolmen kalastuskerran perusteella laskettu estimaatti antaa ilmeisesti harhattomimman tuloksen, vaikka estimaatin keskivirhe on selvästi suurempi kuin viiden kerran estimaatin keskivirhe (Julkunen ym. 1997). Tämä johtuu ainakin osittain siitä, että neljännen ja viidennen kerran peräkkäisissä kalastuksissa alueen kalamäärä on pienentynyt niin pieneksi, että pyydystettävyyden vaihtelu on suuri huolimatta laskennallisen estimaatin pienestä otantavirheestä. Toisena syynä voi olla viiden peräkkäisen sähkökalastuksen pitkä kesto, jolloin kalojen siirtyminen näytealueen rajojen yli on mahdollista. Kahden kalastuskerran perusteella tehtävä estimointi ei näytä onnistuvan riittävän usein Morandin–Zippinin menetelmällä (Julkunen ym. 1997).

Seurantatutkimuksessa poistopyyntimetodi on työläs, minkä vuoksi on kehitetty menetelmiä, joilla näytteenottoon käytettyä aikaa voitaisiin vähentää. Tällöin olisi mahdollista samalla kenttätöresurssilla kalastaa useampia näytealueita, mikä mahdollistaisi tarkemman kokonaistihedsarvion suurelle tutkimusalueelle (Bohlin ym. 1989, Lobón-Cervia ja Utrilla 1993, Crozier ja Kennedy 1994, Jones ja Stockwell 1995, Scruton ja Gibson 1995). Tällaiset metodit ovat mahdollisia silloin, kun sähkökalastuksen pyydystettävyyden on vakio kaikilla näytealueilla tai eri aikoina tehdyissä tutkimuksissa. Tenojoen vesistö on laaja ja eri vesistön osat ovat erilaisia luonteeltaan, joten pyydystettävyyden vaihtelee eri alueiden ja vuosien välillä niin, ettei pyydystettävyyden vaihtelua ole olettavia menetelmiä voi käyttää.

Kirjallisuus

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing – Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9–43.

Bohlin, T. & Cowx, I.G. 1990. Implication of unequal probability of capture by electric fishing on the estimation of population size. In: Cowx, I.G. (ed.) *Developments in electric fishing*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 145–155.

Bohlin, T. 1990. Estimation of population parameters using electric fishing: aspects of the sampling design with emphasis on salmonids in streams. In: Cowx, I.G. (ed.) *Developments in electric fishing*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 156–173.

Borgstöm, R. & Skaala, Ø. 1993. Size-dependent catchability of brown trout and Atlantic salmon parr by electrofishing in a low conductivity stream. *Nordic J. Freshw. Res* 68: 14–21.

Crozier, W.W. & Kennedy, G.J.A. 1994. Application of semi-quantitative electrofishing to juvenile salmonid stock surveys. *J. Fish Biol.* 45: 159–164.

Dalbey, S.R., McMahon, T.E. & Fredenberg, W. 1996. Effect of electrofishing pulse shape and electrofishing-induced spinal injury on long-term growth and survival of wild rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 560–569.

Eloranta, A. 1985. Sähkökalastus tutkimusmenetelmänä erityisesti järven kivikkorannassa. *Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja* 43: 35–72.

Eloranta, A. & Olkio, K. 1987. Size, growth and density of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Arvanjoki watercourse, Finnish Lake District. *Biol. Res. Rep. Univ. Jyväskylä* 10: 167–188.

Hollender, B.A. & Carline, R.F. 1994. Injury to wild brook trout by backpack electrofishing. *North American Journal of Fisheries Management* 14: 634–649.

Huusko, A. 1990. Kuusinkijoen vesistöalueen kalatalousselvitys. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. *Monistettuja julkaisuja* 14. 238 s.

Ikonen, E., Jutila, E., Koljonen, M.-L., Pruuki, V. & Romakkaniemi, A. 1986. Tornionjoen vesistön meritaimenkantojen tila, geneettiset erot ja viljelytarpeet. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. *Monistettuja julkaisuja* 57. 103 s.

Jones, M.L. & Stockwell, J.D. 1995. A rapid assessment procedure for the enumeration of salmonine populations instreams. *North American Journal of Fisheries Management* 15: 551–562.

Julkunen, M., Kuusela, J., & Niemelä, E. 1997. Lohen poikastihyysien arviointi Tenojoen sähkökalastustuloksista. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kalatutkimuksia–Fiskundersökningar* (tämä nide).

Kemppainen, S., Niemitalo, V., Lehtinen, E. & Pasanen, P. 1995. Lohen ja meritaimenen istutustutkimukset Kiiminkijoella. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kalatutkimuksia–Fiskundersökningar* 95. 36 s.

Korhonen, P. 1993. Ylä-Kemijoen taimenselvitys. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitos. *Moniste*. 31 s.

- Kuusela, J., Julkunen, M. & Niemelä, E. 1997. Tenojoen sähkökalastustietojärjestelmä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia–Fiskundersökningar (tämä nide).
- Kylmäaho, M. 1990. Selvitys Kiddis-, Rassi-, ja Tsieskuljokien vedenlaadusta ja kalastosta. Opinnäytetyö, Valtion kalatalousoppilaitos. Parainen. 48 s.
- Laine, A. 1984. Sähkökalastuksesta virtaavissa vesissä sekä tuloksia Suomessa tehdyistä sähkökalastustutkimuksista. Oulun yliopiston Perämeren tutkimusaseman monisteita 1984:12. 25 s.
- Lamarque, P. 1990. Electrophysiology of fish in electric fields. In: Cowx, I.G. & Lamarque, P. (ed.) Fishing with electricity. Application in freshwater fisheries management. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 4–33.
- Lobón-Cervia, J. & Utrilla, C.G. 1993. A simple model to determine stream trout (*Salmo trutta* L.) densities based on one removal with electrofishing. Fisheries Research 15: 361–378.
- Mäki-Petäys, A., Muotka, T., Tikkanen, P., Huusko, A., Kreivi, P. & Kuusela, K. 1994. Kokoluokkien väliset erot taimenen poikasten mikrohabitaattien käytössä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia–Fiskundersökningar 80. 38 s.
- Scruton, D.A. & Gibson, R.J. 1995. Quantitative electrofishing in Newfoundland and Labrador: Result on workshops to review current methods and recommend standardization of techniques. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2308: vii + 145 p.
- Seber, G.A.F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. C. Griffin. & Co. Ltd. London. 2nd ed. 654 p.
- Sharper, N.G. & Carothers, S.W. 1990. Influence of electric fishing pulse shape on spinal injuries in adult rainbow trout. In: Cowx, I.G. (ed.) Developments in electric fishing. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 19–26.
- Sutela, T. 1981. Sähköpyynti virtaavien vesien kalakantojen tutkimuksessa. Jyväskylän yliopiston biologian laitos, hydrobiologian CI-seminaari. Moniste.
- Riley, S.C. & Fausch, K.D. 1992. Underestimation of trout population size by maximum likelihood removal estimates in small streams. North American Journal of Fisheries Management 12: 768–776.
- Riley, S.C., Haedrich, R.L. & Gibson, R.J. 1993. Negative bias in removal estimates of atlantic salmon parr relative to stream size. J. Freshwater Ecol. 8: 97–101.
- Terrel, J.W., Allen, A.W, Scruton, D.A., & Carpenter, J. 1995. Results of an Atlantic Salmon habitat model building workshop March 17-20, 1992 St. John's, Newfoundland. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2301: vii + 78 p.
- Vaajala, M. 1985. Tenojoen veden laadun vaikutuksesta lohen nousuun. Opinnäytetyö, Valtion kalatalousoppilaitos Parainen. 28 s.
- Vesi- ja ympäristöhallitus 1990. Sähkökalastuksen työsuojeluohjeet vesi- ja ympäristöhallinnossa. Työsuojelusarja nro 8. VYH. Helsinki. 24 s.
- Zalewski, M. & Cowx, I.G. 1990. Factors affecting the efficiency of electric fishing. In: Cowx, I.G. & Lamarque, P. (eds.) Fishing with electricity. Application in freshwater fisheries management. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 89–111.

Lohen poikastiheyksien arviointi Tenojoen sähkökalastustuloksista

Markku Julkunen, Jorma Kuusela ja Eero Niemelä

Sisällys

1. JOHDANTO.....	27
2. EDELLYTYKSET KALAMÄÄRÄN ARVIOINNILLE.....	28
3. MORANIN-ZIPPININ MENETELMÄ.....	29
4. HAJONNAN JA HARHAN ARVIOINTI.....	31
4.1. Määritelmät.....	31
4.2. Esimerkkiaineistot	31
4.3. Otantavirhe	33
4.3.1. Hajonnan teoreettinen suuruus	33
4.3.2. Kalastuskertojen lukumäärän vaikutus.....	33
4.3.3. Näytealueen koon vaikutus.....	34
4.3.4. Pyydystettävyyden vaikutus	35
4.4. Systemaattinen virhe.....	39
KIRJALLISUUS.....	40

1. Johdanto

Sähkökalastus on tärkein virtaavien vesien kalatiheyksien arviointimenetelmä. Se voidaan toteuttaa kahdella tavalla: merkintä-takaisinpyynnillä tai poistopyynnillä (Zalewski ja Cowx 1990, Bohlin ym. 1989). Tenojoen kalantutkimusasemalla käytetään poistopyyntimenetelmää, jonka avulla voidaan eräin edellytyksin arvioida näytealueen kalamäärä ja arvion luotettavuus.

Poistopyyntimenetelmässä joudutaan tekemään oletuksia, joiden oikeutuksesta ei voi olla varma. Sähkökalastus on vaativa koekalastustapa, jossa kalastustekniikkaan, kalan ominaisuuksiin ja näytealueeseen liittyvät seikat vaikuttavat poistopyyntimenetelmän oletuksien paikkansapitävyyteen. Teknisesti laskenta onnistuu sopivilla ohjelmilla kohtuullisen helposti (esim. Kuusela ym. 1997), mutta ennen kuin laskentamenetelmiä käytetään tulisi tuntee niiden käytön ja luotettavuuden perus-oletukset (Seber 1982). Poistopyynnillä tehtyjen kvantitatiivisten sähkökalastustulosten tarkkuuden tulkinta tulisi tehdä huolellisesti (Hickley 1990). Menetelmän tarkka verifiointi olisi mahdollista, jos joesta voitaisiin sulkea osa ja laskea suljetun alueen kalamäärä monilla eri tekniikoilla. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista Tenojoen ko-koisessa ja olosuhteiltaan vaihtelevassa joessa.

Tässä julkaisussa tarkastellaan poistopyyntimenetelmän oletusten huomioimista sähkökalastustulosten luotettavuutta arvioitaessa.

2. Edellytykset kalamäärän arvioinnille

Poistopyyntimenetelmässä näytealue kalastetaan peräkkäin moneen kertaan niin, että saadut kalat poistetaan alueelta, ja vasta kaikkien kalastuskertojen jälkeen ne vapautetaan samalle alueelle (Julkunen ym. 1997). Mikäli kullakin pyynnillä pystytään vähentämään merkittävästi alueen kalojen lukumäärää, voidaan peräkkäisistä saalismääristä arvioida kyseisen näytealueen kalamäärä. Tähän populaatiokoon estimointiin ovat Moran (1951) ja Zippin (1958) kehittäneet yleisesti käytetyn laskentatavan. Laskentamenetelmää kuvaavat muun muassa Seber (1982) ja Bohlin ym. (1989) ja sitä nimitetään tässä julkaisussa Moranin–Zippinin menetelmäksi.

Seber (1982) on esittänyt Moranin–Zippinin menetelmää käytettäessä poistopyynnin luotettavuuden peruskriteerit (kts. Julkunen ym. 1997). Todellinen pyydystettävyyys p on saaliiksi saatujen kalojen osuus näytealueella ennen kalastusta olleesta kalamäärästä, mikäli peruskriteerit ovat voimassa. Tenojoen kalantutkimusaseman poistopyyntimenetelmässä käytetään useimmiten kolmea peräkkäistä kalastuskertaa. Koska alkuperäistä kalamäärää ei tunneta, niin kalastuskertojen tuloksista lasketaan keskimääräinen pyydystettävyyssarvo kolmelle alueen tyhjennykselle estimoimalla Moranin–Zippinin menetelmällä pyydystämättä jäävien kalojen osuus. Pyydystettävyyssarvon ja kokonaissaaliin perusteella lasketaan arvio kalastetun alueen kalamäärästä ja lasketaan kalatiheys pinta-alayksikköä kohden.

3. Moranin–Zippinin menetelmä

Moranin–Zippinin menetelmä perustuu Moranin (1951) ja Zippinin (1956) esittämään populaatiokoon suurimman uskottavuuden estimointiin (maximum likelihood estimation). Zippin (1956, 1958) esitti estimaattien arviointiin käyrästön, josta saadaan ratkaisut 3, 4, 5 ja 7 peräkkäisen pyynnin tapauksissa. Myöhemmin Junge ja Libosvasky (1965) esittivät suljetun muotoisen ratkaisun kolmen pyynnin sekä Seber ja LeCren (1967) kahden pyynnin tapaukseen Moranin–Zippinin kaavasta. Bohlin ym. (1989) esittävät kaavat, joiden perusteella voidaan ohjelmoida iteratiivinen ratkaisu, kun peräkkäisiä pyyntejä on kaksi tai useampia. Tätä laskentatapaa käytetään Tenojoen kalantutkimusasemalla. Siten saadaan ratkaisut myös Seber ja LeCrenin (1967) tai Junge ja Libosvaskyn (1965) kaavojen tapauksille ilman niiden erillistä ohjelmointia.

Määritellään: k on kalastuskertojen lukumäärä, $c_1, c_2, \dots, c_k$ saalismäärät perättäisinä kalastuskertoina, $T = (c_1 + c_2 + \dots + c_k)$ on kokonaissaalismäärä, p = pyydystettävyyys ja $q = 1 - p$. Moranin–Zippinin menetelmässä q :n estimaatti $\hat{q}$ ratkaistaan iteratiivisesti muun muassa Bohlin ym. (1989) esittämästä yhtälöstä

$$\frac{\hat{q}}{\hat{p}} - \frac{k\hat{q}^k}{1-\hat{q}^k} = \frac{\sum_{i=1}^k (i-1)c_i}{T}. \quad (1)$$

Koska lausekkeen ohjelmointi ei onnistu suoraan, lausekkeen oikeanpuoleisesta osasta muodostetaan vakio $R = \frac{\sum_{i=1}^k (i-1)c_i}{T}$, joka voidaan laskea lähtöarvoista. Kaavaa muokataan siirtämällä $\frac{k\hat{q}^k}{1-\hat{q}^k}$ kaavan oikealle puolelle ja vaihtamalla etumerkkiä, jolloin saadaan yhtälö

$$\frac{\hat{q}}{\hat{p}} = R + \frac{k\hat{q}^k}{1-\hat{q}^k}. \quad (2)$$

Kerrotaan yhtälö molemmin puolin $\hat{p}$:llä ja sijoitetaan $\hat{p} = 1 - \hat{q}$, jolloin kaava saadaan muotoon

$$\hat{q}' = R(1 - \hat{q}) + \frac{k\hat{q}^k}{1-\hat{q}^k}(1 - \hat{q}), \quad (3)$$

missä $\hat{q}'$ kuvaa lähtöarvosta $\hat{q}$ laskettavaa uutta arviota q :sta. Sopivaksi alkuarvoksi ehdotetaan $\hat{p} = c_1/T$, mistä lasketaan $\hat{q} = 1 - \hat{p}$.

