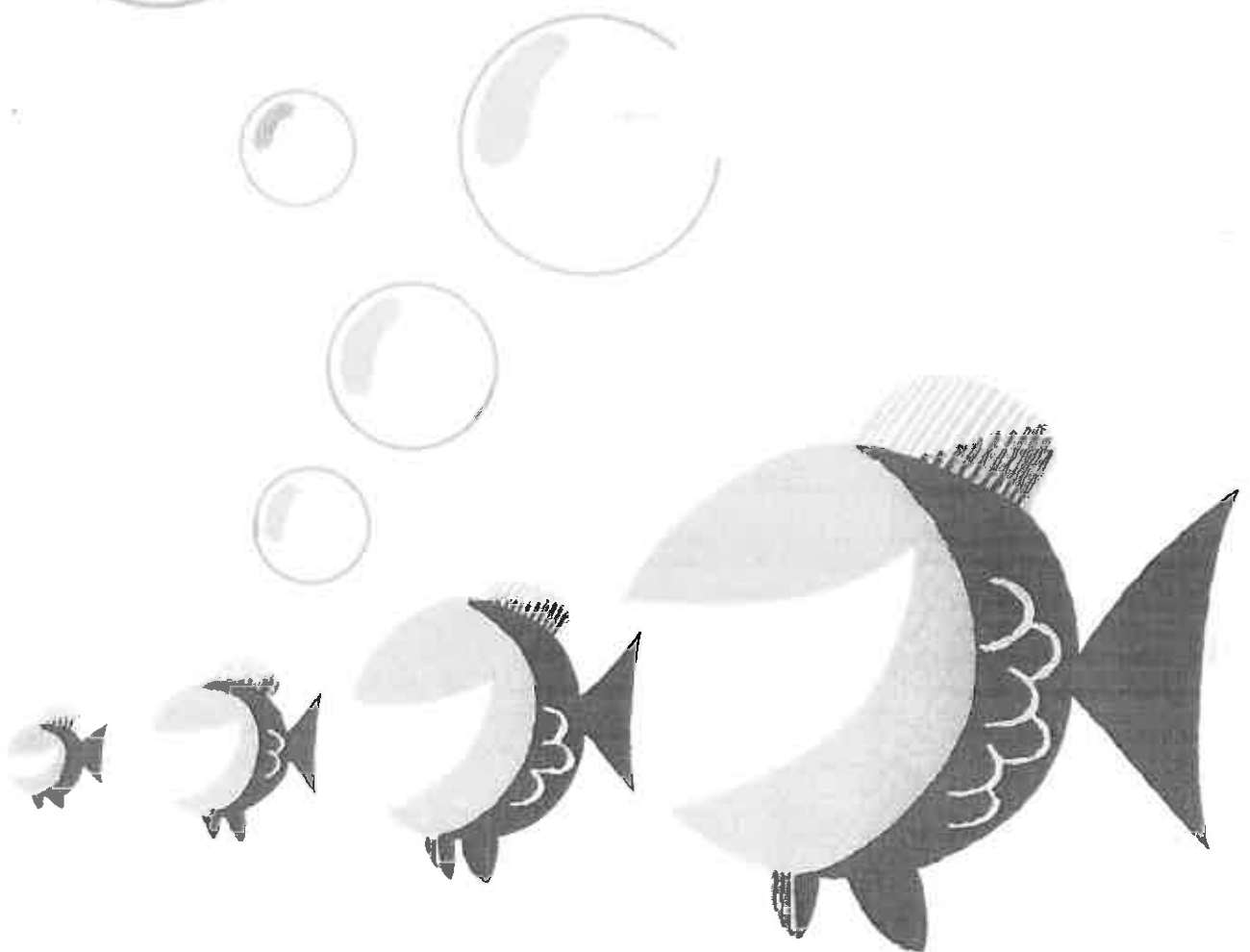


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

33
1985





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUIJA JULKAISUJA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 193, 00131 Helsinki 13.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 193, 00131 Helsingfors 13.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO
MONISTETTUJA JULKAISUJA

No 33

1985

TUTKIMUSMENETELMÄT KALATALOUDELLISESSA VELVOITETARKKAILUSSA

Mikael Hildén, Hannu Lehtonen, Erkki Ikonen
ja Kalervo Salojärvi

KALOJEN AISTINVARAINEN ARVIOINTI
Suositukset kalojen haju- ja
makuvirheiden tutkimiseksi

Per-Edvin Persson




RAPUTALOUDELLISET TARKKAILU- JA VELVOITETUTKIMUKSET.
Tavoitteet, menetelmät ja toteutus.

Kai Westman, Markku Pursiainen, Viljo Nylund
ja Teuvo Järvenpää

HELSINKI 1985

RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 33

Havaittuja virheitä

sivu	kpl	rivi	on	pitää olla
1			4.1. Fysikaaliset muuttujat	4.1. Hydrologiset muuttujat
1			4.2. Kemialliset muuttujat	4.2. Fysikaalis-kemialliset muuttujat
16	2	19	myöntää tai sisällyttää	myöntää. Toinen vaihtoehto on sisällyttää
21			kuvateksti	 = ei vaadi kataloudellista tarkkailua.  = kalataloudellinen tarkkailu välttämätön.  = vakavien ympäristöhaittojen takia hanketta ei tule lainkaan toteuttaa.
40	1	6	kopepoties	kopepodien
51	3	4	d) kuolevuus S, N, VPA, Y/R	d) kuolevuus S, N, VPA
105	2	1	Arviolle	Populaation koon arviolle
138	3		(1) $\frac{dN}{dt}$	(1) $\frac{dN}{dt}$
			(2) $\frac{dC}{dt}$	(2) $\frac{dC}{dt}$
150	1	2	7. yhtälöä	7.6

Tekstissä on useassa kohdassa viitattu liitteisiin, jotka kuitenkin niiden laajuuden ja muuttuvan luonteen vuoksi on jätetty pois. Puuttuvat liitteet saa tarvittaessa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksesta.

TUTKIMUSMENETELMÄT KALATALOUDELLISESSA VELVOITETARKKAILUSSA

Mikael Hildén, Hannu Lehtonen, Erkki Ikonen
ja Kalervo Salojärvi

Sisällysluettelo	sivu
1. JOHDANTO	3
2. TARKKAILUN PERUSTEET	5
2.1. Tarkkailun tehtävät	5
2.2. Tarkkailun kohteet	5
2.3. Tarkkailualueen tilan peruskartoitus	9
2.4. Tarkkailualueen rajausta	10
2.5. Muutosten toteaminen	12
2.6. Tarkkailuväli ja tarkkailun kesto	15
2.7. Tarkkailun laajuus	19
3. YMPÄRISTÖN MUUTOSTEN KALATALOUDELLISET VAIKUTUKSET	24
3.1. Ympäristömuutoksen vaikutusten alustava arvio	24
3.2. Ympäristötekijöiden vaikutus kalakantoihin	25
3.3. Kalakantojen ja ympäristötekijöiden vaikutus kalas- tukseen	25
3.4. Kalataloudelliset vaikutukset	26
4. YMPÄRISTÖTEKIJÖIHIN KOHDISTUVA TARKKAILU	31
4.1. Fysikaaliset muuttujat	34
4.2. Kemialliset muuttujat	36
4.3. Biologiset muuttujat	39
5. KALAKANTOIHIN JA KALASTUKSEEN KOHDISTUVA TARKKAILU	46
5.1. Yleistä	46
5.2. Tarkkailun kohteet	46
5.3. Kalataloustarkkailuohjelman laajuus	49
5.4. Katsaus kalataloudellisiin tarkkailumenetelmiin	55
6. KALAYHTEISÖN RAKENTEEN TARKKAILU	58
6.1. Kalayhteisön rakenteen tarkkailu koekalastuksen avulla	58
6.2. Kalayhteisön rakenteen tarkkailu tiedustelun ja ka- lastuskirjanpidon avulla	63

7.	TUTKIMUKSET KALOJEN POPULAATIODYNAMIIKASTA	66
7.1.	Merkinnät	66
7.2.	Kalastusalueet ja kalastuksen ajoittuminen	71
7.3.	Kutualuekartoitukset	74
7.4.	Kvalitatiiviset poikastutkimukset	77
7.5.	Kvantitatiiviset poikastutkimukset	86
7.6.	Kasvututkimukset	96
7.7.	Kuolevuus	102
7.8.	Populaation koko	114
7.8.1.	Kaikuluotaus	114
7.8.2.	Yksikkösaalis	133
7.8.3.	Populaatioanalyysi	138
7.8.4.	Sähkökalastus	143
7.9.	Saaliin rekryyttiä kohti antavat kalakantamallit ..	149
8.	KALASTUKSEN JA SAALIIDEN KEHITYS	152
8.1.	Kalastustiedustelu	152
8.2.	Kalastuskirjanpito	157
9.	KALASTUKSEN MERKITYS	161
9.1.	Ammattikalastuksen kannattavuustutkimukset	161
9.2.	Kotitarvekalastuksen yksityistaloudellinen merkitys	163
9.3.	Elinkeinorakenteen selvittäminen	165
9.4.	Kalastuksen virkistysarvon määrittäminen	167
10.	LABORATORIOTUTKIMUKSET JA KOKEELLISET TYÖT	170
10.1.	Jätevesien vaikutusten tutkiminen toksilogisilla menetelmillä	170
10.2.	Haju- ja makuhaittojen määrittäminen	177
11.	PYYDYSTEN LIKAANTUMINEN JA RIKKOUTUMINEN	181

1. JOHDANTO

Maa- ja metsätalousministeriön aloitteesta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos asetti työryhmän laatimaan ohjeita kalataloudellisten tarkkailututkimusten suorittamiseksi. Työryhmän puheenjohtajana toimi Hannu Lehtonen, sihteerinä Mikael Hildén ja muina jäseninä Erkki Ikonen ja Kalervo Salojärvi. Työryhmä ryhtyi laatimaan ohjeita, joita voitaisiin soveltaa mahdollisimman monentyyppisiin kalataloudellisiin tarkkailutapauksiin. Ohjeita laadittaessa tavoitteena ei ole ollut kaikkien yksittäisten menetelmien standardointi, koska olosuhteet vaihtelevat suuresti eri alueilla ja koska systemaattisia menetelmätutkimuksia ei ole suoritettu siinä määrin, että niiden perusteella voitaisiin parhaat menetelmät valita ja standardoida. Sen sijaan työryhmä esittää raportissaan ne yleiset periaatteet ja menetelmäkuvaukset, joita tarkkailututkimuksissa tulisi noudattaa. Keskeinen johtoajatus on kalatalousjärjestelmän analyysi, so. kalatalouden muuttujien kuvaaminen, niiden asettaminen tärkeysjärjestykseen ja niiden välisten vuorovaikutussuhteiden selvittäminen. Menetelmäkuvauksissa ei ole menty "keittokirja-asteelle", vaan jokaisen tutkijan tehtäväksi (ja velvollisuudeksi) jää perehtyä käyttämiinsä menetelmiin syvällisesti, esimerkiksi esitettyjen kirjallisuusviitteiden avulla.

Työtä tehdessä työryhmä on ollut yhteydessä Ruotsin Statens Naturvårdsverketin ja Sötvattenslaboratorietin (Drottningholm) tutkijoihin, jotka myös ovat työskennelleet standardointikysymysten parissa.

Raportin luonnoksesta pyydettiin lausunnot alalla toimivilta henkilöiltä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksesta, maa- ja metsätalousministeriöstä, korkeakouluista, yliopistoista, vesipiireistä ja yksityisistä konsulttitoimistoista. Saapuneissa lähes neljässäkymmenessä lausunnossa esitetyt huomautukset on pyritty ottamaan tekstin laadinnassa huomioon. Kuitenkaan raporttia ei voi vielä pitää viimeisenä sanana, koska menetelmät kehittyvät jatkuvasti. Tulevaisuudessa voidaankin ehkä laatia entistä paremmat ja täydellisemmät ohjeistot. Menetelmien kehittämis- ja soveltamistutkimukset on aloitettu RKTL:ssa vuonna 1983. Myös ulkomailla tehdään laajoja ympäristövaikutusten selvittämiseen liittyviä tutkimuksia.

Tekstit ovat pääasiassa Mikael Hildénin kirjoittamia ja työryhmän lisäksi on käytetty apuna eri kysymysten osalta ao. alojen asiantuntijoita. Erillisinä raportteina julkaistaan raportutkimuksia ja kalojen aistinvaraista arviointia koskevat tutkimusohjeistot. Työryhmä esittää parhaat kiitöksensä kaikille, jotka ovat myötävaikuttaneet raportin laadintaan joko kirjoittajina tai lausunnonantajina.

2. TARKKAILUN PERUSTEET

2.1. Tarkkailun tehtävät

Kalataloudelliset velvoitetarkkailut perustuvat vesioikeuden antamiin lupaehtoihin. Tavoitteena on selvittää, miten ympäristönmuutos vaikuttaa kalakantoihin ja kalastukseen sekä voidaanko haitalliset vaikutukset poistaa, niitä vähentää tai kompensoida ja onko menetykset korvattava rahassa. Tarkkailulla on siten kaksi tehtävää:

1. Seuranta: Luvanhaltijan ja valvontaviranomaisen on jatkuvasti oltava perillä ympäristönmuutoksen vaikutuksesta kalakantoihin ja kalastukseen sekä kalakantojen ja kalastuksen tilasta ympäristönmuutoksen vaikutusalueella. Velvoitetarkkailun avulla selvitetään siis miten ympäristönmuutos vaikuttaa kalastukseen ja kalakantoihin.

2. Ohjaus: Tiedot vesistön kalakantojen ja kalastuksen muutoksista käytetään hyväksi, kun tulevaisuudessa katselmustoimituksissa arvioidaan toteutettujen toimenpiteiden (vesiensuojelun, kalakantojen hoidon) tuloksellisuutta ja riittävyttä ja harkitaan uusien velvoitteiden tarpeellisuutta. Velvoitetarkkailun tehtäviin kuuluu siten myös kompensatiotoimenpiteiden vaikutusten tutkiminen.

Nämä tehtävät vastaavat vesihallituksen (1981) veden laadun velvoitetarkkailulle esittämiä tehtäviä. Velvoitetarkkailun menetelmien tulee olla sellaisia, että tehtävien asettamiin kysymyksiin saadaan vastauksia. Tulosten käsittelyn ja raportoinnin tulee tapahtua siten, että vastaukset ovat mahdollisimman selkeitä.

2.2. Tarkkailun kohteet

Kalataloudellisen velvoitetarkkailun pääkohteina ovat kalakannat ja kalastus. Kalakannat ja kalastus ovat kuitenkin riippuvaisia koko vesiekosysteemistä. Koko vesiekosysteemiä ei voida tarkkailla, vaan käytännön syistä joudutaan valitsemaan muutama tarkkailtava laji ja populaatio, joiden lukumäärä on riippuvai-

nen tarkkailun laajuudesta (kappale 2.7.). Tarkkailtavien lajien tai populaatioiden valintakriteerit ovat:

1. Lajilla tai populaatiolla on suuri taloudellinen arvo tai suuri virkistysarvo, ja kyseinen laji tai populaatio on riippuvainen tarkkailtavasta alueesta.
2. Laji tai populaatio on harvinainen tai uhanalainen ja on riippuvainen tarkkailtavasta alueesta.
3. Laji tai populaatio on ensimmäisen tai toisen ryhmän lajien tai populaatioiden keskeinen ravintokohde, tärkeä predaattori tai kilpailija.
4. Lajilla tai populaatiolla on keskeinen merkitys ekosysteemin rakenteen kannalta.

Vastaavia valintakriteereitä ovat esittäneet Eberhart ja Gilbert (1975).

Kalastus on myös riippuvainen teknisistä, taloudellisista ja sosiaalisista muuttujista. Velvoitetarkkailussakin joudutaan seuraamaan niitä, koska ne voivat vaikuttaa ratkaisevasti johtopäätöksiin. Tekninen, taloudellinen ja yhteiskunnallinen tarkkailu ei yleensä ole yhtä tarkka kuin biologinen tarkkailu, mutta karkeanakin se antaa välttämättömiä tietoja.

Tarkkailua varten joudutaan valitsemaan muutamia teknisiä, taloudellisia ja yhteiskunnallisia muuttujia. Tutkittavien tarkkailukohteiden määrä on riippuvainen tarkkailun laajuudesta (2.7.).

Tärkeät muuttujat voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat muuttujat, jotka vaikuttavat kalastukseen ja kalastusmahdollisuuksiin. Toiseen ryhmään kuuluvat lähinnä kalastuksesta riippuvat elinkeinot. Ensimmäisen ryhmän valintakriteerit ovat seuraavat (suluissa on esitetty esimerkkejä muuttujista):

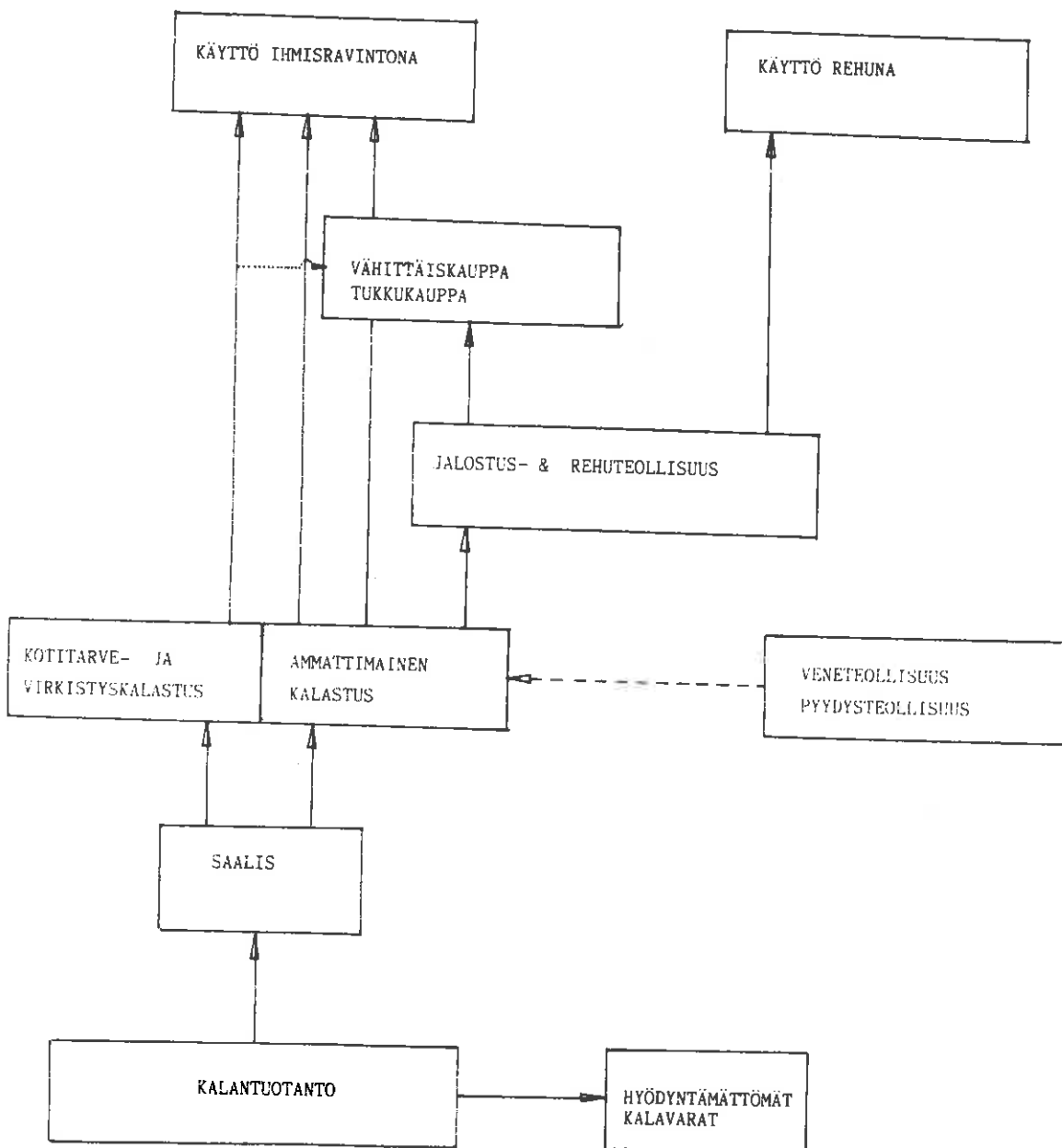
1. Muuttuja vaikuttaa ratkaisevasti kalastusmahdollisuuksiin (vesien omistussuhteet, pyyntivälineiden ym. tarvikkeiden tekninen kehitys).
2. Muuttuja vaikuttaa kalastuksen kannattavuuteen (saalislajien kysyntä, markkinointialueen laajuus, kalanjalostuskapasiteetti, pyyntivälineiden ym. tekninen kehitys).
3. Muuttuja vaikuttaa ammattikalastuksen jatkuvuuteen (kalastusammatin arvostus, kalastuksesta saatavat tulot).
4. Muuttuja vaikuttaa virkistyskalastukseen (taajamien läheisyys, kalastuslupajärjestelmä, kesämökkien määrä).

Toisen ryhmän valintakriteerit ovat seuraavat (suluissa on esitetty esimerkkejä muuttujista):

1. Elinkeino hyödyntää suuren osan saaliista (kalakauppa, kalanjalostusteollisuus, turkistarhaus).
2. Elinkeino palvelee tai hyödyntää kalastusta (pyyntivälineiden valmistus ja myynti, matkailu).

Oikeiden muuttujien valinta edellyttää yllä olevan perusteella tutkimusalueen perustuntemusta. On toisin sanoen oltava selkeä käsitys siitä, mitä kalavaroja hyödynnetään ja miten saalista käytetään. Lisäksi tulee olla käsitys kalastukseen liittyvästä taloudellisesta toiminnasta. Yleiskuva tällaisesta kalatalousjärjestelmästä on esitetty kuvassa 1. Ennen tarkkailuun ryhtymistä tulisi olla ainakin karkea määrällinen kuva tilanteesta.

Peruskuvan alueellisesta kalatalousjärjestelmästä tulisi perustua hyvään selvitykseen, joka on tehty ennen ympäristömuutosta. Jos perusselvitystä ei ole, tarkkailu vaikeutuu, koska tarkkailun tuloksia ei voida suoraan verrata mihinkään. Tähän asti hyvistä perusselvityksistä on ollut selvä puute. Tiedot jopa niinkin keskeisestä muuttujasta kuin saaliista ovat usein niin hataria, että niitä ei voi käyttää ilman lisätutkimuksia.



Kuva 1. Kalantuotannon hyödyntäminen ja saaliin käyttö.

2.3. Tarkkailualueen tilan peruskartoitus

Vesiasetus (3. luku 53 §) edellyttää vesioikeudellisen luvan hakijalta selostusta kalastuksesta ja kalakannoista, ja siksi tarkkailualueesta tulisi aina olla valmis peruskartoitus, ennen kuin velvoitetarkkailuun ryhdytään. Käytännössä tilanne ei aina ole näin hyvä. Kun perusselvitystä ei ole tai se on puutteellinen, voidaan velvoitetarkkailussa yrittää ratkaista ongelmaa kahdella tavalla. Ensimmäinen ratkaisuvaihtoehto on ennen ympäristömuutosta vallinneen tilan selvittäminen, toinen vertailualueen käyttö. Usein menetelmät täydentävät toisiaan.

Ennen ympäristömuutosta vallinneen tilan selvittäminen

Aikaisempien tutkimusten perusteella laaditaan karkea kuva alueen kalatalouden kehityksestä. Koska tutkimukset saattavat vain sivuta kalataloutta (esim. paikallishistoriat), kuvaa on täydennettävä mm. haastatteluin. Monilta alueilta on myös julkaisemattomia tilastotietoja. Hudd ym. (1984) ovat käyttäneet kalatukkukauppojen ostokuitteja selvittäessään kaupallisten saaliiden määrää. Kalanviljelylaitosten mädinhankinta- ja poikasmyyntitilastot ovat myös käyttökelpoisia (Hildén & Salojärvi 1982). Kalastuskuntien vuosikertomukset sekä satunnaiset havainnot alueen kalataloudesta alan lehdissä voivat myös täydentää kuvaa alueen kalatalouden kehityksestä. Tämä menettely on suositeltava, koska se luo selvän vertailukohteen tarkkailulle.

Vertailualueen valinta

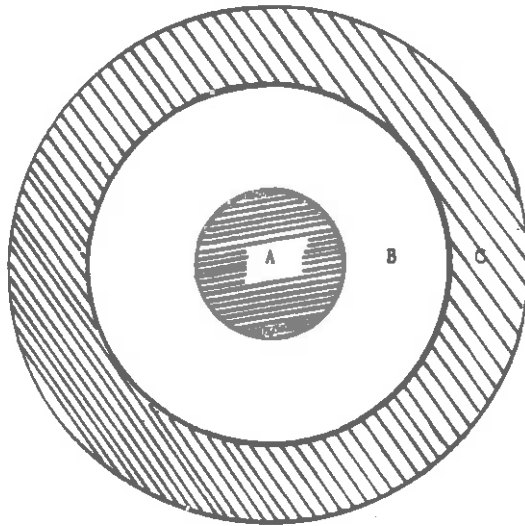
Kalataloudellisen vertailualueen valinta ei ole helppoa, koska voidaan yleensä perustellusti väittää, että vertailualue on väärin valittu. Kun tutkitaan kalakantoja ja kalastusta, ei riitä, että alueet muistuttavat toisiaan luonnonmaantieteellisesti. Ongelma johtuu tietysti siitä, että kalastus on riippuvainen hyvin monesta muuttujasta. Eräs ratkaisu tähän on, että pyritään tutkimaan suhteita. Tällöin oletetaan, että kaikki muut muuttujat paitsi tarkkailtava ympäristömuutos vaikuttavat samalla tavalla vertailualueella ja tarkkailualueella. Tällaista menettelyä ovat Green (1979) ja Eberhart & Gilbert (1975) suositelleet biologisiin ympäristötutkimuksiin silloin kun perustilas-

ta ei ole tietoa. Kalataloustutkimuksissa menettelyä ei voida sellaisenaan hyväksyä, koska on esimerkiksi selvästi osoitettu, että saaliin suhde kalastustehoon ei ole suora (Ricker 1975). Tämä merkitsee, että vakiomuutos kalastustehossa johtaa erilaisiin saaliin muutoksiin vertailualueella ja tarkkailualueella, jos alkutilanteet poikkeavat toisistaan. Erityisesti alueiden välinen suhde muuttuu. Kalataloustutkimuksissa yksittäistä vertailualueutta voidaan siksi lähinnä käyttää menetelmien kokeilemiseksi. Voidaan esimerkiksi tutkia, soveltuuko valittu pyydys määrätyn lajin pyydystämiseksi tms. Joissakin tapauksissa käytökelpoisen kalataloudellisen vertailualueen saa tutkimalla laajahkoa aluetta tarkkailualueen ympärillä ja vertaamalla tarkkailualueella tapahtuvia muutoksia erityyppisten alueiden muutoksiin. Laajan alueen kalataloudellista tarkkailua varsinaisen vaikutusalueen ympärillä ei kuitenkaan voida sisällyttää velvoitetarkkailuohjelmaan, jos ei ole kysymys hyvin suurista muutoksista (esimerkiksi laajan merialueen pilaantuminen). Tällaisia tutkimuksia kuitenkin tarvitaan, ja ne voitaisiin kytkeä alueelliseen kalataloussuunnitteluun.

2.4. Tarkkailualueen rajaus

Vesiasetuksen 3. luvun 53 & edellyttää, että vesioikeudellisessa hakemusasian suunnitelmassa on "selostettava kalastusoloja ja kalastoa siinä vesistön osassa, johon yrityksen vaikutukset ulottuvat". Vaatimus on selvä, ja se pätee myös velvoitetarkkailussa. Käytännössä vaikutusalueen rajaus voi aiheuttaa ongelmia, jopa ristiriitatilanteitakin, jos rajauksen perusteet vaihtelevat.

Karkeasti ympäristönmuutoksen vaikutusalue voidaan jakaa kolmeen eri osaan (kuva 2).



Kuva 2. Ympäristönmuutoksen vaikutusalueet.

- A: Välitön vaikutusalue: Vesistön kemiallisissa, fysikaalisissa tai hydrologisissa muuttujissa on havaittavissa luonnontilasta poikkeavia arvoja.
- B: Biologinen vaikutusalue: Alueesta A osittain tai kokonaan riippuvien populaatioiden esiintymisalue. Muutokset A:ssa heijastuvat B:hen.
- C: Taloudellissosiaalinen vaikutusalue: Alueista A ja B riippuvainen kalatalousalue. (Alueen kalastajat, kalaliikkeet, kalanjalostus, kalankasvatus, turkistarhaus, pyydys- ja venemyynti jne.) (kuva 1).

Koska vesiasetus selvästi vaatii, että myös kalastusoloja on selvitettävä, ainoa oikea raja on se, joka kattaa kaikki vaikutusalueet A, B ja C. Alueen C ulkoraja on kuitenkin usein epäselvä. Silloin on lähdettävä siitä, että tarkkailu kattaa alueen C tärkeimmän osan. Hyväksyessään veloitettarkkailuohjelman kalatalousviranomaisen on huolehdittava siitä, että raja on tehty oikein. Veloitettarkkailun suorittaja joutuu rajaamaan myös osa-alueet viimeistään tarkastellessaan tuloksia.

Välittömän vaikutusalueen raja näkyy kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten menetelmien avulla. Vuodenaikaiset ja myös

vuosien väliset vaihtelut on selvitettävä. Erityisesti on tutkittava muutoksia kutu- ja poikasalueilla.

Biologinen vaikutusalue (B) rajataan kalastuksen kannalta varmimmin merkitsemällä kutupopulaatioita ennen ympäristönmuutosta. Joissakin tapauksissa poikasmerkinnät voivat tulla kysymykseen. Haastattelutiedoin ja muualla suoritettujen merkintöjen perusteella voidaan saada käsitys kalabiologisen vaikutusalueen laajuudesta.

Taloudellisyhteiskunnallisen vaikutusalueen rajaamiseksi on hahmoteltava alueen kalatalouden rakenne. Selvitettäviin seikoihin kuuluvat alueella A ja B kalastavien määrä, saaliiden jakautuminen kotitarve- ja virkistyskalastukselle ja ammattimaiselle kalastukselle sekä saaliin käyttö. Näiden seikkojen selvittäminen antaa suoraan tietoja, joilla on käyttöä päätettäessä kompensatiosta ja korvauksista. Kalatalouden rakenteen ymmärtämiseksi on lisäksi saatava käsitys saaliin kulkeutumisesta kuluttajille sekä alueen merkityksestä matkailulle, pyydysten ja veneiden myynnille ja valmistukselle (kuva 1).

2.5. Muutosten toteaminen

Lähtökohdat

Kun tarkkailtavat muuttujat on valittu oikein, ts. ne ovat sekä keskeisiä alueen kalataloudessa että verrattain herkkiä ympäristönmuutoksille, on luotu hyvät edellytykset muutosten toteamiselle. Ennen tarkkailun aloittamista tulisi kuitenkin myös luoda käsitys siitä, miten ko. ympäristönmuutos saattaa vaikuttaa tarkkailtaviin muuttujiin. Tarkkailun aikana tätä käsitystä täydennetään tai muutetaan tehtyjen havaintojen perusteella. Tällaisen selkeän lähtökohdan luominen on tarpeen, sillä muuten kerätään helposti tietoja, joilla on vain vähäinen merkitys varsinaisen ongelman kannalta. Alustava käsitys tilanteesta voidaan saada kirjallisuustietojen perusteella ottamalla huomioon alueen erityispiirteet. Menettely vastaa tilastollista testausta, jossa asetetaan hypoteeseja, jotka hylätään tai hyväksytään. Velvoitetarkkailussa ei aina voida määritellä yksinkertaisia tilastotesteille soveltuvia hypoteeseja, mutta rinnastus on syytä pitää mielessä sillä se auttaa jäsentämään tutkimusta (Green 1979, Holling 1978).

Erotuskyky

Velvoitetarkkailun keskeisimpiä kysymyksiä on, miten pienet muutokset pystytään havaitsemaan. Vaadittu erotuskyky vaikuttaa sekä tarkkailumenetelmien valintaan että tarkkailun laajuuteen. Jos muuttujan vaihtelu ja aineiston jakauma tunnetaan, pystytään arvioimaan tarvittava näytemäärä vaadittavan täsmällisyyden funktiona. Kysymystä ovat käsitelleet yleisesti mm. Sampford (1962), Cochran (1977), Sokal ja Rohlf (1981), Elliot (1977), Green (1979) ja Seber (1982). Menetelmäkuvauksissa on viitattu yksittäisten menetelmien erotuskykyä selvittäviin tutkimuksiin. Monesta menetelmästä tällaista tietoa ei ole saatavissa, ja kysymys erotuskyvystä eri tilanteissa on menetelmätutkimusten tärkeimpiä tehtäviä. Yleisesti voidaan todeta, että monen tärkeän muuttujan osalta päästään kohtuullisella työmäärällä havaintoihin, joiden variaatiokerroin on 10 % tai alle (esim. saaliit, kalan kasvu). Vaikeimpia muuttujia ovat populaation koko, jossa arvion vaihtelurajat ovat usein varsin laajat.

Menetelmän valinta

Menetelmän valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota, kun tutkitaan muuttujia, joissa on suurta vaihtelua tai joista menetelmien kehittymättömydestä johtuen yleensä saadaan aineisto, jonka vaihtelu on suuri. Menetelmien oikealla valinnalla ja käytöllä voidaan välttää myös systemaattisten virheiden syntyminen. Tämä on tärkeää, sillä tilastollisesti täsmällinen arvio on yleensä hyödytön, jos siinä esiintyy suuria systemaattisia virheitä. Systemaattisia virheitä syntyy erityisesti silloin, kun tutkitaan muuttujia väärillä menetelmillä tai kun tuloksia käsitellään väärin tai oikeita muuttujia oikeilla menetelmillä, mutta väärään aikaan.

Kaikkiin tilanteisiin soveltuvaa menetelmää ei ole. Menetelmän valinta on riippuvainen sekä tutkimuksen tavoitteista että paikallisista olosuhteista. Tutkimuksen tavoitteet on aina määriteltävä tarkasti. Paikalliset olosuhteet määräävät, mitkä menetelmät ovat parhaimmat tavoitteen saavuttamiseksi. Rinnakkaisien ja toisistaan riippumattomien menetelmien käyttö on suositeltavaa, sillä silloin voidaan yleensä havaita pienempiä muutoksia kuin käytettäessä vain yhtä menetelmää. Esimerkin tilanteesta, jossa olisi pitänyt käyttää rinnakkaisia ja täyden-

täviä menetelmiä, on julkaissut Van Winkle ym. (1981), Vaughan & Van Winkle (1982). He tutkivat mahdollisuuksia havaita muutoksia bassikannan koossa ympäristönmuutoksen takia ja havaitsivat, että heidän menetelmällään ei kohtuullisella työmäärällä havaittaisi edes bassikannan pienenemistä puoleen. Syynä tähän on ennen kaikkea suuri "luonnollinen" vaihtelu. Rinnakkaismenetelmillä, esim. kalastustilaston keruulla ja populaationäytteenotolla, muutokset olisi todennäköisesti pystytty havaitsemaan. Vastaa- vasti voidaan täydentää merkkipalautusten antamaa käsitystä kalojen vaelluksesta tiedoilla kalastuksen ajoittumisesta eri alueilla jne.

Tilastotieteen käyttö

Tilastollisia menetelmiä on ensisijaisesti käytettävä tehtyjen arvioiden luotettavuuden osoittamiseksi ja näytteenotto- menetelmien kehittämiseksi. Sen sijaan tilastolliset testit eivät yleensä ole käyttökelpoisia, kun halutaan osoittaa tarkkailualueen muuttuneen ympäristönmuutoksen takia. Ongelma joh- tuu siitä, että tilastolliset testit yleensä edellyttävät useita rinnakkaisia näytteitä sekä kontrollinäytteitä, kun taas tark- kailussa on vain yksi ympäristönmuutos yhdessä paikassa (Eber- hart & Gilbert 1975, Green 1979). Tämä ongelma ei ole oleelli- nen, jos tarkkailussa käytetään kokeellisia menetelmiä, esim. eloonjäämiskokeita eri jätevesipitoisuuksissa, sillä tilastolli- nen testiteoria soveltuu hyvin koetulosten analysointiin. Ympä- ristönmuutostutkimuksiin soveltuvia testejä ovat julkaisseet mm. Eberhart ja Gilbert (1975), Green (1979) ja Möller (1979).

Kun käytetään tilastollisia menetelmiä, on oltava tarkoin selvillä menetelmien rajoituksista. Parametrisiä testejä käy- tettäessä on esimerkiksi selvitettävä, vastaako aineiston jakau- ma testin oletuksia. Jos käytetään muunnoksia sopivan jakauman aikaansaamiseksi, esim. log-muunnosta, on ilmoitettava, mitä muunnosta on käytetty ja miksi. Sovellettaessa tilastollisia testejä luonnosta hankittuun aineistoon, on huolehdittava siitä, että rinnakkaiset aineistot ovat todella rinnakkaisia. Esimerkiki- si pohjaeläinnäytteenotossa samalta etäisyydeltä kuormituslähtees- tä otetut näytteet eivät välttämättä ole rinnakkaisia tilastol- lisessa mielessä. Esimerkkejä tilanteista, joissa usein syyllisty- tään tilastotieteen virheelliseen käyttöön ovat julkaisseet Eber- hart ja Gilbert (1975).

2.6. Tarkkailuväli ja tarkkailun kesto

Periaatteessa tarkkailun kesto perusselvityksen jälkeen on sama kuin ympäristönmuutoksen kesto + palautumisaika. Tähän myös viitataan tarkkailun tehtävän määrittelyssä, "luvanhaltijan ja viranomaisen on jatkuvasti oltava perillä ...".

Tarkkailuväli ei ole yhtä yksiselitteinen. Jotkut muuttujat vaihtelevat voimakkaasti lyhyellä aikavälillä toisten pysyessä lähes vakioina. Näytteenottotiheys on siten riippuvainen sekä ympäristönmuutoksen laadusta ja laajuudesta että tarkkailun kohteesta. Varsinkin vesistön hydrologiaan ja veden laatuun liittyvät tutkimukset vaativat usein tiheävälisiä näytteenottoa, jos pyritään ääriarvojen selvittämiseen.

Kalataloudellisissa tutkimuksissa vuosi on yleensä ajan perusyksikkö. Seuraavat tiedot on kerättävä vuosittain jokaisessa tarkkailutilanteessa:

- I. Saaliiden määrä ja koostumus (yksityiskohtaisia tietoja ainakin ammattimaisesta kalastuksesta)
- II. Kalastajien lukumäärä (yksityiskohtaisia tietoja ainakin ammattimaisesta kalastuksesta)
- III. Kalanistutustiedot (lajit, koot, alueet, määrät)

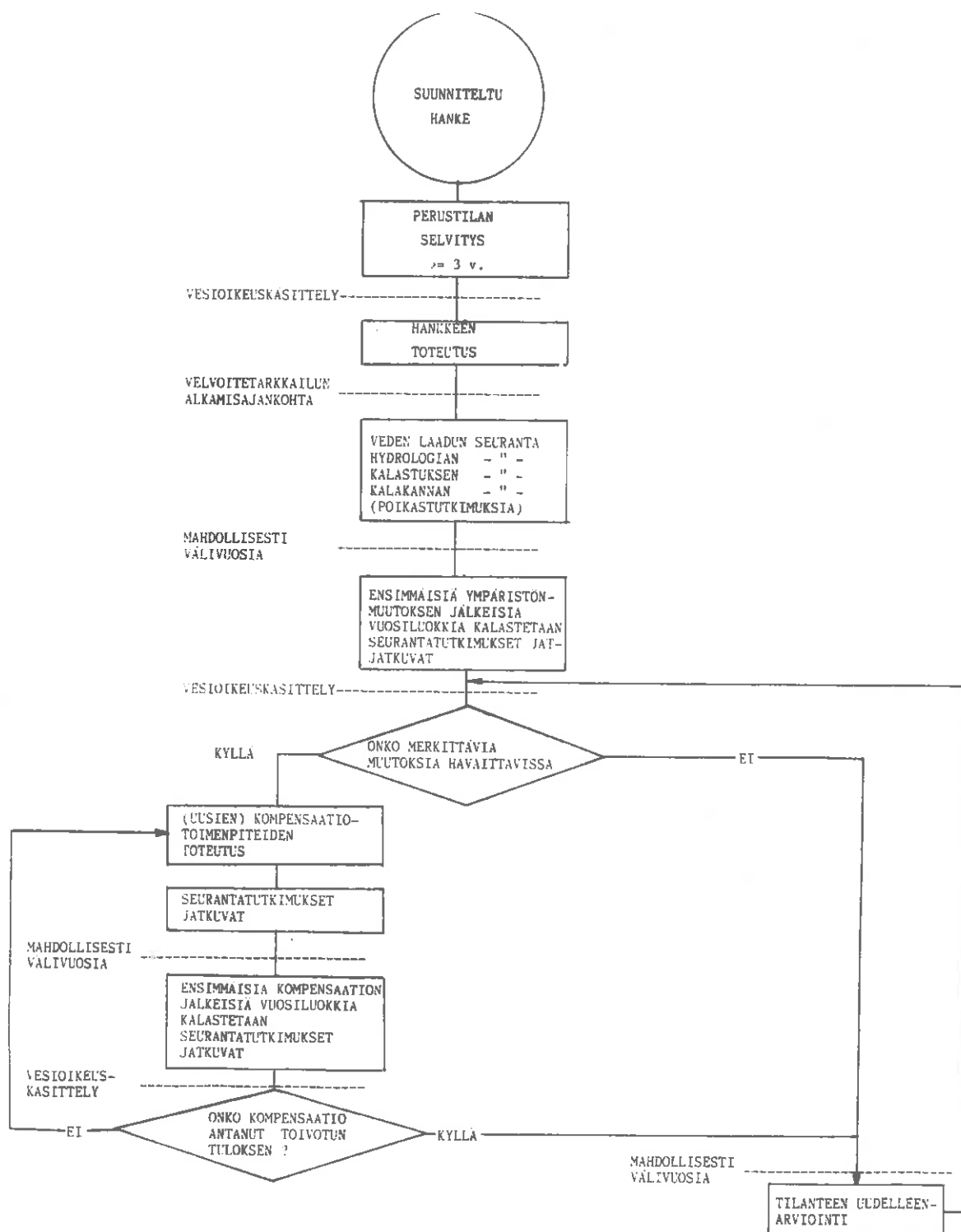
Näiden tietojen kerääminen kuuluu kalastuslain mukaan kalastuskunnille, kalastusalueille ja kalastuspiireille. Valtakunnallisesta tilastoinnista vastaa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Tarvittaessa veloitettututkimuksen suorittajan on tarkistettava ja täydennettävä tilastoja. Joissakin tapauksissa tarvitaan esimerkiksi saalistietoja lyhyemmiltä aikaväleiltä. Jos tarkkailussa seurataan kalakannan kehittymistä populaatioanalyysin avulla, tarvitaan myös saalisnäytteitä vuosittain.

Kun tilanne tarkkailtavassa vesistöissä on vakiintunut tai muutokset ovat vähäisiä, voidaan soveltaa perioditarkkailua. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että usean vuoden tarkkailujaksot vuorottelevat usean vuoden välijaksoilla. Suuri osa kalataloudellisista tutkimusmenetelmistä edellyttää monivuotisia aineistoja. Kalakannan seuranta populaatioanalyysillä vaatii 5 - 10 vuoden aineistot. Kuolevuuden arviointia varten on tarpeen kerätä aineistoa useana vuotena peräkkäin. Perustiedot saaliista, kalastajista ja istutuksista on kuitenkin aina kerättävä vuosittain.

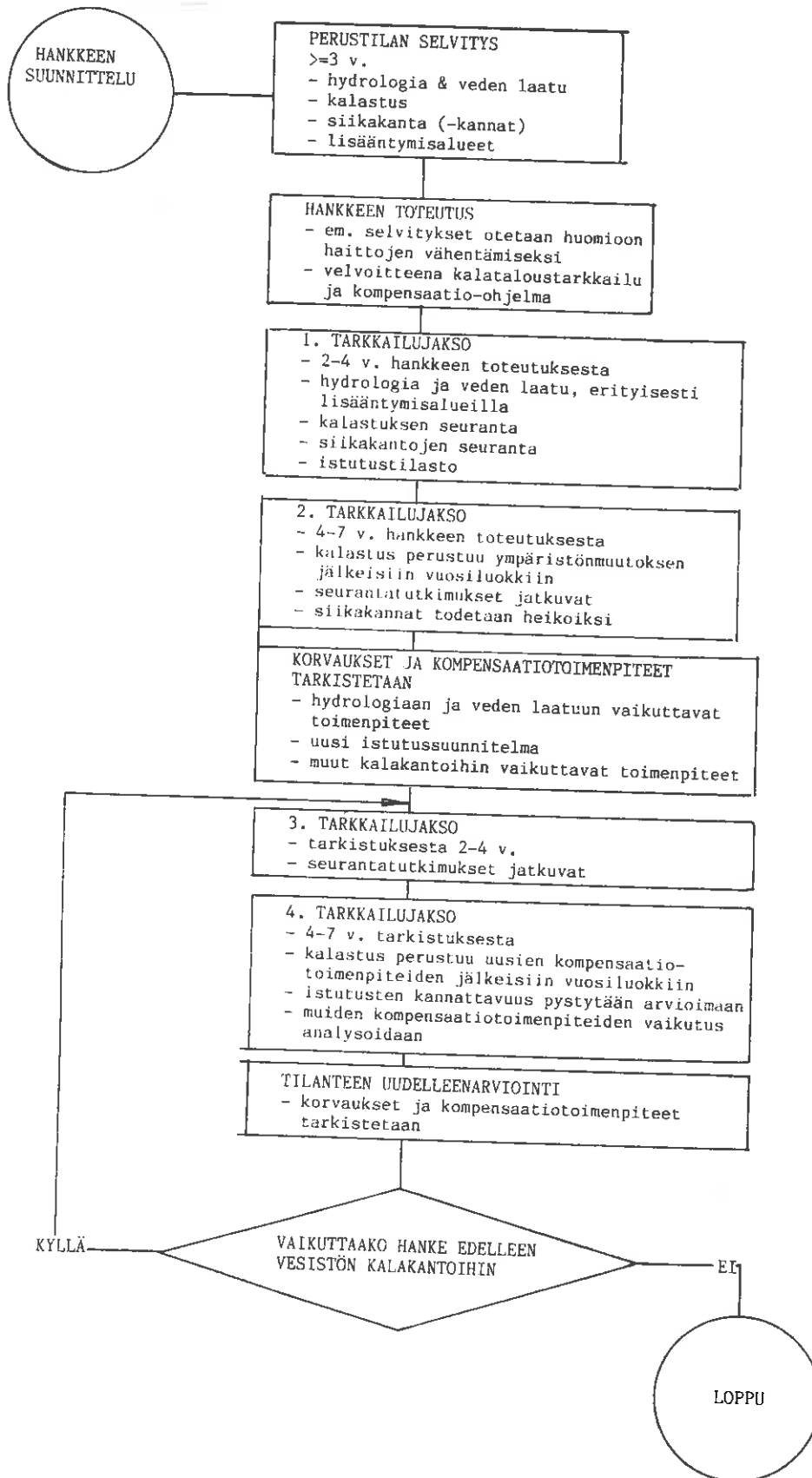
Jos ympäristön laatu tai laajuus muuttuu merkittävästi, ollaan tilanteessa, joka edellyttää tarkkailua vuosittain. Myös kompensatiotoimenpiteet, esimerkiksi istutukset tai jokien entistäminen, muuttavat tilannetta, ja toimenpiteiden todellisen vaikutuksen selvittäminen edellyttää jatkuvaa vuosittaista tarkkailua.

Kuvassa 3 on esitetty yleinen malli tarkkailun tiheyden määrittämiseksi. Kuvassa 4 on konkreettinen mutta idealisoitu esimerkki tarkkailuväleistä ja -jaksoista. Kuvat osoittavat, että tarkkailu- ja välijaksot joudutaan määrittämään erikseen kussakin tapauksessa. Vesistön tärkeimmät kalakannat ja niiden ominaisuudet määräävät ihannetapauksessa perioditarkkailun jaksot kalakantatutkimuksissa. Käytännössä vesioikeuskäsittely vaikuttaa tarkkailuun ja kompensatioon. Kompensatiotoimenpiteiden tarkistus edellyttää uutta vesioikeuskäsittelyä, mutta oikeuskäsittelyn ajoitusta ei yleensä ole kytketty tarkkailututkimuksiin. Siksi voi esiintyä tapauksia, joissa selvästi virheellistä kompensatiota on jatkettava, koska ohjelmaa ei voi muuttaa ilman oikeuskäsittelyä. Vastaavasti voi esiintyä tilanteita, joissa päätökset uudesta kompensatiosta on tehtävä ennen kuin edellisen toimenpiteen tehosta on selvää käsitystä. Hankkeet, joille myönnetään ikuinen lupa, putoavat kokonaan tästä järjestelmästä. Koska kertakaikkisten lupien kompensatiotoimenpiteet voivat olla virheellisiä, kertakaikkisia lupia ei tulisi myöntää tai sisällyttää niihin automaattinen lupaehtojen tarkistusemekanismi.

Taulukkoon 1 on koottu tiedot siitä, miten pitkiä jaksoiden on oltava, kun tarkkaillaan kalastuksen kohteena olevaa osakantaa. Koska kalakantojen ominaisuudet vaihtelevat eri vesistöissä, lukuja ei voi käyttää ohjeellisina kaikille esitetyille lajeille ilman tarkastelua.



Kuva 3. Yleinen malli tarkkailun tiheydestä hankkeessa, jolle on määrätty velvoitetarkkailu. Tässä ideaalitapauksessa tarkkailu on sidottu kalakantojen dynamiikkaan, koska se määrää milloin muutoksia vesistön kalakannoissa voidaan havaita. Todellisuudessa tarkkailun määrää vesioikeuskäsittely, joka voi aiheuttaa ylimääräisiä viiveitä tai eräissä tapauksissa edellyttää ennakkopäätöksiä asioista, joista ei vielä ole saatu tietoja.



Kuva 4. Esimerkki tarkkailusta siikavesistä, jossa toteutetaan verrattain suuri ympäristöä muuttava hanke. Vesistön muut kalakannat tarkkaillaan vastaavalla tavalla, mahdollisesti toisen aikataulun mukaan. Kuvaan ei ole merkitty välivuosien aineiston keruuta, ei myöskään vesioikeuskäsittelyä.

Taulukko 1. Tarkkailujaksojen pituus eri kalalajeille. Tiedot perustuvat Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen havaintoihin eri puolelta Suomea. Välijaksojen pituus \leq rekrytointi-ikä.

Kalalaji	Keskimääräinen rekrytointi-ikä	Kalastuksen kohteena olevien vuosiluokkien määrä	Tarkkailujakson pituus
Lohi	1) ^A 1+	3	4A, 3
Taimen	1) ^A 1	3	5A, 3
Nieriä	3 - 4	5 - 9	3 - 5
Siika	2 - 5	5 - 10	5 - 8
Muikku	1 - 2	3 - 5	3 - 5
Lahna	7 - 11	5 - 11	4 - 6
Säyne	5 - 10	5 - 11	4 - 6
Särki	4 - 8	6 - 10	5 - 7
Ahven	3 - 6	5 - 10	4 - 6
Kuha	4 - 5	4 - 7	4 - 6
Kampela	3 - 4	4 - 6	4 - 6
Made	3 - 5	4 - 6	3 - 5
Hauki	3 - 6	5 - 8	4 - 6
Silakka	1 - 2	4 - 6	3 - 5
Nahkiainen	7	1	8
Rapu	5 - 8	4 - 5	4 - 7

1) tark. poikasvuosia

2.7. Tarkkailun laajuus

Vesioikeuden ja kalatalousviranomaisen tehtäviin kuuluu päättää tarkkailun laajuudesta. Periaatteessa tarkkailun on oltava niin laajaa, että se täyttää tehtävänsä. Käytännössä velvoite-tarkkailun laajuuden tulee kuitenkin olla riippuvainen todennäköisten vaikutusten suuruudesta. Muuten jouduttaisiin tutkimaan pieniä muutoksia suurilla tarkemmin, koska pieniä muutoksia on vaikeampi havaita. Yksikäsitteisiä lukuja ympäristömuutokseen kohdistuvan tarkkailun laajuudesta ei voi antaa, koska muutosten vaikutukset ja niiden laajuus vaihtelevat tapauksittain. Oikeudenmukaisen järjestelmän luomiseksi tarkkailun laajuus tulee kuitenkin määrätä yhdenmukaisten periaatteiden perusteella.

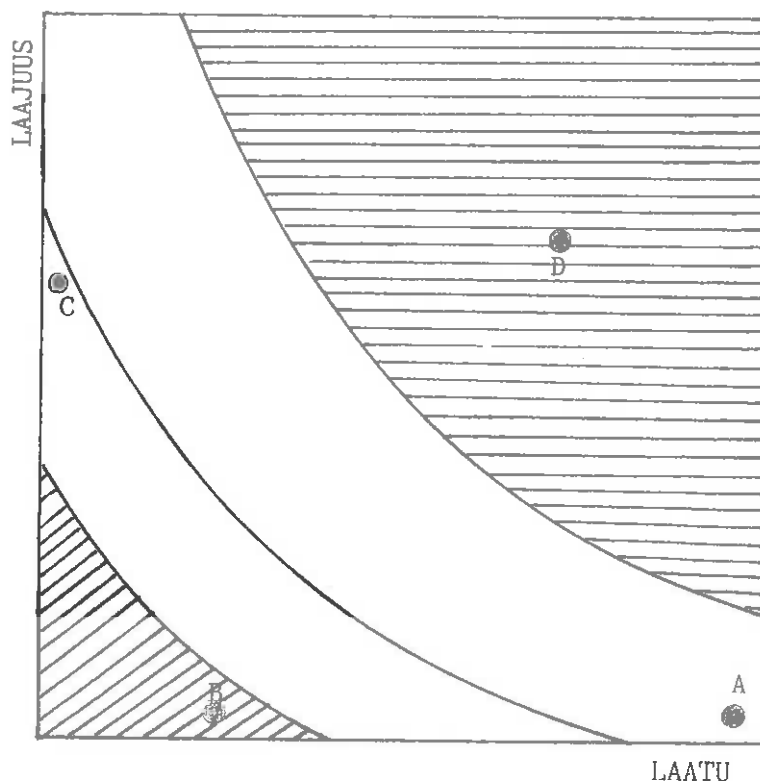
Jos hankkeen todennäköinen vaikutus tunnetaan, tarkkailuvelvoitteen laajuuden määrittäminen on verrattain helppoa (kuva 5). Hanke, jolla on suuri vaikutus, vaatii laajan tarkkailuohjelman ja päinvastoin. Suppean tarkkailuohjelman puitteissa tutkitaan lähinnä ympäristönmuutoksen tai kompensatiotoimenpiteen vaikutuksia vesistössä, ts. seurataan saaliiden ja kalastuksen kehittymistä. Laajan tarkkailuohjelman avulla selvitetään paikallisen kalatalousjärjestelmän rakenne ja toiminta ja paneudutaan myös muutosten syihin. Suppeat ja laajat tarkkailuohjelmat on esitetty tarkemmin kappaleessa 5.3. Ongelmana on kuitenkin se, miten todennäköisten vaikutusten suuruus voidaan arvioida. Vaikutus ei näet ole yksinkertaisella tavalla riippuvainen ympäristönmuutoksista. Jokainen muutos on moniulotteinen, ja muutoksen sijoittaminen akselille suuri vaikutus - pieni vaikutus ei aina ole helppoa.

On yleensä helpompaa määrätä kompensatiotoimenpiteeseen kohdistuvan tarkkailun laajuus, koska kompensatiolla on (tai tulisi olla) selvä tavoite, ts. kompensatiotoimenpiteen todennäköiset vaikutukset tunnetaan. Silloin voidaan istutus-tarkkailun ollessa kyseessä laskea ohjelman laajuus istutusten tuloksellisuuden selvittämiseksi (ks. tarkemmin 5.3.2). Muiden kompensatiotoimenpiteiden tarkkailusta ei aina voida antaa yhtä selviä ohjeita, ja päätöksen on silloin perustuttava seuraavassa lueteltuihin yleisiin periaatteisiin.

Muutoksen laajuus ja laatu

Kuvassa 5 on esitetty teoreettinen esimerkki ympäristönmuutoksen kahdesta ulottuvuudesta ja eri yhdistelmien sijoittumisesta "vaikutustasoon". Lähtökohtana on, että jokaisella ympäristönmuutoksella on sekä laatu että laajuus. Laatu kuvaa niitä vaaroja, jotka liittyvät muutokseen. Radioaktiivisten aineiden päästö on esimerkki vakavasta muutoksesta, jonka arvo laatuakselilla on suuri. Vedenotto on lähes vaaraton muutos, joka voidaan sijoittaa alhaiselle tasolle laatuakselilla. Toisena akselina on laajuus. Laajoilla verrattain vaarattomilla ympäristönmuutoksilla voi olla suuria vaikutuksia. Siten esimerkiksi vedenotto voi olla vaikutuksiltaan suuri, jos se on niin laaja, että se muuttaa vesistön hydrografiaa tai hydrologiaa. Vakavilla ympäristönmuutoksilla on suuri vaikutus pieninäkin, ja ne edellyttävät siten laajaa tarkkailuohjelmaa. Vaaraton ympäristönmuutos voi olla vai-

kutuksiltaan pieni, vaikka se toteutettaisiin verrattain suurena-
kin. Tällöin suppea tarkkailuohjelma voi olla riittävä (kuva 5).



Kuva 5. Ympäristömuutoksen kaksi ulottuvuutta. Esimerkit: A = vaarallinen myrkkypäästö; B = pieni jätevesipuhdistamo; C = vedenotto; D = laajamittainen jätteiden upotus.
= ei vaadi kalataloudellista tarkkailua, = kalataloudellinen tarkkailu välttämätön, = vakavien ympäristöhaittojen takia hankkeita ei tule lainkaan toteuttaa.

Kompensaatiotoimenpiteiden tarkkailun laajuus voidaan määrittää vastaavasti. Esimerkiksi istutuskompensaation laadun määrää istukaslaji ja -koko. Istukkaiden määrä ilmaisee toimenpiteen laajuuden. Myös vesistöjen kunnostustöitä voidaan tarkastella tutkimalla niiden laatua ja laajuutta (vrt. kuva 5).

Vesistön muutosherkkyys

Vaikka ympäristömuutoksen ja kompensatiotoimenpiteen laajuus ja laatu suureksi osaksi määräävät vaikutuksen suuruuden, on myös vesistön muutosherkkyys otettava huomioon. Muutosherkkyys riippuu seuraavista ominaisuuksista:

1. Maantieteellinen sijainti
2. Vesistön morfologia ja morfometria
3. Vesistön hydrologia
4. Veden laatu
5. Eliöyhteisön rakenne

Näiden lisäksi aikaisemmat ympäristönmuutokset vaikuttavat selvästi muutosherkkyyteen. Esim. Pohjanlahden rannikolla makeavesialtaiden rakentaminen saaristoon on vähentänyt altaiden sisälle jäävien vesien puskurikykyä, ja happamat valumavedet ovat pudottaneet pH:n alle viiden (Hildén ym. 1982). Alueet, joilla useat ympäristönmuutokset vaikuttavat yhdessä, olisi saatava yhteistarkkailun piiriin.

Jos vesistö on herkkä muutoksille, tarkkailun tuloksia on pyrittävä käyttämään välittömästi hyväksi haitallisten muutosten torjuntaan. Vesistöjä, jotka kestävät ympäristönmuutoksia verrattain hyvin tai joiden kalakannoissa ja kalastuksessa luonnostaan esiintyy suurta vaihtelua, on vaikea tarkkailla. Näissä tapauksissa tarkkailukohteiden valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota (ks. myös kappaleet 2.2., 2.5.).

Myös kompensatiotoimenpiteen vaikutus vesistössä on riippuvainen em. muutosherkkyyteen vaikuttavista ominaisuuksista. Lisäksi muut, toisiin velvoitteisiin liittyvät kompensatiotoimenpiteet vaikuttavat tuloksiin. Kompensatiotoimenpiteet on nähtävä kokonaisuutensa, ja tarkkailu on pyrittävä toteuttamaan yhteistarkkailuna.

KIRJALLISUUS

- COCHRAN, W. G. 1977: Sampling techniques. 3rd ed. - Wiley. N. Y. 428 s.
- EBERHART, L. L. & GILBERT, R. O. 1975: Biostatistical aspects. - Teoksessa: Environmental Impact Monitoring of Nuclear Power Plants Source Book of Monitoring Methods, Vol. 2. Atomic Industrial Forum. ss. 783-918
- ELLIOT, I. M. 1977: Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. - Freshwater biological association Scientific Publication No. 25 159 s.

- GREEN, R. H. 1979: Sampling design and statistical methods for environmental biologists. - Wiley Interscience N.Y. 257 s.
- HILDÉN, M. & SALOJÄRVI, K. 1982: Populaatiomallien käyttö vesistötöiden aiheuttamien vahinkojen tutkimisessa, Teoksessa Jutila, E. & Hildén, M. (toim.) Vesistöjen rakentaminen ja kalatalous. - Vesi- ja kalatalousalan ammattijärjestö VKA ry. s. 95-108.
- HILDÉN, M., HUDD, R. & LEHTONEN, H. 1982: Ympäristömuutosten vaikutukset kalastukseen ja kalakantoihin Saaristomeressä ja Pohjanlahden Suomen puoleisessa osassa. - Riista ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Tiedonantoja 20: 36-59.
- HOLLING, C. S. (toim.) 1978: Adaptive environmental assessment and management. - International series on Applied systems analysis. 3. Wiley & Sons. N.Y. 377 s.
- HUDD, R., HILDÉN, M., URHO, L., AXELL, M.-B. & JÄFS, L. 1984: Kyrönjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalousselvitys 1980-82. - Vesihallitus. Tiedotus (painossa).
- MÖLLER, F. 1979: Manual of methods in aquatic environmental research. Part 5. Statistical tests. - FAO Fish. Techn. Pap. 182, 131 s.
- RICKER, W. E. 1975: Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish populations. - Bull. Fish. Res. Bd. Ca. 191. 382 s.
- SAMPFORD, M. R. 1962: An introduction to sampling theory. - Oliver & Boyd, Edinburgh
- SEBER, G. A. F. 1982: The estimation of animal abundance and related parameters, sec. ed. - Griffin. London 654 s.
- SOKAL, R. L. & ROHLF, F. J. 1981: Biometry 2nd ed. - Freeman, San Francisco. 859 s.
- VAN WINKLE, W., VAUGHAN, D. S., BARNTHOUSE, L. W. & KIRK, B. L. 1981: An analysis of the ability to detect reductions in year class strength of the Hudson River white perch (Morone americana) population. - Can. J. Fish. Aquat. Sci 38 (6): 627-632.
- VAUGHAN, D. S. & VAN WINKLE, W. 1982: Corrected analysis of the ability to detect reductions in year class strength of the Hudson River white perch (Morone americana) population. - Can. J. Fish. Aquat. Sci 39: 782-785.
- VESIHALLITUS 1981: Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailun tulosten käsittely ja raportointi. Vesihallitus, Valvontaohje nro. 47. Vesihallituksen kirje n:o 820/500 VH 1981, 27.2.1981. 8 s.

3. YMPÄRISTÖNMUUTOKSEN KALATALOUDELLISET VAIKUTUKSET

3.1. Ympäristönm muutoksen vaikutusten alustava arvio

Velvoitetarkkailun suunnitelmassa on määriteltävä mitä kalataloudellisia vaikutuksia pyritään tarkkailemaan, jotta pystyttäisiin arvioimaan suunnitelman edellytykset täyttää tarkkailun tehtäviä. Lähtötilanteen määrittelyn helpottamiseksi on eri ympäristönm muutokset ja niiden vaikutukset seuraavassa havainnollistettu taulukoiden avulla. Niihin on kerätty tietoja havaituista vaikutuksista. Taulukkoja voidaan käyttää luomalla alustava kuva ko. ympäristönm muutoksen vaikutuksista alueen kalakantoihin ja kalastukseen. Kuvaa on kuitenkin täydennettävä paikallistuntemuksella ja aikaisemmillä havainnoilla. Paikallistuntemus on erityisen tärkeä, koska sen avulla pystytään asettamaan eri ympäristönm muutokset tärkeysjärjestykseen. Sama toimenpide voi näet aiheuttaa suuria muutoksia toisella alueella, vaikka sen vaikutukset toisella alueella voivat olla merkitykseltään vähäisiä. Selkeä alustava arvio ympäristönm muutoksen vaikutuksista luo hyvän lähtökohdan tarkkailulle. Samaa arviota vesioikeus ja kalatalousviranomaiset käyttävät päättäessään vaadittavan tarkkailuohjelman laajuudesta.

Ympäristönm muutosten vaikutuksia kuvaavissa taulukoissa on vaikutuksen voimakkuuden luokittelemiseksi käytetty asteikkoa 0 - 3.

- 0 = Muutos vaakarivin muuttujassa ei todennäköisesti vaikuta pystyrivin (sarakkeen) muuttujaan.
- 1 = Muutos rivin muuttujassa saattaa vaikuttaa sarakkeen muuttujaan, mutta tiedot vaikutuksen laadusta ja merkityksestä eivät ole yksiselitteisiä.
- 2 = Muutos rivin muuttujassa vaikuttaa todennäköisesti sarakkeen muuttujaan, mutta pienemmissä hankkeissa vaikutus voi jäädä alle havainnointirajan. Muuttujan tutkiminen on usein ongelmallista.
- 3 = Muutos rivin muuttujassa vaikuttaa mitä todennäköisimmin sarakkeen muuttujaan, ja muuttuja on yleensä otettava tarkkailun kohteeksi.

3.2. Ympäristötekijöiden vaikutus kalakantoihin

Ympäristönmuutos vaikuttaa ekosysteemin abioottisiin ja biotisiin muuttujiin. Kalakannalle tärkeitä muuttujia on koottu taulukkoon 2. Kriittiset raja-arvot on arvioitava tapauskohtaisesti ja usein erikseen kullekin elämänvaiheelle (ks. ympäristötekijöiden tarkkailu s. 29).

Fyysinen ympäristö on käsitteenä laaja ja tärkeimmät muuttujat vaihtelevat tapauskohtaisesti. Mahdollisia muutoksia ovat mm. suojapaikkojen menetykset, kutualustojen laadun muutokset, vaellusreittien muuttuminen jne. (ks. ympäristötekijöiden tarkkailu).