Laskettu arvio $\hat{q}'$ sijoitetaan seuraavalla kierroksella uudeksi $\hat{q}$:n arvoksi. Lopullinen $\hat{q}$:n arvo saadaan toistamalla kaavaa (3), kunnes kahden peräkkäisen toiston $\hat{q}$ arvot eroavat toisistaan hyvin vähän tai saavutetaan haluttu toistojen määrä. Toisinaan $\hat{q}$:n arvo ei suppene, vaan tulos jää värähtelemään useista toistoista huolimatta. Tähän syynä on yleensä havaintosarja, joka ei vähene monotonisesti tai joka vähenee muu-

toin huonosti. Saadulla havaintosarjalla ei silloin voida laskea luotettavaa $\hat{q}$:n estimaattia eikä siitä edelleen populaation estimaattia.

Populaatiokoon y estimaatti $\hat{y}$ saadaan, kun tunnetaan q :n estimaatti $\hat{q}$ kaavalla (Bohlin ym. 1989)

$$\hat{y} = \frac{T}{(1 - \hat{q}^k)}. \quad (4)$$

Populaation varianssi on

$$\hat{V}(\hat{y}) = \frac{\hat{y}(1 - \hat{q}^k)\hat{q}^k}{(1 - \hat{q}^k)^2 - (\hat{p}k)^2 \hat{q}^{k-1}} \quad (5)$$

missä $\hat{p} = 1 - \hat{q}$ ja pyydystettävyyden varianssi on

$$\hat{V}(\hat{p}) = \frac{(\hat{p}\hat{q})^2(1 - \hat{q}^k)}{\hat{y}[\hat{q}(1 - \hat{q}^k)^2 - (\hat{p}k)^2 \hat{q}^k]} \quad (6)$$

Estimaatin keskivirhe (standard error of estimate, SE) on varianssin neliöjuuri eli

$$SE(\hat{y}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{y})} \text{ ja } SE(\hat{p}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{p})}.$$

Estimaattien 95 % luottamusvälit ovat

$$\begin{aligned} \hat{y} \pm 1.96 SE(\hat{y}) \\ \hat{p} \pm 1.96 SE(\hat{p}). \end{aligned} \quad (7)$$

Peräkkäisten kalastusten pyydystettävyyssarvojen yhtäsuuruus on Moranin–Zippinin estimointitavan yksi perusedellytys, jonka testaaminen käytännön koekalastustuloksista on vaikeaa. Muiden muassa Seber (1982) esittää siihen X^2 -jakaumaan perustuvan menetelmän. Valitettavasti se on konservatiivisuutensa takia käyttökelpoinen vain poistopyynnille, jossa kokonaissaalis on yli 100 kalaa. Pienemmillä kalamäärillä peräkkäisten kalastusten pyydystettävyydet ovat lähes aina yhtäsuuret. Tämän vuoksi Tenojoen kalantutkimusasemalla käytetään estimaatin $\hat{y}$ luotettavuuden testinä 95 % luottamusväliä siten, että luottamusvälin alarajan tulee olla suurempi kuin nolla. Lisäksi estimointiprosessin on onnistuttava rajallisella iterointikertojen lukumäärällä. Iterointikertojen rajana on käytetty 70 kertaa. Mikäli nämä ehdot eivät täyty, käytetään tuloksena yleensä kokonaissaalista.

4. Hajonnan ja harhan arviointi

4.1. Määritelmät

Tenojoen tutkimusasemalla käytetyn sähkökalastusmenetelmän virhelähteet voidaan jakaa otantavirheeseen ja systemaattiseen virheeseen. Otantavirhe tarkoittaa satunnaista vaihtelua estimaatin (laskentatuloksen) ympärillä ja sitä kutsutaan usein hajonnaksi. Systemaattista virhettä kutsutaan usein harhaksi, ja se tarkoittaa estimaatin odotusarvon (yksinkertaistaen keskiarvojen keskiarvon) poikkeamaa todellisesta näytealueen tiheyden keskiarvosta.

Hajonta voidaan sähkökalastustuloksen laskennan yhteydessä jakaa kahteen osaan, estimaatin otantavirheeseen ja kalastuksen mittausvirheeseen. Edellisen mittarina käytetään Moranin-Zippinin menetelmässä estimaatin keskivirhettä ($SE(\hat{y})$) tai jotain sen johdannaista. Sen sijaan mittausvirheen suuruutta ei voi arvioida tarkasti. Mittausvirhe liittyy menetelmän ja olosuhteiden satunnaiseen vaihteluun, mitä voitaisiin arvioida, jos poistopyyntiprosessi voitaisiin toistaa useita kertoja saman näytealueen samoille kaloille. Mittausvirhettä pienennetään koulutuksella ja menetelmän vakioinnilla (mm. Julkunen ym. 1997).

Poistopyyntimetodin virheet, hajonta ja harha, voidaan jakaa yksittäisen näytealueen sisäiseen virheen osaan ja näytealueiden väliseen virheen osaan. Tämä jaottelu tulee ottaa huomioon, kun tehdään tutkimuksen näytteenottosuunnitelmaa. Näytealueiden välinen virhe on tärkeä, mikäli tutkimuksen tarkoituksena on arvioida suuren alueen, esimerkiksi joen tai sen osan, kalatiheyden keskiarvoa. Tässä julkaisussa tarkastelun kohteena on näytealueiden sisäinen virhe, koska Tenojoen kalantutkimusaseman sähkökalastuksissa käytetään yksittäisten näytealueiden vuosittaisia kalatiheyksiä lohenpoikasmäärien indeksinä, eikä arvioida koko joen keskitiheyttä.

4.2. Esimerkkiaineistot

Sähkökalastusmenetelmän luotettavuuden arviointi on vaikeaa, minkä havainnollistamiseksi esitetään esimerkkejä, jotka perustuvat sekä laskennallisiin että todellisiin sähkökalastuksiin. Kalojen jakautumisesta näytealueelle sekä kalatiheydestä, näytealueen ominaisuuksista ja työryhmän työskentelytavoista johtuvia otantavirheen lähteitä ovat käsitelleet Julkunen ym. (1997).

Peräkkäisten poistopyyntien lukumäärän vaikutusta estimoitujen tulosten eroihin tarkastellaan aineiston perusteella, joka kerättiin vuosina 1989–1995. Tarkasteluun valittiin ne kalastukset, joissa peräkkäisiä kalastuskertoja on ollut vähintään viisi ja kokonaissaalis oli jomman kumman ikäryhmän (0+ tai $\geq 1+$) mukaan yli 25 kalaa. Ikäryhmän 0+ kalojen osalta aineistossa oli 25 kalastusta ja ikäryhmän $\geq 1+$ osalta 41 kalastusta. Estimoinnissa käytettiin korkeintaan 70 iterointikertaa. Kenttätyömenetelmä oli samanlainen kuin lohenpoikasten tiheyksien vuosittaisessa seurannassa Tenojoen pääuomassa.

Pyydystettävyyden vaikutuksen laskennallisina esimerkkeinä on neljä tilannetta, joissa kuvitellun kalastetun alueen kalamäärä on 110 tai 50 kpl sekä pyydystettävyyden (p) on 0,45 tai 0,65. Pienempi kalalukumäärä vastaa Tenojoen tutkimusten minimikalamäärää, jossa Moranin–Zippinin menetelmän estimointi on katsottu riittävän tarkaksi ja suurempi kalamäärä taas Tenojoen tutkimusten suurimpia kalatiheyksiä, joissa sähkökalastus ja tulosten estimointi yleensä onnistuu. Pyydystettävyyden arvot vastaavat käytännössä tavoiteltavan pyydystettävyyden ääripäitä, joilla 20 % suhteellinen tarkkuus on saavutettavissa kohtuullisella työmäärällä.

Pyydystettävyyden vaikutuksesta esitetään kaksi ongelmallista esimerkkiä Tenojoen vesistön lohenpoikastiheyden seurantatutkimuksen aineistosta. Aineisto on peräisin Utsjoen näytealueilta, jotka kalastetaan vuosittain poikkeuksellisesti viisi peräkkäistä kalastuskertaa, jotta sähkökalastuksessa vaikeasti pyydystettävän kivisimpun tiheydestä saataisiin tarkempi arvio. Näiden alueiden tulosten joukosta valittiin kaksi sähkökalastusta, joilla kokonaissaaliin määrä oli yli 50 lohenpoikasta (joko ikäryhmää 0+ tai ikäryhmää $\geq 1+$).

4.3. Otantavirhe

4.3.1. Hajonnan teoreettinen suuruus

Otantavirhe (hajonta) aiheutuu siis mittausvirheen lisäksi laskennallisesta estimoinnin virheestä. Otantavirheen lähteitä ovat kaavan (6) mukaisesti pyydystettävyyden, näytealueen populaation koko ja peräkkäisten kalastuskertojen määrä. Taulukossa 1 on esitetty otantavirheen suhteellinen suuruus. Suhteellisen suuruuden mittarina käytetään variaatiokerrointa, joka tässä yhteydessä on estimaatin keskivirheen osuus estimaatin arvosta prosentteina. Seurantatutkimuksessa hyväksyttävä tavoite suhteellisen virheen suuruudeksi on 10–20 % (Bohlin ym. 1989). Jos esimerkiksi näytealueen populaatiokoko (y) on 100 kalaa ja pyydystettävyyden (p) on 0,5, tavoite saavutetaan kahdella kalastuskerralla. Jos taas pyydystettävyyden (p) on 0,4, tarvitaan kolme kalastuskertaa. Toisaalta Bohlinin ym. (1989) mukaan, mikäli pyydystettävyyden arvo (p) on alle 0,5, kalastuskertoja tulisi olla enemmän kuin kolme. Kahden kalastuskerran käyttö on heidän mukaansa riittävän tarkkaa vasta, kun näytealueen kalamäärä (y) on yli 200 kappaletta.

Taulukko 1. Poistopyyntimenetelmän suhteellinen tarkkuus (%) eri populaatiokoon y , pyydystettävyyden p ja kalastuskertojen määrän k yhdistelmillä. Estimointi Moranin–Zippinin menetelmällä (Bohlin ym. 1989).

p	k	y			
		50	100	200	400
0,4	2	42	30	21	15
	3	19	13	9	7
	4	11	7	5	4
0,5	2	25	17	12	9
	3	10	7	5	4
	4	7	4	3	2
0,6	2	14	10	7	5
	3	6	4	3	2
	4	3	2	2	1
0,7	2	8	6	4	3
	3	3	2	2	1
	4	1	1	1	1

4.3.2. Kalastuskertojen lukumäärän vaikutus

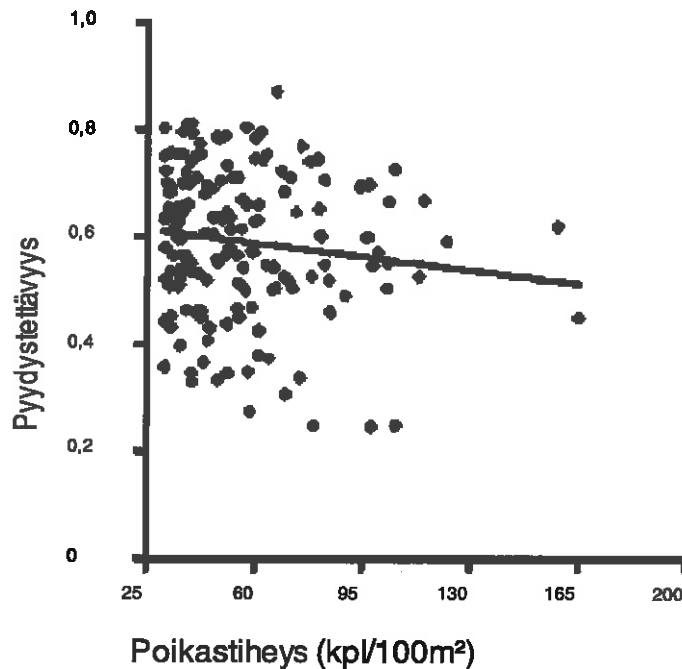
Poistopyynnissä Tenojoen kalantutkimusasemalla on päädytty käyttämään kolmea peräkkäistä kalastuskertaa, mikä näyttää olevan riittävän tarkka teoreettisesti, ja se on ollut sopiva myös työmäärältään. Tarkasteltavaksi esimerkiksi valitun havaintoaineiston perusteella ikäryhmän 0+ kalastuksista viiden kerran mukainen estimointi onnistui 36 %:ssa kalastuksista, kolmen kerran estimointi 68 %:ssa kalastuksista ja kahden kerran estimointi 44 %:ssa kalastuksista. Vanhemmalle ikäryhmälle estimointi onnistui useammin. Ikäryhmän $\geq 1+$ laskenta onnistui viiden kerran estimointina 37 %:ssa kalastuksista, kolmen kerran mukaan estimoituna 85 %:ssa kalastuksista ja kahden kerran mukaan estimoituna 59 %:ssa kalastuksista.