Kalan eri elämänvaiheet suhtautuvat ympäristönmuutoksiin eri tavoin. Tämän havainnollistamiseksi kalan elämänvaiheet on jaettu alkio-, poikas-, nuoruus- ja aikuisvaiheeseen. Lisäksi lisääntyminen on erotettu aikuisvaiheesta, koska siihen liittyy monta tärkeää tapahtumaa. Alkiovaihe käsittää ajan hedelmöityksestä kuoriutumiseen, poikasvaihe ajan kuoriutumisesta poikasevän häviämiseen ja nuoruusvaihe poikasevän häviämisestä sukukypsyyden saavuttamiseksi. Aikuisvaiheessa kala on sukukypsä.

Edellä esitetty jako elämänvaiheisiin on verrattain karkea. Varsinkin poikastutkimuksia tehtäessä joudutaan poikasvaihe jakamaan pienempiin jaksoihin. Silloin tulisi käyttää yleisesti käytettyä luokitusjärjestelmää. Yleisesti on käytetty Balonin (1975, 1984) esittämää järjestelmää. Snyder (1983) on esittänyt kolme vaihtoehtoista järjestelmää. Neuvostoliitossa on käytetty mm. Vasnetsovin (1953) esittämää jakoa. Kun käsitellään lohen tai taimenen elämänvaiheita, on syytä käyttää lohikaloille vakiintunutta terminologiaa (Balon 1975, Mills 1975).

Monessa kalastusbiologisessa työssä jako elämänvaiheisiin ei ole käyttökelpoisin jako. Kun tutkitaan kalastusta ja sen vaikutusta kalakantoihin, on usein tarpeellista jakaa populaatio osakantoihin, esim. kalastuksen kohteena olevaan osakantaan, rekryytteihin ja kutevaan osakantaan.

3.3. Kalakantojen ja ympäristötekijöiden vaikutus kalastukseen

Kalakannoissa tapahtuvat muutokset näkyvät saaliissa ja sen koostumuksessa sekä kalastuksessa. Lisäksi eräät ympäristötekijät vaikuttavat suoraan kalastukseen. Taulukkoon 3 on koottu muuttujia, jotka vaikuttavat kalastukseen ja kalastuksesta saattaviin tuloihin.

Taulukko 2. Ympäristömuutoksen vaikutukset kalakantaan. Ympäristönmuutos vaikuttaa yleensä muuttamalla kalojen fyysistä ympäristöä, virtausolosuhteita, veden laatua tai ravintotilannetta.

YMPÄRISTÖN MUUTOS	VAIKUTUKSEN KOHDE																									
	LISÄÄNTYMISVAIHE			MÄTIVAIHE			POIKASVAIHE			NUORUUSVAIHE			AIKUISVAIHE													
	Fysiologinen tila	Käyttäytyminen	Kuolevuus	Lasketun mädin määrä	Fysiologinen tila	Kehitys	Kuolevuus	Kuoriutuvien poikasten suht. määrä	Fysiologinen tila	Kehitys	Käyttäytyminen	Kasvu	Kuolevuus	Nuoruvaiheeseen kehittävien suht. määrä	Fysiologinen tila	Kehitys	Käyttäytyminen	Kasvu	Kuolevuus	Kalastuksen koht. kehitt. suht. määrä	Fysiologinen tila	Käyttäytyminen	Kasvu	Kuolevuus	Lisäntymisvaiheeseen kehitt. suht. määrä	
I JÄTEVEDET	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	2	3	3	3	3
II JOKIRAKENTAMINEN, VIRTAAVAN VEDEN SÄÄNNÖSTELY JA PATOALTAAT	1	3	1	1	1	3	2	1	1	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3	3	3
III JÄRVEN SÄÄNNÖSTELY JA PATOALTAAT	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	1	3	3	3	3
IV RANNIKON MAKEAVESIALTAAT	-	3	2	1	1	2	3	3	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	3	1	3	3	3	3	3
V MUU VESIRAKENNUS	1	3	1	2	1	1	3	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	3	3	3	3	3
VI OJITUKSET JA TURPEEN-NOSTO	1	2	-	1	1	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	2	3	3	3	3
VII SORANOTTO JA RUOPPAUKSET	1	2	1	3	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	2	2	2	2	2
VIII JÄÄHDYTYSVEDET	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	3	1	1	3	3	3	3
IX ILMAN KAUTTA KULKEVAT SAASTEET	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	3	3	2
X YMPÄRISTÖNNETTOMUUKSET	1	2	2	1	1	2	3	2	1	3	1	2	3	2	1	1	2	1	3	2	2	2	1	3	2	2

3.4. Kalataloudelliset vaikutukset

Kalastuksessa tapahtuvat muutokset vaikuttavat alueelliseen kalatalouteen. Taulukossa 4 esitetään kalastuksen ja kalatalouden vuorovaikutussuhteita sekä pyritään määrittelemään keskeisiä muuttujia.

Käsitteeseen saaliin käyttö sisältyvät eri käyttömuodot ja niiden suhteelliset osuudet, esim. käyttö ihmisravinnoksi tai rehuksi. Muutoksella saaliin käytössä tarkoitetaan eri käyttömuotojen osuuksien muuttumista.

Taulukko 3. Kalastuksen kannalta tärkeitä muuttujia kalakannoissa ja vesistöissä. Kalakantamuuttujat ja niiden suhde erilaisiin ympäristömuutoksiin voidaan johtaa taulukosta 2. Tyhjä ruutu = 0.

Muuttuja	Vaikutuksen kohde									
	Kalastusalueet ja -paikat	Kalastusvälineet ja veneet	Pyyntivälineiden käyttöikä	Kalastuksessa käytetyt rakennukset	Venesatamat ja maihinnousu	Kalastukseen käytetty työ	Saaliit	Saalisvarat	Saaliin käyttö	Saaliin hinta
Kalojen kasvu	1	2					3	3	2	2
Kalojen kuolevuus	1					2	3	3		
Kalojen käyttäytyminen	3	1				2	3			
Rekrytointi	3					2	3	3		
Eri lajien suht. osuudet	3					3	3	3	3	2
Kalojen sairaudet ja loiset (OHS)									2	2
Haju- ja makuhaitat	3								3	3
Kalojen myrkkypitoisuus	3								3	3
Pyydysten likaantuminen	2	3	2			3	2			
Vedenpinnan vaihtelut	2	3	3	3	3	2	2	2		
Virtaamien vaihtelut	2	3	3	3	3	2	2	2		
Virtauksien vaihtelut	2	2	2	3	3	2	2	1		

Taulukko 4. Kalastuksen muuttujat ja niissä tapahtuvien muutosten vaikutus kalatalouteen. Ympäristömuutoksen vaikutukset muuttujiin saadaan taulukoista 2 ja 3. Tyhjä ruutu = 0.

Muuttuja \ Vaikutuksen kohde	Ammattikalastajien määrä	Kotitarve- ja virkistyskalastajien määrä	Kalastukseen liittyvien elinkeinojen työntekijämäärä	Kalastuksen tuotto	Kalastuksesta riippuvien elinkeinojen tuotto	Elintarviketuotanto	Rehutuotanto	Kalastuksen virkistysarvo	Kalastuksen potentiaalinen merkitys
Kalastusalueet ja -paikat	3	3	2	2	2				2
Kalastusvälineet ja veneet			2	2					
Pyyntivälineiden käyttöikä	2	1		2	2				
Kalastuksessa käytetyt rakennukset	1	1	1	2					
Satamat ja maihinousupaikat	2	2	2	2		2	2	2	
Ansio / työpanos	3			3		2	2		2
Saaliit	2	2	3	2		3	3	2	2
Saalisvarat	2	2	1					2	3
Saaliin käyttö	3	3	3	3	2	3	3	2	2

KIRJALLISUUS.

- BALON, E. 1975: Reproductive guilds in fishes: a proposal and definition. - J. Fish. Res. Bd Can 32:821-864
- BALON, E. 1984: Reflections on some decisive events in the early life history of fishes. - Trans. Am. Fish. Soc. 113: 178-185.
- MILLS, D. 1975: Salmon and trout. A resource, its ecology, conservation and management. - Edinburgh. 351 s.
- SNYDER, D. 1983: Early life history. - Teoksessa: Nielsen, L. A. & Johnson, D. L. (toim.) Fisheries Techniques. American Fisheries Society. Bethesda. Maryland.
- VASNETSOV, V.V. 1953: Etapy razvitiya kostistykh ryb (luukalojen kehitysvaiheet). - Teoksessa: Ocherki po obshchim voprosam ikhtiologii. Akademiya Nauk Press - Moskova. s. 207-217.

4. YMPÄRISTÖTEKIJÖIHIN KOHDISTUVA TARKKAILU

Kalakannoissa ja kalastuksessa havaittujen muutosten selittämiseksi tarvitaan tietoja vesistön morfologiasta, morfometriasta ja hydrologiasta sekä veden laadusta ja vesistön eliöyhteisöstä. Syy-yhteyksien osoittaminen vaatii korkeatasoista tietoa, ja näytteenottoon on kiinnitettävä erityistä huomiota. On kuitenkin muistettava, että tutkimuksen keskeinen kohde on kalatalous. Pitämällä tämä lähtökohta mielessä voidaan vähemmän tärkeitä muuttujia poistaa näytteenotto-ohjelmasta ja tehostaa tärkeiden muuttujien näytteenottoa.

Tavanomaisessa vedenlaaduntarkkailussa tarkkailuvälit ovat verrattain pitkät ja ääriarvot jäävät helposti havaitsematta. Kalakannoille ääriarvot ovat usein ratkaisevia, mikä merkitsee, että vedenlaatutarkkailun tuloksia ei juuri koskaan voida suoraan hyödyntää kalataloudellisessa tarkkailussa, vaan joudutaan hankkimaan lisää tietoja tai muuttamaan vedenlaatutarkkailua siten, että se paremmin vastaa kalataloustarkkailun tarpeita. Sama koskee osittain myös hydrologista ja biologista vesistötarkkailua.

Kun vesistötarkkailua kehitetään vastaamaan kalataloustarkkailun vaatimuksia, on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin:

1. Näytteenoton on oltava riittävän tiheävälisiä lyhytaikaistenkin ääriarvojen havaitsemiseksi. Jos riittävän tiheävälisiä näytteenottoa ei voida toteuttaa, tulisi luoda hälytysjärjestelmä, jonka avulla voidaan saada näytteitä silloin, kun tutkittava muuttuja saavuttaa ääriarvonsa. Ääriarvoista ja niiden esiintymistodennäköisyydestä on joka tapauksessa oltava tietoja.
2. Näytteenoton on annettava tietoa tarkkailtavien muuttujien vaihteluista eri paikoissa. Vesistöä ei voida käsitellä yhtenäisenä täydellisesti sekoittuneena vesimassana, vaan tutkimusalue on jaettava pienempiin osa-alueisiin. Riittävän tarkalla jaotuksella voidaan yleensä poistaa osa havaintojen vaihtelusta ja siten parantaa arvioiden luotettavuutta.

Edellä esitettyjä periaatteita noudattaen on jäljempänä koottu eräitä tärkeitä tarkkailtavia muuttujia sekä annettu ohjeellisia lukuja tarkkailuväleista silloin, kun ko. ympäristönmuutos vaikuttaa voimakkaasti muuttujaan, joka vaikuttaa merkittävästi

Taulukko 5. Hydrologisiin muuttujiin kohdistuva tarkkailu. Suositukset koskevat tilannetta, jossa ko. muuttujaa on tutkittava tarkasti.

MUUTTUJA	ONGELMA	-AIKA	NÄYTTEENOTTO -PAIKKA	-TIHEYS		
				KUORMITTAJA	VESISTÖ	
1. Lämpötila	Vesistön lämpötila, erityisesti kalojen lisääntymisen, alkiovaiheen ja poikasvaiheen aikana. Minimi- ja maksimi-arvot.	Koko vuosi	Tarkkailu- alue	Jatkuva 1)	2x/kk	
			Lisääntyminen	Lis. alue	"	1x/pv
			Alkiovaihe	Kutualueet	"	2-3x/vk
		Poikasvaihe	Poikasalueet	"	1-2x/vk	
2. Virtaama	Ylivirtaama, keskiyli- ja alivirtaama. Vuorokauden minimi- ja maksimi-arvot.	Koko vuosi	Tarkkailtava virtaava vesistö	Jatkuva 2)	Ymp. vrk	
3. Virtaukset	Virtaukset vesistössä, vesimassojen liikkeet eri vuodenaikoina ja eri tuuliolosuhteissa, erityisesti jätevesien kulkautuminen	Koko vuosi	Tarkkailu- alue		1x/vk	
4. Veden korkeus	Vedenkorkeuden vaihtelut eri alueilla ja eri vuodenaikoina, erityisesti lisääntymisen, alkiovaiheen ja poikasvaiheen aikana. Maksimi- ja minimi-arvot.	Koko vuosi	Tarkkailu- alue	Jatkuva 3)	1x/vrk -ymp. vrk	
5. Kiintoaine (sameus)	Kiintoaineen määrä, sen alueellinen ja ajallinen vaihtelu, erityisesti lisääntymisen ja alkiovaiheen aikana. Sedimentin laatu, erityisesti lisääntymisalueilla.	Koko vuosi	Tarkkailu- alue	1x/vrk	1x/kk -1x/vrk	
			Lisääntyminen	Lis. alueet ¹⁾	"	1x/vrk
			Alkiovaihe	Kutualueet ¹⁾	"	1x/tark- kailujak- so
		Scpivin	Lis. alueet ¹⁾			

1) Tarkoittaa useita pisteitä alueellisen vaihtelun selvittämiseksi.

2) Voimalaitos

3) Pato

Taulukko 6. Fysikaalis-kemiallisiin muuttujiin kohdistuva tarkkailu. Suositukset koskevat tilannetta, jossa ko. muuttujalla on keskeinen merkitys kalakannoille ja kalastukselle ja jossa muutoksia on odotettavissa.

MUUTTUJA	ONGELMA lämpötila kiintoaine (sameus)	-AIKA	NÄYTTEENOTTO -PAIKKA ¹⁾	-TIHEYS KUORMITTAJA	VESISTÖ
1. Happi	Happipitoisuus eri aikoi- na ja eri alueilla. Mak- simi ja minimiarvot. Eri- koisesti llisääntymisen ja alkiovaiheen aikana.	Talvikerros- tuneisuus Kesäkerros- KevätKutuis- ten alkio- vaihe	Syvänne & lis. alue Syvänne Kutualueet, erit. pohjan ²⁾ läh. vesi		2-3x/v 1x/vk ³⁾ - 3x/vrk ²⁾
2. pH	pH eri aikoina eri alueil- la. Maksimi ja minimi. Erityisesti lisään- tymisen, alkiovaiheen ja poikasvaiheen aikana.	Koko vuosi Lisääntyminen Alkiovaihe Poikasvaihe	Tarkkailualue Lis. alueet, vaellusreitit Kutualueet Poikaslaueet	Jatkuva " " " "	1x/vk-2x/v 1-3x/vk 1-3x/vk "
3. Metallit	Pitoisuuksien ajallinen ja paikallinen vaihtelu. Ääriarvot. Erityisesti alkio- ja poikasvaiheen aikana.	Koko vuosi Alkiovaihe Poikasvaihe	Tarkkailualue Kutualueet Poikasalueet	Jatkuva " "	4x/v - 1x/kk 1x/kk- 1x/vk 2x/kk 1x/vk
4. Muut ympäris- tömyrkyt	Pitoisuuksien ajallinen ja paikallinen vaihtelu. Ääriarvot. Erityisesti alkio- ja poikasvaiheen aikana.	Koko vuosi Alkiovaihe Poikasvaihe	Tarkkailualue Kutualueet Poikaslaueet	Ymp. vrk " "	Tapauskoh- tainen ³⁾ " "
5. Hajua ja makua antavat aineet	Pitoisuuksien ajallinen ja paikallinen vaihtelu. Ääriarvot.	Haju- ja maku- virheiden esiintymisaika	Haju- ja maku- virheiden esiintymis- alue	Tapaus kohdai- nen ³⁾	Tapauskoh- tainen ³⁾

1) Tarkoittaa useita näytteenottopisteitä.

2) Pohjalle lasketun mädin epänormaali kuolevuus voi johtua pohjanläheisten vesikerrosten vuoro-
kautisesta minimiarvoista. Tällaisessa tapauksessa näytteet on saatava pohjan tuntumasta
(1-5 cm pohjasta) happipitoisuuden minimin aikana, joka usein sattuu aamuyöhön.

3) Nopeasti hajoavat aineet vaativat tiheävälisen näytteenoton.

4) Jos haittoja esiintyy lyhyenä aikana, näytteenoton tulee olla intensiivistä, aina läsnä olevan
haitan syyn selvittämiseksi saattaa riittää yksi - muutama näyte/vuosi.

vesistön kalakantoihin ja kalastukseen. Kaikkia esitettyjä muuttujia ei tule pyrkiä tarkkailemaan kaikissa tapauksissa, vaan on pyrittävä valitsemaan tärkeimmät. Jos pyritään tarkkailemaan liian monta muuttujaa, tarkkailututkimus tuottaa vain paljon heikkolaatuista tietoa, josta ei ole apua kalataloustarkkailun muita tuloksia tarkastaltaessa. Vedenlaatutarkkailun tuloksia tulisi pyrkiä hyödyntämään kehittämällä vedenlaatumalleja, joiden avulla voidaan tehdä ennusteita eri kuormitusvaihtoehtojen vaikutuksista veden laatuun (ks. esim. Eloranta ym. 1981).

Tarkkoja menetelmäohjeita ei tässä yhteydessä esitetä. Suomen standardoimisliitto on julkaissut standardiohjeita useiden fyysikaalisten ja kemiallisten muuttujien määrittämismenetelmistä sekä perustuotannon mittaamisesta. Pohjaeläintutkimusten ja eläinplanktonitutkimusten menetelmiä on esitetty mm. IBP:n käsikirjassa (Edmondson & Winberg 1971).

4.1. Hydrologiset muuttujat

Taulukkoon 5 on koottu tarkkailtavia vesistön hydrologisia kuvaavia muuttujia sekä ehdotettu näytteenottovälejä tilanteisiin, joissa ko. muuttujalla on huomattava merkitys tarkkailtavalla alueella.

Virtaama

Virtaaman suuruus määrää virtakutuisten lajien kutualueiden laajuuden ja kutualueiden sopivuuden eri lajeille. Virtaama vaikuttaa myös käytettävissä olevan ravinnon määrään ja siten kalojen, nahkiaisten ja rapujen elinmahdollisuuksiin ja suoraan kalastukseen. Säännöstellyissä joissa syntyy usein suppojäätä, joka voi tuhota lisääntymisalueita.

Virtaamien vuosi- ja vuorokausivaihtelut on selvitettävä. Lyhytaikaissäännöstelyssä vuorokauden keskivirtaama on hyödytön tieto, minimi- ja maksimivirtaamat ja niiden kesto ja esiintymistodennäköisyydet on ehdottomasti selvitettävä. Virtaamamuutosten vaikutuksia kalojen lisääntymisalueilla on tutkinut mm. Neuman ja Newcombe (1977), joka myös antaa raja-arvoja eri lajien poikastuotantoalueille. Taimenen poikasten eloonjäätymiä ovat tutkineet mm. Solomon ja Paterson (1980). Mundie (1979) on selvittänyt erilaisten säännöstelyvaihtoehtojen vaikutuksia kalakantoihin. Dill

ym. (1975) ovat kuvanneet säännöstelyn vaikutuksia vesistöissä yleisesti. Perustietoja virtaamista ja virtaamiin vaikuttavista tekijöistä saa hydrologisesta vuosikirjasta.

Virtaukset

Vesimassojen liikkeet määräävät mm. jäteveden leviämisen vesistöissä. Rakentaminen muuttaa vesistöjen morfologian ja vaikuttaa siten veden virtauksiin. Muutokset virtauksissa voivat vaikuttaa sekä kalastukseen että kalakantoihin. Nissinen (1972) on osoittanut, että pohjanläheiset virtaukset voivat vaikuttaa ratkaisevasti muikun mädin eloonjäämiseen. Virtaukset voivat myös vaikuttaa ravintotilanteeseen. Rannikkoalueilla jokivesien sekoittuminen meriveteen ja jokiveden virtaukset merialueella vaikuttavat veden laatuun (Lehtonen 1976, Hudd ym. 1984). Virtaukset voivat vaikuttaa myös jäätalanteeseen, mikä saattaa muuttaa mm. talvikalastuksen edellytyksiä. Tarkkailussa on aina oltava yleiskäsitys vesistön virtauksista. Virtanen ja Sarkkula (1982) ovat kehittäneet hydrodynaamisen mallin, jolla vesimassojen liikkeitä pystytään ennustamaan. Rautalahti-Miettinen ym. (1982) ovat yhdistäneet hydrodynaamisen mallin ja vedenlaatumallin ja ovat mallin avulla pystyneet ennustamaan vedenlaadun muutoksia vesistön eri osissa.

Veden korkeus

Vedenpinnan vaihtelut vaikuttavat lisääntymisalueiden, poikastuotantoalueiden ja syönnösalueiden laajuuteen ja laatuun (Tiitinen 1982). Säännöstelyissä järvissä on havaittu litoraalien köyhtymistä (Hakkari 1979) ja mädin tuhoutumista (Arvola 1978, Salojärvi ym. 1981). Vedenpinnan vaihtelulla on myös kalastuksellisia vaikutuksia, kun vaihtelu vaikuttaa esim. laituri- tai pyyntipaikkojen käyttöön. Säännöstelyissä järvissä talvinen kalastus on vaikeutunut mm. vedenpinnan vaihteluiden takia (Sundbäck 1977). Vedenpinnan vaihtelut muuttavat yleensä jäätalanteen, joka voi vaikuttaa ranta-alueiden tuotantoon keväällä. Vedenpinnan vaihteluiden ääriarvot sekä niiden ajoittuminen ja kesto on selvitettävä erityisesti säännöstelytapauksissa. Pohjaan jäätyneiden alueiden laajuutta, on tarkkailtava, kun säännöstely muuttaa jäätalanteen keväällä. Lähtökohtana voi monessa tapauksessa käyttää valtakunnallisia vedenkorkeustietoja (Reuna 1977, 1979).

4.2. Fysikaalis-kemialliset muuttujat

Taulukkoon 6 on koottu tarkkailtavia fysikaalis-kemiallisia muuttujia sekä ehdotettu näytteenottovälejä tilanteisiin, joissa ko. muuttujalla on huomattava merkitys tarkkailtavalla alueella. Tietoja kemiallisista muuttujista on julkaistu useassa kokoomateoksessa. Wedemeyer ym. (1976), Thurston ym. (1979) ja Alabaster ja Lloyd (1980) ovat esittäneet laajoja kirjallisuuskatsauksia eri aineiden vaikutuksista ja vesieläinten sietorajoista.

Lämpötila

Lämpötila on tärkeä muuttuja nimenomaan lisääntymisen yhteydessä, alkiovaiheessa ja poikasvaiheessa. Vesistön lämpötilakehitys voi myös vaikuttaa kalastukseen. Tarkkailussa on seurattava vesistön lämpötilakehitystä vesistön eri osa-alueilla. Myös jäätilannetta, pohjaanjäätyneiden alueiden laajuutta ja suppojään esiintymistä on seurattava. Tietoja lämpötilan vaikutuksista kaloihin ovat koonneet mm. Alabaster ja Lloyd (1980). Nyman (1975), Neuman (1979) sekä Karås ja Neuman (1981) ovat tutkineet jäähdytysvesien vaikutuksia kaloihin ja kalansaa-liisiin. Tietoja lämpötilan vaikutuksista kalojen varhaiskehitykseen ja lisääntymisen onnistumiseen ovat esittäneet mm. Christie ja Regier (1973) ja Zuromska (1982).

Kiintoaine

Korkea kiintoainepitoisuus voi vaikuttaa suoraan mm. rapujen eloonjääntiin (Westman 1974) ja kalojen toimeentuloon (Alabaster & Lloyd 1980). Korkea kiintoainepitoisuus ja sen aiheuttama sameus voi vaikuttaa kalastukseen muuttamalla kalojen käyttäytymistä ja likaamalla pyydyksiä. Erityisesti rakennus- ja ruoppaus-töiden yhteydessä veden kiintoainepitoisuus ja sameus voivat muuttua nopeasti, ja niitä on tarkkailtava tiiviisti.

Kiintoaineen sedimentaatio määrää pohjan laadun. Lisääntynyt sedimentaatio voi hävittää suojapaikkoja, tukehuttaa mädin, tehdä pohjan kelvottomaksi joidenkin lajien kudulle tai heikentää ravintoeläintuotantoa (Tiitinen 1982, Wilkonska & Zuromska 1982). Orgaanisen sedimentin kasvu voi heikentää happitilannetta. Käytännössä sedimentaatiotutkimuksia on vaikea tehdä, ja yleensä on tyydyttävä pohjan laadun tutkimiseen. Sedimenttitut-

kimukset voivat kuitenkin antaa arvokkaita tietoja mm. raskasmetallikuormituksen muutoksista (esim. Häkkilä 1980). Pohjan laatu voi myös osittain määrätä kutualueiden sijainnin (Nissinen 1972; Tiitinen 1982).

Happi

Pienet happipitoisuudet karkottavat yleensä kaloja ja vaikuttavat siten kalastukseen. Alkiot ja poikaset voivat menehtyä hapenpuutteeseen, vaikka aikuiset kalat selviäisivät. Peterka ja Kent (1976) ja Clady (1977) ovat tutkineet pienten happipitoisuuksien vaikutuksia poikasten eloonjääntiin. Coble (1982) on selvittänyt happipitoisuuden vaikutuksia kalojen alueelliseen jakautumiseen virtavissa vesissä. Zuromska (1982) ja Wilkonska ja Zuromska (1982) ovat tutkineet happipitoisuuden merkitystä muikun ja siian alkioiden eloonjäämiselle luonnonvesissä. Eri vesieläinten minimihappivaatimuksia on esittänyt mm. Alabaster & Lloyd (1980), Doudoroff & Shumway (1970) ja Erichsen-Jones (1969).

Erityisesti on tarkkailtava happipitoisuuden ajallista ja paikallista vaihtelua. Jos on aihetta epäillä, että lisääntyminen epäonnistuu alhaisen happipitoisuuden takia, on tarpeen selvittää happipitoisuuden minimiarvot ja niiden kesto. Syyskuutuisilla lajeilla kriittisin aika on yleensä kevättalvella ennen lumen sulamista. Kevätkuutuisilla lajeilla happipitoisuuden lasku pohjanläheisissä vesikerroksissa aamuyöstä voi olla kriittistä (Lehtonen & Hildén 1980).

Vetyionikonsentraatio

Vesistön pH arvot voivat muuttua sekä vesistöjärjestelyiden, kuivatustoimenpiteiden että jätevesien seurauksena. Pienehköissä vesistöissä myös happamat sadevedet ovat aiheuttaneet happamoitumista. Myös lyhytaikaiset ja tilapäiset pH:n muutokset voivat vaikuttaa kaloihin, rapuihin ja nahkiaiseen. Suomessa Rask (1983, 1984) on tutkinut happamien vesien vaikutuksia ahveneen. Hudd ym. 1984 ovat tutkineet happamoitumisen vaikutuksia jokisuualueella. Ruotsissa ja Norjassa aihetta on käsitelty laajasti (esim. Dickson 1975, Drablos & Tollan 1980, Almer & Hanson 1980, Johnson 1982). Vesieläinten sietorajoja happamuuden suhteen on julkaissut myös EIFAC (1968).

Vesistön pH-arvojen ajallinen ja paikallinen vaihtelu on selvitettävä; jos pH:n arvo voi saavuttaa kriittisiä arvoja. Yleensä pH saavuttaa alhaisimmat arvonsa kevä- ja syystulvan aikana, jos pH:n alenema johtuu sadevesistä tai valumavesistä (esim. Hudd ym. 1984).

Metallit

Monet metallit esim. rauta, sinkki, alumiini, kadmium ja nikkeli ovat myrkyllisiä kaloille. Rauta voi suostua vesieläinten kiduksiin ja mätimuniin ja aiheuttaa hapenpuutetta. Metallien vaikutuksista on esitetty tietoja mainituissa kokoomateoksissa. Raudan toksisuutta on lisäksi tutkinut esim. Bagge ja Ilus (1975) ja Liebmann (1960). Järvinen (1983) on tutkinut rautakuormituksen vaikutuksia silakan silmäpatologiaan Selkämeren alueella. Sinkin vaikutuksia on selostettu mm. EIFAC:n julkaisussa (1973).

Alueilla, jossa esiintyy metallikuormitusta, tärkeimpien metallien pitoisuuksien ajallinen ja alueellinen vaihtelu on selvitettävä. Erityisesti on selvitettävä alkio- ja poikasvaiheen aikaiset pitoisuudet kutu- ja poikastuotantoalueilla.

Muut ympäristömyrkyt

Jokaisessa tarkkailussa on selvitettävä, mitä ympäristömyrkyjä vaikutusalueella saatta esiintyä. Myrkkypitoisuuksien taso ja ajallinen ja paikallinen vaihtelu on selvitettävä. Tietoja uusista ympäristömyrkyistä löytää parhaiten esim. Toxicology Abstracts, Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts tai Chemical Abstracts lyhennelmäjulkaisuista.

Hajua ja makua antavat aineet ja terveydelle vaaralliset aineet

Hyvin monet aineet voivat aiheuttaa hajua- ja makuvirheitä kaloissa. Suomessa makuhaittatutkimuksia ovat tehneet Persson (1982) sekä Kuusi ja Suihko (1983). Yleiskuvan uusimmista hajua- ja makuhaittatutkimuksista saa esim. Perssonin ym. (1983) toimittamasta teoksesta. Näytteenotto on suunniteltava todennäköisen aiheuttaja-aineen mukaan. Tutkimusmenetelmiä on käsitellyt Berg (1983) ja Persson (1984). Terveydelle vaarallisten aineiden pitoisuuksia on seurattava, jos kuormitusta esiintyy. Menetelmäkuvauksia on esitetty sarjassa mm. Residue Reviews.

4.3. Biologiset muuttujat

Kasviplanktonin perustuotannon mittaamiseksi on kehitetty standardimenetelmät. Muiden biologisten muuttujien tutkimiseksi on olemassa vain eräitä ohjeita. Seuraavassa esitetään joitakin yleisiä näkökohtia, jotka tulisi ottaa huomioon, kun käytetään biologista tarkkailua kalataloustarkkailun osana.

Kasviplankton ja päällyskasvusto

Kasviplanktonissa on haju- ja makuhaittojen aiheuttajia kuten mm. Persson (1982) on osoittanut. Haju- ja makuhaittatutkimuksissa planktonnäytteet voivat siten auttaa selvittämään syy-seuraussuhteita. Myrkkijä tuottavat levät ovat myös aiheuttaneet kalakuolemia.

Kasviplanktonin tuotantoa voidaan joissakin tapauksissa käyttää kalantuotannon tason selvittämiseen (Le Cren & Lowe-McConnell 1980), mutta vesistöissä, joissa allohtonisen aineen merkitys on suuri ekosysteemin energiavirroissa, tämä lähestymistapa voi johdattaa kalantuotannon aliarviointiin.

Kasviplankton ja päällyskasvusto voivat vaikuttaa kalastukseen likaamalla pyydyksiä. Havaskokeissa levänäytteenotto on usein tarpeen likaantumisen aiheuttajan selvittämiseksi (esim. Heinonen ym. 1984).

Kasviplanktonnäytteitä on otettava usein, jos tavoitteena on saada kokonaiskuva tuotannosta ja lajistosta, koska molemmat vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Kasviplanktontutkimukset tulevat kysymykseen vain suurimmassa hankkeissa. Havastutkimuksiin liittyviä planktontutkimuksia voidaan sen sijaan tehdä myös pienemmissä hankkeissa.

Makrofytytit

Vesistön makrofytyttien eli suurkasvien esiintyminen määrää osittain syönnös-, kutu- ja poikastuotantoalueiden sijainnin. Tarkkailututkimuksissa on saatava yleiskuva vesikasvillisuudesta ja sen muutoksista. Alueilla, joilla vesikasvillisuus on hyvin kehittynyt ja joilla litoraalialueen kalat ovat tärkeitä kalastukselle, ilmakuvaus esim. viiden vuoden välein on suositeltava.

Eläinplankton

Kaikki Suomessa esiintyvien kalojen poikaset ovat riippuvaisia eläinplanktonista. On esitetty teorioita, joiden mukaan saatavilla oleva eläinplanktonravinto voi määrätä syntyvän vuosiluokan koon (Jones 1973, Cushing & Dickson 1976, Salojärvi ym. 1981). Parmanne ja Sjöblom (1984) ovat myös osoittaneet, että Suomen rannikon silakkakantojen vuosiluokkien vahvuus voidaan ennustaa kopepoties nauplius -vaiheen toukkien runsauden perusteella. Eläinplanktontutkimukset voivat siten antaa arvokkaita viitteitä poikasten ja planktonia syövien kalojen ravintotilanteesta. Eläinplanktontuotantotutkimukset ovat kuitenkin vaativia ja kalliita, joten niitä voidaan toteuttaa vain suurimmissa hankkeissa.

Eläinplanktontutkimuksissa näytteitä on otettava usein ja alueilta, jotka ovat edustavia. Jos tavoitteena on esimerkiksi selvittää eläinplanktonin merkitystä litoraalin kalanpoikasille, näytteet on otettava ranta-alueilta ja selvitettävä planktonin alueellista jakautumista. Eläinplanktonin ajallinen ja paikallinen vaihtelu sekä tuotanto on selvitettävä, mikä vaatii viikottaisia näytteitä. Tutkimusmenetelmiä ovat käsitelleet Edmondson ja Winberg (1971), Hakkari (1978), Selin ja Hakkari (1982) ja Selin ym. (1981).

Pohjaeläimet

Monet pohjaeläinlajit ovat hyviä indikaattoreita, kun selvitetään veden laadussa tapahtuneita muutoksia (Leppäkoski 1975, Rajasilta & Vuorinen 1980, Bonsdorff 1980). Koska pohjaeläimet ovat kalojen ravintoeläimiä, muutokset pohjaeläinyhteisössä vaikuttavat kalojen ravintotilanteeseen (Grimås 1962, 1965, Heikinheimo-Schmid 1982). Muutoksen suuruuden määrällinen arviointi on kuitenkin vaikeaa, koska rutiinitutkimuksissa selvitetään yleensä vain pohjaeläinten biomassa, ei niiden tuotantoa. Pohjaeläintutkimuksissa näytteenottopisteiden valinta on ratkaiseva. Pohjaeläimet eivät ole tasaisesti jakautuneet, ja liian vähillä näyttepisteillä voidaan päätyä virheellisiin johtopäätöksiin pohjaeläinten tiheydestä. Yleisimpien näytteenottimien heikko toiminta kovilla pohjilla ja pohjaeläinten biomassan vuodenaikainen vaihtelu voivat aiheuttaa samantyyppisiä virheitä. Pohjaeläintutkimuksista on tekeillä yhteispohjoismaiset ohjeet, jotka valmistuvat v. 1984 aikana (J. Sarvala, henk. koht. ilm.). Pohjaeläinten tuotantotutkimuksia on käsitelty mm. Winberg (1971).

KIRJALLISUUS

- ALABASTER, J. S. & LLOYD, R. 1980: Water quality criteria for freshwater fish. - Butterworths. 297 s.
- ALMER, B. & HANSON, M. 1980: Förurningseffekter i västkustsjöar. - Information från Sötvattenslaboratoriet. Drottningholm 5. 44 s.
- ARVOLA, I. 1978: Kutualueiden ja -syvyyden arvioimisesta pumppunoutimen avulla. - Suomen kalastuslehti 85(6): 148-150.
- BAGGE, P. & ILUS, E. 1975: Ferrosulfaatin ja sitä sisältävien jätevesien akuutista myrkyllisyydestä murtovedessä. - Meri 3: 46-64.
- BERG, N. 1983: Chemical and sensory analysis of off-flavours in fish from polluted rivers in Norway. - Wat. Sci.Tech. 15: 59-65.
- BONSDORFF, E. 1980: Pohjaeläimistön kehitys Raisionlahdessa 1976-1979. - Lounais-Suomen Vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 48: 83-94.
- CHRISTIE, W. J. & REGIER, H. A. 1973: Temperature as a major factor influencing reproductive success of fish - two examples. - Rapp. P.-V. Revn. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 164: 208-218.
- CLADY, M. D. 1977: Decline in abundance and survival of three benthic fishes in relation to reduced oxygen levels in a eutropic lake. - Am. Midl. Nat. 97: 419-432.
- COBLE, D. W. 1982: Fish populations in relation to dissolved oxygen in the Wisconsin River. - Trans. Am. Fish. Soc. 111: 612-624.
- CUSHING, D. H. & DICKSON, .. 1976: The biological response in the sea to climatic changes. - Adv. Mar. Biol. 14: 1-122.
- DICKSON, W. 1975: The acidification of Swedish lakes. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 54: 8-20.
- DILL, W. A., KELLEY, D. W. & FRASER, J. C. 1975: Water- and land-use development and the aquatic environment - problems and solutions. - FAO Fish. Tech. Pap. 141. 10 s.
- DOUDOROFF, P. & SHUMWAY, D. L. 1970: Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes. - FAO Fish. Tech. Pap. 86:1-291.
- DRABLOS, D. & TOLLAN, A. (TOIM.) 1980: Ecological impact of acid precipitation. Proceedings of an international conference, Sandefjord, Norway.
- EDMONDSON, W. T. & WINBERG, G. G. (toim.) 1971: A manual of methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. - IBP handbook 17. Blackwell. London. 358 s.

- EIFAC 1968: Water quality criteria for European freshwater fish. Report on extreme pH values and inland fisheries. - EIFAC techn. paper 4.
- EIFAC 1973: Water quality criteria for European freshwater fish. Report on zinc and freshwater fish. - EIFAC techn. paper 21: 1-22.
- ELORANTA, J. ym. 1981: Vesistön tilan ennustamismallien soveltamiselvitys. - Suomen Itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Teollisuuden jätevesiprojekti. Helsinki. TESI 9.1. 208s.
- ERICHSEN-JONES, J. R. 1969: Fish and river pollution. - London 203 s.
- GRIMÅS, U. 1962: The effects of increased water level fluctuation upon the bottom fauna in lake Blåsjön, Northern Sweden. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 44: 14-41.
- GRIMÅS, U. 1965: The short term effects of artificial water level fluctuations upon the littoral fauna of lake Kultsjön, Northern Sweden. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 46: 5-21.
- HAKKARI, L. 1978: On the productivity and ecology of zooplankton and its role as food for fish in some lakes in Central Finland. - Biol. Res. Reports from the Univ. of Jyväskylä 4. 87 s.
- HAKKARI, L. 1979: Vedenkorkeuden säännöstelyn vaikutukset ja vahinkojen aviointi. - Teoksessa: Auvinen, H. & Muhonen, J. (toim.): Kalatalousvahinkojen arviointi, komepnsointi ja korvaaminen. Vesi- ja kalatalousmiehet ry. Helsinki. s. 45-52.
- HEIKINHEIMO-SCHMID, O. 1982: Siian ravinnosta luonnontilaisessa ja säännösteltyssä järvessä. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 4. 64 s.
- HEINONEN, P., HERVE, S. & YLI-KARJANMAA, S. 1984: A method for estimation of sliming of nets in lake waters. - Aqua Fennica 14(1): 59-64.
- HUDD, R., HILDÉN, M., URHO, L. & AXELL, M.-B. & JÄFS, L.-A. 1984: Kyröjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalousselvitys 1980-82. - Vesihallitus. Tiedotus (painossa).
- HÄKKILÄ, K. 1980: Pohjasedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetalleista Porin edustan merialueella. Vesihallitus. Tiedotus 190, 39 s.
- JONES, R. 1973: Density dependent regulation of the numbers of cod and haddock. - Rapp. Pv. Revn. Cons. Int. Explor. Mer. 164: 156-173.

- JOHNSON, R. E. (toim.) 1982: Acid rain/fisheries. - American Fisheries Society. 357 s.
- JÄRVINEN, A. 1983: Silmävikaisten silakoiden esiintymisestä Selkämerellä. - Merentutkimuslaitos, Meri 12: 213-224.
- KARÅS, P. & NEUMAN, E. 1981: First year growth of perch (Perca fluviatilis L.) and roach (Rutilus rutilus(L.)) in a heated Baltic Bay. - Inst. of Freshwater Research. Drottningholm. Report 59: 48-63.
- KUUSI, T. & SUIKKO, M. 1983: Occurrence of various off-flavours in fish in Finland from 1969 to 1981. - Wat. Sci. Tech. 15: 47-58.
- LE CREN, E. D. & LOWE-McCONNEL, R. H. (toim.) 1980: The functioning of freshwater ecosystems. - International Biological Programme 22. Cambridge university press, Cambridge. 588 s.
- LEHTONEN, H. 1976: Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellisen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6: 1-261 s.
- LEHTONEN, H. & HILDÉN, M. 1980: Likaantumisen vaikutukset Suomenlahden kalakantoihin ja kalastukseen. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Tiedonantoja 15: 12-26.
- LEPPÄKOSKI, E. 1975: Assessment of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish water environments. - Acta. Acad. Aboensis B 35(2): 1-90.
- LIEBMANN, H. 1960: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie II. 1049 s.
- MUNDIE, J. H. 1979: The regulated stream and salmon management. - Teoksessa: Ward, J. V. & Stanford, J. A. (toim.) The ecology of regulated streams. Plenum. New York. S: 307-320.
- NEUMAN, E. 1979: Activity of perch, Perca fluviatilis L. and roach, Rutilus rutilus (L.) in a Baltic Bay, with special reference. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 58: 107-125.
- NEUMAN, H. R. & NEWCOMBE, C. P. 1977: Minimum acceptable stream flows in British Columbia: A review. - Fisheries Management Rep. 7+. B. C. Fish and Wildlife branch, Victoria. B. C. 49 s.
- NYMAN, L. 1975: Behaviour of fish influenced by hotwater effluents as observed by ultrasonic tracking. - Inst. Freshwater Research Drottningholm. Report 54: 63-74.
- NISSINEN, T. 1972: Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun (Coregonus albula L.) kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvessä. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Tiedonantoja 1: 1-114.

- PARMANNE, R. & SJÖBLOM, V. 1984: The abundance of spring spawning Baltic herring larvae in the seas around Finland in 1982 and 1983 and the correlation between the zooplankton abundance and the herring year class strength. - ICES C. M. 1984/J: 18. 21 s.
- PERSSON, P.-E. 1982: The etiology of muddy odour in water and fish. - Finnish Fish. Res. 4: 1-13.
- PERSSON, P.-E. 1984: Kalojen aistinvarainen arviointi. Suositukset kalojen haju- ja makuvirheiden tutkimiseksi. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja (painossa).
- PERSSON, P.-E., YURKOWSKI, M. & MARSHALL, E. (toim.) 1983: Taste and odour in waters and aquatic organisms. - Water Science & Technology 15: 1-333.
- PETERKA, I. J. & KENT, J.S. 1976: Dissolved oxygen, temperature and survival stes. - Ecological Research Series PB 266 139, VS. EPA -600/3-76 -113. 36 s.
- RAJASILTA, M. & VUORINEN, I. 1980: Pohjaeläimistö merialueella Naantali-Turku-Parainen v. 1979. - Lounais-Suomen Vesien-suojeluyhdistys ry. Julkaisu 48: 57-82.
- RASK, M. 1983: The effect of low pH on perch, Perca fluviatilis L. Effects of low pH on the development of eggs of perch. - Ann. Zool. Fennici 20: 73-76.
- RASK, M. 1984: The effects of low pH on perch, Perca fluviatilis L. II. The effect of acid stress on different development stages of perch. III The perch population in a small, acidic, extremely humic forest lake. - Ann. Zool. Fennici 21: 9-13, 15-22.
- RAUTALAHTI-MIETTINEN, E., SARKKULA, J. & VIRTANEN, M. 1982: The effects of a pulp mill on an ice covered lake system. - Teoksessa: Proceedings of the Nordic Expert Meeting on Water Quality Models in Water Management. Suomen Akatemia. Julkaisu 3/1982. Helsinki s. 152-164.
- REUNA, M. 1977: Vedenkorkeuden kymmenvuotiskeskisarvoja ja -ääriarvoja. Vesihallitus, Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 21. 263 s.
- REUNA, M. 1979: Vedenkorkeuden aikakäyriä ja pysyvyyksiä. - Vesihallitus. vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 33. 87 s.
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1981: Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja 1 277 s. + liitteet.

- SELIN, P., KOKKO, H. & HAKKARI, L. 1981: Sulfiittiselluteollisuuden jätevesien liikaaman Lievestuoreen järven pelagiaalin ravintoketjututkimus. - Jyväskylän yliopiston Biol. lait. Tiedonantoja 26: 1-110.
- SELIN, P. & HAKKARI, L. 1982: The diversity, biomass and production of zooplankton in lake Inarijärvi. - Teoksessa: Ilmavirta, V. Jones, R. I. & Persson, P.-E. Lakes and water management. D. W. Junk. 55-59.
- SOLOMON, D. J. & PATERSON, D. 1980: Influence of natural and regulated streamflow on survival of brown trout (Salmo trutta L.) in a chalkstream. - Eviron. Biol. Fish. 5: 379-382.
- SUNDBÄCK, K. 1977: Lokan tekojärven kalataloustutkimuksen tulokset sekä kalastusta ja kalakantojen hoitoa koskeva suunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 9: 68-89.
- THURSTON, R.V., RUSSO, R. C., FETTEROLF, JR. C. M., EDSALL, T. A. & BARBER, JR. Y.M. (toim.) 1979: A review of the EPA red book: Quality criteria for water. - Water quality section, American Society, Bethesda, MD 313 s.
- TIITINEN, J. 1982: Muikkukantojen runsauden vaihtelut Lappajärvessä mätitutkimusten ja saalistietojen perusteella. - Vesihallitus. Tiedotus 220.
- WEDEMEYER, G. A., MEYER, F. P., SMITH, L. 1976: Environmental stress and fish diseases. - Diseases of fishes. Book 5. T. F. H. Publications. 192 s.
- VESIENTUTKIMUSLAITOS 1980: Hydrologian vuosikirja 1976-77. - Vesihallitus, vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 35. 193 s.
- WESTMAN, K. 1974: Uljuan tekoaltaan rakentamisen vaikutukset alapuolisen Siikajoen rapukantoihin v. 1969 - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 1: 37-55.
- WILKONSKA, H. & ZUROMSKA, H. 1982: Effect of environmental factors and egg quality on the mortality of spawn in Coregonus albula (L.) and Coregonus lavaretus (L.). - Pol. Arch. Hydrobiol. 29: 123-157.
- WINBERG, G. G. (toim.) 1971: Methods for the estimation of production of aquatic animals. - Academic Press. London. 175 s.
- VIRTANEN, M. & SARKKULA, J. 1982: Local hydrophysical model applications off the Finnish coast.
- ZUROMSKA, H. 1982: Egg mortality and its causes in Coregonus albula (L.) and Coregonus lavaretus (L.) in two Masurian lakes. - Pol. Arch. hydrobiol. 29: 29-69.

5. KALAKANTOIHIIN JA KALASTUKSEEN KOHDISTUVA TARKKAILU

5.1. Yleistä

Nykyaikainen kalataloustutkimus pyrkii kvantitatiivisiin tutkimuksiin kalakantojen ja kalastuksen muutoksista ja muutosnopeuksista. Terminologia on suurimmaksi osaksi vakiintunut englanninkielisessä kirjallisuudessa, mutta vakiintunutta suomenkielistä sanastoa ei vielä ole. Sekaannusten välttämiseksi on liitteessä 1 esitetty sanasto, josta ilmenevät ehdotetut suomenkieliset termit, niiden englanninkieliset vastineet ja määritelmät.

5.2. Tarkkailun kohteet

Luvussa 3 kuvataan yleisesti ympäristönmuutosten vaikutuksia kalakantoihin ja kalastukseen. Ennen kuin tarkkailuohjelma laaditaan on kuitenkin määriteltävä kalatalousjärjestelmän keskeisimmät muuttujat ja hahmoteltava niiden väliset suhteet. Tämän helpottamiseksi on seuraavassa esitetty kalataloustarkkailussa kysymykseen tulevat muuttujat. Luettelosta voidaan poimia ko. tapauksen olennaiset muuttujat ja sen jälkeen tehdä ohjelma, jolla pyritään seuraamaan kyseisiä muuttujia. Vastaavaa menettelyä ovat suositelleet Rosenberg ym. (1981).

1. Kalakannat

1.1 Lisääntyminen

- a) kutualueiden laajuus, laatu ja kutuaika
- b) kutuvaellus
- c) mädin määrä ja sukupuolisuhde
- d) hedelmöityminen ja alkionkehityksen onnistuminen sekä kuoriutumisprosentti

1.2 Poikaset

- a) poikasalueiden laajuus ja laatu
- b) poikasten kasvu
- c) poikasten kuolevuus
- d) poikasten määrä ja tuotanto

1.3 Nuoret ja aikuiset kalat

- a) esiintymisalueiden laajuus ja laatu
- b) kasvu ja kokojakauma
- c) kuolevuus
- d) fysiologinen tila
- e) kannan koko ja ikärakenne

2. Kalastus

2.1 Kalastajien määrä

- a) ammattimaiset kalastajat
- b) virkistys- ja kotitarvekalastajat

2.2 Pyyntialueet ja -paikat

- a) pyyntialueet
- b) pyyntipaikat (erityisesti kiinteiden pyydysten paikat)

2.3 Vesien omistusolot

- a) kalastuskunnat
- b) yksityiset vesialueet
- c) yleiset vesialueet

2.4 Kalastusrajoitukset

- a) pyydysrajoitukset
- b) pyyntirajoitukset

2.5 Veneet, välineet ja tarvikkeet

- a) aluskanta
- b) pyyntivälineet ja niiden käyttöikä
- c) kalastuksessa käytetyt rakennukset ja niiden sijainti
- d) venesatamat, maihinnousupikat, kalasatamat
- e) muu välineistö, esim. moottorikelkat, kairat ym.

2.6 Kalastukseen käytetty työ

- a) kalastusmatkojen kesto ja pituus
- b) varsinaiseen kalastukseen käytetty työ
- c) aputyövoima
- d) pyydysten puhdistukseen ja korjaukseen käytetty aika

- 2.7 Pyyntiponnistus
 - a) käytössä olevien pyydysten lukumäärä
 - b) pyydysten pyyntiaika

- 2.8 Saaliit
 - a) lajikohtainen kokonaissaalis alueittain
 - b) lajikohtaiset yksikkösaaliit alueittain
 - c) kalastajakohtaiset ja ruokakuntakohtaiset saaliit

- 2.9 Saaliin käyttö
 - a) myynti tuoreena ihmisravinnoksi
 - b) myynti rehuksi
 - c) jalostus
 - d) oma käyttö

- 2.10 Kalastuksen tuotto
 - a) saaliin hinta
 - b) kalastuskustannukset
 - c) tuotto/työpanos

- 3. Kalastuksen yhteiskunnallinen merkitys
 - 3.1 Kalastus työllistäjänä
 - a) pääammatti- ja sivuammattikalastajien määrä
 - b) saaliiden keräily, jalostus ja markkinointi
 - c) pyydysten ja pyyntivälineiden valmistus ja markkinointi
 - d) matkailuelinkeino

 - 3.2 Kunnan ja valtion verotulot
 - a) kalastajien verot
 - b) kalastukseen liittyvien elinkeinojen verot

 - 3.3 Saaliin markkinointi
 - a) kalastajan oma myynti
 - b) vähittäiskauppa
 - c) tukkukauppa
 - d) jalostuslaitokset
 - e) markkinointialueen laajuus

3.4 Virkistysarvo

- a) virkistys- ja kotitarvekalastajien määrä
- b) virkistyskalastuksen arvo
- c) saaliin merkitys kotitalouksien toimeentulolle

3.5 Kalastuksen potentiaalinen merkitys

- a) virkistyskäyttömahdollisuudet
- b) kalastuksen kehitysmahdollisuudet

5.3. Kalataloustarkkailuohjelman laajuus

Tarkkailuohjelman laajuus määrätään kappaleessa 2.7. esitettyjen yleisten periaatteiden perusteella. Ohjelman laajuus määrää puolestaan montako kalatalousjärjestelmän muuttujaa (kappale 5.2.) otetaan tarkkailun kohteeksi. Suppeassa tarkkailussa seurataan vain muutamia muuttujia, jotka antavat yleiskuvan kalastuksesta ja kalakannoista. Laajassa ohjelmassa tarkkailtavia muuttujia on monta ja kalakantojen ja kalastuksen kehittymistä seurataan yksityiskohtaisesti. Suppean ja laajan ohjelman eri yhdistelmillä voidaan joka tilanteeseen luoda tarkkailuohjelma, joka on oikeassa suhteessa ympäristönmuutokseen tai kompensointi-toimenpiteeseen ja joka vastaa kalatalousviranomaisen tiedon tarpeita.

5.3.1. Ympäristönmuutoksen vaikutuksiin kohdistuva tarkkailu

Suppealla tarkkailuohjelmalla pyritään selvittämään saaliit ja kalastajamäärät sekä saamaan yleiskäsitys kalakannoista ja kalastuksen merkityksestä. Suppealla ohjelmalla tutkitaan ennen kaikkea muutoksen seurauksia, ja se voi siten toimia karkeana hälytysjärjestelmänä poikkeuksellisten muutosten varalta. Muutosten syitä ei aina pystytä selvittämään suppean tarkkailuohjelman avulla, koska luonnollisten kannanmuutosten ja ympäristönmuutosten aiheuttamien kannanmuutosten erottaminen voi olla ylivoimainen tehtävä. Suppean tarkkailuohjelman runko on esitetty taulukossa 7. Tutkimukset voidaan tehdä kokonaan tiedustelujen ja kirjallisuusselvitysten avulla. Laajalla tarkkailuohjelmalla selvitetään kalatalousjärjestelmän rakennetta ja toimintaa ja pyritään selvittämään myös kalakannoissa ja kalastuksessa tapahtuneiden muutosten syyt. Siksi siihen sisältyvät tutkimukset tärkeimpien kalakantojen populaatiodynamiikasta, kalastuksen

kehittymisestä sekä kalastuksen merkityksestä. Laaja ohjelma edellyttää tiedustelujen ja kirjallisuusselvitysten lisäksi mm. populaationäytteiden keräämistä tärkeimmistä kalakannoista, kalastuskirjanpitoa ja mahdollisesti erilaisten kokeellisten menetelmien soveltamista. Laajan tarkkailuohjelman runko on esitetty taulukossa 8. Tutkimusmenetelmiä on tarkemmin kuvattu luvuissa 6-11.

5.3.2. Istutuksiin kohdistuva tarkkailu

Suppea ohjelma antaa yleiskäsityksen istutusten onnistumisesta, istutusten merkityksestä kalastukselle ja karkean arvion istutusten kannattavuudesta. Jos istutettu laji tai helposti erotettava muoto esiintyy ennestään tarkkailualueella, suppealla ohjelmalla ei pystytä erottamaan onnistunutta istutusta vahvasta luonnollisesta vuosiluokasta, ja saatu tulos voi siten olla liian optimistinen. Suppean istutustarkkailuohjelman runko saadaan taulukosta 7, kun siihen lisätään selvitykset istutusmääristä ja mahdollisesti istutetun populaation vaelluksista. Ohjelmaa, johon sisältyy vähemmän selvitettäviä tekijöitä kuin taulukossa 7 esitetyt, ei kannata toteuttaa.

Taulukko 7. Tarkkailututkimuksen laajuus eri tapauksissa.

Suppea ja laaja ohjelma sekä niiden toteuttamismenetelmät.
 T = tiedustelun avulla selvitettävissä, N = edellyttää näytteenottoa, S = selvitys, jossa myös selvitetään tilanteen kehitystä sekä etsitään jo julkaistuja tietoja, K = kirjanpito, KL = kaikuluotaus, M = merkintä, VPA = populaatioanalyysi, Y/R = saaliin rekryyttiä kohti antava kalakantamalli, L = laboratoriokokeita.

LAAJUUS

MENETELMÄ

I SUPPEA OHJELMA

1. Kalakannat

a) Lajisto

S, T

b) Tunnetut kutualueet

S, T

2. Kalastus

a) Kalastajien määrä (ammattimaiset kalastajat, kotitarve- ja virkistyskalastajat)

S, T

b) Pyyntialueet

S, T

- | | |
|---|------|
| c) Pyyntivälineet | S, T |
| d) Pyyntiponnistus | S, T |
| e) Kalastuksen ajoittuminen | S, T |
| f) Lajikohtaiset kokonaissaaliit | S, T |
| 3. Kalastuksen merkitys | |
| a) Saaliin käyttö | S, T |
| b) Tulos kalastuksesta | S, T |
| c) Kalastuksen kehittämismahdollisuudet | S, T |
| d) Kalastuksen merkitys toimeentulolle | S, T |

II LAAJA OHJELMA

MENETELMÄ

1. Kalakannat

1.1. Lisääntyminen

- | | |
|---|------------|
| a) Kutualueet ja niiden laajuus | S, T, N |
| b) Kutuvaellukset ja kudun ajoittuminen | S, T, N |
| c) Mädin eloonjääminen | S, T, N, L |

1.2. Poikaset

- | | |
|---|---------|
| a) Poikasalueiden laajuus | S, T, N |
| b) Tärkeiden tai esimerkkilajien poikastuotanto | N |
| c) Poikasten eloonjääminen | N, L |

1.3. Nuoret ja aikuiset

- | | |
|----------------------|----------------|
| a) Vaellukset | S, T, M, KL |
| b) Käyttäytyminen | S, T, N, L |
| c) Kasvu | S, N |
| d) Kuolevuus | S, N, VPA, Y/R |
| e) Rekryyttien määrä | S, N, VPA |
| f) Kannan koko | S, VPA, KL |

2. Kalastus

2.1. Kalastajien määrä

- | | |
|---|------|
| a) Ammattikalastajien määrä | S, T |
| b) Kotitarve- ja virkistyskalastajien määrä | S, T |

2.2. Pyyntialueet, -paikat ja -ajat

S, T (K)

2.3. Veneet, muut välineet ja tarvikkeet

S, T

2.4. Kalastukseen käytetty työ

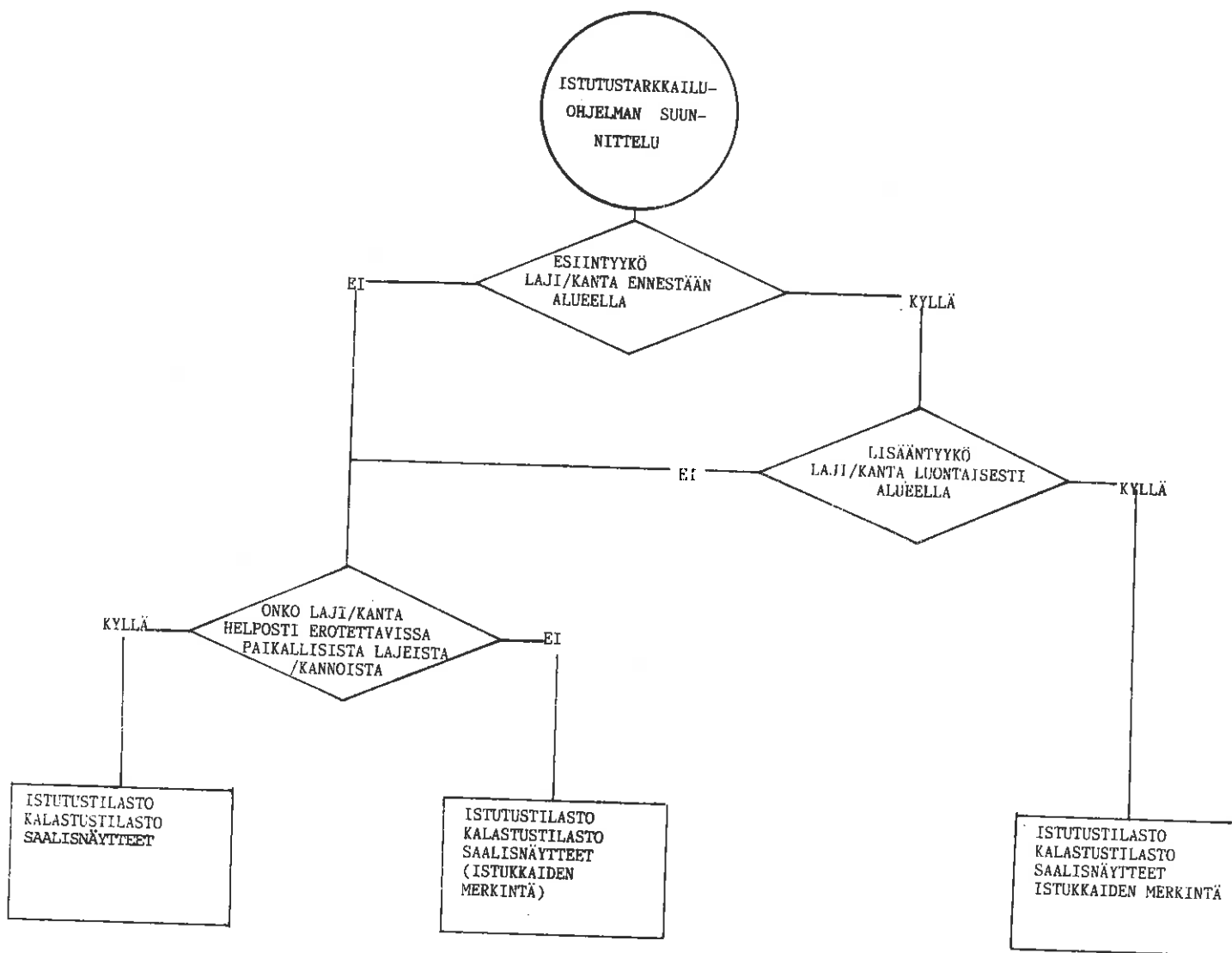
S, T, K

- 2.5. Pyyntiponnistus S, T, K
- 2.6. Kalastuksen ajoittuminen S, T, K
- 2.7. Saaliit
- a) Kokonaissaaliit/alue S, T, K
- b) Yksikkösaaliit S, T, K
- c) Saaliiden ikä- ja kokojakauma (tärkeimmät lajit) N
- 2.8. Saaliin käyttö ja käyttökelpoisuus S, T, K, N
- 2.9. Ammattikalastuksen tuotto S, T, K
3. Kalastuksen yhteiskunnallinen merkitys
- 3.1. Kalastus työllistäjänä
- a) Kalastajat S, T
- b) Kalastukseen liittyvät elinkeinot S, T
- 3.2. Saaliin markkinointi S, T
- 3.3. Kalastuksen merkitys toimeentulolle S, T
- a) Ammattimainen kalastus
- b) Kotitarve- ja virkistyskalastus
- 3.4. Potentiaalinen merkitys
- a) Virkistyskäyttömahdollisuudet T, S, VPA, Y/R
- b) Kalastuksen kehittymismahdollisuudet T, S, VPA, Y/R, K, KL

Laajalla istutustarkkailuohjelmalla selvitetään yksityiskohtaisesti istutusten tuloksellisuus, istutusten merkitys paikalliselle kalataloudelle ja istutusten kannattavuus. Laajan tarkkailuohjelman runko saadaan taulukosta 7, kun siihen lisätään selvitykset istutusmääristä, istutetun populaation dynamiikasta ja vaelluksista sekä tutkimukset istutusten kannattavuudesta. Ohjelman yksityiskohtainen rakenne on kuitenkin riippuvainen istutettavista kannoista ja istutusvesistön kalayhteisöstä. Kuvan 6 perusteella voidaan selvittää tarkkailuohjelman yksityiskohtainen rakenne. Näytteenoton laajuus on riippuvainen istutettujen kalojen liikkumisalueesta, istutetun lajin kokonaissaaliista ko. alueelta sekä istutettujen kalojen kokonaismäärästä, niiden kasvusta ja kuolevuudesta. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea, montako näytettä luotettava arvio istutusten tuloksellisuudesta edellyttää.

5.3.3. Muihin kompensatiotoimenpiteisiin kohdistuva tarkkailu

Tähän asti istutukset ovat olleet tärkeimpiä kompensatiotoimenpiteitä. Periaatteessa kalakantojen hoitotoimenpiteet, vesistöjen kunnostaminen sekä kalateiden ja -portaiden rakentaminen tms. ovat myös mahdollisia kompensatiotoimenpiteitä. Silloinkin suppealla tarkkailuohjelmalla tutkitaan lähinnä vesistöissä tapahtuneiden muutosten seurauksia, ts. saaliita ja kalastajamääriä. Suppean tarkkailuohjelman lähtökohtana voidaan pitää taulukossa 7 esitettyä runkoa. Laajalla tarkkailuohjelmalla selvitetään kompensatiotoimenpiteen tuloksellisuutta yksityiskohtaisesti ja tutkitaan toimenpiteen aiheuttamia muutoksia vesistöissä ja sen eliöyhteisössä. Lähtökohtana voidaan käyttää taulukossa 7 esitettyä laajaa ohjelmารunkoa. Kompensatiotoimenpiteen luonteen perusteella siihen voidaan liittää erityisiä selvityksiä.



Kuva 6. Tarkkailuohjelman rakenne eri istutustarkkailutapauksissa. Tarkkailun suorittajalta edellytettävät toimenpiteet on esitetty suorakulmioissa.

5.4. Katsaus kalataloudellisiin tarkkailumenetelmiin

Kalataloudelliset tarkkailumenetelmät voidaan jakaa viiteen ryhmään tutkimuskohteen perusteella.

- 1) Tutkimukset kalayhteisön rakenteesta
- 2) Kalakantatutkimukset
- 3) Tutkimukset kalastuksen ja saaliiden kehityksestä
- 4) Tutkimukset kalastuksen merkityksestä
- 5) Laboratoriotutkimukset ja kokeelliset tutkimukset
- 6) Erillisselvitykset

Kun näiden eri tutkimustyyppien tulokset yhdistetään, voidaan luoda kokonaiskuva kalatalousjärjestelmän rakenteesta ja toiminnasta. Seuraavassa esitetään tarkkailututkimuksissa käyttökelpoiset menetelmät. Tarkkoja menetelmäselostuksia on annettu kuitenkin vain, jos kattavia menetelmäkuvauskuvaus ei ole muualla julkaistu. Sen sijaan on pyritty tuomaan esille tarkkailututkimuksissa huomioon otettavia seikkoja ja eräissä tapauksissa on esitetty minimivaatimuksia näytteenoton suhteen.