Ikäryhmän $\geq 1+$ havaintoja oli aineistossa niin paljon, että eri kalastuskertamäärillä estimoituja tuloksia voitiin vertailla tilastollisesti parittaisilla t-testeillä. Ero kahden

kalastuksen perusteella estimoitujen keskiarvojen ja kolmen kerran estimaatti-keskiarvojen välillä ei ollut merkitsevä ($\bar{y}_2=52,2$ (sd=24,7) ja $\bar{y}_3=57,5$ (sd=32,9); Bonferroni-korjattu $p>0,05$). Myöskään niiden erot viiden kerran estimaatin keskiarvoon ei ollut merkitsevä ($\bar{y}_3=55,3$ (sd=26,1)). Testin aineistona käytettiin vain niitä 12 kalastusta, joissa estimointi oli onnistunut kaikilla kalastuskertamäärillä. Myöskään niiden 27 kalastuksen, joissa sekä kahden kerran että kolmen kerran estimointi onnistui, kolmen kerran estimaattikeskiarvo ei poikennut kahden kerran kalastuksista lasketusta estimaattikeskiarvosta ($\bar{y}_3=45,8$ (sd=29,5) ja $\bar{y}_2=42,4$ (sd=23,1); $p>0,05$). Sähkökalastustulosten riittävään tarkkuuteen estimaattien keskiarvoina tarkasteltuna voisi siis riittää pelkästään kaksi kalastuskertaa, jos estimointi kahden peräkkäisen pyynnin saaliista onnistuisi useammin. Tässä aineistossa näyttää kolme peräkkäistä pyyntiä olleen sopiva lukumäärä poistopyynneille. Sen sijaan viisi kalastuskertaa on ollut liian paljon, eikä estimointi ole onnistunut kovinkaan usein. Jos taas tyydyttäisiin pelkästään yhteen kertaan, tai estimoimattomaan kokonaissaaliiseen, päädyttäisiin selvään aliarvioon näytealueiden kalatiheydestä. Tämä aliarviokin on toisaalta joissakin tilanteissa käyttökelpoinen mittari. Esimerkiksi pienillä kalamäärillä kokonaissaaliin käyttö on kalatiheyden arvioinnissa ainoa mahdollisuus.

4.3.3. Näytealueen koon vaikutus

Tenon pitkäaikaisseurannassa kalastettujen alueiden koko on yleensä ollut 50–200 m². Pienten tiheyksien alueilla lohenpoikasten määrä on ollut alle 50 yksilöä, mikä on liian pieni luotettavien tulosten estimoimiseksi, kun pyydystettävyyys on usein ollut alle 0,5. Sen sijaan suurten tiheyksien alueilla kalamäärät ovat olleet riittävän suuria estimointiin, ja laskennallinen virhe on ollut pienempi kuin suhteellisen virheen tasoksi tavoiteltava 20 %. Tenojoen pitkäaikaisseurantatutkimuksessa näytealueiden koko kasvatettiin vuodesta 1996 lähtien 200 neliometriin, millä pyritään tarkentamaan tutkimusalueen niiden osien tuloksia, joilla tiheydet ovat olleet 30–100 kalaa 100 m² kohden. Tällöin tosin heikennetään tulosten vertailukelpoisuutta aikaisempien vuosien tuloksiin. Pyydystettävyyys on ollut keskimäärin noin 0,6, mikä on sinänsä riittävää, mutta ongelmana on ollut pyydystettävyyden suuri vaihtelu (kuva 1).



Kuva 1. Lohenpoikasten (ikäryhmä $\geq 1+$) pyydystettävyyden suhde estimoituun tiheyteen Tenon pitkäaikaisseurannan ainelston perusteella. Estimointi on tehty kolmen kalastuskerran saaliista Moranin-Zippinin menetelmällä.

4.3.4. Pyydystettävyyden vaikutus

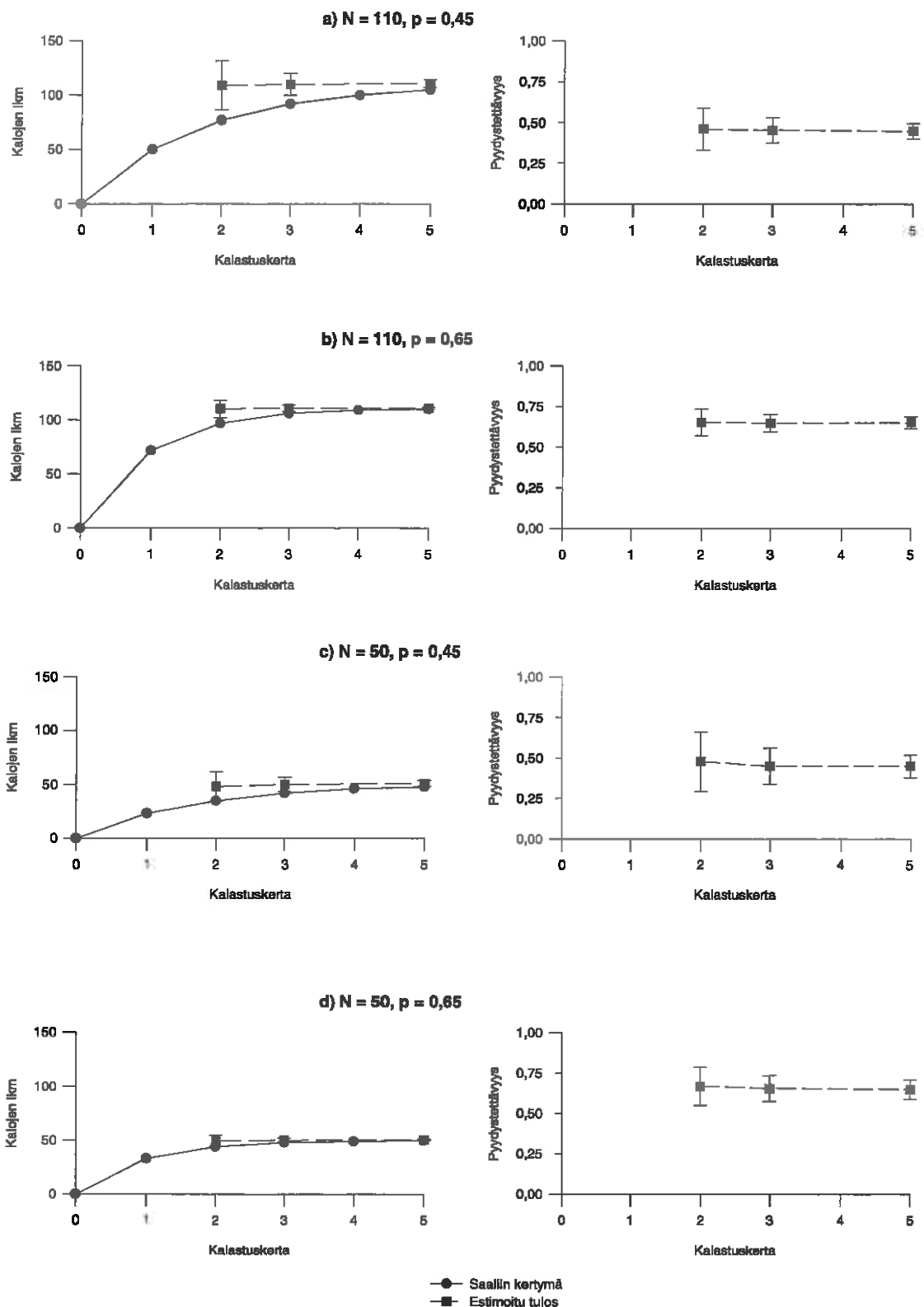
Koska käytetyn estimointimenetelmän oletuksena on, että peräkkäisissä kalastuksissa pyydystettävyyden pysyy vakiona, tulisi saaliin määrän vähentyä niissä kerta kerralta. Tämä näkyy teoreettisesta saalislaskelmasta piirretyissä kuvissa (kuva 2). Saaliin kertymää kuvaava käyrä kaartuu voimakkaasti sekä tapauksessa, jossa pyydystettävyydeksi on asetettu 0,65, että tapauksessa, jossa se on 0,45. Kuvaan 2 on piirretty myös 2, 3 ja 5 kalastuskertaa vastaavat estimoidut tulokset, jotka ovat hyvin lähellä asetettuja populaatiokokoa 110 tai 50 kalaa, koska pyydystettävyyden pidettiin peräkkäisten pyyntien laskelmassa vakiona. Estimoinnin keskivirhejanoja tarkasteltaessa havaitaan, että tuloksen tarkkuus on hyvä jo kahden kalastuskerran estimaatilla, jos pyydystettävyyden on 0,65. Pyydystettävyyden ollessa 0,45 tulos on hyvä vasta kolmen kalastuskerran estimaatilla. Kuvasta 2 havaitaan myös, että vaikka kertymäkäyrä kaartuu voimakkaasti, pyydystettävyyden täytyy olla 0,65, jotta saataisiin viidellä kerralla kalastetuksi kaikki alueen kalat. Jos pyydystettävyyden on esimerkiksi 0,45, viidellä kalastuskerralla jää saamatta noin viisi prosenttia kaloista.

Moranin-Zippinin menetelmän laskennallisissa esimerkeissä pyydystettävyyden on luonnollisesti lähes yhtä suuri kahden, kolmen ja viiden kerran estimoinnissa. Pienet erot aiheutuvat laskennallisen saaliin pyöristysvirheistä. Esimerkin oikeanpuoleisista kuvista (kuva 2) havaitaan tärkeä teoreettinen seikka: estimaatin keskivirheet pienenevät kalastuskertojen määrän tai pyydystettävyyden kasvessa.

Tarkasteltaessa vastaavalla tavalla todellista tilannetta otantavirheen arvionti vaikeutuu, koska alueen kalamäärää ei tunneta ja koska pyydystettävyyteen sisältyy mittausvirhettä ja harhaa. Kuvassa 3 on esitetty kahdessa esimerkkitapauksessa viiden poistopyynnin saaliin kertymä sekä niistä Moranin-Zippinin menetelmällä lasketut kahden, kolmen ja viiden kerran mukaiset populaatioestimaatit. Ensimmäisessä esimerkki-

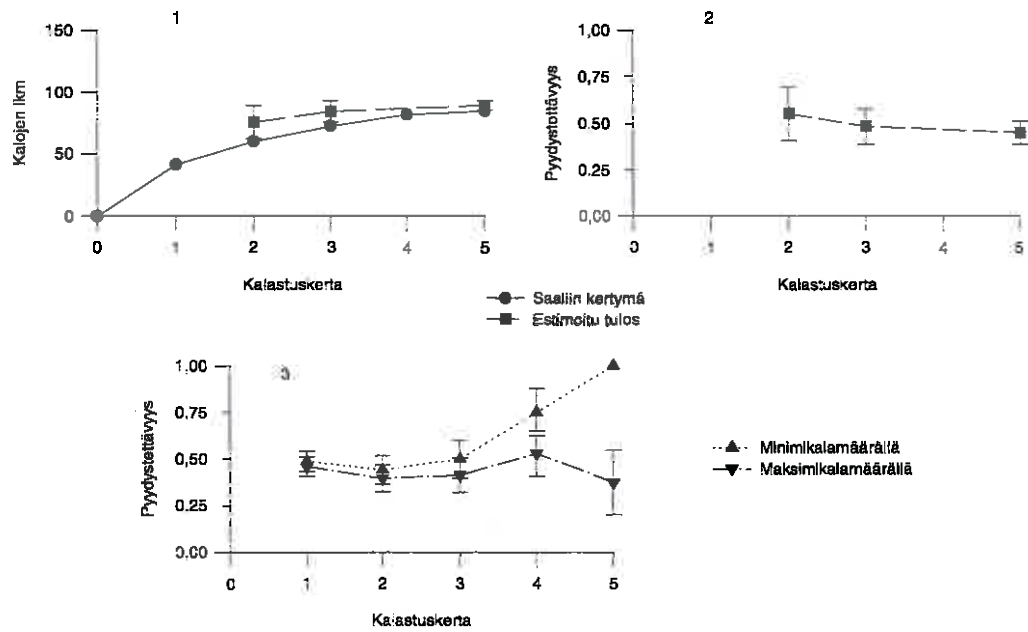
tapauksessa (kuva 3a) kertymäkäyrä taipuu tasaisesti, niin että kalastus näyttäisi onnistuneen teknisesti hyvin. Pyydystettävyyden laskee kuitenkin laskennassa käytettyjen kalastuskertojen myötä. Tämän voi tulkita osoittavan sitä, että viimeisillä kalastuskerralla alueen kalat ovat kaivautuneet pohjasoraan, paenneet alueelta tai ovat muutoin vaikeasti pyydettäviä. Koska kysymyksessä on samana kesänä kuoriutuneiden poikasten ryhmä, on ensimmäinen vaihtoehto todennäköisin, jolloin tilanne vastaisi estimoidun tuloksen maksimikalamäärästä laskettua pyydystettävyydenkäyrää (kuva 3a3). Tällaisessa tapauksessa, kun kaikki kalat eivät ole samalla lailla pyydystettäviä, estimaatti antaa liian pieniä tuloksia, eikä todellista kalamäärää voida estimoida tunnetulla tarkkuudella poistopyyntimenetelmällä. Se olisi mahdollista, jos pystyttäisiin käyttämään estimointimenetelmää, jossa pyydystettävyyden pienenee kalastuskertojen myötä tunnetulla tavalla.

Esimerkkikalastuksista toisessa (kuva 3b) havaitaan saaliin kasvavan kolmanteen kalastukseen asti ja kasvun tasaantuvan vasta kahdella viimeisellä kerralla. Tämä osoittaa, että pyydystettävyyden ei ole tässäkin vakio. Sama asia näkyy myös estimoiduista pyydystettävyyden arvoista, mikä on kolmen kalastuksen perusteella laskettuna suurempi kuin kahden tai viiden kerran saaliin perusteella laskettuna. Viiden kalastuskerran saaliin perusteella laskettu estimaatti näyttää olevan tarkin. Kalamäärien minimi- ja maksimiarvoista lasketut pyydystettävyydet vaihtelevat kuitenkin jo kolmannelta kerrasta siten, että kolmen kerran perusteella laskettu estimaatti antaa ilmeisesti harhattomimman tuloksen, vaikka estimaatin keskivirhe on selvästi suurempi kuin viiden kerran estimaatin keskivirhe (kuva 3b3). Tämän voi tulkita siten, että kahdella ensimmäisellä kalastuskerralla ei onnistuttu kalastuksessa, vaan pyydystettävyyden oli pieni tai kalastuksen aikana kalat liikkuivat poikkeuksellisen runsaasti alueelle tai sieltä pois.