Tutkimukset kalayhteisön rakenteesta (luku 6)

Kalayhteisön rakenne muuttuu verrattain herkästi ulkoisten olosuhteiden mukaan (esim. Leach ym. 1977, Svärdsen & Molin 1981). Täydellistä kuvaa eri lajien suhteellisista runsauksista ei tarkkailututkimuksissa saada (pikkujärvien kalayhteisöjä lukuunottamatta), mutta on mahdollista seurata joitakin osia yhteisössä. Kyseeseen tulevia menetelmiä ovat

- a) koekalastukset
- b) kalastustiedustelut ja kalastuskirjanpito.

Kalakantatutkimukset (luku 7)

Populaatiotutkimuksen lähtökohtana on hyvin rajattu kanta (Cushing 1981). Tutkittavien populaatioiden esiintymisalueet on siis rajattava. Jos rajat eivät ennestään ole selvät, voidaan rajaamiseen käyttää

- a) kalamerkintöjä
- b) pyyntialueita ja pyynnin ajoittumista
- c) kutualuekartoituksia

Populaation dynamiikan selvittäminen perustuu

- a) kasvututkimuksiin

- b) kuolevuusmäärityksiin
- c) tutkimuksiin populaation koosta

Velvoitetarkkailussa selvitetään yleensä vain jonkun osapopulaation dynamiikka ja siksi on käytännöllistä erottaa poikastutkimukset omaksi ryhmäkseen. Kasvu- ja kuolevuustutkimuksen tuloksia käytetään myös populaatiomalleissa. Tässä on esitetty kaksi yleistä mallityyppiä, populaatioanalyysimallit, jolla voidaan arvioida kannan koko ja kalastuskuolevuus sekä saaliin rekryyttiä kohti antavat mallit, jotka soveltuvat kalastuksen optimointiongelmien selvittämiseen.

Tutkimukset kalastuksen ja saaliiden kehityksestä (luku 8)

Muutokset kalakannoissa muuttavat usein kalastusta, mutta myös yhteiskunnalliset ja taloudelliset tekijät vaikuttavat kalastukseen. Kalastuksen ja saaliiden seuranta on välttämätöntä jokaisessa kalataloustarkkailussa. Menetelmät ovat

- a) kalastustiedustelu
- b) kalastuskirjanpito

Tutkimukset kalastuksen merkityksestä (luku 9)

Kalastuksella on sekä yksityistaloudellista että yhteiskunnallista merkitystä. Tarkkailussa voidaan kuitenkin vain harvoin syventyä taloudellisiin muuttujiin. Koska tarkkailututkimuksin tästä huolimatta pyritään selvittämään myös syyt kalastuksen muuttumiseen, on kalastuksen taloudellisesta ja yhteiskunnallisesta merkityksestä saatava käsitys. Tarkkailussa on siksi kiinnitettävä huomiota a) ammattimaisen kalastuksen kannattavuuteen, sekä b) kotitarvekalastuksen taloudelliseen merkitykseen. Kalastuksen yhteiskunnallinen merkitys kuvastuu esimerkiksi c) elinkeinorakenteessa ja d) kalastuksen virkistysarvossa. Tässä yhteydessä näitä kysymyksiä on käsitelty lähinnä teoreettisesti ja pyritty kuvaamaan miten ne voidaan ottaa huomioon tarkkailussa. Varsinaisia tutkimuksia aiheista ei kuitenkaan suositella rutiinitarkkailussa.

Tarkkailussa käytettävät laboratoriotutkimukset ja kokeelliset tutkimukset (luku 10)

Tässä yhteydessä käsiteltyjen laboratoriotutkimusten ja kokeellisten tutkimusten tavoitteena on etsiä mahdolliset syyt kalakan-
noissa havaittuihin muutoksiin ja selvittää kalojen käyttökelpoi-
suus ihmisravinnoksi. Useista menetelmistä on lukuisia muunnelmia.
Koska vertailevia menetelmätutkimuksia ei ole tehty, ei ohjeiden
antamista menetelmien käytöstä ole katsottu aiheelliseksi tässä
yhteydessä. Joistakin menetelmistä ohjeita on julkaistu muualla.
Menetelmiä ja eräitä huomioita niiden soveltamisesta on kuitenkin
esitetty lyhyesti. Seuraavia menetelmiä ja menetelmäkokonai-
suuksia on käsitelty.

- a) Jätevesien vaikutusten tutkiminen ekotoksikologisilla menetelmillä
- b) Ympäristömyrkkypitoisuuksien määrittäminen
- c) Haju- ja makuhaittojen määrittäminen

Erillisselvitykset (luku 11)

Moniin tarkkailututkimuksiin on mielekästä liittää erillissel-
vityksiä, jotka täydentävät kuvaa tarkkailualueesta, sen kalakan-
noista ja kalastuksesta. Tässä yhteydessä on käsitelty vain pyy-
dysten likaantumista ja rikkoontumista, mutta on ilmeistä, että
erillisselvitykset on osa-alue, joka vaatii runsaasti jatkokehit-
telyä. Esimerkiksi kalojen käyttäytymistutkimukset ja kalojen
ravintotutkimukset ansaitisivat omat lukunsa.

KIRJALLISUUS

- CUSHING, O. H. 1981: Fisheries Biology 2nd ed. Wisconsin. 245s.
LEACH, J.H., JOHNSON, M. G., MINNS, C. K., LOFTUS, K. H., CREIG,
L. & OLVER, C. H. 1977: Responses of percid fishes and
their habitats to eutrophication. - J. Fish. Res. Board Can
34: 164-1971.
ROSENBERG, D. M.y.m. 1981: Recent trends in environmental impact
assessment. - Can. J. Fis. Aquat. Sci 38: 591-524.
SVÄRDSON, G. & MOLIN, G. 1981: The impact of eutrophication and
climate on a warmwater fish community. - Rep. Freshw. Res.
Drottningholm 59:142-151.

6. KALAYHTEISÖN RAKENTEEEN TARKKAILU

6.1. Kalayhteisön rakenteen tarkkailu koekalastuksen avulla

Koekalastusten eräänä tavoitteena on selvittää eri lajien suhteellisia osuuksia tarkkailtavassa kalayhteisössä. Koekalastusten avulla voidaan seurata määrättyä osaa kalayhteisöstä.

6.1.1. Verkkokalastus

Johdanto

Verkkokalastus on yleisimpiä kalataloudellisia tarkkailumenetelmiä. Yleensä tavoitteena on ollut saada kuva kalayhteisön rakenteesta ja eri lajien suhteellisista runsauksista. Menetelmää on Suomessa pyritty standardisoimaan (Vekary). Myös Ruotsissa on esitetty verkkostandardeja (Neuman 1983).

Käyttökelpoisuus tarkkailututkimuksessa

Kalayhteisön rakenne muuttuu verrattain nopeasti ulkoisten muutosten vaikutuksesta ja on siten hyvä tarkkailun kohde. Ongelmana on kuitenkin, että mikään yksittäinen menetelmä ei anna täydellistä kuvaa vesistön kalayhteisöstä ja eri lajien runsaussuhteista. Siksi on käytettävä mahdollisimman standardoitua menetelmää, joka antaa samalla tavalla harhaisen kuvan tilanteesta eri alueilla. Tällaista ideaalimenetelmää ei välttämättä ole olemassa, koska pyyntialueen morfologia ja morfometria sekä pyyntiajankohta voivat muuttaa harhan suuntaa ja suuruutta. Menetelmä ei myöskään anna mitään kuvaa kalakantojen dynamiikasta, jos kalojen ikää, kasvunopeutta ja kuolevuutta ei tunneta. Lisäongelmana velvoitetarkkailussa on, että harhaista kuvaa kalayhteisön rakenteesta ei sellaisenaan voi käyttää kompensatiotoimenpiteiden määräämisessä. Miten paljon kompensatiota seuraa esimerkiksi särjen runsautumisesta 20 % verkkosarjasaaliissa? Tähän ei ole yksiselitteistä vastausta ja siksi kalayhteisön (osa)rakennetta selvittäviä tutkimuksia ei tulisi yksinään käyttää tarkkailumenetelmiä. Sen sijaan ne voivat tukea muita selvityksiä ja täydentää kuvaa ympäristömuutoksen tai kompensatiotoimenpiteen vaikutuksista kalakantoihin ja kalastukseen. Koekalastukset ovat kuitenkin valitettavasti kalliit, ja siksi niiden käyttöä on harkittava tarkkaan.

Menetelmä

Kun pyritään tarkkailemaan osaa kalayhteisön rakenteesta, on tutkimuksen kohteeksi valittava osa harkittava huolellisesti. Tässä valinnassa voidaan käyttää s. 7 esitettyjä yleisiä valintakriteereitä.

Tarkkailun kohteiden selvittyä valitaan sopivat verkon silmäharvuudet ja verkot. Lähtökohtana voidaan pitää Vekaryn (1972) suosittamaa sarjaa, josta valitaan sopivat silmäharvuudet. Sarjaan voidaan myös lisätä silmäharvuuksia, esim. solmuvälit 17 mm, 22 mm, 30 mm, 50 mm tai 55 mm tarkkailun kohteiden mukaan. Yleensä riittää 3 - 4 silmäharvuutta. Jos tavoitteena on tutkia muikua tai silakkaa, on käytettävä näille lajeille soveltuvia erikoisverkkoja (esim. Lehtonen 1976).

Tutkimusalue jaetaan tarkkailtaviin osa-alueisiin, jotka ovat mahdollisimman yhtenäisiä. Kullekin osa-alueelle sijoitetaan 6 - 10 pyyntipaikkaa. Pyyntipaikat valitaan satunnaisesti samasta syvyydsvyöhykkeestä, jonka tulee olla joko selvästi harppauskerroksen yläpuolella tai sen alapuolella. Neumanin (1983) mukaan kalojen esiintymisen satunnaisvaihtelu on pienempää harppauskerroksen yläpuolella. Koska koko verkkojadan pitää sijaita samassa syvyydessä, on verkot laskettava rannan suuntaisesti. Pyyntipaikat on kuvailtava ja merkittävä karttaan.

Neumanin ja Thoressonin (1980) mukaan paras paikallisten kalojen pyyntikausi Ruotsin itärannikolla ja järvissä on elokuu, koska tällöin kalojen esiintymisen satunnaisvaihtelu on pienimmillään. Koska Suomen olosuhteet ovat samanlaiset, voidaan myös meillä suositella pyyntikaudeksi elokuuta. Vaelluskaloille (vaellussiika, taimen) tämä ei välttämättä päde. Jokaisella pyyntipaikalla on kalastettava useita kertoja vuosittain päivittäisen vaihtelun havaitsemiseksi. Neumanin (1983) mukaan 5 - 8 kalastuskertaa riittää yleensä luotettavan keskiarvon saamiseksi. Yhdellä pyyntipaikalla ei tule kalastaa kahta kertaa enemmän viikossa, koska silloin edellisen pyynnin tulos voi vaikuttaa seuraavan pyyntikerran saaliiseen. Pyyntiaika on vakioitava ja tavallisesti verkot on laskettava iltapäivällä ja nostettava seuraavana aamuna, jolloin pyyntiajaksi tulee 14 - 16 tuntia.

Kalastuksen yhteydessä tehdään havaintoja muista alueella tärkeistä ympäristötekijöistä ko. ympäristönmuutoksen laadun ja alueen erityispiirteiden mukaan (lämpötila, veden virtaukset ym.). Lisäksi tehdään säähavaintoja (tuuli, pilvisuus ym.).

Saaliista lasketaan lajikohtaisesti kappalemäärät ja mitataan yhteispaino. Varsinaisista tarkkailun kohteina olevista lajeista otetaan näytteet iänmäärittystä varten, koska siten saadaan aineistoja tärkeimpien lajien populaatiodynamiikan selvittämiseksi. Nämä yksilöt mitataan ja punnitaan erikseen. Jos saalis on suuri riittää noin 50 kpl satunnaisotos jokaiselta osa-alueelta. Vuotuiseksi näytemääräksi saadaan silloin noin 200 kpl/osa-alue. Jos näyttää ilmeiseltä, että näytemäärät jäävät paljon alle tämän jonkun lajin osalta, on yleensä parasta poistaa ko. laji näytteenotto-ohjelmasta ja keskittyä jäljelle jääviin. Muutaman kymmenen kalan näytteillä ei yleensä ole käyttöä.

Tulostus

Koekalastustulokset esitetään taulukoissa. Taulukoista on ainakin käytävä ilmi saaliit, keskimääräiset saaliit ja niiden hajonta sekä pyynti eri pyyntipaikoilla ja osa-alueilla. Neuman (1983) on esittänyt tilastollisen käsittelyrutiinin koekalastustuloksille. Tavoitteena on analysoida vuosien väliset muutokset saaliissa ja eri lajien saaliissa. Menetelmiä on kuvattu myös tilastotieteen käsikirjoissa (ks. luku 2). Usean vuoden aineistoon voidaan soveltaa varianssianalyysiä tai trendianalyysiä (esim. Sokal & Rohlf 1981). Menetelmien oletukset ja rajoitukset on kuitenkin muistettava.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Anttila (1972) tutki Helsingin edustan kalayhteisön rakennetta verkkosarjakalastuksen avulla ja pystyi saaliiden koostumuksen avulla rajaamaan rehevyysasteeltaan erilaisia alueita sekä tekemään havaintoja eri kalalajien siedosta rehevöitymisen suhteen.

Svårdson ja Molin (1981) seurasivat hauki-, lahna-, särki-, pasuri- ja kuhakannan kehitystä Hjälmarénin järvessä 24 vuoden ajan harvoilla verkoilla ja pystyivät havaitsemaan kuhakannan kasvun ja haukikannan vähenemisen. Neuman (1979) seurasi ahven- ja särkikantoja Ruotsin itärannikolla verkkojen ja rysiä avulla. Neumanin (1983) mielestä verkot soveltuvat hyvin kalayhteisön rakenteen tutkimiseen, edellyttäen, että olosuhteet mahdollistavat verkkokalastuksen. Joissa ja alueilla, missä veden virtaus on voimakasta, verkkoja ei tule käyttää ilman erityisjärjestelyitä, esim. verkkojen kiinnittämistä seipäiden varaan.

Em. esimerkit osoittavat, että verkkokalastuksella pystytään seuraamaan osia kalayhteisön rakenteesta. Tämä edellyttää tietysti, että saaliiden satunnaisvaihtelu on riittävän pientä tai että näytemäärät ovat suuria. Koekalastusten tilastollisia ongelmia ovat käsitelleet mm. Henderson (1980) ja Gulland (1980). Bagenal (1979) osoitti, että verkkosarjasaalis antoi epäluotettavan kuvan jopa pienten (<50 ha) järvien kalayhteisöstä, vaikka kalastus tapahtui neljänä päivänä kolmella verkkosarjalla alkusyksyllä. Craig ja Fletcher (1980) havaitsivat, että ns. yleiskatsausverkkojen antama kuva nieriä- ja ahvenkannoista oli niin vaihteleva, että aineistosta ei voitu tehdä yksityiskohtaista analyysiä. Hamley (1980) on tehnyt yhteenvedon verkkokalastukseen vaikuttavista tekijöistä ja toteaa, että mm. verkkojen selektiivisyys aiheuttaa vaikeasti hallittavia virheitä verkkokalastuksessa.

Koska verkkokalastus on kallista ja tulokset usein epävarmoja, verkkokalastusta kannattaa sisällyttää tarkkailuohjelmaan vain, kun kalastus tarkkailualueilla on vähäistä tai erikoistunutta tai siitä on hankalaa saada tietoja. Silloin verkkokalastus voi täydentää kuvaa kalayhteisön rakenteesta. Eräillä alueilla verkkokalastus voi olla hyvä keino saada näytteitä kalakannasta, kunhan selektiivisyys ym. rajoitukset otetaan huomioon.

6.1.2. Muut pyydykset

Johdanto

Muita koekalastuksissa kysymykseen tulevia pyydyksiä ovat mm. rysät, katiskat, merrat, nuotat ja troolit. Näistä ei ole yleisiä standardeja, vaan käytössä on ollut hyvin monta erityyppistä pyydystä. Tässäkään ei esitetä standardeja, koska mitään systemaattisia pyydystutkimuksia ei ole tehty.

Menetelmän käyttökelpoisuus tarkkailun kannalta

Kaikkiin pyydyksiin pätevät samat yleiset rajoitukset kuin verkkoihinkin. Kun rajoitukset muistetaan ja otetaan huomioon jo tutkimusohjelmaa suunniteltaessa, koekalastusmenetelmät voivat olla käyttökelpoisia olosuhteissa, joissa tavanomaisesta kalastuksesta saatavia tietoja on täydennettävä. Eräissä tapauksissa koekalastus voi olla ainoa tapa saada käyttökelpoisia saalis- ja populaationäytteitä.

Menetelmä

Pyydykset on valittava tutkittavien kalakantojen ja paikallisten olosuhteiden mukaan. Näin voidaan jo suunnittelun avulla vähentää osa saaliiden satunnaisvaihtelusta ja siten helpottaa tulosten tulkintaa.

Koska standardipyydyksiä ei ole, käytetyt pyydykset on kuvailtava tarkkaan. Jos pyydyksiä käytetään arvioitaessa kalakantojen runsauden muutoksia tarkkailualueella, on käytettävä samoja pyydyksiä koko tarkkailun ajan. Erilaisia pyydysmalleja ovat esittäneet mm. Backiel ja Welcomme (1980).

Tutkimusalueen jaossa ja pyyntipaikkojen valinnassa tulee noudattaa samoja periaatteita kuin verkkokalastuksessa.

Kalastuskauden valinnassa otetaan huomioon tutkittavat lajit ja pyydyksen erityispiirteet. Pyyntiaika tulee vakioida ja samaa kalastuskautta on käytettävä vuodesta toiseen.

Kalastuksen yhteydessä tehdään havaintoja tarkkailualueen muista tärkeistä ympäristötekijöistä mm. tuulista, pilvisyydestä, ym.

Saaliista määritetään lajikohtaiset kappalemäärät ja yhteispaino. Suurista saaliista kappalemäärä voidaan arvioida satunnaisnäytteen perusteella (punnitaan muutama sata kalaa). Varsinaisista tarkkailun kohteena olevista lajeista otetaan näytteet iänmääritystä varten. Suurista saaliista riittää otos (vähintään 50 kpl/osa-alue/kalastuskerta, vuotuinen näytemäärä vähintään 200 - 300 kpl/osa-alue).

Tulostus

Koekalastustulokset esitetään taulukkomuodossa. Taulukoista on ainakin käytävä ilmi saaliit, keskimääräiset saaliit ja niiden hajonta sekä pyyntiponnistus eri pyyntipaikoilla ja osa-alueilla.

Neuman (1983) on esittänyt tilastollisen käsittelyrutiinin koekalastustuloksille. Tavoitteena on analysoida vuosien väliset muutokset saaliissa ja eri lajien suhteellisissa osuuksissa. Menetelmät löytyvät myös tavanomaisista tilastotieteen käsikirjoista (ks. luku 2). Usean vuoden aineistoon voidaan soveltaa varianssianalyysiä tai trendianalyysiä (esim. Sokal & Rohlf 1981). Menetelmien rajoitukset ja perusoletukset on kuitenkin pidettävä mielessä.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Backiel ja Welcomme (1980) esittävät runsaasti esimerkkejä erilaisten pyydysten käytöstä kalakantojen runsauden arvioinnissa. Erilaisia pyydyksiä ja niiden käyttöä ovat esittäneet myös Hocutt ja Stauffer (1980). Le Cren ym. (1977) ovat katiskojen avulla seuranneet ahvenkannan muutoksia Windermeressä 25 vuoden ajan. Sjöblom ja Parmanne (1981) ovat koekalastaneet silakkaa ja kilohailia pelaagisella troolilla ja ovat havainneet eroja kalojen tiheydessä eri alueilla. Eri pyydysten rajoituksista on Bagenal (1979) kirjoittanut. Tiivistetysti voidaan sanoa, että koekalastusmenetelmät vaativat suuria näytemääriä, koska vaihtelut saaliissa ovat suuret. Riittävän laaja koekalastusohjelma tulee kalliiksi. Suppeaa kalastusohjelmaa ei taas kannata toteuttaa, jos tavoitteena on tutkia kalayhteisön rakennetta, koska sen antamat tiedot ovat epävarmoja. Näin ollen on aina harkittava tarkkaan koekalastuksien sisällyttämistä tarkkailuohjelmaan. Käyttökelpoisimmillaan koekalastukset ovat yleensä näytteiden hankinnassa populaatiotutkimuksia tms. varten.

6.2. Kalayhteisön rakenteen tarkkailu tiedustelun ja kalastuskirjanpidon avulla

Johdanto

Kalastustiedustelu kuuluu jokaiseen kalataloudelliseen tarkkailuohjelmaan ja kalastuskirjanpitoa tulisi käyttää mahdollisimman paljon. Tavoitteena on ensisijaisesti selvittää saaliita ja kalastusta, mutta samalla voidaan tehdä johtopäätöksiä kalayhteisön rakenteesta ja siinä tapahtuneista muutoksista.

Käyttökelpoisuus tarkkailututkimuksessa

Kalastajilla on usein selkeä käsitys vesistönsä kalayhteisön rakenteesta. Tämä kuva ei välttämättä ole läheskään oikea, sillä käytetyt pyydykset, kalastusperinne ja ennakkoluulot vaikuttavat käsityksiin. Siksi ei tiedustelun avulla aina saada vertailukelpoista tietoa vesistön kalayhteisöstä. Suhteellisia muutoksia voidaan kuitenkin seurata. Jos lisäksi tunnetaan käytetyt pyydykset, pyyntiponnistus, pyyntipaikat ja -alueet, voidaan suhteuttaa eri alueiden saaliit toisiinsa ja muodostaa selkeä kuva kalastuk-

sen kohteena olevan kalayhteisön osan rakenteesta. Tarkkailua häitää, että kalastus kohdistuu yleensä usean vuoden ikäisiin kaloihin. Tämä merkitsee, että muutokset kalayhteisön rakenteessa tulevat näkyviin monta vuotta varsinaisen muutoksen jälkeen, jos ympäristönmuutos kohdistuu nuorimpiin ikäluokkiin. Pelkkä kalayhteisön karkea seuranta tiedustelun ja kirjanpitokalastuksen avulla ei siten kuvaa kalakantojen tilaa tarkkailualueella riittävän tarkasti, jos kyseessä on vakavampi ympäristönmuutos tai laaja kompensatiotoimenpide. Kuvan täydentämiseksi tarvitaan tietoja kalojen populaatiodynamiikasta (luku 7).

Menetelmä, tulostus ja rajoitukset

Tiedustelu- ja kirjanpitomenetelmiä on kuvattu tarkemmin luvussa 8 (s.149-).

KIRJALLISUUS

- ANTTILA, R. 1972: Helsingin edustan merialueen kalatalous-
selvitys 1969-1972. - Helsinki, 233 s.
- BACKIEL, T. & WELCOMME, R. L. (toim.) 1980: Guidelines for sampling
fish in inland waters. - EIFAC Techn. Pap. 33. 176 s.
- BAGENAL, T. B. 1979: EIFAC fishing gear intercalibration
experiments. - EIFAC Tech. Pap. 34. 87 s.
- CRAIG, J. F. & FLETCHER, J. M. 1982: The variability in the catches
of charr, Salvelinus alpinus L. and perch, Perca
fluviatilis L. from multimesh gill nets. - J. Fish. Biol.
517-526.
- GULLAND, J. A. 1980: General concepts of sampling fish. - Teoksessa:
Backiel, T. & Welcomme, R. L. (toim.) Guidelines for sampling
fish in inland waters. - EIFAC Tech. Pap. 33: 7-12.
- HAMLEY, J.M. 1980: Sampling with gill nets. Teoksessa: Backiel,
T. & Welcomme, R. L. (toim.) Guidelines for sampling fish
in inland waters. EIFAC Tech. Pap. 33: 37-54.
- HENDERSON, H. F. 1980: Some statistical considerations in
relation to sampling populations of fishes. - Teoksessa:
Backiel, T. & Welcomme, R. L. (toim.) Guidelines for sampling
fish in inland waters. EIFAC Tech. Pap. 33: 167-176.
- HOCUTT, C. H. & STAUFFER, J. R. (toim.) 1980: Biological
monitoring of fish. - Lexington Books. Lexington. 416 s.

- LE CREN, E. D.; KIPLING, C. & McCORMACK, J. C. 1977: A study of the numbers, biomass and year-class strengths of perch (Perca fluviatilis L.) in Windermere from 1941 to 1966. - J. Anim. Ecol. 46: 281-307.
- LEHTONEN, H. 1976: Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu ja hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto, Tiedonantoja 6: 1-261.
- NEUMAN, E. 1979: Activity of perch, Perca fluviatilis L. and roach, Rutilus rutilus (L.) in a Baltic Bay with special reference to temperature. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 58: 107-125.
- NEUMAN, E. 1983: Fisk. - Teoksessa: Ryding, S.-O. (toim.): Metodunderlag for recipientkontroll. Statens Naturvårdsverk, PM (painossa).
- NEUMAN, E. & THORESSON, G. 1980: Fiskeekologiska undersökningar inom PMK, kustvatten. - Statens Naturvårdsverk, sektionen för kustvatten. 60 s. Moniste.
- SJÖBLOM, V. & PARMANNE, R. 1981: Abundance and recruitment of Baltic herring and sprat off the coast of Finland according to exploratory fishing with a pelagic trawl. - ICES C. M. 1981/J: 25. 15 s. Moniste.
- SOKAL, R. L. & ROHLF, F. J. 1981: Biometry 2nd ed. - Freeman, San Fransisco. 859 s.
- SVÄRDSON, G. & MOLIN, G. 1981: The impact of eutrophication and climate on a warmwater fish community. - Rep. Freshw. Res. Drottningholm 59: 142-151.

7. TUTKIMUKSET KALOJEN POPULAATIODYNAMIIKASTA

7.1. Merkinnot

Johdanto

Merkinnot tehdään joko merkeillä, jotka kalastajat palauttavat tai merkeillä, jotka vaativat erityisiä havainnointilaitteita tai saaliin tarkempaa tarkastelua. Suomessa jälkimmäinen merkintämenetelmä on vasta kehitteillä (Salojärvi 1981), ja sitä suositellaan velvoitetarkkailututkimuksiin vain erikoistapauksissa eikä sitä tässä käsitellä. Kalastajien merkkipalautuksiin perustuvilla merkintätutkimuksilla on sen sijaan pitkä perinne ja niitä on käytetty, kun on tutkittu populaation rajoja, vaelluksia, rodullisia eroja, kalojen ikää ja kasvua, populaation kokoa, kalojen ikää, kasvua ja kuolevuutta sekä istutusten kannattavuutta.

Käyttökelpoisuus tarkkailututkimuksissa

Merkintä on parhaimpia menetelmiä, kun selvitetään kalapopulaation alueellista esiintymistä. Merkintä luo siten pohjan muille tarkkailumenetelmille ja auttaa rajaamaan ympäristömuutoksen tai kompensatiotoimenpiteen vaikutusalueen. Merkintätulosten perusteella voidaan myös laskea populaatioparametreja ja tuloksia voidaan verrata esim. ikäjakaumasta saatuihin tuloksiin. Istutuskompensaation tuloksellisuuden selvittämisessä merkintä on monessa tapauksessa välttämätön (ks. luku 5). Merkintöjen käyttöä on helpottanut Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ATK-pohjainen merkintärekisteri.

Menetelmä

Luonnosta pyydettyjen kalojen merkintä

Kalat merkitään yleensä kutualueiden läheisyydessä, koska silloin populaatioiden erottaminen on helpointa. Kutuaikana myös riittävän suuren merkintäerän saaminen on helpointa.

Kaloja tulisi merkitä vähintään 500 kpl. Muikku, kuore ja silakka vaativat suurempia merkintäeriä (> 1 000 kpl), koska palautuksia saadaan vähemmän.

Suosittelava merkki on Carlinin merkki. Kampelalle on kehitet-

ty oma merkkityyppi (esim. Laird & Slott 1978). Silakalle, mui-
kulle ja kuoreelle on käytetty Lean merkkiä, joka soveltuu ennen
kaikkea vaellusten tutkimiseen.

Merkkien jakelua ja palautustietojen käsittelyä hoitaa Suomessa
keskitetysti Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Koska kaikki
merkit palautetaan RKTL:ään (vrt. kalastuskortti), merkintöjä ei
tule suorittaa muilla kuin RKTL:n merkeillä, paitsi pienissä sul-
jetuissa vesistöissä.

Merkintäkalojen tulee olla hyväkuntoisia ja vahingoittumatto-
mia. Merkintä tehdään mahdollisimman hellävaraisesti ja kalojen
ilmassaoloaika tulee minimoida. Soveltuvien osin tulee noudattaa
Naarmisen (1983) ohjeita. Nukutusta ei aina tarvita, vaan mer-
kintä voidaan usein tehdä ns. merkintäkehdoissa. Kestäviltä lajeilta
voidaan merkinnän yhteydessä iänmäärittämistä varten ottaa muutama
suomu, ja yksilöiden pituus voidaan mitata. Kestäviä lajeja kuten
lahnoja ja mateita voidaan myös punnita. Silakkaa, muikkua ja
kuoretta on käsiteltävä mahdollisimman vähän. Pituus voidaan
mitata ainoastaan, jos kehdon pohjaan on valmiiksi kiinnitetty
mittanauha. Usein pituusmittauskin on tarpeeton. Näyte-erän
pituusjakauma on parempi selvittää erillisen satunnaisnäytteen
avulla, jota ei merkitä.

Istutettavien kalojen merkintä

Ohjeellisena merkittävien kalojen määränä voidaan käyttää 1 -
10 % istutuserän koosta. Minimi on 1 000 merkittyä/erä. Istutet-
tavien kalojen merkintään suositellaan Carlinin merkkiä, joka
vertailututkimuksissa on antanut hyviä tuloksia (Ikonen & Auvinen
1982a).

Merkittävien kalojen käsittelyssä ja merkinnässä tulee noudat-
taa Naarmisen (1983) julkaisemia ohjeita.

Tulostus

Merkintätulokset ilmoitetaan kartoilla, joista käy ilmi merkin-
täpaikka sekä palautusten jakautuminen eri ajanjaksoille. Jaon
tavoitteena tulee olla selvittää syönnösalueiden sijainti, kutu-
vaellusreitit, kutualueet ja vaellusreitit syönnösalueelle. Vuosi
on siten jaettava jaksoihin tutkimuksen kohteena olevan lajin ja
paikallisten erityispiirteiden perusteella. Erityisesti kutuai-
kaiset merkkipalautukset on erotettava omaksi ryhmäkseen.

Merkintätulokset ilmoitetaan myös taulukoin, joista käy ilmi merkintäpalautusten jakautuminen ajan funktiona. Yleensä palautukset käsitellään vuosittain merkinnästä, mutta tarkempi jako voi olla perusteltu joissakin tapauksissa. Ricker (1975) ja Seber (1982) ovat julkaisseet tulostenkäsittelymenetelmiä, joilla voidaan laskea populaatioparametrejä merkintätulosten perusteella (ks. tarkemmin luku 7.7., 7.8.).

Istutettujen kalojen merkintätulosten perusteella arvioidaan istutuksista saatava hyöty. Virhelähteet, esim. merkittyjen ja merkitsemättömien erilainen kuolevuus, on muistettava. Laskettu suhde antaa siten minimiarvion tuloksellisuudelle.

Sovellutukset ja rajoitukset

Lehtonen (1979) selvitti merkintöjen avulla kuhan vaellukset ja esiintymisaluet sekä kuolevuuden Helsingin edustalla. Toivonen (1968) on merkinnöin tutkinut kuhakantoja eri rannikonosilla. Lehtonen ym. (1983) ovat Saaristomerellä merkintöjen avulla rajanneet eri kalakantojen esiintymisaluet. Hudd ym. (1984) käyttivät merkintöjä Kyrönjoen kalabiologisen vaikutusalueen selvittämiseksi. Vaellusiikaa on merkinnyt mm. Wikgren (1962), Lind ja Kaukoranta (1974) ja Ikonen (1982). Parmanne ja Sjöblom (1982) ovat selvittäneet silakkakantojen esiintymisaluet merkintöjen avulla. Toivonen ja Ikonen (1980) ovat merkintöjen avulla tutkineet meritaimenistutusten tuloksellisuutta ja Ikonen ja Auvinen (1982b) ovat esittäneet vastaavia tuloksia lohelle. Siikaistutusten tuloksellisuutta on selvittänyt Salojärvi (1983). Jutila (1978) on arvioinut alasvaeltavien lohismolttien määrää merkinnöin, ja arvioita nahkiaiskannan koosta merkintätietojen perusteella ovat esittäneet mm. Valtonen ja Niemi (1978).

Merkintätutkimuksia haittaavat mm. merkittyjen kalojen erilainen kuolevuus verrattuna merkitsemättömiin, merkkien irtoaminen, merkkien vaikutus pyydystettävyyteen (ks. tarkemmin Ricker (1975) tai Seber (1982)). Toisen ongelmakokonaisuuden muodostavat virheet, jotka syntyvät, kun kalastajat jättävät merkkejä palauttamatta tai kun tiedot takaisinsaantipaikasta ovat epävarmat. Vähi-ten virheet haittaavat tutkimuksia kalojen vaelluksista. Mitä enemmän tietoja merkinnöistä haluaa, sitä tarkemmin myös virhelähteet on analysoitava.