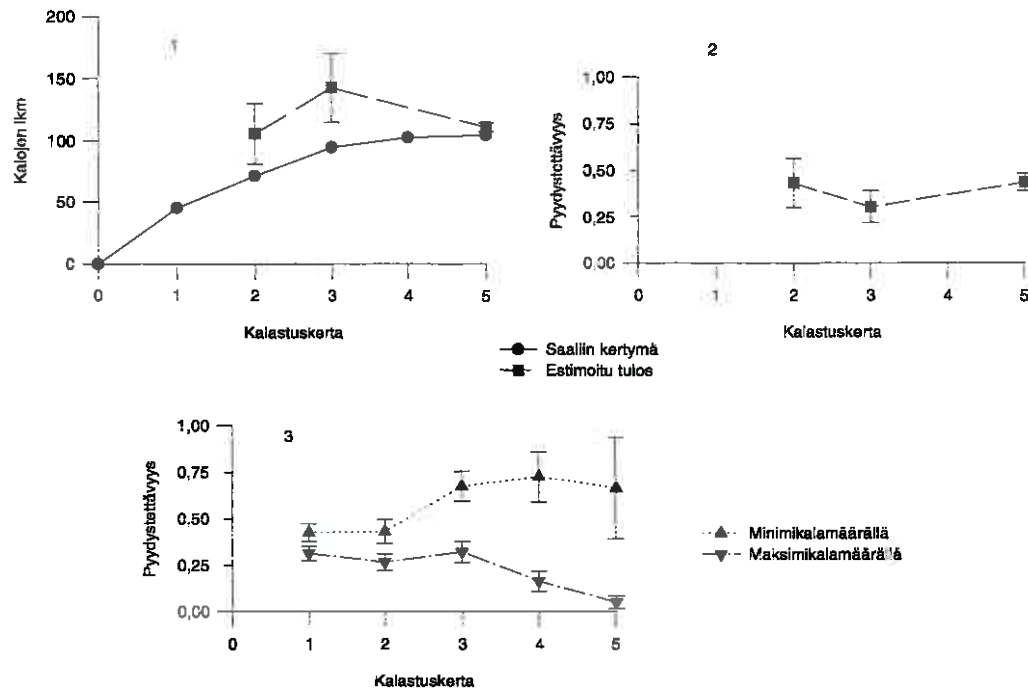


Kuva 2. Neljän laskennallisen sähkökalastusesimerkin ($N=110, p=0,45$ ja $p=0,65$ sekä $N=50, p=0,45$ ja $p=0,65$) saaliin kertymät sekä kahden, kolmen ja viiden peräkkäisen kalastuksen Moranin–Zippinin menetelmällä estimoidut tulokset populaatiokoosta, pyydystettävyydestä ja niiden keskivirheistä.

a) Lohi, ikäryhmä 0+



b) Lohi, ikäryhmä $\geq 1+$



Kuva 3. Kaksi esimerkkiä Tenojoen vesistön lohenpoikasten sähkökalastuksesta poistopyyntimenetelmällä. Saaliin kertymät (1) kahden, kolmen ja viiden peräkkäisen kalastuksen Moranin-Zippinin menetelmällä estimoitujen tulokset populaatiokoosta (1), pyydystettävyydestä (2) ja niiden keskiarvoista sekä peräkkäisten kalastusten pyydystettävyydet näyte-alueen estimoituilla maksimi- ja minimikalamäärillä (3).

4.4. Systemaattinen virhe

Systemaattinen virhe on estimaatin odotusarvon poikkeama todellisesta kalatiheydestä. Sähkökalastus poistopyyntimenetelmällä tehtynä antaa todellista pienempiä arvoja. Yksittäiset tulokset voivat olla todellista suurempiakin (Seber 1982, Bohlin ym. 1989).

Systemaattinen virhe johtuu siitä, että poistopyyntimenetelmän edellytykset eivät käytännön kalastuksissa pidä täysin paikkaansa. Erityisen ongelmallista on pyydystettävyyden vaihtelu peräkkäisten kalastuskertojen välillä (Bohlin ja Cowx 1990). Ristiriita oletusten täyttymiselle syntyy muun muassa siitä, että poistopyynnin otantahajonnan pienentämiseksi on tärkeää, että kullakin kalastuskerralla onnistutaan vähentämään riittävästi alueen kalojen määrää. Tästä taas seuraa se, että ensimmäisen kalastuskerran aikana määrä on suurempi kuin seuraavilla kerroilla, jolloin pyydystettävyyksi ei teoreetisestikin voi olla yhtä suuri. Käytännössä tähän vaikuttaa kalan koko, sähkökalastustekniikka, kalastettavan alueen ominaisuudet ja yksittäisten kalayksilöiden erilainen todennäköisyys joutua saaliiksi. Osa kalayksilöistä on huomattavasti pyydystettävissä muun muassa koko- ja aktiivisuuserojen vuoksi. Huomattavasti pyydystettävien osuus saaliissa kasvaa kalastuskertojen myötä, eli toisella ja kolmannella kalastuskerralla jäljellä ovat vaikeasti pyydettävät. Kalan koko vaikuttaa pyydystettävyyteen niin, että tulokset pitää laskea ikäryhmittäin. Toisaalta estimoinnin laskentatavan vuoksi ikäryhmien kokonaissaaliin pitää olla riittävän suuri laskennan onnistumiseksi. Tämän vuoksi ikäryhmiä ei voi tiheysarvion laskennassa olla monta.

Kuten käytännön esimerkistä (kuva 3a3 ja 3b3) huomataan, systemaattinen virhe on pulmallinen, koska sen suuruutta ei voida laskea. Lisäksi se voidaan erottaa otantavirheestä vain järjestämällä laaja koekalastus esimerkiksi siten, että sähköllä kalastetut alueet tyhjennetään lopuksi myrkyttämällä. Pienissä tiheyksissä systemaattinen virhe on erityisen vaikeasti arvioitavissa, koska myös estimoinnista johtuva otantavirhe on suuri. Tenojoen tutkimusasemalla ongelma on ratkaistu kehittämällä sähkökalastusta vakioimalla kalastustekniikka. Toinen tapa ratkaista ongelma on käyttää estimointitapoja, joissa oletetaan pyydystettävyyden muuttuvan jollakin laskennallisella tavalla peräkkäisillä kalastuskerroilla. Tähän ei ole kuitenkaan toistaiseksi käytäntöön sovellettavia menetelmiä (Scruton ja Gibson 1995).

Kirjallisuus

- Bohlin, T. & Cowx, I.G. 1990. Implication of unequal probability of capture by electric fishing on the estimation of population size. In: Cowx, I.G. (ed.) *Developments in electric fishing*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 145–155.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. *Electrofishing – Theory and practice with special emphasis on salmonids*. Hydrobiologia 173: 9–43.
- Hickley, P. 1990. Electric fishing in practice. In: Cowx, I.G. & Lamarque, P. (eds.) *Fishing with electricity. Application in freshwater fisheries management*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 176–187.
- Julkunen, M., Erkinaro, J., Kylmääho, M. & Niemelä, E. 1997. Tenojoen kalantutkimusasemalla käytetty sähkökalastusmenetelmä. Riista- ja kalataloudentutkimuslaitos. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar (tämä nide).
- Junge, C.O. & Libosvasky, J. 1965. Effects of size selectivity on population estimates based on successive removals with electrical fishing gear. *Zool. Listy* 14:171–178.
- Kuusela, J. 1994. Tietokoneavusteinen menetelmä lohen iän ja kasvun määrittämiseen suomusta. Pro gradu-tutkielma. Sovelletun fysiikan laitos, Kuopion yliopisto. 48 s.
- Kuusela, J., Julkunen, M. & Niemelä, E. 1997. Tenojoen sähkökalastustietojärjestelmä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar (tämä nide).
- Moran, P.A.P. 1951. A mathematical theory of animal trapping. *Biometrika* 38: 307–311.
- Scruton, D.A. & Gibson, R.J. 1995. Quantitative electrofishing in Newfoundland and Labrador: Result on workshops to review current methods and recommend standardization of techniques. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2308: vii + 145 p.
- Seber, G.A.F. 1982. *The estimation of animal abundance and related parameters*. C. Griffin. & Co. Ltd. London. 2nd ed. 654 p.
- Seber, G.A.F. & LeCren, E.D. 1967. Estimating population parameters from catches large relative to the population. *J. Anim. Ecol.* 36: 631–643.
- Zalewski, M. & Cowx, I.G. 1990. Factors affecting the efficiency of electric fishing. In: Cowx, I.G. ja Lamarque, P. (eds.) *Fishing with electricity. Application in freshwater fisheries management*. Blackwell Sci. Pub. Oxford. p. 89–111.
- Zippin, C. 1956. An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics* 12:163–189.
- Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. *J. Wildl. Mgmt.* 22: 82–90.

Tenojoen sähkökalastustietojärjestelmä

Jorma Kuusela, Markku Julkunen ja Eero Niemelä

Sisällys

1. JOHDANTO.....	43
2. SÄHKÖKALASTUSTIETOJEN TALLENNUS.....	44
3. MORANIN-ZIPPININ KAAVOJEN SAS-SOVELLUKSET	48
3.1 Kalatiheyksien näytealuekohtainen perustuloste.....	48
3.2. Joen estimoimaton keskitiheys	50
3.3. Joen keskitiheys, alueiden paras estimaatti	53
3.4. Interaktiivinen populaatiokoon estimointi.....	54
KIRJALLISUUS.....	55
LIITTEET	56

1. Johdanto

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa on kehitetty mikrotietokoneympäristöön sähkökoekalastustulosten hallintaan tietojärjestelmä, jolla on tuotettu 1990-luvun alusta lähtien Tenojoen kalantutkimusaseman vuosittaisiin raportteihin tarvittavat tiedot. Tässä artikkelissa kuvataan järjestelmän toimintaperiaatteita, ohjelmien rakennetta, tulosteita ja järjestelmän osien suhdetta toisiinsa.

Kaikkien koekalastustietojen tallennus perustuu FM Jorma Kuuselan tekemiin **FIELD-** ja **SUOMU-**sovelluksiin, jotka tuottavat tekstimuotoisia ASCII-standardin mukaisia tiedostoja. Näitä tiedostoja käsitellään tavallisilla DOS-käyttöjärjestelmän tiedostojen muokkausohjelmilla ja SAS-järjestelmään tehdyillä ohjelmilla. Sähkökalastustietojen tallennuksessa käytetään **FIELD-**ohjelmaa. Sähkökalastustulosten laskennassa käytetään SAS-järjestelmään tehtyjä ohjelmia **ZIPKMAX.SAS**, **ZIPINT.SAS**, **ELFRSUM.SAS** ja **B_EST.SAS**. Laskennassa käytetään Moranin-Zippinin menetelmää (Julkunen ym. 1997a). Tietojärjestelmään kuuluvat myös tietokoneavusteiseen suomenlukuun kehitetyt ohjelmistot (Kuusela 1994) sekä muunnosohjelmat, joiden avulla aineisto voidaan siirtää käsiteltäväksi muilla laskentaohjelmilla, esimerkiksi MS-Excelillä ja SYSTAT:illa.

2. Sähkökalastustietojen tallennus

Koekalastusten tiedot tallennetaan **FIELD**-ohjelmalla näytteiden analysoinnin jälkeen ASCII-tiedostoiksi. Tiedostossa on yksi rivi jokaisesta kalasta (havainto), joka sisältää tiedot alueesta (joki, koekalastuspaikan numero, päivämäärä), kalastuskerran, kalalajin, kalan pituuden ja painon, iän ja mahdolliset suomumittaukset. Koekalastuspöytäkirjoista tallennetaan kappalemääräisesti lasketut kalat samoilla aluetiedoilla ilman ikää ja suomumittauksia. Lisäksi tiedostoon tallennetaan koekalastusalueen pinta-ala ja poistopyyntien lukumäärä. Liitteessä 1 on kuvattu koekalastusten ja kalänäytteiden tiedontallennuksen ja -käsittelyn väylät.

Koska **FIELD**-ohjelmaa käytetään myös muiden koekalastusten kuin sähkökalastuksen tietojen tallennuksessa, on jokaiselle aineistotyyppiille oma kuvaustiedosto, joka kuvaa näytteestä tallennettavat tiedot eli tietokentät (kuva 1). Kuvaustiedostossa on ASCII-muotoisen tallennustiedoston nimi (!DATAFILE-rivi), **FIELD**-ohjelmassa näytettävä otsikkoteksti (!TITLE-rivi), mahdollisia kommentteja (!! Kommentti) ja tietokenttien määrittelyt viimeisenä osana (M- tai MV-lauseet). Tietokentät määritellään ja esitellään muutamalla tekstisarakkeella (taulukko 1).

```
!!
!! Kommenttirivit alkavat kahdella huutomerkillä.
!! Sähkökoekalastusalueiden tiedot tallennetaan siten, että
!! kalastuskerraksi merkitään -1 ja Pituus-kenttään syötetään alueen pinta-ala
!! m^2 ja Kalalaji-kenttään syötetään alueen max. kalastuskertojen lukumäärä.
!!
!! TITLE SÄHKÖKOEKALASTUS UTSJOEN VAKIOALUEILLA 1993
!!
!! DATAFILE S93UTSV.DAT
!!
!! Tästä alkavat tietokenttien määrittelyt.
MV 10 5 "Indeksi" 1 0 "Indeksinumero on 1 - 99999."
MV 20 5 "Päiväys PP-KK-VV"
MV 40 14 "Joki" 1 -9 "Jokien koodit: 01 Teno 01.03 Utsjoki jne."
MV 1 2 "Paikka" 1 -9 "Sähkökalastuspaikan numero"
MV 1 1 "Kalastusk." 1 0 "k =1-kmax. 0 ei tietoa.k=-1 pituus on PA ja k.lajik. KMAX"
MV 1 2 "Kalalaji" 1 0 "Lajit: 1 Lohi 2 Taimen 3 Matu 4 Xivis. Jos k=-1 niin KMAX."
M 3 5.1 "Pituus (cm)" 1 -9 "-9 jos tieto puuttuu. Jos k = -1 niin pinta-ala m^2."
M 3 5.0 "Paino (grammaa)" 1 -9
M 1 1 "Sukupuoli" 1 0 "Sex: 1 koiras 2 naaras 0 ei tietoa"
M 90 1 "Suomumittaukset."
M 99 40 "Kommentti"
```

Kuva 1. Sähkökoekalastuksessa tallennettavien tietojen kuvaustiedostonäyte.

Taulukko 1. Kuvaustiedoston tietokenttien määrittely.

Sarake	Selite
1	M=muuttuva tai MV=muuttuva/vakioitava
2	Tietotyyppin numero
3	Tallennusleveys merkkejä
4	Kentän nimi
5	Rajoitus (käytössä vain arvo 1)
6	Alkuarvo/puuttuva-arvo numerokentille, vain kokonaisluku
7	Ohje/kuvailuteksit

Taulukko 2. FIELD-ohjelman tietotyyppien numerot.

Numero	Tietotyyppin kuvaus
1	Kokonaisluku (16 bit) -32.768 – +32.768
2	Kokonaisluku (32 bit) -2.147.000.000 – + 2.147.000.000
3	Reaaliluku, kentän leveys 6.3 tarkoittaa muotoilua 12.345
4	Merkkijono
10	Indeksiluku (16 bit), automaattinen lisäys yhdellä joka tallennuksella
20	Päiväys. Muoto riippuu kentän leveydestä, leveys 5 PP-KK, leveys 8 PP-KK-VV tai leveys 10 PP-KK-VVVV
21	Kellonaika, minimi leveys 5 TT:MM tai leveys 8 TT:MM:SS
40	Jokikoodi 01.02.03.04 jne. maksimi 9 tasoa
90	Suomutietojen tallennus. Leveys määräytyy automaattisesti iän ja mittausten mukaan.
99	Mahdollinen kommenttikenttä viimeisenä tietueena.

Yhden tietokentän tiedot on pidettävä yhdellä rivillä. **FIELD**-ohjelman tietotyyppien numerot on lueteltu taulukossa 2.

Kuvassa 2 on **FIELD**-ohjelman sähkökoekalastusten syöttöruutu, jossa on esimerkkinä kuvaustiedoston S93UTSV.KUV asetukset.

FIELD-ohjelmaan on rakennettu koekalastustietojen tallennusta helpottavia ja nopeuttavia ominaisuuksia, jotka puuttuvat perinteisistä tietojen tallennukseen käytetyistä ohjelmista. Tietojen syöttöä nopeutetaan lukitsemalla eli vakioimalla kenttä (MV) edellisen havainnon mukaiseksi, jolloin useiden muuttumattomien tietokenttien toistuva kirjoittaminen voidaan välttää. Indeksi-kenttä kasvattaa sisältöään yhdellä jokaisen tallennuksen jälkeen, jolloin numerojärjestyksessä olevien näytteiden numeroiden toistuva kirjoittaminen vältetään. Vakiointi ei vaikuta indeksi-kenttään. Kuvassa 3 on esimerkkinä osa **FIELD**-ohjelmaan tallennettua datatiedostoa.

Tietueita 0500		Max Indexi 1205	
SUOMEN KALASTUS OYTSJOEN HARJOITTEILLA 1993			
Kuvaustiedosto: S93UTSV.KUU		Tulostiedosto: S93UTSV.DAT	
1. U	Indexi <1206> :		
2. U	Päiväys PP-KK-VU <20-08-93> :		
3. U	Joki < 01.03> :		
4. U	Paikka <9> :		
5. U	Kalastuskerta <3> :		
6. U	Kalalaji <1> :		
7. M	Pituus (cm) <-9.0> :		
8. M	Paino (grammaa) <-9> :		
9. M	Sukupuoli <0> :		
10. M	Mittaukset <E> :		
11. M	Kommentti <.> :		

-9 jos tieto puuttuu. Jos k = -1 niin pinta-ala m².

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Vakio	Muuttuva	Tietojen		Poistu	Ikä+mit-		Tallenna
tieto	tieto	selaus			taukset		tiedot

Kuva 2. FIELD-ohjelman syöttöruutu.

749	20-08-93	01.03	10	1	1	9.2	6.5	O	N	2	1	0	0	7	5	14	4	23	8	.
750	20-08-93	01.03	10	3	1	8.6	5.8	O	N	1	1	0	0	9	5	25	11	.	.	.
751	20-08-93	01.03	10	3	1	8.5	5.0	O	N	1	1	0	0	9	5	22	9	.	.	.
752	20-08-93	01.03	10	4	1	4.0	0.9	O	N	0	1	0	0	8	5	.	.	.	.	.
753	20-08-93	01.03	10	4	1	5.0	1.2	O	I	1	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.
754	20-08-93	01.03	10	4	1	4.2	0.5	O	I	1	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.
755	20-08-93	01.03	10	4	1	8.4	5.6	O	N	1	1	0	0	8	5	19	8	.	.	.
756	20-08-93	01.03	10	4	1	8.7	6.0	O	N	1	1	0	0	8	6	21	10	.	.	.
757	20-08-93	01.03	10	4	1	9.0	7.5	O	N	1	1	0	0	8	5	24	12	.	.	.
758	20-08-93	01.03	10	5	1	4.4	0.7	O	I	1	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.
759	20-08-93	01.03	10	5	1	8.8	6.7	O	N	1	1	0	0	10	6	26	11	.	.	.
760	20-08-93	01.03	10	5	1	4.3	0.9	O	I	1	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.
761	20-08-93	01.03	10	5	1	4.3	0.9	O	I	1	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.
762	20-08-93	01.03	10	-1	5	108.0	-9.0	O	E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
763	20-08-93	01.03	10	1	1	3.7	0.7	O	E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
764	20-08-93	01.03	10	1	1	3.5	0.6	O	E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
765	20-08-93	01.03	10	1	1	3.6	0.6	O	E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Kuva 3. FIELD-ohjelmalla tallennetun sähkökoekalastusaineiston datatiedoston näyte.

M-kenttiin eli muuttuviin kenttiin tiedot on kirjoitettava uudelleen jokaisesta havainnosta. Havainnon tallennuksen (F8) jälkeen kursori siirtyy ensimmäiseen kenttään, joka on muuttuva kenttä (M). Tallennettaessa sähkökoekalastustietoja kentät 1 - 6 voidaan lukita siten, että ne säilyttävät sisältönsä havainnosta toiseen, kunnes niitä muutetaan esimerkiksi kalastuskerran tai lajin muuttuessa. Vakioitaessa kentät 1 - 6 siirtyy kursori tallennuksen jälkeen suoraan kenttään 7 (pituus), mistä eteenpäin tiedot lisätään seuraavasta näytteestä.

Suomumittausten tallennuksessa tulee esiin ruutu (kuva 4), johon syötetään mittausten tyyppi (IDM) vaihtoehtoilla N, I, E tai S ja ohjelma tulostaa ikäkentän (esimerkissä 4+) mukaan tarvittavan määrän kenttiä (tässä tapauksessa viisi kenttää mittauksille ja viisi kasvurenkaille), joihin mittaustiedot syötetään. Nämä voivat olla peräisin mikrofilminlukulaitteella tai automaattisella suomunlukulaitteistolla tehdyistä mittauksista. Ohjelma tarkistaa tallennuksen yhteydessä, että mittaustulokset ovat kasvavassa pituusjärjestyksessä. Mittauskenttä (tietotyyppi 90) sisältää sekä kalan iän että suomumittaukset. Datatiedostossa kenttä alkaa tunnistekirjaimilla N, I, E tai S. Tunnisteella N kalan ikä ja vuosikasvut on määritetty ja kasvurenkaiden lukumäärät laskettu. Tunnisteella I kalan ikä on määritetty, mutta suomumittauksia ei ole. Tunnisteella E kalan

ikää ei ole määritetty eikä suomumittauksia ole. Tunnistetta S käytetään aikuislohiien suomumittauksissa. Tunnistekirjaimen N, I (ja S) jälkeen kalan ikä ilmoitetaan neljällä numerolla esim. N 4 1 0 0, missä 4 on neljä jokivuotta, 1 on havaittu lisäkasvu (+) joessa, kaksi nollaa tarkoittavat, että kalalla ei ole täysiä merivuosisia eikä lisäkasvua meressä.

SCALE MEASUREMENTS			
	IDM <N>	AGE <4+.0 >	
R 1	Len <0>	Str <0>	
R 2	Len <0>	Str <0>	
R 3	Len <0>	Str <0>	
R 4	Len <0>	Str <0>	
R+	Len <0>	Str <0>	

F1	F2	F3	F4	F5 Return	F6	F7	F8 Save changes
----	----	----	----	-----------	----	----	-----------------

Kuva 4. Mittaustietojen syöttöruutu FIELD-ohjelmassa.

Suomumittaukset ovat ikäkenttien jälkeen kahden luvun pareina, joista ensimmäinen on mitattu matka suomen fokuksesta vuosikasvun reunaan ja toinen numero on kyseessä olevaan vuosikasvuun kuuluvien kasvurenkaiden lukumäärä. Mittaustiedoista on esimerkkirivinä iältään 4+ -vuotisen lohenpoikasen tietue, jossa varsinaisen datarivin lisäksi on ilmaistu merkein kutakin jokivuotta (J1,... J4) vastaavat mittausparit.

S	4	1	0	0	0.104	4	0.274	8	0.528	9	0.799	9	0.935	4	jokikasvumittaukset
					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	mittausparit
					J1		J2		J3		J4		Jplus		

Tallennusmuodon etuna on sen tiiviys ja se, että se ei ole rajoittunut mihinkään valittuun maksimi joki-ikään. Tiedontallennusmuoto on tehokas, vie vähän tilaa ja sitä voidaan soveltaa moniin eri koekalastustilanteisiin. Teknisesti tiedostomuoto on merkki-muotoinen ASCII-tiedosto, jota on helppo tallentaa ja muokata erilaisilla ohjelmilla, mikäli tuntee tietuerakenteen. Tiedosto voidaan siirtää esimerkiksi MS-Excel -ohjelmaan muuntamalla se ensin vakiosarakemuotoon PICKACC-ohjelmalla tai lukemalla SAS-sovellukseen.

3. Moranin–Zippinin kaavojen SAS-sovellukset

3.1. Kalatiheyksien näytealuekohtainen perustuloste

Sähkökalastustiedoista lasketaan näytealueiden kalatiheydet **ZIPKMAX.SAS**-ohjelmalla, joka tulkitsee sähkökoekalastusten datatiedostoja ja laskee Moranin–Zippinin menetelmällä tiheysestimaatit ja pyydystettävyyden arvot (Julkunen ym. 1997a). Ohjelma tulostaa nämä arvot alueen kahden, kolmen tai maksimikalastuskerran mukaan. Jos kalastuskertojen maksimimäärä on vain 2 tai 3 kertaa, samat tulokset esiintyvät tulosteissa kahteen kertaan. Kaikki kalatiheydet esitetään kappaleina 100 m² kohden. Tulosteeseen voidaan lisätä taulukko, jossa tulokset ovat kappaleita näytealuetta kohden.

Ikäryhmät muodostetaan joki-ikästä niille lajeille, joille on määritetty iät, eli yleensä vain lohille (laji 1) ja taimenille (laji 2). Muille kalalajeille, joiden ikää ei ole määritetty, ikäsarakkeeseen tulostuu nolla. Taimen ja lohi, jonka ikää ei ole määritetty, asetetaan ikäryhmään 0+, jos kalan pituus on alle 5,5 cm, tai se asetetaan ryhmään ”ikä tuntematon” (ikäryhmä 99), jos pituus on suurempi tai yhtä suuri kuin 5,5 cm. Menettely on Tenojoen tutkimusasemalla sovittu käytäntö, jota voi tarvittaessa muuttaa. Havainnot, joista puuttuu kalastuskerran numero, poistetaan laskennasta ja niistä tulostetaan ilmoitus LOG-listaan. Lisäksi muodostetaan ikäryhmät ”kaikki yhteensä” (ikä >= 0) sekä ”1 ja vanhemmat yhteensä” (ikä >= 1), joille lasketaan vastaavat estimaattiarvot kuten muillekin ikäluokille. Yhdistetyt ikäryhmät muodostetaan laskentasilmuksen sisällä summaamalla lajin jokaisen ikäryhmän havainnot kalastuskerroittain. Laskennassa kukin näytealue pidetään erillisenä, koska Tenojoen näytealueiden pyydystettävyydsarvot ovat vaihdelleet vuosittain ja alueittain (Julkunen ym. 1997b).

Tiedot luetaan ASCII-tiedostosta ja jaetaan havaintoihin ja kalastusalueiden tietoihin (pinta-ala ja kalastuskertojen maksimilukumäärä) ja tallennetaan omiin SAS-datajoukkoihin. Tietojen lukemisen jälkeen koealueiden tietoja verrataan havaintoihin, jolloin puuttuvien koealueiden tiedot (pinta-ala *ALA* ja kalastusten kokonaislukumäärä *KMAX*) voidaan kysyä suoraan ohjelman sisällä. Puuttuneita tietoja ei tallenneta takaisin ASCII-tiedostoon, vaan ne lisätään sinne ajon jälkeen. **ZIPKMAX.SAS**-ohjelman ajovirrassa lasketaan havaintojen lukumäärät kalastuskerroittain ja ikäryhmittäin. Laskentaosassa eri ikäryhmien tiedot kerätään yhteen ja lähetetään **ZIPPIN**-aliohjelmalle estimaattien laskemiseksi. Samalla muodostetaan ikäryhmien >= 0 ja >= 1 tarvitsemat summat ja lajin vaihtuessa lasketaan ikäryhmien >= 0 ja >= 1 estimaatit. Kaikki estimaatit palautetaan pääohjelmaan.

ZIPKMAX.SAS-tulosteena syntyy kaksi listausta: koekalastusalueiden ja estimaattien listaus. Koekalastusalueiden listaus (kuva 5) sisältää sarakkeittain jokikoodin (*RIVER*), koealueen paikanumeron (*PLACE*), tutkimuspäivän (*CHDATE*), maksimikalastuskertojen lukumäärän (*KMAX*) ja koealueen pinta-alan (*ALA*). Alueiden kalatiheyksien estimaattitaulukko tulostuu toisena listauksena (kuva 6), jonka sarakekuvaukset ovat liitteenä 2. **TABULATE**-proseduurin ulommaisena luokittelijana on koealueen tiedot sisältävä merkkijono *Kalastuspaikka*. *Total*-sarakeessa on summa ikäryhmän kaikista havainnoista eri koekalastuskertoina (*N1 - N5*). *Kmax Y* on maksimikalastuskertojen mukaan laskettu populaation estimaatti (vahvennettu tuloste-

näytteessä) ja $Kmax\ Err\ Y$ on sen virhearvio (95 % luottamusväli on $Kmax\ Y \pm Kmax\ Err\ Y$). $Tot.\ k = 3$ on kolmen ensimmäisen kalastuskerran havaintomäärät yhteensä. $J-L\ Y\ k = 3$ on kolmen ensimmäisen kalastuskerran estimaatti (vahvennettu tulostenäytteessä). $J-L\ Err\ Y$ on edellisen virhearvio. $Tot.\ k = 2$ on kahden ensimmäisen kalastuskerran havaintomäärät yhteensä. $S-L\ Y\ k = 2$ on kahden ensimmäisen kalastuskerran estimaatti (vahvennettu tulostenäytteessä) ja $S-L\ Err\ Y$ vastaava virhearvio. $Kmax\ p$ on pyydystettävyyden arvo $kmax$ kalastuskerralla ja vastaava virhearvio $Kmax\ Err\ p$. Kolmen ensimmäisen kerran pyydystettävyyden arvo on $J-L\ p$ ja virhearvio $J-L\ Err\ p$. Vastaavat p -arvot kahdelle kerralle ovat $S-L\ p$ ja $S-L\ Err\ p$. $N1, N2, N3, N4$ ja $N5$ ovat kalastuskertojen 1 - 5 havaintomäärät. Sisäisissä taulukoissa on tilaa yhteensä 7 kalastuskerralle, mutta niistä tulostetaan listaukseen vain 5 ensimmäistä. $VK, V3$ ja $V2$ ovat $Valid$ -arvot $Kmax-$, $k=3$ - ja $k=2$ -estimaateille, jotka ilmaisevat estimaattien laskennan onnistumisen tai epäonnistumisen. Jos alueella esiintyy vain yksi lajin ikäryhmä, niin ≥ 0 ja ≥ 1 rivejä ei tulosteta. Jos alueella ei ole 0+ ikäryhmää, ≥ 0 ikäryhmää ei tulosteta, koska tulos olisi sama kuin ≥ 1 ikäryhmässä.