KIRJALLISUUS

- HUDD, R.; HILDÉN, M.; URHO, L.; AXELL, M.-B. & JÄFS, L.-A.
1984: Kyrönjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalous-
selvitys 1980-82. Vesihallitus. Tiedotus (painossa).
- IKONEN, E. 1982: Migration of river spawning whitefish in the
Gulf of Finland. - Finnish Fisheries Res. 4: 40-45.
- IKONEN, E. & AUVINEN, H. 1982a: Results of stocking with
Baltic salmon in Finland in 1969-1980. - ICES C. M.
1982/M: 38. 19 s. Moniste.
- IKONEN, E. & AUVINEN, H. 1982b: Results of Finnish stocking
with sea trout (Salmo trutta M. Trutta) in the
Baltic Sea in 1971-1980. - ICES C. M. 1982/M: 39. 13 s.
Moniste.
- JUTILA, E. 1978: Simojoen lohenpoikasten esiintyminen, kasvu
ja vaellus mereen. - Helsingin yliopisto, Limnologian
laitos, pro-gradu työ. 67 s. Moniste.
- LAIRD, L. M. & SLOTT, B. 1978: Marking and tagging. -
Teoksessa: Bagenal T. B. (toim.) Methods for the
assessment of fish production in fresh waters.
IBP Handbook No. 3. Blackwell. Oxford. s. 84-100.
- LEHTONEN, H. 1979: Stock assessment of pike-perch (Stizosledion
lucioperca L.) in the Helsinki sea area. - Finnish
Fisheries Research 3: 1-12.
- LEHTONEN, H., BÖHLING, P. & HILDÉN, M. 1983: Saaristo-
meren pohjoisosan kalavarat. - Riista- ja kalatalouden
tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja
julkaisuja 9: 86-140.
- LIND, E. A. & KAUKORANTA, E. 1974: Characteristics, population
structure and migration of the whitefish, Coregonus
lavaretus (L.) in the Oulujoki river. - Pohjois-
Suomen Kalatutkimus. 1974(4): 160-217.
- NAARMINEN, M. 1983: Merkintäohjeet. Riista- ja kalatalouden
tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja
(painossa).
- PARMANNE, R. & SJÖBLOM, V. 1982: Recaptures of Baltic herring
tagged off the coast of Finland in 1975-81. - ICES,
C. M. 1982/3: 19. 12 s.
- RICKER, W. E. 1975: Computation and interpretation of
biological statistics of fish populations. - Bull. Fish.
Res. Can. 191. 382 s.

- SALOJÄRVI, K. 1981: Uusi merkintämenetelmä siikaistutusten tulosten selvittämiseen. - Suomen kalastuslehti 65-67.
- SALOJÄRVI, K. 1983: Siian luonnonravintolammikkoviljely ja kesänvanhojen poikasten istutusten tulokset Pohjois-Suomen sisävesissä. - Suomen kalatalous 51: 51-66.
- SEBER, G. A. F. 1982: The estimation of animal abundance and related parameters. 2nd ed. - Griffin. London. 654 s.
- TOIVONEN, J. 1968: Kuhan (Lucioperca lucioperca) vaelluksesta, kasvusta ja kuolleisuudesta Suomenlahden saaristossa, Saaristomerellä ja Ahvenanmaalla. - Lis. työ. Helsingin yliopisto. Eläintieteen laitos.
- TOIVONEN, J. & IKONEN, E. 1980: Meritaimen Suomessa. Suomen kalastuslehti : 4-10.
- VALTONEN, T. & NIEMI, A. 1978: The present state of fishing in Lestijoki, a small river in Finland. - Verh. Int. Ver. Limnol. 20(3): 2085-2091.
- WIKGREN, B. J. 1962: Resultaten av sikmärkningarna inom Åland och vid Luvia - Husö Biol. Stat. Medd. 3: 1-26.

7.2. Kalastusalueet ja kalastuksen ajoittuminen

Johdanto

Ympäristönmuutoksen vaikutusalueella kalastus voi vaikeutua kalojen karkoittumisen, kalakantojen rakenteen muuttumisen, pyydysten likaantumisen tai rikkoutumisen takia. Tuottoisimmat kalastusalueet saattavat siirtyä kauaksi kalastajan asuinpaikoista, jolloin mm. matkakustannukset lisääntyvät. Uusissa olosuhteissa tarvitaan mahdollisesti myös uudenmallisia pyyntivälineitä tai veneitä. Olosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa myös kalastusajankohtiin esimerkiksi muuttuneiden jää- ym. olosuhteiden vuoksi. Ruoppausten, säännöstelyn ym. takia kalastus on usein estynyt tiettyinä aikoina vuotta.

Käyttökelpoisuus tarkkailututkimuksissa

Kalastusalueiden ja kalastuksen ajoittumisen selvittäminen on keskeisimpiä tutkimuskohteita kaikissa kalataloudellisissa tarkkailututkimuksissa. Nimenomaan kiinteiden pyyntipaikkojen kartoittaminen ja niiden muutosten seuraaminen on tärkeää. Kun havaintosarja on tarpeeksi pitkä, voidaan kalastusalueiden muuttumisesta eräissä tapauksissa saada käsitys myös kalataloudellisen vahinkoalueen muutoksista. Kalastuksen ajoittumisella on usein huomattava merkitys ympäristöä muuttavan toimenpiteen vaikutusten kannalta, mm. vahinkoja voidaan vähentää suorittamalla toimenpiteet aikoina, jolloin kalastus on vähäistä.

Menetelmä

Kalastustiedustelun yhteydessä kunkin kalastajan kalastusalueet merkitään kartalle. Kalastuspäivien lukumäärä tiedustellaan kuukausittain ja pyyntitavoittain. Selvitykset tehdään ainakin ammattimaisesta kalastuksesta pyyntitavoittain. Kiinteät pyyntipaikat merkitään karttaan erikseen. Kotitarve- ja virkistyskalastuksen pyyntialueet voidaan yleensä selvittää ottamatta pyyntitapoja erikseen huomioon.

Tulostus

Kalastusalueiden sijainti kuvataan karttapohjalla esimerkiksi rasterilla jaoteltuna 4 - 6 eri luokkaan kalastajien lukumäärän tai kalastuspäivien lukumäärän mukaan. Kiinteät rysä-, nuotta- ym. kalastuspaikat esitetään karttapohjalla erikseen. Kalastusajat esitetään karttapohjalla ja/tai taulukoiden muodossa. Kalastuspäivät tai kokemiskerrat taulukoidaan ristiin kuukausien ja eri alueiden kesken.

Sovellutukset ja rajoitukset

Kalastusalueiden kartoituksesta ja kalastuksen ajoittumisesta ovat tietoja julkaisseet mm. Anttila (1972), Lehtonen (1976), Mäkinen ym. (1981), Salojärvi ym. (1981), Sipponen & Laukkanen (1982), Viljanen ym. (1982), Böhling ym. (1983) ja Hudd ym. (1984).

Useissa tapauksissa kalastusalueiden muutokset on voitu kytkeä suoraan vesiympäristössä tapahtuneisiin muutoksiin. Menetelmällä saadaan kuitenkin tietoa ainoastaan tehokkaimmin kalastettujen kalalajien pyyntialueista ja -paikoista. Pyyntitapojen muuttuminen esimerkiksi rannikolta avomerelle voidaan tulkita väärin, ellei tunneta välineiden ja veneiden kehityksessä tapahtunutta muutosta. Yhden vuoden perusteella ei muutoksia voi todeta, sillä esimerkiksi jääolosuhteet vaikuttavat sekä kalastusalueisiin että -aikoihin. Muutos kalastusalueissa voi olla myös seurausta vesialueiden omistussuhteissa tapahtuneista muutoksista.

KIRJALLISUUS

- ANTTILA, R. 1972: Helsingin edustan merialueen kalatalous-
selvitys 1969-1972. - Helsinki. 233 s.
- BÖHLING, P., LEHTONEN, H. & VIITANEN, M. 1983: Saaristomeren
pohjoisosan kalatalouden nykytila. - Riista- ja kala-
talouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monis-
tettuja julkaisuja 9: 1-85.
- HUDD, R., HILDÉN, M., URHO, L., AXELL, M.-B. & JÄÄFS, L.-A.
1984: Kyrönjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalous-
selvitys 1980-82. - Vesihallitus, Tiedotus (painossa).

- LEHTONEN, H. 1976: Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6: 1-289.
- MÄKINEN, K., KOKKO, H., KOKKO, T. 1981: Pohjois-Karjalan läänin kalataloussuunnittelu Vaihe I. Pyhäselkä - Orivesi - Pyhäjärvi. Väli­raportti 1-2. 1981. - Joensuu 1981. 102 s. + liitteet. Moniste.
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1981: Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 1. 277 s. + liitteet.
- SIPPONEN, M. & LAUKKANEN, T. 1982: Keski-Suomen kalatalousjärjestelmästä. - Keski-Suomen Läänin kalataloussuunnittelu (Väli­raportti II). - Hydrobiol. tutk. kesk. Tiedonant. 114. 76 s.
- VILJANEN, M., KOKKO, H. & KAIJONMAA, V.-M. 1982: Pyhäselän kalatalous, kalasto vv. 1975-1981 ja niihin vaikuttavat tekijät. - Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 48. 136 s.

7.3. Kutualuekartoitukset (M. Hildén & L. Urho)

Johdanto

Kutualueiden selvittäminen on tärkeä tehtävä, sillä kutualueiden tuhoutuminen voi johtaa kalakannan tai osakannan menetykseen. Tuntemalla kutualueet voidaan myös saada käsitys ympäristönmuutoksen kalabiologisen vaikutusalueen mahdollisesta laajuudesta.

Käyttökelpoisuus tarkkailututkimuksissa

Kutualuekartointi on välttämätön tarkkailututkimuksessa, jotta voitaisiin arvioida ympäristönmuutoksen mahdolliset vaikutukset kalojen lisääntymiseen. Kutualuekartoituksesta saadaan kuitenkin vain harvoin kvantitatiivista tietoa ympäristönmuutosten vaikutuksista, koska kvantitatiivisten kutualuekartoitusten kustannukset ovat yleensä liian korkeat tarkkailututkimuksia ajatellen. Karkeakin käsitys kutualueista täydentää kuitenkin tietoja tarkkailutavan vesistön kalakannoista ja siksi kutualuekartointi kannattaa aina liittää tarkkailuohjelmaan. Erityisesti jos tarkkailuohjelmaan sisältyy poikastutkimuksia, kutualuekartointi on välttämätöntä taustatietojen saamiseksi poikastutkimusten suunnittelua varten.

Menetelmä

Haastattelu

Haastatteleamalla voidaan saada käsitys kutualueista. Haastateltavia tulee olla useita ja niiden tulee olla kokeneita kalastajia ja vesistöissä pitkään kalastaneita. Tästä huolimatta mielipiteet kutualueista voivat mennä ristiin ja saatuun kuvaan on suhtauduttava kriittisesti. Kalastajat eivät esimerkiksi välttämättä osaa erottaa kutualueita kutuvaellusreiteistä.

Kutualueiden kartoitus luonnossa

Useiden sisävesikalojen kutua voidaan seurata maasta tai veneestä. Tämä antaa kuitenkin vain rajoitetun kuvan kutualueiden laajuudesta, sillä monet matalassa vedessä kutevat lajit kutevat myös syvemmillä.

Tehokkaalla kutukalastuksella voidaan saada käsitys kutualueiden sijainnista. Alueiden laajuus jää kuitenkin tällöin yleensä epäselväksi, koska ei tiedetä kalastetaanko kutualueella vai sen läheisyydessä.

Mätihavaintojen avulla voidaan eräiden lajien kutualueita rajata varsin tarkasti. Edellytyksenä on, että mäti tai kutualustat ovat helposti havaittavissa tai että mätimunia voidaan kerätä helposti. Kun pyritään kvantitatiivisiin arvioihin, näytealat on syytä valita ositetulla satunnaisotannalla (Seber 1982), koska mätitiheys vaihtelee (esim. Oulasvirta ym. 1983). Kun tutkitaan säännöstelyn vaikutusta, on perusteltua käyttää näytelinjoja, jotka alkavat rannasta ja kulkevat syvänteitä kohti.

Tulostus

Kutualuekarttoituksen tulostus on parhaiten esitettävissä karttapohjilla. Jos karttoitukseen liittyy arvioita mätitiheyksistä, tulokset on esitettävä taulukoissa, joista käy ilmi vähintään arvioitu tiheys, keskiarvo, keskihajonta (varianssi) ja näytteiden lukumäärä.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Nissinen (1970) on kartoittanut muikun mätitiheyksiä ns. suola-vesinoutimella. Laite toimii kuitenkin hyvin vain pehmeillä pohjilla. Arvolan (1978) käyttämä pumppunoudin toimii hyvin erityisesti kovilla pohjilla. Tiitinen (1982) on pumppunoutimen avulla tutkinut muikun kutusyvyvyyksiä sekä kutualueiden laajuutta ja laatua. Salojärvi ym. (1981) selvittivät kutualuekarttoituksilla säännöstelyn vaikutuksia Oulujoen vesistöalueella. Aneer ja Nellbring (1982) ja Oulasvirta ym. (1983) ovat tutkineet silakan mätiä sukeltamalla. Ahvenen mätinauhojen tiheyttä ovat Viljanen ja Holopainen (1982) tutkineet linjasukellusmenetelmällä.

Mätinäytteenottoon soveltuvia menetelmiä ovat esittäneet myös Backiel ja Welcomme (1980). Käytännössä kvantitatiivisia mätitutkimuksia rajoittavat ennen kaikkea kustannukset. Lisäksi useiden kasvillisuudessa kutevien lajien mäti on erittäin vaikeasti kerättävissä ja havaittavissa. Myös esim. mädin kuolevuuden arviointi on käytännössä usein osoittautunut ongelmalliseksi (Tiitinen 1982). On kuitenkin tilanteita, joissa kvantitatiivinen mätinäytteenotto on lähes ainut tehokas tapa selvittää ympäristönmuutok-

sen vaikutuksia kalakantoihin. Esimerkiksi soranoton vaikutusten arvioiminen on lähes mahdotonta ilman mätinäytteenottoa. Joissa, erityisesti niiden koskialueilla kutualueiden tarkka määrällinen arviointi voi myös olla välttämätöntä esim. perkausten tai ruoppausten vaikutusten selvittämiseksi.

KIRJALLISUUS

- ANEER, G. & NELLBRING, S. 1982: A scuba-diving investigation of Baltic herring (Clupea harengus membras L.) spawning grounds in the Askö - Landsort Area, northern Baltic proper. - J. Fish. Biol. 21: 433-442.
- ARVOLA, I. 1978: Kutualueiden ja -syvyyden arvioimisesta pumppunoutimen avulla. - Suomen kalastuslehti 85(6): 148-150.
- BACKIEL, T. & WELCOMME, R. L. (TOIM.) 1980: Guidelines for sampling fish in inland waters. EIFAC Tech. Pap. 33. 176 s.
- NISSINEN, T. 1972: Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun (Coregonus albula L.) kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvessä. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 1: 1-114.
- OULASVIRTA, P., RISSANEN, J. & PARMANNE, R. 1983: Spawning of Baltic herring (Clupea harengus membras) in Western Part of the Gulf of Finland. - ICES C. M. J:24. 31 s. Moniste.
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1981: Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 1. 277 s. + liitteet.
- SEBER, G. A. F. 1982: The estimation of animal abundance and related parameters. 2nd ed. - Griffin. London. 654 s.
- TIITINEN, J. 1982: Muikkukantojen runsauden vaihtelut Lappajärvessä mätitutkimusten ja saalistietojen perusteella. - Vesihallitus. Tiedotus 220. 78 s.
- VILJANEN, M. & HOLOPAINEN, I. J. 1982: Population density of perch (Perca fluviatilis L.) at egg, larval and adult stages in the dys-oligotrophic lake Suomunjärvi, Finland. - Ann. Zool. Fennici. 19: 39-46.

7.4. Kvalitatiiviset poikastutkimukset (M. Hildén & L. Urho)

Johdanto

Kvalitatiivisen poikastutkimuksen tavoitteena on lisääntymisen toteaminen, kutu- tai poikastuotantoalueen kartoitus, poikasten ravinnon ja kasvun selvittäminen sekä poikasvaiheessa esiintyvien mahdollisten epämuodostumien ja vaurioiden tutkiminen. Tavoitteena voi myös olla pelkkä lisääntymisen toteaminen.

Menetelmän käyttökelpoisuus tarkkailun kannalta

Kutualueiden ja poikastuotantoalueiden selvittäminen on tärkeää, kun suunnitellaan suurehkoja vesistöön vaikuttavia toimenpiteitä ja kun tarkkaillaan ympäristönmuutosten vaikutuksia kalankantoihin. Jos kutu- ja poikastuotantoalueet tunnetaan, voidaan tehdä johtopäätöksiä ympäristönmuutoksen vaikutuksen suuruudesta, kun todennäköinen kemiallis-fysikaalinen vaikutusalue tunnetaan. Lisääntymisen toteaminen on tärkeää, koska kalastettava kanta on viime kädessä riippuvainen lisääntymisen onnistumisesta.

Kalanpoikasten kasvua ja ravintoa on ympäristönmuutostutkimuksissa harvoin selvitetty. Ilman lisätietoja poikasten esiintymisestä ja tiheydestä on poikasista kerättyjen kasvu- ja ravintotietojen käyttö vaikeaa tarkkailussa, eikä niitä sellaisinaan voida suositella tarkkailuohjelmaan.

Poikasvaiheessa esiintyvien vaurioiden ja epämuodostumien toteaminen on tarpeellista tarkkailussa. Vertaamalla vaurioiden esiintymisfrekvenssejä eri alueilla voidaan saada lisätietoja subletaalisten vaikutusten laajuudesta. Tarkkailussa seurattavien vaurioiden tulee olla helposti havaittavissa ja selviä kuten eväreunuksissa tai evissä esiintyvät syöpymät sekä selkärangan tai eväruotojen epämuodostumat.

Menetelmä

Näytteenottovälineet valitaan tutkittavan lajin ekologian mukaan. Yhdellä ainoalla pyydystyypillä ei yleensä saada edes kvalitatiivisia näytteitä kaikista tutkimuksen kohteena olevista lajeista.

Näytteenottovälineet pelagisesti esiintyvien poikasten

pyydystämiseksi

Näytteet voidaan kerätä yksinkertaisella planktonhaavilla (esim. 300 u) tai kvantitatiiviseen työskentelyyn kehitetyillä näytteenottovälineillä. Jos tavoitteena on tutkia myös vaurioita ja epämuodostumia, on otettava huomioon, että pyydys voi aiheuttaa mekaanisia vaurioita. Esimerkiksi on havaittu, että plankton tutkimuksissa yleisesti käytetty ns. Hensen-verkko aiheuttaa enemmän mekaanisia vaurioita silakanpoikasille kuin Gulf V pyydys. Planktonhaavit ja kalanpoikasten varhaisvaiheiden kvantitatiiviseen pyydystämiseen kehitetyt pyydykset pyydystävät kalanpoikasia tehokkaasti vain 20 - 30 mm:n pituuteen asti (esim. Krasovskaya & Shapiro 1982). Tätä kokoluokkaa isompia kalanpoikasia ko. pyydykset pyydystävät lähinnä satunnaisesti. Isompien pelagisesti esiintyvien poikasten pyydystämiseksi voidaan käyttää troolipyydyksiä, esim. ISAACS-KIDD troolia. Hudd ym. (1984) ovat esittäneet kahdella veneellä vedettävän troolin. Matalahkoilla alueilla voidaan käyttää myös nuottia kuten kurenuottaa (Murphy & Clutter 1972, Johnsen & Sims 1973, Bagenal & Braum 1978).

Näytteenottovälineet litoraalialueella esiintyvien poikasten

pyydystämiseksi

Pienten poikasten (<10-15 mm) pyydystämiseksi voidaan käyttää varrellisia haaveja, nousu- ja pudotushaaveja (Bagenal 1974, Kushlan 1974) sekä rajoitetusti myös pelagisten poikasten pyyntiin soveltuvia pyydyksiä. Isompien litoraalialueella esiintyvien poikasten pyyntiin voidaan käyttää nuottaa, rysää tai sähkökalastuslaitetta (Johansson & Johansson 1974, Eloranta 1982) (sähkökalastus selostettu tarkemmin luvussa 7.8.4.).

Näytteenottovälineet virtaavissa vesissä

Virran mukana liikkuvia pieniä poikasia (< 15-20 mm) voidaan pyydystää virtaan asetetuilla planktonhaavipyydyksillä (300-800 u) (esim. Bagenal & Nellen 1980, Salojärvi ym. 1981). Virtaavissa vesissä esiintyviä isompia poikasia pyydystetään tehokkaimmin sähkökalastuslaitteilla. Alasvaeltavia poikasia on myös pyydystet-

ty rysillä (esim. Jutila 1982). Laatikko- tai arkkupyydyksen alasvaeltavien poikasten pyydystämiseksi on esittänyt mm. Cresswell (1977).

Näytteenottoajankohdat

Jos tavoitteena on selvittää kutualueiden sijainti poikasnäytteenoton avulla, poikaset on pyydystettävä lähes välittömästi kuoriutumisen jälkeen, sillä ne levittäytyvät nopeasti pois kutualueilta. Esim. Hudd ym. (1984) havaitsivat mateenpoikasten siirtävän alle kahden viikon kuluessa kutukareilta matalaan rantaveeteen. Myös pelagisesti esiintyvät poikaset siirtyvät nopeasti pois varsinaisilta kutualueilta. Veden virtausten takia pientenkään poikasten pyyntipaikat eivät välttämättä osoita kutualueita, sillä mm. Sorokin (1971) on osoittanut mateen mädin kulkeutuvan pitkiä matkoja virran mukana juuri ennen kuoriutumista.

Poikastuotantoalueet ovat riippuvaisia poikasten kehitysvaiheesta. Yleensä poikasten oleskelualueet laajenevat poikasten kehittyessä. Näytteenottoa on siten suunniteltava määrättyä kehitysvaihetta varten. Jotta tarkkailutuloksista olisi mahdollisimman paljon hyötyä, on siten ensin arvioitava, mihin kehitysvaiheeseen ympäristönmuutoksen vaikutus todennäköisesti kohdistuu. Tarkkailun kannalta kiinnostava kehitysvaihe on riippuvainen sekä poikasten ekologiasta että ympäristönmuutoksesta.

Kvalitatiivisten näytteiden saanti on usein sitä helpompaa mitä varhaisempaa poikasvaihetta tutkitaan, koska poikasia on runsaasti. Varsinkin litoraalialueella esiintyvien sisävesilajien poikastiheydet voivat olla hyvin suuria. Tarkkailussa tämä kehitysvaihe on kiinnostava, sillä jos esiintymisalue on suppea voi myös suppealla alueella vaikuttava ympäristönmuutos vaikuttaa voimakkaasti syntyvän vuosiluokan kokoon. Useimmilla lajeilla kuoriutumisen jälkeen seuraa poikasten levittäytymisvaihe, jolloin suurin osa ruskuaispussi-poikasista siirtyy pois kutupaikalta. Särkikaloilla levittäytyminen rajoittuu järvissä ja lahtialueilla etupäässä kasvillisuusvyöhykkeeseen ja sitä edeltää muutaman päivän kestävä kiinnittymisvaihe. Hauella kiinnittymisvaihe on hieman pidempi ja alle 20 mm pituisena tapahtuva levittäytyminen kasvillisuusvyöhykkeessä on vähäistä. Myös lohen- ja taimenenpoikaset muodostavat poikkeuksen pysytellessään kutusoraikossa kuoriutumisen jälkeen. Monella muulla lajilla levittäytyminen on laajempaa, ulottuen yleensä vapaan veden alueelle. Näistä silakan-,

kilohailin- ja kuoreenpoikaset jäävät pelagiaalialueelle. Sitä-
vastoin ahvenen-, kuhan-, siian- ja muikunpoikaset siirtyvät melko
pian takaisin matalaan veteen. Mateenpoikaset siirtyvät 5-6 mm:n
pituisina aivan matalaan rantaveteen (<0,5 m) ja jo 15 mm:n pitui-
sina mateenpoikasia oleskelee kivien alla. Myös kampelat siirtyvät
rantavesiin 10 mm:n pituuden saavutettuaan.

Jos tavoitteena on selvittää epämuodostumien ja vaurioiden
esiintymistä, näytteenoton tulee tapahtua mahdollisimman pitkän
ajan kuluessa siten, että vaurioituneiden osuuden muutoksia voi-
taisiin selvittää. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että näyttei-
tä tulisi kerätä silloin tällöin pieninä otoksina esim. koko kesän
aikana, vaan että näytteitä kerätään eri ajanjaksoilta riittävät
määrät vaurioituneiden poikasten osuuksien selvittämiseksi eri
alueilla.

Näytteenottoalueet

Näytteenottoalueita valittaessa on tutkittavien lajien ekologia
otettava huomioon. Näytteenottoalueiksi valitaan alueita, jotka
voivat olla ko. lajin kutu- ja/tai poikastuotantoalueita.
Näytteenottoalueiden sisällä näytteenottopisteet voidaan valita
satunnaisotannalla tai systemaattisella otannalla. Näin menetel-
len säästetään yleensä kustannuksia, sillä jos satunnaisotanta
ulotetaan koko tutkimusalueelle, nollahavaintojen osuus kasvaa
usein kohtuuttoman suureksi. Näytteenottopisteiden lukumäärä on
riippuvainen näytteenottoalueen laajuudesta, vaihtelevuudesta, käy-
tettävästä pyydyksestä ja tutkittavista lajeista. Hudd ym. (1984)
käyttivät 5 - 10 näytteenottopistettä sisävesilajien poikasnuot-
tauksissa 2 - 5 km² laajuisilla verrattain homogenisilla vesi-
alueilla.

Kun kerätään näytteitä poikasissa mahdollisesti esiintyvien
vaurioiden toteamiseksi, näytteenottoalueet tulee valita eri etäi-
syyksillä vaurioiden todennäköisestä aiheuttajasta. Jos näytteitä
voidaan kerätä vain kahdelta alueelta, toisen tulee sijaita sel-
västi suojassa tutkittavasta ympäristönmuutoksesta.

Näytteiden säilöntä

Näytteet säilötään 80 % alkoholiin tai 4 % formaliiniin.
Alkoholisäilöntä edellyttää säilytysnesteiden vaihtamista muutaman
kerran ensisäilönnän jälkeen. Säilytysastioihin ei tule laittaa

liikaa kaloja suhteessa säilöntänesteeseen. Kalojen osuuden tulee olla korkeintaan 1/3 nestetilavuudesta.

Poikasten tunnistaminen

Merikaloille käyttökelpoinen tunnistamisopas on Kazanovan (1953) teos. Yleisiä näkökohtia on esittänyt Russel (1976). Useimpien Suomessa esiintyvien sisävesikalojen poikasvaiheet on esitetty Koblitskajan (1981) venäjänkielisessä määritysoppaassa. Coregonideistä ja lohikaloista ei kokoavaa teosta ole, vaan poikasten tunnistamiseen on käytettävä erillisjulkaisuja (esim. Schnakenbeck 1936, 1941, Penaz 1975). Erityisesti särkikalojen poikasvaiheiden lajitunnistus vaatii aikaa ja tarkkuutta. Useat tunnusmerkit muuttuvat poikasten kehittyessä. Suomupeatteen muodostuttua poikasten määrittämiseen voidaan yleensä käyttää aikuisille kaloille tehtyjä määritysoppaita.

Vaurioiden havaitseminen

Erilaisten kemiallisten ympäristönmuutosten on todettu aiheuttavan vaurioita poikasissa, mutta vaurioita voi myös syntyä esim. pyynnin yhteydessä tai kopepodipredaation takia. Myös säilönnän epäonnistuminen ja näytteiden taitamaton käsittely aiheuttavat vaurioita. Nämä voivat sekoittaa tuloksia, mistä johtuen vaurioita on tutkittava kriittisesti.

Tulostus

Kutualueet ja/tai poikastuotantoalueet esitetään sanallisesti tai kuvaillaan karttapohjilla. Selostuksesta tulee käydä ilmi alueiden luonne (syvyysuhteet, vesikasvillisuus, virtaukset, virtausnopeus (joessa) ym.). On myös mainittava minkä kehitysvaiheen poikasia on tutkittu.

Poikasissa esiintyvät vauriot ja epämuodostumat kuvaillaan yksityiskohtaisesti. Vaurioituneiden yksilöiden osuus eri alueilla ja eri aikoina ilmoitetaan. Osuuksien erojen tilastollinen luotettavuus selvitetään.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Seppänen (1972) selvitti poikastuotantoalueet Helsingin edustalla poikasnuottausten ja -troolausten avulla. Poikasten esiintymisalueita ovat selvittäneet mm. Sarvala ym. (1982) ja Riley ym. (1981). Hudd ym. (1984) kartoittivat taloudellisesti tärkeimpien sisävesilajien poikastuotantoalueet Kyrönjoen suualueella.

Kvalitatiivisen poikasnäytteenoton käyttöä rajoittavat ennen kaikkea suuret kustannukset, jos tavoitteena on selvittää laajan tutkimusalueen poikastuotantoalueet. Jopa vesistön taloudellisesti tärkeimpien lajien poikastuotantoalueiden seuranta vaatii monipuolisen ja laajan näytteenotto-ohjelman, sillä poikasten esiintymisaluet poikkeavat toisistaan ajallisesti ja alueellisesti. Yhden lyhyen näytteenottojakson avulla, jonka aikana käytetään vain yhtä pyydystä ei siten pystytä selvittämään vesistön poikastuotantoalueita.

Poikasissa esiintyvät vauriot viittaavat usein ympäristönmuutokseen. Esim. Mearns ja Sherwood (1974), Sherwood ja Mearns (1981) sekä Urho (1984) ovat todenneet evävaurioita kuormitetuilla alueilla.

Vaurioiden syntymekanismien selvittäminen on usein ongelmallista, eikä tarkkailussa sitä pystytä yleensä tekemään. Niin ollen vaurion syy voi jäädä epäselväksi. Esim. Parmanne ja Axell (1980) totesivat öljyonnettomuuden yhteydessä kilohailin poikasilla tavallista enemmän pyrstövääntymiä, mutta lisätietojen puuttuessa vaurioita ei pystytty suoraan kytkemään öljyvahinkoon. Toinen ongelma on se miten vakavia vauriot ovat populaation kannalta. Tätä ei pelkkä kvalitatiivinen näytteenotto pysty selvittämään ja niinpä kvalitatiivinen näytteenotto voi toimia lähinnä indikaattorina, joka kuvaa vesistön tilaa kalanpoikasten kannalta. Poikaset ovat paikallisempia kuin aikuiset. Esimerkiksi Welling ym. (1976) ovat todenneet vauriofrekvenssin vaihtelevan voimakkaasti vuoden aikana, mikä lienee seurausta aikuisten kalojen vaelluksista. Paikallisia vahinkoalueita voitaneen siksi selvittää paremmin poikasnäytteenoton avulla. Erityisesti, jos näytteet kerätään ennen poikasten syönnösalueiden laajenemista. Tutkittaessa vaurioita tulee kiinnittää huomiota myös taloudellisesti vähemmän tärkeisiin lajeihin, koska niiden joukossa voi olla paikkauskollisia lajeja, jotka voivat olla hyviä vahinkoalueindikaattoreita.

KIRJALLISUUS

- AKADEMIJA NAUK 1982: Ekologiseskij sposob zasity ryb ha povorote strui otkrytogo potoka. - Nauka. Moskova 112 s.
- BAGENAL, T. B. 1974: A buoyant net designed to catch freshwater fish larvae quantitatively. - Freshwater Biol. 4: 107-109.
- BAGENAL, T. B. & BRAUM, E. 1978: Eggs and early life history. - Teoksessa Bagenal, T. B. (toim.) Methods for assessment of Fish production in fresh waters. IBP Handbook 3. Blackwell, Oxford. s. 165-201.
- BAGENAL, T. B. & NELLEN, W. 1980: Sampling eggs, larvae and juvenile fish. - Teoksessa: Backiel, T. & Welcomme R. L. (toim.) Guidelines for sampling fish in inland waters. FAO, EIFAC Tech. Pap. 33. s. 13-36.
- CRESSWELL, R. C. 1977: A simple and inexpensive trap for catcing downstream migrants. - Fish Mgmt 8: 43-46.
- ELORANTA, A. 1982: Tutkimuksia eräiden kivikkorantojen kalalajien biologiasta I. - Jyväskylän yliopisto, Biol. lait. Tiedonantoja 30. 70 s.
- HUDD, R., URHO, L. & HILDÉN, M. 1983: Occurrence of burbot, Lota lota L., larvae at the mouth of the Kyrönjoki in Quarken Gulf of Bothnia. - Aquilo Ser. Zool. 22: 127-130.
- JOHANSSON, C. & JOHANSSON, J.-A. 1974: Födoval hos mört- och braxenyngel (Cyprinidae) i Sövdesjön, Skåne. - Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm 13. 30 s.
- JOHNSON, R. C. & SIMS, C. W. 1973: Purse seining for juvenile salmon and trout in the Columbia River Estuary. - Trans. Am. Fish. Soc. 102: 341-345.
- JUTILA, E. 1982: Jokien entistäminen. - Teoksessa Jutila, E. & Hildén, M. (toim.) Vesistöjen rakentaminen ja kalatalous. Vesi- ja kalatalousalan ammattijärjestö. VKA. Helsinki.
- KAZANOVA, I. I. 1954: Opredelitel ikri i licinok ryb Baltiiskogo morija i ego zalivov (Mädin ja poikasten määritysopas Itämerelle ja sen lahtialueille). - Trudy VNIRO 26: 221-265.
- KOBLITSKAJA, A. F. 1981: Opredelitel molodi presnobodnyh ryb. - Letkaja i piscevaja promyslennost. Moskova. 208 s.