Estimaatit voidaan tulostaa ohjelmalla myös aluekohtaisina populaatiokokoina (liite 3).

Esimerkki Kalastusalueiden tiedot					
OBS	RIVER	PLACE	CHDATE	MAXK	ALA
1	01.03	1	17/08/83	3	93.700
2	01.03	2	15/08/83	3	70.300
3	01.03	3	16/08/83	5	94.700
4	01.03	4	16/08/83	2	78.100
5	01.03	5	17/08/83	3	67.200
6	01.03	6	16/08/83	1	85.000
7	01.03	7	17/08/83	7	92.900
8	01.03	8	18/08/83	3	104.700
9	01.03	9	19/08/83	3	104.700
10	01.03	10	19/08/83	3	80.600
11	01.03	11	19/08/83	3	110.100

Kuva 5. Koekalastusalueiden tulostenäyte.

Esimerkkinä esitetään viiden alueen yhden lajin havaintomäärät:

Alue \ Ikä	0	1	2	3	>=1	>=0	Pinta-ala
1	5	3	2	2	7	12	80
2	6	2	1	1	4	10	100
3	0	0	0	0	0	0	100
4	0	2	1	1	4	4	120
5	5	0	0	0	0	5	90
Yht.	16	7	4	4	15	31	490

Ikäryhmien esiintymisalueilla (R) tiheydet ovat:

Ikä	N kpl	Alueet	Alueita kpl	PA m ²	Tiheys per 100 m ²
0	16	1, 2, 5	3	270	5,9
>=1	15	1, 2, 4	3	300	5,0
>=0	31	1, 2, 4, 5	4	390	7,9

Lajin esiintymisalueiden pinta-ala on 390 m² ja alueita 4 kpl. Tiheydet lajin esiintymisalueille (L) ovat vastaavasti:

Ikä	N kpl	Alueita kpl	PA m ²	Tiheys per 100 m ²
0	16	4	390	4,1
>=1	15	4	390	3,8
>=0	31	4	390	7,9

Koko joen koekalastettu pinta-ala on 490 m² ja alueita 5 kpl. Tiheydet joen koekalastetuille näytealueille (K) ovat:

Ikä	N kpl	Alueita kpl	PA m ²	Tiheys per 100 m ²
0	16	5	490	1,1
>=1	15	5	490	1,5
>=0	31	5	490	2,6

ELFRSUM.SAS-ohjelma tulostaa jokien tiedot (vuosi, joki), tutkimusalueiden lukumäärän ja yhteispinta-alan (*TOTPA*) (kuva 7). Seuraavaksi ohjelma tulostaa koko havaintoaineiston ikäryhmäjakauma lajeittain, kaikki vuodet ja joet yhdessä (kuva 8) sekä ikäryhmäjakauman tiedot vuosittain, joittain ja lajeittain (kuva 9).

Viimeisessä listauksessa tulokset ovat vuosittain, joittain ja lajeittain (kuva 10). Tiheydet lasketaan kolmelle eri pinta-alalle. Sarakkeissa 0 K, >=1 K ja >=0 K pinta-alana on koko joen koekalastettujen alueiden pinta-ala eli sarake *TotPA* ja alueiden lukumäärä on n. Sarakkeissa 0 L, >=1 L ja >=0 L tiheydet ovat lajin esiintymisalueille. *LajiPA* ja n ovat lajin esiintymisalueiden pinta-ala ja alueiden lukumäärä. Lajin esiintymisalueiksi lasketaan kaikki alueet, joilla kyseessä olevan lajin kaloja on saatu 1 tai enemmän. Sarakkeiden 0 R ja >=1 R tiheydet ovat ikäryhmien esiintymisalueille eli niille alueille joilla esiintyy ikäryhmää 0+ (0) sekä 1 ja vanhempia (>=1). Ryhmien esiintymisalueiden pinta-alat ovat sarakkeissa 0 PA ja >=1 PA, ja n-sarakkeissa ovat vastaavien alueiden lukumäärät. Viimeisessä sarakkeessa N on SAS-ohjelmiston sisäinen tarkistusluku. Tiheys >=0 R (kaikki ikäryhmät) ryhmän esiintymisalueella on sarakkeessa >=0 L. Tiheystaulukon sarakkeiden kuvaukset on esitetty liitteessä 4.

OBS	YEAR	RIVER	_TYPE_	Tutk. alueiden lkm	TOTPA
1	1983	01.03	0	11	982.000

Kuva 7. Jokien yhteenvetotietojen tulostenäyte (ELFRSUM.SAS).

Lajien ikäryhmät yhteensä kpl koko aineistossa							
Laji	AGE						
	0	1	2	3	4	99	ALL
	N	N	N	N	N	N	N
1	439	260	106	11	1	4	821
2	1	1	1	.	.	1	4
3	160	.	.	.	.	.	160
4	2	.	.	.	.	.	2
5	40	.	.	.	.	.	40
6	6	.	.	.	.	.	6
7	1	.	.	.	.	.	1
10	3	.	.	.	.	.	3

Kuva 8. Tulostenäyte havaintoaineiston ikäryhmäjakaumasta lajeittain (ELFRSUM.SAS).

Joen vuosiaineistosta lajien ikäryhmät yhteensä kpl ja % sekä lajisuhteet %														
YEAR	RIVER	Laji	AGE											
			0		1		2		3		4		99	
			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1983	01.03	1	439	53.47	260	31.57	106	12.91	11	1.34	1	0.12	4	0.49
		2	1	0.125	1	0.125	1	0.125	.	.	.	.	1	0.125
		3	160	19.80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	160
		4	2	0.25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
		5	40	4.90	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40
		6	6	0.73	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
		7	1	0.125	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
		10	3	0.37	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3

Kuva 9. Tulostenäyte lajien ikäryhmistä lukumäärinä ja prosentteina (ELFRSUM.SAS).

Tiheydet per 100 m2 (ELFRSUM)																		
YEAR	Joki	Laji	0 K	>=1 K	>=0 K	TotPA	n	0 L	>=1 L	>=0 L	LajiPA	n	0 R	>=0 PA	n	>=1 R	>=1 PA	N
1983	01.03	1	44.7	38.9	83.6	982.0	11	48.9	42.6	91.5	997.0	10	32.7	473.5	5	42.6	857.0	10
		2	0.1	0.3	0.4	982.0	11	0.4	1.1	1.5	271.0	3	1.5	67.2	1	1.1	271.0	3
		3	16.3	0.0	16.3	982.0	11	34.3	0.0	34.3	470.4	5	34.0	470.4	5	.	0.0	0
		4	0.2	0.0	0.2	982.0	11	0.9	0.0	0.9	214.8	2	0.9	214.8	2	.	0.0	0
		5	4.1	0.0	4.1	982.0	11	25.0	0.0	25.0	160.1	2	25.0	160.1	2	.	0.0	0
		6	0.6	0.0	0.6	982.0	11	6.5	0.0	6.5	92.9	1	6.5	92.9	1	.	0.0	0
		7	0.1	0.0	0.1	982.0	11	1.3	0.0	1.3	78.1	1	1.3	78.1	1	.	0.0	0
		10	0.3	0.0	0.3	982.0	11	1.7	0.0	1.7	172.8	2	1.7	172.8	2	.	0.0	0

Kuva 10. Tiheystaulukon tulostenäyte (ELFRSUM.SAS).

4.3. Joen keskitiheys, alueiden paras estimaatti

ELFRSUM.SAS tulostaa keskitiheysindeksiksi minimitiheysarvon. **ZIPKMAX.SAS**-ohjelmalla voidaan laskea jokaiselle näytealueelle useita mahdollisia populaatiotiheyden estimaatteja (kuva 6) ja aluekohtaisen populaatiokoon estimaatteja (liite 3). Yhdistämällä molemmat ohjelmat saadaan lasketuksi joen keskitiheyksiä paremmin kuvaava indeksiarvo, joka ei ole absoluuttisesti pienin mahdollinen tiheysarvo, mutta ei ylitä mahdollista ylärajaa. **B_EST.SAS**-ohjelmassa tiheysarvot lasketaan kalojen lukumäärinä jokaista aluetta kohden. Jokaiselle alueelle lasketaan tiheysestimaatit kolmelle ikäryhmälle (0, >=0, >=1). Jos estimaatti on hyväksyttävissä, tulos on kyseisen ikäryhmän paras estimaatti, muutoin kokonaissaalis on paras estimaatti. Lisäksi jokaiselle ikäryhmälle tallennetaan tieto estimaatista. Estimaattien laskennan jälkeen tulokset summataan yhteen ja lasketaan tiheys 100 m² kohden. **ZIPKMAX.SAS**-ohjelman listauksen (liite 3) sarakkeissa *Total* tai *Kmax Y* vahvennetulla merkityt tiheydet valitaan **B_EST.SAS**-ohjelmassa kyseessä olevan alueen parhaimmaksi estimaatiksi (kuva 11). Riveille, joilla tiheysestimaatin laskenta on epäonnistunut huonon havaintosarjan vuoksi, on valittu tiheys *Total* sarakkeesta ja vastaavat luvut sarakkeista *NI-N5* on myös vahvennettu (liite 3).

B_EST.SAS käyttää laskennassa samaa kaavaa kuin **ZIPKMAX.SAS**, mutta laskennassa sallitaan vain aidosti vähenevät havaintosarjat. **ZIPKMAX.SAS**:ssa on sallittu myös ei-monotoniset sarjat. Lisäksi, jos kokonaissumma on yhtäsuuri tai suurempi kuin estimoitu tulos, paras estimaatti on summatulos. **B_EST.SAS**-ohjelman tulosteen (kuva 11) sarakekuvaukset ovat liitteessä 5.

						Tutk. alueiden lkm		TOTPA															
OBS	YEAR	RIVER	_TYPE_																				
1	1983	01.03	0			11		982.000															
Esimerkki																							
Tiheys / 100 m2 (B_EST)																							
19:22 Wednesday, November 15, 1995 6																							
YEAR	River	Spca	0 K	>=1 K	>=0 K	TotPA	n	0 L	>=1 L	>=0 L	LajPA	n	n	n	0 R	0 PA	n	n	>=1 R	PA	n	n	n
1983	01.03	1	.	.	.	982	11	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
		1	46.1	39.7	86.0	982	11	50.5	43.5	94.1	897	10	6	4	95.7	473.5	2	3	43.5	897.0	7	3	1
		2	0.1	0.3	0.4	982	11	0.4	1.1	1.5	271	3	0	3	1.5	67.2	0	1	1.1	271.0	0	3	1
		3	17.1	.	17.1	982	11	35.7	.	35.7	470	5	2	3	35.7	470.4	2	3	.	.	.	.	1
		4	0.2	.	0.2	982	11	0.9	.	0.9	215	2	0	2	0.9	214.8	0	2	.	.	.	.	1
		5	4.1	.	4.1	982	11	25.0	.	25.0	160	2	0	2	25.0	160.1	0	2	.	.	.	.	1
		6	0.6	.	0.6	982	11	6.5	.	6.5	93	1	0	1	6.5	92.9	0	1	.	.	.	.	1
		7	0.1	.	0.1	982	11	1.3	.	1.3	78	1	0	1	1.3	78.1	0	1	.	.	.	.	1
		10	0.3	.	0.3	982	11	1.7	.	1.7	173	2	0	2	1.7	172.8	0	2	.	.	.	.	1

Kuva 11. **B_EST.SAS**-ohjelman tuottama keskitiheyksien listaus.

3.4. Interaktiivinen populaatiokoon estimointi

ZIPINT.SAS-ohjelma on myös Moranin–Zippinin menetelmän sovellus, jolla lasketaan yksittäisiä sähkökalastusalueen estimaatteja. Kalastuskertojen lukumäärä voi olla 2–7. Tuloksena saadaan populaatiokoon (y) ja pyydystettävyyden (p) estimaatit virheineen (95 % luottamusvälit) (kuva 12).

```
Command ==>
    Sähkökoekalastuksen tiheysestimaatteja ZIPPIN:n menetelmällä
    Virheet 95% luottamusvälille.
    Lopetus: Hone ja kirjoita STOP ja paina ENTER:ä.

Kalastusalue Utsjoki alue 1          Päivä 17.8.1983
Alueen pinta-ala (m2) 100.
Saalismäärä kerroittain 64.          23.          18.
Lisätiedot

          L A S K E N N A N   T U L O K S E T
Saalismäärä yhteensä 105          KMAX          3
Tulos Y / 100 m2      119.103      R&R          99.3
Catchability q 0.4911 ja p 0.5089
Tulos on voimassa (1 kyllä 0 ei) 1
SE of Y      14.90 SE of p 0.1297

Seber & LeCren tulos Y = 99.9 ja bias korjattu 99.0 SE of SL 16.0

Paina (p tulostus) ENTER jatkaaksesi ...
```

Kuva 12. ZIPINT.SAS-ohjelman ruutu.

Kirjallisuus

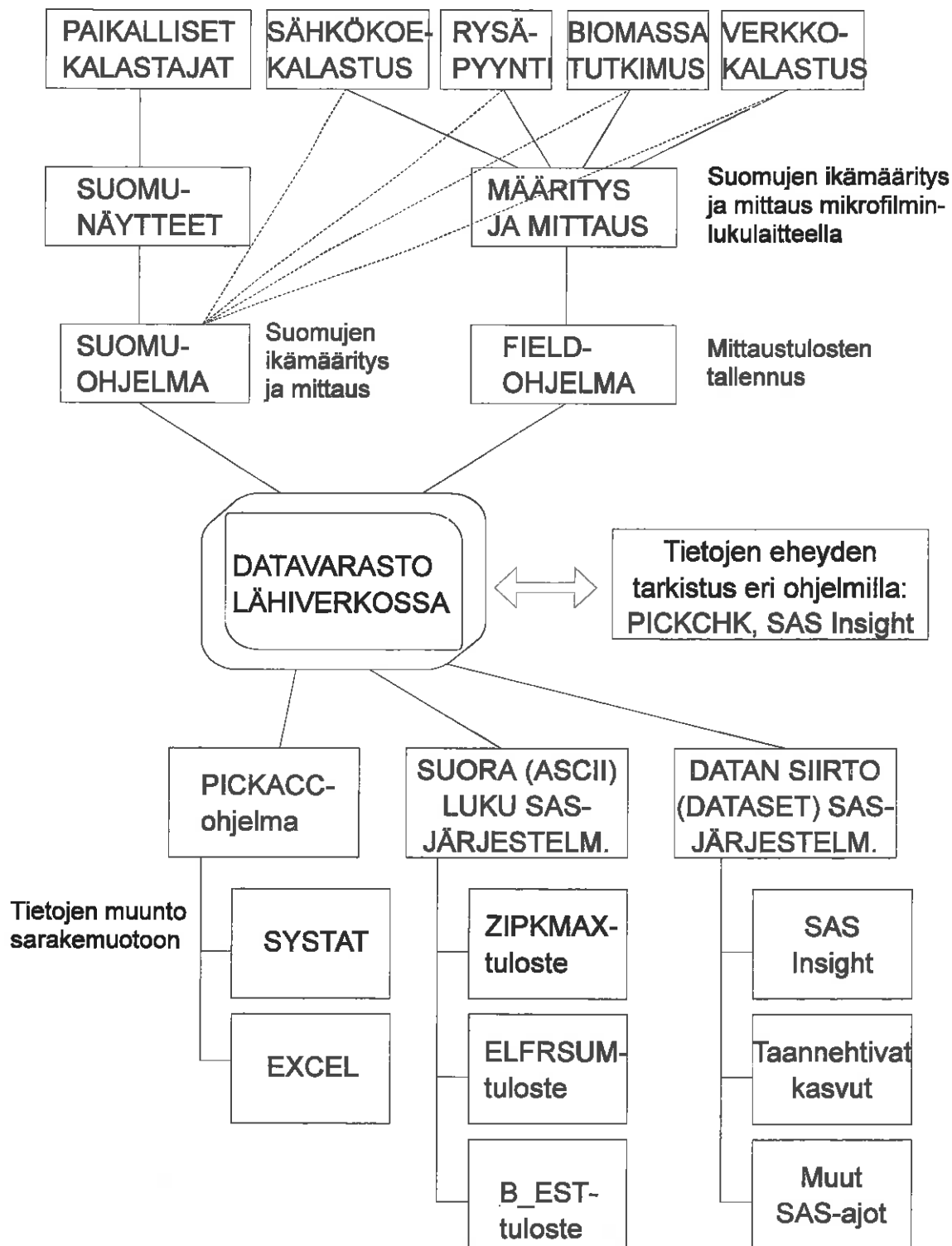
Julkunen, M., Kuusela, J., & Niemelä, E. 1997a. Lohen poikastiheyksien arviointi Tenojoen sähkökalastustuloksista. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia–Fiskundersökningar (tämä nide).

Julkunen, M., Erkinaro, J., Kylmäaho, M., & Niemelä, E. 1997b. Tenojoen kalantutkimusaseman sähkökalastusmenetelmä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia–Fiskundersökningar (tämä nide).

Kuusela, J. 1994. Tietokoneavusteinen menetelmä lohen iän ja kasvun määrittämiseen suomusta. Pro gradu-tutkielma. Sovelletun fysiikan laitos, Kuopion yliopisto. 48 s.

Liitteet

Liite 1. Kaavio Tenojoen kalantutkimusaseman koekalastustietojärjestelmästä.



Liite 2. ZIPKMAX.SAS-estimaattitaulukon sarakekuvaus.

Sarake	Selite
Kalastuspaikka	Koekalastuspaikan yksilöivä merkkijono, joka sisältää jokikoodin, alueen numeron, päiväyksen, koealueen pinta-alan ja koekalastuskertojen lukumäärän.
Laji	Lajikoodi
Ikä	Ikä. Ikä 99 on yli 5.5 cm:n ikäämättömien ryhmä. ≥ 0 ja ≥ 1 ovat summaryryhmät.
Total	Summatiheys koealueella = $N1+...+N7$.
Kmax Y	Maksimikalastuskertojen mukaan laskettu estimaatti.
Kmax Err Y	Kmax Y:n virhearvio, CL 95%.
Tot k = 3	Summatiheys kolmelta kalastuskerralta = $N1+N2+N3$.
J-L Y k = 3	Kolmen kalastuskerran kerran mukaan lasketty pop. estimaatti.
J-L Y Err	J-L Y k=3:n virhearvio, CL 95%.
Tot k = 2	Summatiheys kahdelta kalastuskerralta = $N1+N2$.
S-L Y k = 2	Kahden kalastuskerran kerran mukaan lasketty pop. estimaatti.
S-L Err Y	S-L Y k=2:n virhearvio, CL 95%.
Kmax p	Kmax Y:n pyydestettävyysarvo
Kmax Err p	Kmax p:n virhe arvio, CL 95%.
J-L p	J-L k=3 Y:n pyydestettävyysarvo.
J-L Err p	J-L p:n virhearvio, CL 95%.
S-L p	S-L k=2 Y:n pyydystettävyysarvo.
S-L Err p	S-L p:n virhearvio, CL 95%.
N1	Ensimmäisen kalastuskerran kalatiheys per 100 m ² .
N2	Toisen kalastuskerran kalatiheys per 100 m ² .
N3	Kolmannen kalastuskerran kalatiheys per 100 m ² .
N4	Nejännän kalastuskerran kalatiheys per 100 m ² .
N5	Viidennen kalastuskerran kalatiheys per 100 m ² .
VK	Kmax Ylaskennan Valid-arvo.
V3	J-L k=3 Y laskennan Valid-arvo.
V2	S-L k=2 Y laskennan Valid-arvo.

Liite 3. Tulostenäyte aluekohtaisista kalamäärien estimaateista (ZIPKMAX.SAS).

S Ä H K Ö K O E K A L A S T U S T U L O K S E T
KPL / pinta-ala. Err = 95% luottamusväli.

Kalastuspaikka Joki: 01.03, Alue : 1. Aika: 83-08-17. Pinta-ala: 93.7 m².yyntipaikka.

		Kmax		Tot.	J-L		Tot.	S-L		Kmax		Kmax		N1	N2	N3	N4	N5	V V V	
		Total	Y		Err Y k = 3	J-L Y Err Y k = 2		S-L Y Err Y	p	Err p	p	Err p	p						K 3 2	
Laji	Ikä																			
1	0	105.0	119.1	14.9	105.0	119.1	14.9	87.0	99.9	16.0	0.509	0.130	64.0	23.0	18.0	.	.	. 1 1 1		
	1	50.0	53.4	5.8	50.0	53.4	5.8	46.0	60.1	24.1	0.601	0.164	31.0	15.0	4.0	.	.	. 1 1 1		
	2	11.0	11.0	0.5	11.0	11.0	0.5	11.0	11.6	2.4	0.837	0.219	9.0	2.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	3	4.0	4.0	0.5	4.0	4.0	0.5	4.0	4.5	2.9	0.780	0.420	3.0	1.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	99	1.0	.	.	1.0	.	.	1.0	.	.	.	.	0.0	1.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	>=0	171.0	186.6	13.6	171.0	186.6	13.6	149.0	176.1	25.4	0.563	0.094	107	42.0	22.0	.	.	. 1 1 1		
	>=1	66.0	69.1	5.1	66.0	69.1	5.1	62.0	77.0	21.9	0.646	0.133	43.0	19.0	4.0	.	.	. 1 1 1		
12	1	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	>=1	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		

Kalastuspaikka Joki: 01.03, Alue : 2. Aika: 83-08-15. Pinta-ala: 70.3 m².yyntipaikka.

		Kmax		Tot.	J-L		Tot.	S-L		Kmax		Kmax		N1	N2	N3	N4	N5	V V V	
		Total	Y		Err Y k = 3	J-L Y Err Y k = 2		S-L Y Err Y	p	Err p	p	Err p	p						K 3 2	
Laji	Ikä																			
1	0	150.0	150.2	1.0	150.0	150.2	1.0	141.0	141.0	0.2	0.884	0.051	140	1.0	9.0	.	.	. 1 1 1		
	1	62.0	64.1	4.0	62.0	64.1	4.0	56.0	59.6	6.3	0.678	0.130	45.0	11.0	6.0	.	.	. 1 1 1		
	2	16.0	16.9	2.9	16.0	16.9	2.9	14.0	15.1	3.8	0.621	0.282	11.0	3.0	2.0	.	.	. 1 1 1		
	>=0	228.0	229.6	2.8	228.0	229.6	2.8	211.0	212.2	2.6	0.809	0.052	196	15.0	17.0	.	.	. 1 1 1		
	>=1	78.0	81.0	4.8	78.0	81.0	4.8	70.0	74.7	7.3	0.667	0.118	56.0	14.0	8.0	.	.	. 1 1 1		
13	0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		

... alueet 3-10 ja osa sarakkeista poistettu esimerkikilistauksesta...

Kalastuspaikka Joki: 01.03, Alue : 11. Aika: 83-08-19. Pinta-ala: 110.1 m².yyntipaikka.

		Kmax		Tot.	J-L		Tot.	S-L		Kmax		Kmax		N1	N2	N3	N4	N5	V V V	
		Total	Y		Err Y k = 3	J-L Y Err Y k = 2		S-L Y Err Y	p	Err p	p	Err p	p						K 3 2	
Laji	Ikä																			
1	0	3.0	3.1	0.7	3.0	3.1	0.7	3.0	4.0	6.8	0.710	0.559	2.0	1.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	3	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	4	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	99	2.0	2.2	1.4	2.0	2.2	1.4	2.0	21.8	1202	0.566	0.867	1.0	1.0	0.0	.	.	. 1 1 0		
	>=0	7.0	7.1	0.8	7.0	7.1	0.8	7.0	8.3	5.8	0.750	0.339	5.0	2.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	>=1	4.0	4.0	0.5	4.0	4.0	0.5	4.0	4.5	2.9	0.780	0.420	3.0	1.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
12	99	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
	>=1	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		
13	0	9.0	9.2	1.2	9.0	9.2	1.2	8.0	8.2	1.1	0.710	0.323	7.0	1.0	1.0	.	.	. 1 1 1		
14	0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.000	.	1.0	0.0	0.0	.	.	. 1 1 1		

Liite 4. ELFRSUM.SAS-ohjelman tiheystaulukon sarakekuvaus.

Sarake	Selitys
YEAR	Vuosi
Joki	Jokikoodi
Laji	Laji
0 K	0+ -ikäryhmän tiheys keskimäärin kaikilla tutkituilla alueilla.
>= 1 K	>=1 tiheys keskimäärin kaikilla tutkituilla alueilla.
>= 0 K	Lajin keskimääräinen tiheys kaikilla tutkituilla alueilla.
TotPa	Summa kaikkien koealueiden pinta-aloista (m ²).
n	Kaikkien koealueiden lukumäärä.
0 L	Nollikkaiden keskimääräinen tiheys nollikas alueilla.
>=1 L	>=1 keskimääräinen tiheys lajin esiintymisalueilla.
>=0 L	Lajin keskimääräinen tiheys lajin esiintymisalueilla.
LajiPa	Summa lajin esiintymisalueiden pinta-aloista.
n	Lajin esiintymisalueiden lukumäärä.
0 R	0+ -ryhmän tiheys 0+ -alueilla.
0 PA	Summa nolliaisalueiden pinta-aloista.
n	0+ ryhmän alueiden lukumäärä.
>=1 R	>=1 keskimääräinen tiheys >=1 ryhmän esiintymisalueella.
>=1 PA	Summa >=1 ryhmän esiintymisalueiden pinta-aloista.
n	>=1 ryhmän esiintymisalueiden lukumäärä.
N	Tarkistusnumero, aina 1.

Liite 5. B_EST.SAS-ohjelman tulosteen sarakekuvaus.

Sarake	Selite
YEAR	Vuosi
River	Jokikoodi
Spcs	Laji
0 K	0+ -ikäryhmän tiheys kaikilla koekalastetuilla alueilla.
>=1 K	>=1 tiheys kaikilla koekalastetuilla alueilla.
>=0 K	Kokonaistiheys kaikilla koekalastetuilla alueilla.
TotPa	Kaikkien koekalastettujen alueiden pinta-ala yhteensä.
Tot n	Kaikkien koekalastettujen alueiden lukumäärä.
0 L	0+ -ryhmän tiheys lajin esiintymisalueilla.
>=1 L	>=1 tiheys lajin esiintymisalueilla.
>=0 L	Kokonaistiheys lajin esiintymisalueilla.
LajPA	Lajin esiintymisalueiden yhteispinta-ala.
Tot n	Lajin esiintymisalueiden lukumäärä = Tot n + Est n (>=0 L).
Est n	Estimoitujen alueiden lkm. lajin kokonaistiheydessä (>=0 L).
Sum n	Summa-alueiden lkm. lajin kokonaistiheydessä (>=0 L).
	>= 1 L alueiden lukumäärät >=1 R sarakkeissa.
0 R	0+ -ryhmän tiheys 0+ -alueilla.
0 PA	0+ -ryhmänalueiden kokonaispinta-ala.
Est n	Estimoitujen nollikasalueiden lukumäärä.
Sum n	Summattujen nollikasalueiden lukumäärä.
	Nollikasalueiden kokonaismäärä on Est n + Sum n.
>=1 R	>=1 R tiheys >=1 esiintymisalueilla.
>=1 PA	>=1 esiintymisalueiden kokonaispinta-ala.
Est n	Estimoitujen >=1 alueiden lukumäärä.
Sum n	Summattujen >=1 alueiden lukumäärä.
	>=1 alueiden kokonaismäärä on Est n + Sum n.
N	Tarkistusluku, aina 1.

Markku Julkunen ja Eero Niemelä (toim.)

Sähkökalastus ja sen luotettavuus Tenon lohen poikastiheyksien seurannassa

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Tiivistelmä

Tenojoella on tehty sähkökalastuksia poistopyyntimenetelmää käyttäen vuodesta 1979 lähtien. Sähkökalastustutkimusten tarkoituksena on ollut seurata lohenpoikasten määrissä tapahtuvia muutoksia ja arvioida muutoksiin vaikuttaneita syitä. Poistopyynnissä on päädytty käyttämään kolmea peräkkäistä kalastuskertaa, mikä näyttää olevan riittävän tarkka teoreettisesti, ja se on ollut sopiva myös työmäärältään. Näytealueiden kalamäärä on estimoitu Moranin–Zippinin menetelmällä, johon on kehitetty SAS-ohjelmisto ja tiedonhallintajärjestelmä.

Näytealueiden koko on ollut 50–200 m². Pienten tiheyksien alueilla lohenpoikasten määrä on ollut alle 50 yksilöä, mikä on liian pieni luotettavien tulosten estimoimiseksi, kun estimoitu pyydystettävyyys on usein ollut alle 0,5. Sen sijaan suurten tiheyksien alueilla kalamäärät ovat olleet riittävän suuria estimointiin ja estimaatin keskivirheen osuus estimaatista on ollut pienempi kuin 20 %.