- KRASOVSKAYA, V. V. & SHAPIRO, L. S. 1982: Factors influencing the fishing efficiency of an ichthyoplankton net. - *Hydrobiol. J.* 18(2): 42-47.
- KUSHLAN, J. A. 1974: Quantitative sampling of fish populations in shallow freshwater environments. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 103: 348-352.
- LEHTONEN, H. 1976: Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimusliitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6: 1-261.
- MEARNS, A. J. & SHERWOOD, M. 1974: Environmental aspects of fin erosion and tumors in southern California Dover Sole. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 103: 799-810.
- MURPHY, G. I. & CLUTTER, R. I. 1972: Sampling anchovy larvae with plankton purse seine. - *Fishery Bulletin* 70(3): 789-798.
- PARMANNE, R. & AXELL, M.-B. 1980: Öljyvahngon vaikutus kilohailin lisääntymiseen varsinaisen Itämeren pohjoisosassa. - Teoksessa: Pfister, K. (toim.) sisäasiainministeriön ympäristönsuojeluosaston julkaisu A: 2 (1980): 69-76.
- PENAZ, L. 1975: Early development of the grayling Thymallus thymallus (Linnaeus, 1758). - *Acta Sc. Nat. Brno* 9(11): 1-35.
- RILEY, J. D., SYMONDS, D. J. & WOOLNER, L. 1981: On the factors influencing the distribution of 0-group demersal fish in coastal waters. - *Rapp. P. -v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 178: 223-228.
- RUSSEL, F. S. 1976: The eggs and planktonic stages of British marine fishes. - Academic Press. London. 524 s.
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1981: Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja. 1. 277 s. + liitteet.
- SARVALA, J., KAIREVALO, T., KOSKIMIES, I., LEHTOVAARA, A., RUUHIJÄRVI, J. & VÄHÄPIIKKIÖ, I. 1982: Carbon, phosphorus and nitrogen budgets of the littoral equilibrium belt in an oligotrophic lake. - Teoksessa Ilmavirta, V., Jones, R. I. & Persson, P.-E. (toim.) Lakes and water management. *Junk.* s. 41-53.

- SCHNAKENBECK, W. 1936: Untersuchungen über die Entwicklung von Süßwasserfishen. - Z. Fisherei 34: 647-681.
- SCHNAKENBECK, W. 1941: Untersuchungen über die Entwicklung von Süßwasserfishen. - Z. Fisherei 38: 269-321.
- SEPPÄNEN, P. 1972: Kalanpoikastutkimuksia Helsingin meri-alueella. - Helsingin kaupungin rakennusvirasto, vesiensuojelu laboartorio, Vesiensuojelulaboratorion tiedonantoja 4(1). 51 s.
- SHERWOOD, M. J. & MEARNS, A. J. 1981: Fate of post-larval bottom fishes in a highly urbanized coastal zone. - Rapp. P. -v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 178: 104-111.
- SOROKIN, V. N. 1971: The spawning and spawning grounds of the burbot (Lota lota (L.)). - Journal of Ichthyology 11: 907-915.
- URHO, L. 1984: Kalojen evävauriot (hälyttävä merkki kalavesien saastumisesta). - Metsästys ja Kalastus 7(1984): 56-57.
- WELLING, S. R., ALPERS, C. E., McCAIN, B. B., MILLER, B. S. 1976: Fin erosion diseases of starry flounder (Platichthys stellaius) and english sole (Parophrys vetulus) in the estuary of the Duwamish River, Seattle, Washington. - J. Fish. Res. Board Can. 33: 277-2586.

7.5. Kvantitatiiviset poikastutkimukset (M. Hildén & L. Urho)

Johdanto

Kvantitatiivisen poikastutkimuksen tavoitteena on arvioida poikasten määrä joko selvittämällä kalanpoikasten absoluuttinen määrä vesipinta-alaa tai -tilavuutta kohti tai muodostamalla indeksi poikasten tiheydelle. Jälkimmäistä menettelyä voidaan sanoa puolikvantitatiiviseksi. Havaintoja poikasten tiheydestä voidaan käyttää poikasten kuolevuuden laskemiseksi, syntyneen vuosiluokan koon arvioimiseksi sekä poikastiheyksien alueellisten erojen selvittämiseksi. Nämä tiedot ovat välttämättömiä kun selvitetään poikastuotantoa. Lisäksi voidaan näytteiden perusteella arvioida poikasten kasvu, niiden ravinnonkäyttöä sekä mahdollisia poikasis- sa esiintyviä vaurioita ja niiden runsautta.

Menetelmän käyttökelpoisuus tarkkailun kannalta

Kalanpoikasten määrällinen arviointi mahdollistaa ympäristönmuutoksen vaikutusten tarkan seurannan. Näytteenoton perusteella voidaan todeta alueellisia eroja poikastiheyksissä. Nämä voidaan kytkeä esimerkiksi vedenlaatutietojen avulla ympäristönmuutokseen. Jos poikasmäärät (tai indeksit) korreloivat vahvasti rekryyttien määrän kanssa, arvioita poikasmäärien muutoksista voidaan käyttää suoraan eräänä vahingonarvion perusteena. Poikastutkimusten ongelmana on kuitenkin, että vuosiluokkien koot vaihtelevat voimakkaasti monilla lajeilla myös luonnontilaisilla alueilla, mikä vaikeuttaa johtopäätösten tekoa.

Tietoja poikasten kasvusta voidaan harvoin suoraan käyttää tarkkailussa, mutta niiden esittäminen on tärkeää, koska poikasten kehitys ja kasvu on otettava huomioon näytteenotto-ohjelmassa. Eräissä tapauksissa kasvutiedot voidaan myös yhdistää luonnolliseen tai ihmisen aiheuttamaan ympäristönmuutokseen, esimerkiksi jos lämpötilakehitys tai ravintotilanne muuttuu. Poikasten ravinnonkäyttö on hankala selvittää, eikä sitä voida pitää rutiinitarkkailun tehtävänä. Ainoastaan jos muut tutkimukset viittaavat siihen, että ympäristönmuutos vaikuttaa ravintotilanteen kautta poikasten kasvuun ja eloonjääntiin, voidaan poikasten ravinnonkäyttötutkimusta pitää perusteltuna.

Selvitys kalanpoikasissa esiintyvistä vaurioista kvantitatiivisen näytteenoton yhteydessä mahdollistaa vaurioiden esiin-

tymisen yksityiskohtaisen tarkastelun. Vaurioiden seuranta on tarkkailussa tärkeää, koska ne voivat osoittaa sellaisia ympäristönmuutoksen vaikutuksia, jotka eivät ilmene vedenlaatutiedoista.

Menetelmä

Näytteenottovälineet

Pelagiaalissa käytettävät näytteenottovälineet

Pienille pelagisille kalanpoikasille (≤ 20 mm) kehitettyjä kvantitatiivisia pyydyksiä ovat esittäneet mm. Bagenal ja Braum (1978) sekä Bagenal ja Nellen (1980). Poikaspyydystä valittaessa on kiinnitettävä huomiota poikasten uintikykyyn ja pakoreaktioihin. Nopealiikkeisten poikasten (esim. muikku ja siika) pyydystämiseen tarvitaan isommalla suuaukolla varustettua pyydystä kuin hidashiikkeisten poikasten (esim. kuore ja silakka) pyydystämiseen. Suomessa on käytetty Gulf V pyydystä (Parmanne & Sjöblom 1982, Hudd 1982) sekä CalCOFI pyydystä ja Clarke-Bumpus näytteenotinta (Viljanen & Holopainen 1982). Isommille pelagisille poikasille kehitettyjä pyyntimenetelmiä ei voida pitää täysin kvantitatiivisina, koska pyydyksen suodattamaa vesimäärää ei yleensä tunneta tarkkaan. Troolipyydykset ovat lähes kvantitatiivisia, koska jos suuaukon suuruus ja vedon pituus tunnetaan pyydyksen suodattama vesimäärä voidaan arvioida. Kansainvälinen merentutkimusneuvosto (ICES) on merialueille suositellut ISAACS-KIDD troolin käyttöä, jota myös käytetään Suomessa (Aro ym. 1983, Hudd & Aro 1984). Seppänen (1972) on esittänyt silakkatrooliin perustuvan pienoistroolin ja Hudd ym. (1984) kalanpoikasten pyyntiin kehitettyn troolin. Troolia käytettäessä on muistettava, että vaikka osa poikasista on niin isoja, että ne jäävät trooliin, suuri osa saattaa mennä pyydyksen läpi. Pelaagisille poikasille on myös käytetty kurenuottaa (Bagenal & Nellen 1980). Suomessa sen käytöstä ei ole kokemuksia.

Litoraalin näytteenottovälineet

Matalilla vesialueilla vedettävät poikaspyydykset on korvattava työnnettävillä potkurivirran ym. veneiden aiheuttamien häiritsevien vaikutusten vähentämiseksi. Veneeseen kiinnitettäviä matal-

lahkossa vedessä työnnettäviä pyydyksiä ovat esittäneet mm. Bagenal & Nellen (1980). Hudd ym. (1984) käyttivät Gulf-pyydykseen perustuvaa veneeseen kiinnitettävää pyydystä ja M. Viljanen (suull.) on käyttänyt muunnettua Bongo-pyydystä. Pyydysten käyttö edellyttää vähintään 0,5 - 1 m syvyyden. Näiden pyydysten suodatama vesimäärä voidaan laskea pyydykseen sijoitetun virtaamamittarin avulla. Useimmat toimivat heikosti tiheissä kasvillisuusvyöhykkeissä. Matalassa vedessä, kivikkorannoilla ja tiheässä kasvillisuudessa veneeseen kiinnitettävien kvantitatiivisten pyydysten käyttö on lähes mahdotonta.

Matalille ranta-alueille ja kasvillisuusvyöhykkeisiin soveltuvat mm. Bagenalin (1974), Kushlanin (1974), ja Pihlin ja Rosenbergin (1981) esittämät pyydykset. Ko. menetelmät perustuvat tietyn vesipinta-alan alla esiintyvien kaikkien poikasten pyyntiin joko ylhäältä putoavan tai pohjasta nousevan verkon avulla. Suomessa on käytetty nousuhaaveja poikasten kvantitatiiviseen pyyntiin (Urho 1981, Sarvala ym. 1982). Silloin kun poikasia on vähän tai ne ovat voimakkaasti parveutuneita, näiden pyydysten käyttö on vaikeaa. Pienessä osassa näytteistä voi olla suuria poikasmääriä, kun useimmissa ei ole lainkaan poikasia. Tällaisesta aineistosta keskiarvojen laskeminen on kyseenalaista. Koska parvikäyttäytyminen voimistuu monella litoraalissa esiintyvällä lajilla poikasten kehittyessä ja koska nollanäytteiden osuus kasvaa poikasmäärien pienentyessä, nousu- ja pudotushaavien käyttökelpoisuus vähenee nopeasti kesän kuluessa. Parhaiten nämä pyydykset soveltuvat verrattain pienille koealoille.

Kovin epätasaisilla kivikkopohjilla ja kasvillisuudessa on tyydyttävä pyydykseen, jonka perusteella voidaan laskea indeksi poikastiheydelle. Esim. Hudd ym. (1983) käyttivät 1 l kauhaa mateenpoikasten (<10 mm) keräämiseen poikasten siirryttyä matalaan rantaveteen. Kauhan etuna esimerkiksi varsihaaviin verrattuna on, että poikaset voidaan nopeasti laskea heti pyynnin jälkeen.

Laajemmilla kasvillisuusalueilla isompien (>15 mm) poikasten kvantitatiivinen pyynti on vaikeaa kalojen liikkuvuuden ja parvikäyttäytymisen takia. Yleensä on tyydyttävä suhteellisiin arvoihin poikasten tiheydestä. Käyttökelpoisimmat pyydykset lienevät nuotat (rantanuotta tai kurenuotta) sekä mahdollisesti sähkökalastuslaitteet (erityisesti kivikkorannoilla).

Näytteenottovälineet jokivesistöissä

Kuoriutuvien lohen- ja taimenenpoikasten määriä on arvioitu kutualustoille sijoitetuilla pyydyksillä (Porter 1973, Bagenal & Braum 1978). Pienten poikasten (<20 mm) kvantitatiiviseen pyyntiin on käytetty virtaan asetettuja planktonpyydyksiä (Bagenal & Nellen 1980 Akademiija Nauk 1982). Isommille poikasille käyttökelpoisin ja monessa tapauksessa ainoa mahdollinen pyyntimuoto on sähkökalastus. Yhdistettynä merkintään on alasvaeltavien smolttien määrää arvioitu poikasrysiä avulla (Jutila 1978). Pienemmissä joissa alasvaeltavia poikasasia on pyydystetty kvantitatiivisesti kiinteiden rakenteiden avulla (esim. Creswell 1977, Eriksson & Müller 1982).

Näytteenottoajankohdat

Kalanpoikasten kvantitatiivisessa pyynnissä on otettava huomioon samat yleiset näkökohdat pyynnin ajoittamisessa kuin kvantitatiivisessa pyynnissäkin (ks. luku 7.4). Kun pyritään kvantitatiivisiin arvoihin on lisäksi otettava huomioon poikasten keräytyminen tihentymiksi ja myöhemmin parvikäyttäytyminen.

Käyttökelpoisten kvantitatiivisten arvioiden saaminen on sitä helpompaa mitä tasaisemmin poikaset ovat jakautuneet vesistöissä tai vesistön osa-alueella. Jos poikaset esiintyvät tiheissä, pienialaisissa harvalukuisissa parvissa käyttökelpoisten kvantitatiivisten näytteiden saaminen on vaikeaa. Nousu- ja pudotushaavien kattama pinta-ala on käytännön syistä pieni.

Koska jokainen pyydys toimii kvantitatiivisena vain tiettyjen kokoluokkien poikasille, on pyyntiajankohtien valintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Esimerkiksi Gulf V tyyppisellä pyydyksellä poikasten pakoreaktiot aiheuttavat merkittäviä virheitä kvantitatiivisessa näytteenotossa verrattain aikaisessa kehitysvaiheessa. Noble (1970) havaitsi, että valkosilmäkuhan (Stizostedion vitreum Mitchill) poikaset pystyivät välttämään Gulf pyydystä muistuttavaa Miller-pyydystä jo 8 - 10 mm pitkinä. Krasovskaya ja Shapiro (1982) havaitsivat pakoreaktioiden aiheuttavan virheitä sillinpoikasten kvantitatiivisessa näytteenotossa Gulf-tyyppisellä pyydyksellä, kun poikaset olivat 20 - 22 mm pitkiä tai kookkaampia. Vastaavia tuloksia virhelähteistä ovat esittäneet myös Nellen ja Schnack (1975). Thayer ym. (1983) ovat tutkineet vetonopeuden ja poikasilla esiintyvän vuorokausirytmii-

kan vaikutuksia kvantitatiivisen pyynnin tuloksiin. He totesivat, että poikasten kyky välttää pyydystä muuttui eri tavalla eri syvyyksillä vuorokauden aikana, mikä aiheutti virheitä arvioituun vertikaalijakaumaan ja poikasten määrään. Paras näytteenottoaika voi myös vaihdella vuodesta toiseen samalla alueella, koska esim. kuoriutumisaikajankohta vaihtelee. Jos tavoitteena on laskea kuolevuus näytteiden perusteella, näytteitä on kerättävä vähintään noin kerran viikossa näytteenottojakson aikana.

Näytteenottoalueet

Näytteenottoalueita valittaessa on otettava huomioon samoja yleisiä näkökohtia kuin kvalitatiivisessa näytteenotossa (luku 7.4). Lisäksi tulisi pyrkiä keskimääräisten tiheysarvojen mahdollisimman pieniin otosvariansseihin optimaalisen näytteenoton suunnittelun avulla. Menetelmiä näytteenoton optimoimiseksi ovat julkaisseet esim. Cochran (1977) ja Seber (1982). Työskenneltäessä Gulf-tyyppisillä pyydyksillä, jota voidaan pitää linja-arviointimenetelmän muunnelmana, näytelinjojen pituus on riippuvainen poikastiheyden vaihtelusta ja poikasten määrästä. Linjat voivat olla pitkiä, kun poikasten jakautumisessa ei esiinny voimakasta vaihtelua. Jos poikastiheydet vaihtelevat voimakkaasti näytteenottoalueilla tulee käyttää montaa lyhyttä vetoa yhden pitkän sijasta, koska silloin voidaan populaatioarvioiden luotettavuutta selvittää. Näytteenottolinjat eivät kuitenkaan saa olla niin lyhyitä, että suurin osa niistä ei anna saalista lainkaan, koska silloin saadaan epäluotettava keskiarvo poikastiheydelle. Jos on selvästi rajattavissa olevia alueita, joiden välillä poikastiheydet vaihtelevat huomattavasti, mutta joiden sisällä poikastiheys on verrattain vakio, näytteenotto tulee suunnitella uudestaan ositetun otannan perusteella. Suomen rannikon silakanpoikastutkimuksissa käytetään 5 - 10 näytelinjaa kullakin tutkimusalueella. Itse veto suoritetaan siten, että pyydystä vedetään 45sekuntia jokaisessa näytteenottosyvyydessä. (1 m, 2 m ... jne. pohjan läheisyyteen saakka). Saatujen tulosten perusteella on pystytty arvioimaan silakan lisääntymisen onnistumista (Parmanne & Sjöblom 1983). Varauksetta samaa näytteenottosuunnitelmaa ei voida suositella muille lajeille tai edes silakalle silloin, kun tutkitaan ympäristönmuutoksen vaikutuksia. Ympäristönmuutostutkimuksissa ollaan yleensä kiinnostuneita verrattain suppeista alueista ja poikastiheyksien vaihtelusta eri osa-alueilla, mikä

voi edellyttää tiheää näytteenottoverkkoa. Yksityiskohtaisia ohjeita näytteenottopisteiden lukumääristä ei voida antaa, sillä näytteenotto-ohjelma on riippuvainen poikastiheyksistä ja tutkimusalueen maantieteellisistä erityispiirteistä. Koska näytteenotto-ohjelma on suunniteltava hankekohtaisesti, on myös varauduttava ohjelman muuttamiseen tarkkailun alkuvaiheen antamien kokemusten perusteella. Lisäksi suunnitelmassa on otettava huomioon poikasten vertikaali- ja horisontaalijakautuminen sekä näissä esiintyvät vaihtelut ajan suhteen.

Näytteiden säilöntä, poikasten tunnistaminen sekä vaurioiden toteaminen on käsitelty luvussa 7.4.

Tulostus

Näytteenottopisteet, näytemäärät ja näytteenottoajankohdat ilmoitetaan jokaisessa tutkimuksessa. Näytteenottoalueiden erityispiirteet, syvyysuhteet, vesikasvillisuus, suojaisuus jne. tulee esittää. Käytettäessä kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä poikasten tiheys ilmoitetaan vesipinta-alaa tai vesitilavuutta kohti. Jos lasketaan keskimääräinen tiheys vesitilavuutta kohti, on laskettava painotettu keskiarvo, jossa otetaan huomioon vesistön syvyysuhteet. Eri osa-alueiden keskimääräisen tiheyden lisäksi ilmoitetaan otosvarianssi ja vaihteluväli.

Käytettäessä puolikvantitatiivisia menetelmiä käytetään poikasten tiheyden indeksinä saalis/pyyntiponnistus. Eri osa-alueille lasketaan keskiarvo ja otosvarianssi. Lisäksi ilmoitetaan vaihteluväli.

Poikasissa esiintyvät vauriot kuvataan ja vaurioiden esiintymisvarianssit taulukoidaan. Näytteenoton aiheuttamia virheitä on tarkasteltava.

Keskimääräisten tiheyksien perusteella voidaan kuolevuus laskea esim. Rickerin (1975 s. 29) esittämien kaavojen avulla edellyttäen, että on käytettävissä lyhyin aikaväleihin saatuja tiheysarvoja (pienillä poikasilla noin 1 viikon välein).

Tulostuksessa on kiinnitettävä huomiota poikastiheyden muutoksiin ja eroihin eri osa-alueilla. Tiheyserojen vertailussa on otettava huomioon etenkin poikasvaiheen alun suuri luonnollinen kuolevuus sekä luonnolliset tiheyserot eri paikkojen välillä. Muutokset poikasten tiheydessä voivat olla seurausta kuolevuudesta tai poikasten siirtymisestä alueelta toiselle. Poikasten siirtyminen (aktiivisesti tai passiivisesti) alueelta toiselle aiheuttaa helposti virheitä, kun näytteistä lasketaan kuolevuusarvoja.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Parmanne ja Sjöblom (1982a, 1982b) ovat Gulf V pyydyksellä saatujen yli 10 mm pitkien silakanpoikasten tiheyden perusteella pystyneet ennustamaan syntyneen vuosiluokan koon. Näytteiden perusteella on myös arvioitu poikasten kuolevuus. Kesänvanhojen poikasten saaliiden perusteella syntyneen vuosiluokan koko on arvioitu monessa vesistössä. Aro ym. (1983) ovat arvioineet silakkavuosisiluokkien koon ISAACS-KIDD troolin avulla. Nämä tulokset osoittavat, että on mahdollista arvioida syntyneen vuosiluokan koko sen ensimmäisen elinvuoden aikana. Tällä on merkitystä tarkkailussa, kun tavoitteena on havaita kalakannoissa tapahtuneet muutokset mahdollisimman nopeasti. Peterka ja Kent (1977) selvittivät nuorten kalojen kuolevuuden muutoksia suhteessa veden happipitoisuuteen ja lämpötilaan. Kudrinskaja (1970) on selvittänyt poikasten eloonjäämisen muutoksia lämpötilan ja ravinnon suhteen.

Kvantitatiivisten poikastutkimusten käyttökelpoisuutta ympäristönmuutostarkkailussa rajoittavat näytteenottotekniset ongelmat, menetelmien kalleus sekä monilla lajeilla poikasmäärien suuri luonnollinen vaihtelu. Siksi kvantitatiivisia poikastutkimuksia voidaan suositella vain isoimpien ympäristönmuutosten tarkkailuun. Riittävän laajasti toteutettuna poikastutkimukset antavat arvokasta tietoa kalakantojen dynamiikasta, jota tarvitaan, kun arvioidaan ympäristönmuutoksen aiheuttamaa vahinkoa tai selvitetään mahdollisuuksia kompensoida osa vahingosta.

KIRJALLISUUS

- AKADEMIJA NAUK 1982: Ekologiseskij sposov zasity ryb na povovote strui otkrytago potoka. - Nauka. Moskova 112 s.
- ARO, E., SJÖBLOM, V. & HUDD, R. 1983: The abundance of 0-group Baltic herring off the coast of Finland in 1979-82. - ICES C. M. 1983/3: 23. 9 s.
- BAGENAL, T.B. 1974: A buoyant net designed to catch freshwater fish larvae quantitatively. - Freshwater. Biol. 4: 107-109.
- BAGENAL, T. B. & BRAUM, E. 1978: Eggs and early life history. - Teoksessa Bagenal, T. B. (toim.) Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook 3. Blackwell, Oxford. s. 165-201.

- BAGENAL, T. B. & NELLEN, V. 1980: Sampling eggs, larvae and juvenile fish. - Teoksessa Backiel, T. & Welcomme, R. L. (toim.) Guidelines for sampling fish in inland waters. FAO, EIFAC Tech. Pap. 33. s. 13-36.
- BURCH, O. 1983: New device for sampling larval fish in shallow water. - Prog. Fish. Cult. 45: 33-36.
- COCHRAN, W. G. 1977: Sampling techniques. 3rd ed. - Wiley. N. Y. 428 s.
- CRESWELL, R. C. 1977: A simple and inexpensive trap for catching downstream migrants. - Fish Mgmt 8: 43-46.
- ERIKSSON, L. O. & MÜLLER, K. 1982: The importance of a small river for the recruitment of coastal fish populations. - Mon. Biol. 45: 369-384.
- HUDD, R. 1982: Feeding of Baltic herring larvae (Clupea harengus L.) in the Gulf of Finland. - Finnish Fish. Res. 4: 27-34.
- HUDD, R. & ARO, E. 1983: By-catch of 0-group smelt in Isaacs-Kidd midwater trawl herring catch off the coast of Finland 1980-82. - ICES C. M. 1983/J:28. 8 s. Moniste.
- HUDD, R., URHO, L. & HILDÉN, M. 1983: Occurrence of burbot, Lota lota L., larvae at the mouth of the Kyrönjoki in Quarken, Gulf of Bothnia. - Aquilo ser. Zool. 22: 127-130.
- JUTILA, E. 1978: Simojoen lohenpoikasten esiintyminen, kasvu ja vaelus mereen. - Helsingin yliopisto, Limnologian laitos, pro-gradu työ 67 s. Moniste.
- KRASOVSKAYA, V. V. & SHAPIRO, L. S. 1982: Factors influencing the fishing efficiency of an ichthyoplankton net. - Hydrobiol. J. 18(2): 42-47.
- KUDRINSKAYA, M. O. 1970: Food and temperature as factors affecting the growth, development and survival of pike-perch and perch larvae. - Journal of Ichthyology vol. 10: 779-788.
- KUSHLAN, J. A. 1974: Quantitative sampling of fish populations in shallow freshwater environments. - Trans. Am. Fish. Soc. 103: 348-352.
- NELLEN, W. & SCHNACK, D. 1975: Sampling problems and methods of fish eggs and larvae investigations with special reference to inland waters. - Teoksessa Welcomme, R. L. (toim.) Symposium on the methodology for the survey, monitoring and appraisal of fishery resources in lakes and large rivers - panel review and relevant papers. FAO EIFAC Tech. Pap. 21: 538-551.

- NISSINEN, T. 1972: Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun (Coregonus albula L.) kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvessä. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 1: 1-114.
- NOBLE, R. L. 1970: Evaluation of the Miller high-speed sampler for sampling yellow perch and walleye fry. - J. Fish. Res. Board. Com. 27: 1033-1044.
- PARMANNE, R. & SJÖBLOM, V. 1982a: Abundance, mortality and production of spring spawning Baltic herring larvae in the seas around Finland in 1979. - Finnish Fish. Res. 4: 20-26.
- PARMANNE, R. & SJÖBLOM, V. 1982b: The abundance of spring spawning Baltic herring larvae in the seas around Finland in 1981 and the effect of zooplankton abundance on the year class strength. - ICES C. M. 1982/3: 17. 14 s. Moniste.
- PETERKA, J. J. & KENT, J. S. 1976: Dissolved oxygen temperature and survival of young fish at spawning sites. - U. S. Environmental Protection Agency Ecological Research Series PB 266 139, EPA-600/3-76-113. 36 s.
- PIHL, L. & ROSENBERG, R. 1982: Production, abundance, and biomass of mobile epibenthic marine fauna in shallow waters, Western Sweden. - J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 57: 273-301.
- PORTER, T. R. 1973: Fry emergence trap and holding box. - Prog. Fish. Cult. 35: 104-106.
- RICKER, W. E. 1975: Computation and interpretation of biological statistics of Fish populations. - Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191. 382 s.
- SARVALA, J., KAIRESALO, T., KOSKIMIES, I., LEHTOVAARA, A., RUUHIJÄRVI, J. & VÄHÄPIIKKIÖ, I. 1982: Carbon, phosphorous and nitrogen budgets of the littoral equisetum belt in an oligo trophic lake. - Teoksessa Ilmavirta, V., Jones, R. L. & Persson, P.-E. (toim.) Lakes and water management Junk. s. 41-53.
- SEBER, G. A. F. 1982: The estimation of animal abundance and related parameters 2nd ed. - Griffin. London. 654 s.
- THAYER, G. W., COLBY, D. R., KJELSON, M. A. & WEINSTEIN, M. P. 1983: Estimates of larval-fish abundance: Diurnal variation and influence of sampling gear and towing speed. - Trans. Am. Fish. Soc. 112: 272-279.

URHO, L. 1981: Kalanpoikasten ensimmäisen kesän kehityksen kasvun, ja liikehtinnän seuraaminen nousuhaavien avulla (Karkkilan Saarlammessa. - Pro-gradu, Helsingin yliopiston eläintieteen laitos. 65 s. (Moniste).

VILJANEN, M. & HOLOPAINEN, I. J. 1982: Population density of perch (Perca fluviatilis L.) at egg, larval and adult stages in the dys-oligotrophic Lake Suomunjärvi, Finland. - Ann. Zool. Fennici 19: 39-46.

7.6. Kasvututkimukset

Johdanto

Kalojen kasvun muutokset voivat antaa tietoja ravintotilanteen muutoksista. Kasvun tunteminen on välttämätöntä, kun selvitetään paras mahdollinen pyyntikoko ja kun tutkitaan kalastuksen tehokkuutta kasvun suhteen (growth overfishing, Anon. 1977). Kasvutietoja käytetään myös, kun arvioidaan kalakannan biomassassa tapahtuneita muutoksia.

Kalojen kasvun tunteminen on tarpeellista myös silloin, kun tarkkaillaan kaloissa tavattavia ympäristömyrkkypitoisuuksia. Useat tutkimukset ovat osoittaneet ympäristömyrkkyyden pitoisuuden lisääntyvän iän ja kasvun mukana.

Käyttökelpoisuus tarkkailun kannalta

Vesistöissä, joissa ravintotilanne muuttuu ratkaisevasti ympäristönmuutoksen seurauksena, vaikutukset voivat näkyä kalojen kasvussa. Syynä ravintotilanteen muuttumiseen voivat olla joko muutokset ravintoeläinten määrässä ja tuotannossa tai muutokset kalayhteisön rakenteessa. Tarkkailemalla kalojen kasvua voidaan siten selvittää osa ympäristönmuutoksen merkityksestä. Ongelmana on, että muutokset ravintoeläinten määrässä ja kalayhteisössä voivat kumota toisensa ja tarkkailtavien lajien kasvu voi pysyä muuttumattomana. Yksistään kalojen kasvun seuranta ei siten ole tehokas tarkkailumenetelmä, vaan tarvitaan myös tietoja kalojen kuolevuudesta ja kantojen hyödyntämisestä. Näihin voidaan lisäksi liittää kvantitatiivisen plankton- ja pohjaeläintutkimuksen tulokset. Silloin pystytään yksityiskohtaisesti seuraamaan muutoksia ainakin aikuisten kalojen osakannassa.

Menetelmä

Näytteenotto

Kasvunmäärittämiseksi tarvitaan satunnaisotoksia tutkittavan populaation eri ikäryhmistä. On toisin sanoen pyrittävä eliminoimaan valikoivien pyydysten vaikutus näytteisiin. Kaikkien ikäryhmien osalta tämä ei yleensä onnistu. Kun tutkitaan taloudellisesti tärkeitä lajeja, tulee pyrkiä valikoimattomiin näytteisiin ainakin

kalastuksen kannalta tärkeimmistä ikäryhmistä.

Näytteet kerätään mieluiten ennen kasvukautta tai kasvukauden jälkeen. Jos näytteitä kerätään kasvukauden aikana, syntyy helposti tulkintavaikeuksia, koska ei aina tiedetä onko edellisen vuoden kasvu ollut heikko vai onko kasvu jo alkanut. Lisäksi lisäkasvu on otettava huomioon kasvukäyriä laadittaessa, mikä vaikeuttaa aineistojen käsittelyä.

Jos halutaan vain yleiskäsitys kalojen kasvusta, silloin kun tarkkaillaan esimerkiksi ympäristömyrkkypitoisuuksia, riittävä näytteen koko on muutama kymmenen näytekalaa. Jos tavoitteena sen sijaan on tarkkailla kasvua yksityiskohtaisesti ja verrata saatuja kasvutietoja aikaisempiin havaintoihin, näytemäärien on yleensä oltava isompia. Näytteen koko määräytyy otosvarianssin, valitun riskitason ja toivotun täsmällisyyden perusteella (ks. alla kapale kokoerojen havaitseminen, vrt. myös Lehtonen & Hildén 1984).

Iänmääritys ja ikäryhmäkohtaisten kokojen arviointi

Iänmääritykseen tulee paneutua huolella. Menetelmänäkökohtia ovat esittäneet mm. Bagenal (1974) ja Eloranta (1978). Lisäksi on olemassa useita erillisjulkaisuja yksittäisten lajien iänmäärityksestä.

Jos on käytettävissä valikoimattomia näytteitä riittävän monesta ikäryhmästä, lasketaan ikäryhmäkohtaiset keskikoot (pituus ja paino) näytteiden perusteella. Sukupuolet erotetaan, jos sukupuolten välillä esiintyy suuria kokoeroja. Näytteiden valikoimattomuutta voidaan tutkia selvittämällä ovatko ikäryhmäkohtaiset painot ja pituudet normaalijakautuneet. Tähän soveltuvia tilastollisia testejä on esittänyt mm. Möller (1977). On kuitenkin muistettava, että vinokin jakauma voi edustaa valikoimatonta otosta populaatiosta, jos populaatioon on kohdistunut valikoiva kuolevuus.