Menetelmään liittyvä systemaattinen virhe johtuu siitä, että poistopyyntimenetelmän edellytykset eivät käytännön kalastuksissa pidä täysin paikkaansa. Erityisen ongelmallista on pyydystettävyyden vaihtelu peräkkäisten kalastuskertojen välillä. Tähän tulee kiinnittää huomiota työryhmän koulutuksella ja sillä, että pitkäaikaisseurantaa tekevän ryhmän vetäjänä on vuosittain sama henkilö. Kokenut työryhmä kykenee vakioimaan peräkkäisten pyyntien pyydystettävyyttä.

Asiasanat

lohen poikastiheys, lohi, Moranin–Zippinin estimointimenetelmä, poistopyyntimenetelmä, *Salmo salar*, sähkökalastus, Tenojoki

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 135

951-776-135-X

0787-8478

56 s.

Suomi

50 mk

Julkinen

Edita-kirjakauppa
Annankatu 44
00100 Helsinki

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki

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

Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Utgivare

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Utgivningsdatum

December 1997

Författare

Markku Julkunen och Eero Niemelä (red.)

Publikationens namn

Användning av elfiske vid bedömningen av yngeltätheter i Tana älv.

Uppskattning och utveckling av metoden och resultatens tillförlitlighet i en monitoringundersökning

Typ av publikation

Rapport

Uppdragsgivare

Datum för uppdragsgivandet

Projektnamn och -nummer

Referat

I Tana älv har man uppskattat bestånden av laxyngel genom elfiske sedan 1979. Avsikten har varit att följa med hur yngelmängderna förändras och uppskatta orsakerna till dessa förändringar. Metoden går ut på att man fiskar tre gånger efter varandra, vilket verkar ge ett teoretiskt tillräckligt noggrant resultat och också är lämpligt beträffande arbetsmängden. Fiskantalet i undersökningsområdena har estimerats med Morain-Zipp-metoden, för vilken ett SAS-programpaket och ett informationsbehandlingssystem utvecklats.

Undersökningsområdena har varit mellan 50 och 200 m². I områden med låg yngeltäthet har mängden fångade laxyngel legat under 50, vilket är för litet för att man skall kunna åstadkomma tillförlitliga estimat. Den uppskattade fångstsannolikheten har nämligen ofta varit under 0,5. I områden med hög täthet har fiskmängderna varit tillräckliga och estimatets medelfels andel av hela estimatet under 20 %.

Det systematiska fel metoden är behäftad med beror på att förutsättningarna för denna metod inte helt håller streck i det praktiska fisket. Fångstsannolikhetens variation mellan olika fångstgångar är särskilt problematisk. Därför bör arbetsgruppen ges tillräcklig skolning och den grupp som utför långtida monitoringundersökningar ledas av samma person år efter år. Med en erfaren arbetsgrupp kan man standardisera fångstsannolikheten i successiva fisken.

Nyckelord

lax, yngeltäthet, Morain-Zipps estimatmetod, Salmo saar, elfiske, Tana älv

Seriens namn och nummer

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 135

ISBN

951-776-135-X

ISSN

0787-8478

Sidoantal

56 s.

Språk

Finska

Pris

50 mk

Sekretessgrad

Offentlig

Försäljning

Edita-bokhandel
Annegatan 44
00100 Helsingfors

Förlag

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsinki

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

Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

December 1997

Author(s)

Markku Julkunen and Eero Niemelä (eds.)

Title of Publication

Electrofishing as a method of density estimation of salmon juveniles in the River Teno**Assessment and development of the method for a monitoring programme**

Type of Publication

Research report

Commissioned by

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Abstract

The Finnish Game and Fisheries Institute have performed electrofishing by the depletion method in the River Teno, northern Finland, since 1979. The aim of the research was the monitoring of the densities of juvenile Atlantic salmon. Three successive removal fishings have been used in the depletion method, which is accurate enough theoretically and practically in the annual monitoring programme. The number of fish in the sampling areas was estimated by the Moran-Zippin method. A calculation and data management application was developed by research station.

The sizes of sampling areas were 50-200 m². The number of fish in the secondary areas for juvenile salmon have been less than 50, which is too small for an adequate Moran-Zippin estimation, while the estimated catchability doesn't exceed 0.5. In the better areas, the number of fish was enough for estimation with the ratio of the standard error and the estimate less than 20%.

The reason for the systematic error was that the assumptions of the depletion method do not hold in an actual situation. For example the catchability of successive removals were not equal. The training of the fishing crew is essential in avoiding this problem, and, in a long-term monitoring programme the same person should be the head of the crew for many years. A trained crew can manage with the requirement of equal catchability in successive removals.

Key words

density of Atlantic salmon juveniles, salmon, Moran-Zippin estimation method, depletion method, removal method, *Salmo salar*, electrofishing, electric fishing, River Teno

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 135

ISBN

951-776-135-X

ISSN

0787-8478

Pages

56 p.

Language

Finnish

Price

50 FIM

Confidentiality

Public

Distributed by

Oy Edita Ab

Book-shop

Annankatu 44

FIN-00100 Helsinki, Finland

Phone +358 0 566 0566

Fax +358 0 566 0570

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute

P.O.Box 6

FIN-00721 Helsinki, Finland

Phone +358 205 7511

Fax +358 205 7511

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

88. MAKKONEN, J., TOIVONEN, J., PIIRONEN, J., PURSLAINEN, M. JA MÄKINEN, K.

Järvilohen (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) säilyttäminen ja kalastus Vuoksen vesistöissä Carlin-merkintöjen perusteella.

(Bevarande och fiske av insjölox (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) i Vuoksens insjösystem, undersökning med hjälp av Carlin-märkningar) Maintenance and fishing of landlocked salmon (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) on the basis of Carlin-tagging in the Vuoksi watercourse) 65 s. + liitt. Helsinki 1995.

89. NYLANDER, E. JA ROMA-KANIEMI, A.

Tornionjoen meritaimen ja sen kalastus

(Havsöringen i Torne älv och havsöringsfisket) (Sea trout and fishing in the Tornionjoki River) 63 s. + liitt. Helsinki 1995.

90. URHO, L., KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., LEHTONEN, H., LEINONEN, K., PASANEN, P., RAHKONEN, R. JA TOLONEN, J.

Uusien kalalajien ja -kantojen tuonnin mahdollisuudet

(import av nya fiskarter och -bestånd) (Possibilities for importing new fish species and stocks) 74 s. He(Möjligheter tillförsikt) 1995.

91. VEHANEN, T.

Rakennettujen jokien kalataloudelliset edellytykset.

I. Kalakannat ja kalastus. II. Kehittämistiedustelut (Fiskeriekonomiska förutsättningar i utbyggda älvar. I. Fiskbestånd och fiske. II. Utvecklingsgallupar) (Fish stocks and fisheries in large regulated rivers in northern Finland. I. The current state and fish stocks and fisheries. II: Development enquiries) 39 s. + liitt. + 28 s. + liitt. Helsinki 1995.

92. SALMI, P., HUUSKO, A.

Muikun talvinuotto ja muikkukannat Kuusamossa

(Vinternottfångst av siklöja (*Coregonus albula* L.) och siklöjebestånden i Kuusamo) (Winter seine fishing of the vendace (*Coregonus albula* L.) in the Kuusamo area, northern Finland with implications on stock dynamics) 42 s. + liitt. Helsinki 1995.

93. URHO, L.

Kalatäit kalojen terveysriskinä.

(Fisklus som hälsorisk för fisken). Fish lice as a health risk for fish). 19 s. Helsinki 1995.

94. RAHKONEN, R. KILPELÄ S.-S., PASTERNAK, M.

Lohikalajien paisetauti ja sen torjunta. Kirjallisuuskatsaus

(Furunkulos hos laxfiskar och bekämpning av den. Litteraturoversikt). (Furunculosis of salmonids and its prevention. A review of the literature). 47 s. Helsinki 1995.

95. KEMPPAINEN, S., NIEMITALO, V., LEHTINEN, E., PASANEN, P.

Lohen ja meritaimen istutustutkimukset Kiiminkijoen

(Utplanteringsforskning gällande lax och havsöring i Kiiminge älv). (Stocking research on salmon and sea trout in the River Kiiminkijoki). 36 s. + 10 liitt. Helsinki 1995.

96. Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät.

Toim. Petri Heinimaa ja Keijo Juntunen. (Statens XIX fiskodlingskonferens) (State fish culture conference, No. XIX). 40 s. Helsinki 1995.

97. KREIVI, P., MUOTKA, T., TIKKANEN P., HUUSKO, A., MÄKI-PETÄYS, A., KUUSELA, K.

Taimenen poikasten ravinnonkäyttö Kuusamon Kuusinkijoen.

(Öringsynglens födoämningsinnehåll i Kuusinkijoki i Kuusamo) (Diet composition and prey preferences of juvenile brown trout in the river Kuusinkijoki). 32 s. + 3 liitt. Helsinki 1995.

98. TURUNEN, J.-P.

Ympäristöpoliittisten ristiriitojen sovittelumenettely. Esimerkitapauksena lohenkalastuksen järjestäminen.

(Medling i miljöpolitiska konflikter med laxfisket som exempel) (Environmental dispute resolution procedure for conflicts. A case study: the management of salmon fishing) 46 s. Helsinki 1995.

99. MUTENIA, A., JANTUNEN, P., SALMINEN, A.

Avoperärysyäpyynnin soveltuvuus siian kalastukseen Lokan ja Porttipahdan tekojärvillä.

(Ryssjor med öppen botten som fångstredskap i de konstgjorda sjöarna Lokka och Porttipahta) Fishing of whitefish with open-end trap nets in the reservoirs of Lokka and Porttipahta Reservoirs). s. 1-12 + liitt.

SALMINEN, A., MUTENIA, A.

Ammatti- ja luontaiselinkeinokalastuksen kannattavuus Lokan tekojärvellä vuosina 1989-1991.

(Yrkes- och naturnäringens lönsamhet i Lokka konstgjorda sjö åren 1989-91) (Profitability of commercial and traditional fisheries in the Lokka reservoir from 1989-1991) s. 19 -34. Helsinki 1995.

100. Luonnontilan muutokset Konnevedessä - 25 vuotta vesiluonnon tutkimusta.

(Förändringar i sjön Konnevesis naturtillstånd - 25 års studier av insjönaturen) (Changes in the Natural State of Lake Konnevesi: Aquatic Research over Twenty-Five Years). Toim. Pentti Valkeajärvi. 167 s. Helsinki 1995.

101. Neutraloinnin vaikutukset happamoituneen metsäjärven ekosysteemiin. Iso Valkjärven kalkituskokeen tuloksia vuosilta 1990-1993

(Effekterna av neutralisering på ekosystemet i en försurad sjö Resultat av kalkningsförsöken i sjön Iso Valkjärvi under åren 1990-1993) Martti Rask ja Marko Järvinen (toim.). 84 s. Helsinki 1995.

102. KIRJAVAINEN, E.

Haudontalämpötilan vaikutus ravun poikastuottoon ja poikasten laatuun

(Kläckningstemperaturens inverkan på kräftans yngelproduktion och yngelkvalitet) (The Effects of Incubation Temperature on the Fry Production of Crayfish and the Quality of Fry). 27 s. Helsinki 1995.

103. TAMMI, J.

Rehevöitymisen vaikutukset kaloihin, kalakantoihin ja kalastukseen -kirjallisuuskatsaus

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

104. SAURA, A., MIKKOLA, J.

Henkiin herätetty lohijoki — Kymijoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1992—1994

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

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

Vaellussiika — Uudenmaan rannikon tuottoisa istutuskala

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

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

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

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

107. LAPPALAINEN, A., PÖNNI, J.

Suomenlahti kalastajan silmin — Tutkimus Suomenlahden likaantumisen ja vapaa-ajankalastuksesta

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

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

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

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

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

Nierian (*Salvelinus alpinus*) silmäsamentumat

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

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

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

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

Kokeita Apoject 1-Fural paisetautirokotteella 1993-1995

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

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

Kalkituksen vaikutukset särki- ja ahvenkantoihin Etelä-Suomen happamoituneissa pikkujärvissä

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

113. Inarijärven pohjasiika — Istutusten merkitys. (Storsiken i Enare träsk - utplanteringsgarnas betydelse) (Sparsely-raked Whitefish from Lake Inari: Results from Stocking). Erno Salonen (toim.), 90 s. Helsinki 1996

114. SALMINEN, M.

Istutusiän ja -koon merkitys merilohen vaelluspoikasten istutuksissa

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

115. PARMANNE, R., SETÄLÄ, J.

Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin

27+18 s. Helsinki 1996.

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

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

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

118. VEITOLA, K., MÄKINEN, T.

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

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

Viihtyykö vieras kala Oulujärvessä? Taimenkantojen ja järvilohen soveltuvuus Oulujärven

hoitokalaksi. (Trivs främmande fiskar i Ule träsk? Jämförelse av olika utplanterade bestånd av öring och insjöläx) (Does the strange fish stocks succeed in lake Oulujärvi? Results of stocking four brown trout stocks and land locked salmon in Lake Oulujärvi). 39 s. Helsinki 1996.

120. JOKIKOKKO, E.

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

121. RAITANIEMI, J.

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

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

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

123. TOIVONEN A.-L.

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

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

Merkisteekeä menetelmä? Carlin-merkinnän virhetekijät kaksi- ja kolmivuotiaina istutetuilla

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

125. SUTELA, T. JA HUUSKO, A.

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

126. Kalastuskiistat haasteena hallinnolle - näkökulmia sisävesien paikallisiin ristiriitoihin

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

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

Lokan ja Porttipahdan peledsiika. Tekojärvien siikakantojen vaihtelu vuosina 1987-1996. (Peledsiken i Lokka och Porttipahta. Sikbeståndens variation i konstgjorda sjöar 1987 - 1996) (Peled in the Lokka and Porttipahta Reservoirs. The Variations in the Stocks from 1987 - 1996). 34 s. Helsinki 1997.

128. HYVÄRINEN, P.

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

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

130. LAUKKANEN, M.

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

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

Vajaakäyttöisen järvikalan jalostuksen ongelmat ja kehittäminen. (Förädling av svagt utnyttjad insjöfisk i Finland) (Processing of under-utilized freshwater fishes in Finland). 31 s. Helsinki 1997.

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

Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus. (Insjöeutrofiering och fiskbestånd i Finland. Sjöinventering baserad på sampling) (Eutrophication and Fishes in Finnish Lakes: A Survey Based on Random Sampling). 35 s. Helsinki 1997.

133. Saimaan nieriä, syvien vesien uhanalainen. (Saimen rödingen, en hotad djupvattensart) (Saimaa Arctic char, the threatened deep water fish). Makkonen, J. (ed.). 129 s. Helsinki 1997.

10

11

12

13

14

15

16