Kun on käytettävissä valikoimattomia näytteitä vain muutamasta ikäryhmästä, kasvu voidaan selvittää määrittämällä pituus takautuvasti. Silloin hyödynnetään esimerkiksi suomun säteen ja kalan pituuden suhdetta. Yksinkertaisinta on olettaa suhdetta lineaariseksi. Monimutkaisempia menetelmiä ovat esittäneet mm. Bagenal ja Tesch (1978).

Kasvun matemaattinen kuvaus

Yksinkertaisin tapa ilmoittaa kasvu matemaattisesti on olettaa, että kasvu on eksponentiaalista. Tämän perusteella voidaan hetkellinen kasvunopeus laskea kaavasta (1).

$$(1) \quad G = (\ln (W(i + 1)/W(i)))/\Delta t$$

missä G = hetkellinen kasvunopeus ajanjaksolla
 W = paino hetkellä i
 Δt = aikaväli

Yleensä lähtökohtana on $t = 1$ vuosi. Näin saadaan jokaiselle ikäryhmälle lasketuksi hetkellinen kasvunopeus.

Kalojen kasvu voidaan kuvata matemaattisesti yhtälöillä, joissa on 3 - 4 parametriä. Mahdollisia kasvuyhtälöitä, parametrien arviointimenetelmiä ja numeerisia esimerkkejä on esittänyt mm. Ricker (1975 s. 203-233, 1979). Kalataloustutkimuksissa käytetyin lienee Pütterin esittämä ja v. Bertalanffyn nimeä kantava kasvuyhtälö (Pütter 1920, v. Bertalanffy 1938). Tälle mm. Bailey (1977) on esittänyt käyränsovitusmenetelmän.

Tulostus

Näytteenottoalueet, -ajankohdat ja käytetyt pyydykset ilmoitetaan. Taulukoissa ilmoitetaan ikäryhmäkohtaiset keskipituudet ja -painot, otosvarianssit ja näytteiden lukumäärät. Varianssia laskettaessa on muistettava, että takautuvasti määritetyn koon varianssi ei ole laskettavissa suoraan pituusarvoista, koska mitattu muuttuja ei ole kalan koko vaan esim. suomun säde. Koon varianssi on siten riippuvainen mitatusta suomun säteen varianssista ja käytetyn menetelmän (kalan pituus/suomun pituus) varianssista. Varianssikaava määräytyy siten käytetyn menetelmän mukaan.

Kasvuerojen toteaminen

Tarkkailussa mielenkiinnon kohteena on muutosten havaitseminen. Kasvuerojen toteamiseksi voidaan käyttää lukuisia tilastollisia testejä. Aineistojen jakaumat ja muut tilastolliset ominaisuudet

määräävät, mitä testejä voidaan käyttää ja mitkä testit ovat tehokkaita. Testauksen teoriaa ovat käsitelleet mm. Vasama ja Vartia (1982); jotka ovat esittäneet myös kasvuerojen toteamisessa hyödyllisiä testejä.

Käytetyin kahden keskiarvon välisten erojen toteamiseksi käytetty testi lienee t-testi, josta on lukuisia muunnelmia. Käytännössä usein esiintyvä tilanne on kahden keskiarvon yhtäsuuruuden testaus, kun varianssit ovat yhtäsuuret mutta tuntemattomat tai kun varianssit ovat erisuuret ja tuntemattomat. Varianssien yhtäsuuruus voidaan testata F-testillä. Testien suorittamista ovat Vasama ja Vartia (1982) kuvanneet yksityiskohtaisesti. Kalakan- taesimerkein on testejä esitellyt Möller (1977).

Kun t-testin edellyttämä oletus jakaumien normaalisuudesta ei pidä paikkaansa, tulee käyttää ei-parametristä tekstiä. Tehokas testi kahden jakauman sijainnin testaamiseksi on Mann-Whitneyn U-testi.

Jos on vertailtava useita populaatioita (>3) tulee käyttää varianssianalyysiä. Klassinen varianssianalyysi edellyttää, että otokset ovat riippumattomia ja yhtä suuria sekä että populaatiot noudattavat normaalijakaumaa mitattavan ominaisuuden suhteen. Lisäksi varianssien tulee olla yhtäsuuria. Varianssien yhtäsuuruus voidaan testata Bartlettin testillä. F_{\max} -testillä voidaan saada käsitys varianssien yhtäsuuruudesta (Möller 1977). Jos oletukset jakaumien normaalisuudesta ja varianssien yhtäsuuruudesta eivät pidä paikkaansa on käytettävä ei-parametristä varianssianalyysiä. Mann-Whitneyn testin laajennus k-otoksen tapaukseen on Kruskal Wallsin varianssianalyysi (Vasama & Vartia 1982).

Pienin havaittavissa oleva keskikoon ero on riippuvainen otosvariانسsista, otoksen koosta ja valitusta riskitasosta. Pienin tilastollisesti todettavissa oleva ero pienenee jyrkästi, kun otoksen koko suurenee esimerkiksi neljästä (kaksi 2 yksilön otosta) kahteenkymmeneen (10 + 10). Lisänäytteistä saatava hyöty vähenee otoskoon kasvaessa. Näytteenottoa suunniteltaessa tulee olla selvillä, miten pieniä eroja kasvussa halutaan todeta. Sen jälkeen voidaan laskea tarvittava näytemäärä halutulla riskitasolla (yl. 1 % tai 5 %) taulukoitujen kriittisten t-arvojen, ja arvioidun otosvariانسsin perusteella (vrt. Lehtonen & Hildén 1984).

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Kasvun muuttumista ympäristönmuutoksen seurauksena on todettu monissa säännöstellyissä järvissä. Toivonen ym. (1981) totesivat siian kasvun heikentyneen Inarinjärvessä. Kasvun muuttumista on havaittu myös lämpökuormituksen saaneissa vesistöissä. Ympäristömyrkköjen seurannassa kasvutietoja on käyttänyt hyväksi mm. Göthberg (1983). Takautuvasti määriteltyjä kasvutietoja ovat hyödyntäneet ympäristönmuutostutkimuksissa esim. Selin ym. (1981).

Kasvututkimuksen ongelmat liittyvät näytteenottoon ja iänmääritykseen. Valikoivien pyydysten avulla pyydystetyt näytekalat voivat antaa täysin virheellisen käsityksen kalojen kasvusta. Näitä virheitä voidaan pyrkiä välttämään käyttämällä useita erilaisia pyydyksiä. Vertaamalla eri pyydysten antamia ikäryhmäkohtaisia keskikokoja voidaan tutkia pyydysten valikoivuutta. Monien lajien iänmääritys on vaikeaa ja tottumaton iänmäärittäjä tekee usein systemaattisia virheitä. Tottunutkin iänmäärittäjä tekee helposti virheitä, jos näytteitä on kerätty vain vanhoista kaloista. Parhaaseen tulokseen päästään yleensä, kun käytettävissä on monipuolinen otos, jossa mahdollisimman monta ikäryhmää on edustettuna. Näytteiden kerääminen usealta peräkkäiseltä vuodelta auttaa myös iänmääritystä, koska vuosien väliset kasvuerot tulevat silloin ilmi. Poikkeuksellisen runsaan vuosiluokan seuraaminen aineistossa auttaa myös iänmäärityksessä.

KIRJALLISUUS

- ANON 1977: Report of the ad Koc meeting on the provision of advise on the Biological basis for fisheries management. - ICES Coop. Res. Rep. 62. 16 s.
- BAILEY, P. B. 1977: A method of finding the limits of application of the von Bertalanffy growth model and statistics estimates of the parameters. - J. Fish. Res. Board. Can. 34: 1079-1084.
- BAGENAL, T. B. (toim.) 1974: Ageing of Fish. Proceedings of an international symposium. - Unwin Bros. Surrey. 234 s.
- BAGENAL, T. B. & TESCH, F. W. 1978: Age and growth. Teoksessa Bagenal, T. B. (toim.) Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook 3. Blackwell, Oxford. s. 101-136.

- BERTALANFFY VON, L. 1938: A quantitative theory of organic growth. - *Hum. Biol.* 10: 181-213.
- ELORANTA, A. 1975: Kalojen iänmääritys. - Suomen kalastusyhdistys 60. 68 s.
- GÖTHBERG, A. 1983: Intensive fishing - A way to reduce the mercury level in fish. - *Ambio* 12: 259-261.
- LEHTONEN, H. & HILDÉN, M. 1984: Kuinka hyvin vesistövaikutukset voidaan nykyään arvioida? Kalat ja kalantuotanto. - Vesi- ja kalatalousalan ammattijärjestö VKA ry. Täydennyskoulutuspäivät 1983. Painossa.
- MÖLLER, F. 1979: Manual of methods in aquatic environmental research. Part 5. Statistical tests. - *FAO Fish. Techn. Pap.* 182. 131 s.
- PÜTTER, A. 1920: Wachstumsähnlichkeiten. - *Pfluegers Arch. Gesamte Physiol. Menschen Tiere* 180: 298-340.
- RICKER, W. E. 1975: The computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 191. 382 s.
- RICKER, W. E. 1979: Growth rates and models. - Teoksessa: Hoar, W. S., Randall, D. J. & Brett, J. R. (toim.) *Fish Physiology VIII*. Academic Press. s. 677-743.
- SELIN, P., KOKKO, H. & HAKKARI, L. 1981: Sulfiittiteollisuuden jätevesien likaaman Lievestuoreenjärven pelagiaalin ravintoketjututkimus. - Jyväskylän yliopiston Biologian laitoksen tiedonantoja 26. 110 s.
- TOIVONEN, J., TUUNAINEN, P. & AUVINEN, H. 1981: Verkkojen alimman silmäkoon määrittäminen Inarinjärven kalastuksessa. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 17: 12-30.
- VASAMA, P.-M. & VARTIA, Y. 1980: Johdatus tilastotieteeseen osa I ja II. Korjattu painos. Gaudeamus. Helsinki. 725 s.

7.7. Kuolevuusmääritys

Johdanto

Kuolevuus (tai eloonjääminen) on keskeinen muuttuja populaatio-dynaamisissa tarkasteluissa. Yhdessä kasvun ja rekrytoinnin kanssa kuolevuus määrää kalakannan biomassan dynamiikan. Kuolevuuden tunteminen on välttämätöntä, kun pyritään optimoimaan kalastusta tai kun selvitetään liikkakalastuksen esiintymistä.

Käyttökelpoisuus tarkkailun kannalta

Kun ympäristönmuutos vaikuttaa kalojen eloonjäämiseen, voi kalakannan dynamiikka muuttua. Muutos on riippuvainen vaikutuksen voimakkuudesta sekä mahdollisesta kompensatiosta kalakannassa. Ympäristönmuutoksen aiheuttama lisäkuolevuus voi kompensoitua esim. vähentyneen predaatiopaineen kautta (vrt. McFadden 1977). Kasvun paraneminen saattaa kompensoida lisäkuolevuuden vaikutusta kalakannan biomassaan. Kuolevuuden tarkkaileminen on tärkeää suurehkojen ympäristönmuutosten yhteydessä, koska kuolevuustietojen avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä kalakannan tilasta vesistöissä. Tuekseen kuolevuusmääritykset vaativat tietoja kalakannan hyödyntämisestä ja kalojen kasvusta. Yhdistämällä tietoja voidaan selvittää kalastuksen kohteena olevan osakannan dynamiikka, mikä on välttämätöntä, kun pyritään erottelemaan kalastuksen ja ympäristönmuutoksen vaikutusta kalakantaan.

Menetelmät

Menetelmien periaatteet

Kun kuolevuutta arvioidaan, pyritään laskemaan todennäköisyys sille, että kala on hengissä tietyn ajanjakson jälkeen. Keskeinen oletus on, että kaikilla tarkastelun kohteena olevilla kaloilla on sama todennäköisyys säilyä hengissä. Yleensä oletetaan lisäksi, että tämä todennäköisyys säilyy vakiona koko ajanjaksona. Tällöin voidaan eloonjääminen laskea kaavasta:

$$(1) \quad S = N(i+1)/N(i)$$

missä S = eloonjääminen (engl. survival rate)
 N = populaation koko
 i = ajanhetki (1, 2, ..., n)

Tämä voidaan myös ilmoittaa hetkellisenä kokonaiskuolevuutena (Z), koska:

$$(2) \quad Z = -\ln S$$

Hetkellisen kokonaiskuolevuuden yksikkönä on yleensä 1/vuosi ja se voidaan jakaa hetkelliseen kalastuskuolevuuteen (F) ja hetkelliseen luonnon kuolevuuteen (M) kaavalla:

$$(3) \quad Z = F + M$$

Kaavojen (1) - (3) johtoa on käsitellyt mm. Ricker (1975, ss. 29-73), Seber (1982, s. 3) ja Gulland (1983, ss. 96-117).

Käytännössä populaation koko tunnetaan harvoin ja siksi kuolevuus on arvioitava otosten perusteella. Käytetyimmät menetelmät perustuvat merkintätulosten, populaationäytteiden tai saalisnäytteiden ja yksikkösaalistietojen hyväksikäyttöön. Kaikissa menetelmissä joudutaan tekemään joukko oletuksia (taulukko 7).

Taulukko 7. Kuolevuusmäärityksessä käytettyjen menetelmien keskeiset oletukset.

Menetelmä	Merkintä-takaisinpyynti	Populaationäyte	Yksikkösaalis + saalisnäyte
Oletukset	<p>Merkittyjen ja merkittämättömien kuolevuus on yhtä suuri</p> <p>Takaisinsaantitodennäköisyys on yhtä suuri molemmilla ryhmillä</p> <p>Merkittyjen emigraatio tutkittavalta alueelta on merkityksetöntä¹⁾</p> <p>Merkityt edustavat satunnaisotosta tutkittavasta (osa-)²⁾ populaatiosta</p> <p>Takaisinpyynnillä saadaan satunnaisotos merkityistä kaloista</p> <p>Jos tulosten perusteella pyritään erottamaan kalastuskuolevuus luonnollisesta kuolevuudesta oletetaan edellisten lisäksi että kaikki takaisinsaadut merkit palautetaan tai palautettujen merkkien osuus takaisinpyydetyistä tunnetaan.</p>	<p>Osapopulaatio on dynaamisessa tasapainotilassa, ts. kuolevuus on vakio ja rekrytointi on vakio</p> <p>Näyte edustaa satunnaisotosta (osa-)²⁾ populaatiosta</p>	<p>Yksikkösaalis (kappalemääräinen saalis/pyyntiponnistus on verrannollinen (osa-)²⁾ populaation kokoon</p> <p>Näyte edustaa satunnaisotosta (osa-)²⁾ populaatiosta</p> <p>Jos halutaan erottaa kalastuskuolevuus luonnollisesta kuolevuudesta, on lisäksi oletettava, että kalastuskuolevuus on verrannollinen pyyntiponnistukseen.</p> <p>kalastuskuolevuus ja luonnollinen kuolevuus ovat toisistaan riippumattomia.</p> <p>Luonnollinen kuolevuus on lähes vakio.</p>
Menetelmien yksityiskohtainen kuvaus	Ricker 1975, ss. 105-147 Seber 1982, ss. 256-292 505-541	Ricker 1975, ss. 29-73 Seber 1982, ss. 393-429 545-551	Ricker 1975 ss. 163-178 Seber 1982, ss. 328-347 541-544

- 1) Jos käytetään laajan alueen kalastajien palauttamia merkkejä, tämä oletus ei yleensä ole rajoittava. Vaellukset voivat kuitenkin aiheuttaa virheitä, jos ne suuntautuvat määrätylle alueelle ja kalastajien taipumus palauttaa merkkejä vaihtelee alueittain.
- 2) Kalataloudellisissa tutkimuksissa tutkitaan yleensä osapopulaatioita, esim. kalastuksen kohteena olevaa osapopulaatiota tai sen osaa kuten kalastuksen piiriin täydellisesti rekrytoituneiden osakantaa. Näissä tapauksissa menetelmiä voi käyttää, edellyttäen, että käytetään vain sitä osaa aineistosta, joka edustaa ko. osapopulaatiota.

Näytteenotto

Näytteenotto ratkaisee sen, kuinka tarkka ja täsmällinen arvo: kuolevuudelle voidaan laskea. Näytteenotto-ohjelma määräytyy valitun arviointimenetelmän yksityiskohtien ja tutkittavan ve- sistön ominaisuuksien ja kalakannan ominaisuuksien perusteella (alueen laajuus, käytettävissä olevat tiedot, populaation alueel- linen jakautuminen jne.). Tässä esitetään keskeisiä ongelmia ja niiden ratkaisuja yksinkertaisten esimerkkien avulla. Varsinaisen näytteenotto-ohjelman suunnittelu edellyttää kuitenkin laajempaa tietoa kuin tässä on voitu esittää. Yksityiskohtaiset kuvaukset menetelmistä ja niihin liittyvistä ongelmista on esitetty julkai- suissa, joihin on viitattu.

Merkintä takaisinpyynti

Arviolle voidaan laskea varianssi (Youngs & Robson 1978). Saa- dun otosvarienssin avulla voidaan laskea likimääräiset luotetta- vuusrajat saadulle eloonjäämiselle. Määräämällä luotettavuusrajo- jen laajuus etukäteen voidaan kaavoja käyttää tarvittavien otosko- kojen arvioimiseen. Tämä menettely johtaa yleensä hyvin suuriin otoksiin, koska kalakannan koon täsmällinen arvio edellyttää suu- ria merkintäeriä. Kun merkintä tähtää vain kuolevuuden arvioin- tiin, tulee mieluummin käyttää Seberin (1982, ss. 271-279) esittä- miä menetelmiä. Yksinkertaisimmassa tapauksessa kokonaiskuolevu- den varianssi lasketaan kaavasta

$$(4) \quad V(Z') = Z^2/(m-2)$$

missä $V(Z')$ = likimääräinen varianssi, (Z') tarkoit-
taa, että arvio on lievästi harhainen.

Z = kokonaiskuolevuus

m = merkkipalautusten määrä

Siten kokonaiskuolevuus voidaan arvioida verrattain täsmälli- sesti kunhan merkintä on niin laaja, että merkkipalautuksia saa- daan riittävästi. Tämä merkitsee sitä, että jos luotettavuusvälin laskemisessa käytetään normaalijakaumaan perustuvaa approksimaa- tiota, kaavan (4) avulla voidaan helposti laskea tarttavien palautusten määrä. Esim. $Z = 0,5$; 95 % luotettavuusvälit =

$0,5 \pm 2(0,5/\sqrt{(m-2)})$. Pyrkimyksenä tulee olla kuolevuusarvio, jonka 95 % luotettavuusvälit eivät poikkea arvioista enempää kuin 10-20 prosenttia. Tämä merkitsee, että $2(0,5/\sqrt{(m-2)}) < 0,05-0,10$, josta seuraa $m \geq 100 - 400$. Jos palautusprosentti on 10 % luokkaa on siis merkittävä vähintään 1 000 kalaa toivotun täsmällisyyden saavuttamiseksi. On kuitenkin syytä korostaa, että kaava (4) ei ole yleispätevä. Seber (1982) on julkaissut laskukaavoja erilaisille tilanteille. Yhteistä menetelmille kuitenkin on, että arvon täsmällisyys on vahvasti riippuvainen palautettujen merkkien lukumäärästä. Suunniteltaessa merkintäkoetta kuolevuuden laskemiseksi on siten lähdettävä tarvittavasta palautusten määrästä, jonka jälkeen arvioidaan, kuinka monta kalaa on merkittävä.

Populaationäyte

Chapman ja Robson (1960) sekä Robson ja Chapman (1961) ovat osoittaneet, että populaationäytteen perusteella lasketun eloonjäämisen (S) asymptoottinen varianssi isoille näytteille on:

$$(5) \quad V(S) \approx S(1-S)^2/n$$

Kuten merkintä-takaisinpyyntimenetelmässä kaavaa (5) voidaan käyttää tarvittavan otoksen koon arvioimiseksi. Jos $S = 0,61$ ($Z = 0,5$) ja oletetaan, että 95 % luottamusrajat ovat $0,6 \pm 0,06$ saadaan normaalijakauma-aproksimaatiota hyväksikäyttäen tulokseksi $n > 110$. On muistettava, että tämä n viittaa laskuissa käytettyyn havaintojen lukumäärään. Jos näytteessä esiintyy epätäydellisesti rekrytoituneita ikäryhmiä, näiden edustajia ei voida ottaa huomioon laskettaessa otoksen kokoa. Otoskoon arviointi em. tavalla edellyttää, että eloonjäämisen laskemiseen käytetyn menetelmän perusoletukset ovat voimassa (taulukko 7). Chapman ja Robson (1960) ovat kehittäneet χ^2 jakaumaan perustuvan testin, jolla voidaan testata, vastaako nuorimman laskelmissa käytetyn ikäryhmän frekvenssi mallissa oletettua (menetelmää ovat esittäneet myös Youngs ja Robson 1978, Seber 1982, s. 416). Testi ei paljasta, johtuuko mahdollinen poikkeama kuolevuuden vaihtelusta ikäryhmittäin, vuosiluokkien vahvuuden vaihteluista vaiko valikoituneesta otoksesta. Koska vuosiluokkien kokojen väliset vaihtelut yleensä aiheuttavat virheitä menetelmää käytettäessä, kaava (5) ei ole paras tapa arvioida tarvittavan otoksen kokoa. Useissa tapauksissa mielekkäämpi lähestymistapa on olettaa, että saalis edustaa

satunnaisotosta tutkittavasta osapopulaatiosta ja selvittää, kuinka suuria otoksia tarvitaan tietyn ikäryhmän saaliin selvittämiseksi. Tällöin voidaan käyttää Cochranin (1977) esittämiä osuuk-sien varianssien laskemiseen käytettäviä kaavoja. Yksinkertaisin tapaus on tilanne, jossa otos on yksinkertainen satunnaisotos ja otantasuhde pieni (ts. otos huomattavasti pienempi kuin populaatio). Tällöin variaatiokerroin (hajonta/keskiarvo) on

$$(6) \quad \text{C.V.} = \frac{1\sqrt{Q/P}}{\sqrt{n}} \quad , \quad (\text{Cochran 1977})$$

missä P = ko. ikäryhmän osuus kokonaissaaliista
 $Q = 1 - P$
 n = otoksen koko

Otoksen kannalta kriittisimmät ikäryhmät ovat ne, joiden osuus saaliista on pieni.

Tavoitteeksi voidaan asettaa, että variaatiokerroin ikäryhmissä, jotka edustavat vähintään 10 % saaliista, on korkeintaan 0,15 - 0,20 (15 - 20 %). Ratkaisemalla kaava (6) $n:n$ suhteen saadaan, että otoskoon tulee olla 225 - 400. Jos saalis koostuu monesta ikäryhmästä, joista useiden osuus on alle 10 %, otoskoko tulee suurentaa. Tapauksessa, jossa ikäryhmiä on monta, voidaan variaatiokerrointa pienentää käyttämällä ositettua otantaa (Cochran 1977). Osituksen perustana voidaan käyttää kalan pituutta, joka on helppo mitata kenttäolosuhteissakin. Southward (1976) on esittänyt näytteenotto-ohjelman, jossa ensin kerätään saaliista satunnaisotos, joka jaetaan pituusluokkiin. Sen jälkeen jokaisesta pituusluokasta otetaan otos iänmäärityksiä varten. Kunkin pituusluokan iänmääritysotoksen koko on verrannollinen ko. pituusluokassa olevien kalojen määrään. Kimura (1977) on käsitellyt kysymystä teoreettisesti ja hän on myös esittänyt menetelmän, jonka avulla voidaan arvioida, onko osittaminen pituuden suhteen hyödyllistä. Koko tarvittavaa otosta ei tule kerätä kerralla, koska silloin saadaan helposti harhainen tulos. Ihannetapauksessa otoksia tulee kerätä koko kalastuskauden aikana luotettavan keskimääräisen arvion saamiseksi. Käytännössä tämä on harvoin mahdollista vaan yleensä joudutaan keskittymään aikaan, jolloin saaliit ovat suurimmillaan. Keräämällä useita otoksia pyydyksistä, jotka valikoivat kaloja mahdollisimman vähän koon suhteen varmistutaan siitä, että saadaan käyttökelpoinen otos tutkittavasta osapopulaatiosta. Schweigert ja Sibert (1983) ovat esittäneet menetelmän, jonka avulla voidaan selvittää, montako otosta ja minkä kokoisia otoksia

tulee kerätä otosvarianssin minimoimiseksi, kun kerätään näytteitä iänmäärityksiä varten.

Yksikkösaalis ja saalisnäyte

Yksikkösaaliiden perusteella kuolevuus voidaan laskea myös populaatiosta, joka ei ole tasapainotilassa. Tämä edellyttää, että tunnetaan yksikkösaalis ja yksikkösaaliiden ikäjakauma. Yksikkösaaliit saadaan kalastuskirjanpidosta ja koekalastuksista. Molempien arvioiden otosvarianssit vaikuttavat kuolevuusarvion varianssiin. Yksinkertaista menetelmää tämän tilanteen analysoimiseksi ei ole vielä esitetty. Jos voidaan olettaa, että kokonaispyyntiponnistus ja kokonaissaalis tunnetaan voidaan eloonjäämisen varianssin yhtälö johtaa seuraavasti.

Vuoden yksikkösaalis (CPUE., y) lasketaan yhtälöstä

$$(7) \text{CPUE} (., y) = Y_y / (E_y \hat{w}_y)$$

missä kaava +

symboli

Y_y = vuoden y kokonaissaalis painoyksiköissä.
Kokonaissaalis oletetaan tunnetuksi

E_y = vuoden y kokonaispyyntiponnistus sopivissa yksiköissä. Kokonaispyyntiponnistus oletetaan tunnetuksi ja sen oletetaan kohdistuvan samansuuruisena kaikkiin tutkittaviin ikäryhmiin.

\hat{w}_y = vuoden y saaliskalan keskimääräinen paino

Kappalemääräisen yksikkösaaliin varianssi on (vrt. Southward 1976, s. 18)

$$(8) V(\text{CPUE}., y) = (Y_y/E_y)^2 V(1/\hat{w}_y)$$

Ikäryhmästä i saatu yksikkösaalis (CPUE_i) saadaan yhtälöstä

$$(9) \text{CPUE}_{i,y} = \hat{p}_{i,y} \text{CPUE}., y,$$

missä $\hat{p}_{i,y}$ = ikäryhmän i keskimääräinen osuus saaliin kappalemäärästä vuonna y

Tästä saadaan varianssi ikäryhmän i kappalemääräiselle yksikkösaaliille

$$(10) V(\hat{p}_{i,y}) = p_{i,y}q_{i,y}(1-f),$$

Osuuden varianssi saadaan otoksen perusteella lasketuksi yhtälöstä

$$(11) V(\hat{p}_{i,y}) = \frac{p_{i,y}q_{i,y}(1-f)}{n-1}, \quad (\text{Cochran 1977, s. 52})$$

missä n = otoksen koko
 $q_{i,y} = 1 - p_{i,y}$
 f = otantasuhde (n/N , N = saaliin kappalemääräinen koko), jos voidaan olettaa $n \ll N$,
 $f \approx 0$.

Eloonjääminen lasketaan yhtälöstä

$$(12) \hat{S}_{i,y} = (\hat{CPUE}_{i+1,y+1})/(\hat{CPUE}_{i,y}), \quad \text{jolle voidaan laskea varianssi yhtälöstä}$$

$$(13) V(\hat{S}_{i,y}) = (\hat{S}_{i,y})^2 \left[\frac{V(\hat{CPUE}_{i+1,y+1})}{(\hat{CPUE}_{i+1,y+1})^2} + \frac{V(\hat{CPUE}_{i,y})}{(\hat{CPUE}_{i,y})^2} - \frac{2\text{cov}(\hat{CPUE}_{i+1,y+1}, \hat{CPUE}_{i,y})}{(\hat{CPUE}_{i+1,y+1})^2(\hat{CPUE}_{i,y})^2} \right]$$

(vrt. Southward 1976)

Voidaan olettaa, että yksikkösaaliit korreloivat positiivisesti keskenään, joten varianssi yliarvioidaan, jos kovarianssitermi jätetään laskematta yhtälössä (13). Eloonsäämisarvon 95 % luottamusväli voidaan laskea likimääräisesti yhtälöstä

$$(14) \quad \text{väli} = \hat{S}_{i,y} \pm 2 \sqrt{V(\hat{S}_{i,y})}$$

Yhtälöiden (7) - (14) avulla voidaan arvioida tarvittava otoksen koko. Jos halutaan, että $2 \sqrt{V(\hat{S}_{i,y})} < a$, saadaan $V(\hat{S}_{i,y}) \leq (a/2)^2$. Sijoittamalla arvo $V(\hat{S}_{i,y}) = (a/2)^2$ yhtälöön (13) ja sijoittamalla siihen yhtälöt (7) - (12) saadaan yhtälö, josta n voidaan laskea. Merkintöjen yksinkertaistamiseksi merkitään indeksi $i+1, y+1 = 2$ ja $i, y = 1$. Oletetaan lisäksi, että $n_1 = n_2 = n$ ja jätetään kovarianssitermi pois yhtälöstä (13). Tulokseksi saadaan yhtälö

$$(15) \quad (a/2)^2 = \left[\frac{\hat{p}_2 Y_2 E_1 \hat{w}_1}{\hat{p}_1 Y_1 E_2 \hat{w}_2} \right]^2 \left[\frac{(\hat{p}_2 Y_2)^2 V(1/w_2)/n + Y_2^2 \hat{p}_2 \hat{q}_2 / \hat{w}_2^2 (n-1)}{Y_2^2 \hat{p}_2^2} + \frac{(\hat{p}_1 Y_1)^2 V(1/w_1)/n + Y_1^2 \hat{p}_1 \hat{q}_1 / \hat{w}_1^2 (n-1)}{(Y_1 \hat{p}_1)^2} \right]$$

Yhtälön (15) avulla voidaan tarvittava otoskoko arvioida. Olkoon $w_1 = w_2 = w$, $Y_1 = Y_2 = Y$, $E_1 = E_2 = E$ ja $V(1/w_1) = V(1/w_2) = V(1/w)$. Olkoon lisäksi $V(1/w)$ riippumaton otoksen koosta. Nämä oletukset merkitsevät, että oletetaan kalastuksen ja kalakannan olevan dynaamisessa tasapainotilassa. Lisäksi oletetaan, että saalisnäytettä voidaan käsitellä yksinkertaisena satunnaisotoksena saaliista. Tämä oletus on todennäköisesti kaikkein rajoittavin, koska usein vaihtelu yksittäisten saaliiden välillä on huomattava. Saatua lukuarvoa otoksen koolle tulisi siten pitää vain nyrkkisääntönä. Jos on aihetta epäillä, että saaliiden välillä on suuria

eroja ikäjakauman suhteen, tulisi näytteet pyrkiä keräämään mahdollisimman monesta saaliista. Käytännössä jokaisesta saaliista joudutaan kuitenkin keräämään muutamia kymmeniä kaloja, koska pienempien satunnaisotosten saaminen voi olla mahdotonta. Yhtälöä (15) voidaan edelleen sieventää olettamalla $n \approx n-1$. Tällöin saadaan

$$(16) \quad n \approx \frac{2^2}{a^2 p_1^4} \left[2 \hat{p}_1^2 \hat{p}_2^2 V(1/w) + (1/\hat{w})^2 (\hat{p}_2^2 \hat{p}_1 \hat{q}_1 + \hat{p}_1^2 \hat{p}_2 \hat{q}_2) \right]$$

Yhtälö (16) merkitsee mm., että eloonjäämisarvon täsmällisyys on riippuvainen ko. vuosiluokan saalisosuuksista.

Esimerkki. Saaliissa esiintyy kaloja, joiden paino vaihtelee 0,5 - 2 kg. Saaliskalojen painot noudattavat suurin piirtein normaalijakaumaa, ja $w = 1,14$. $V(1/w) = 0,0922$, $1/w = 0,877$. Jos saalisuus $p_1 = 0,2$ ja $p_2 = 0,1$ ja halutaan, että $2 \sqrt{V(\hat{S}_1)} < 0,1$, saadaan yhtälöstä (16) otoskooksi noin 1000. Jos sen sijaan $p_1 = 0,5$ ja $p_2 = 0,25$ saadaan yhtä täsmällinen arvio otoksella jonka koko on runsaat 300.

Nämäkin otokset on syytä kerätä pienehköissä erissä kuten otokset populaationäytteistä. Jos kokonaispyyntiponnistusta ja kokonaissaalista ei tunneta ongelma on monimutkaisempi, koska silloin halutaan myös selvittää, montako yksikkösaalistietoa tarvitaan toivotun täsmällisyyden omaavan eloonjäämisarvon laskemiseksi. Koska analyttistä ratkaisua tämän tilanteen analysoimiseksi ei toistaiseksi ole esitetty, on tyydyttävä tutkimaan keskimääräisen yksikkösaaliin tilastollisia hajontalukuja, ja pyrittävä mahdollisimman täsmällisiin arvioihin keskimääräisestä yksikkösaaliista. Lähtökohtana voi esim. olla, että 95% luottamusvälit keskimääräiselle yksikkösaaliille eivät poikkea keskiarvosta enempää kuin 10 - 15 prosenttia.

Tulostus

Kuolevuuden tai eloonjäämisen laskemiseksi käytetyt aineistot taulukoidaan. Tuloksissa ilmoitetaan kuolevuus- (eloonjäämis) arviot ja mikäli mahdollista myös niiden varianssit. Tilanteissa, joissa aineistoon voi soveltaa useita eri menetelmiä näin tulee

tehdä. Menetelmien oletusten paikkansapitävyyttä tulee tarkastella.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Kuolevuus (eloonjääminen) on keskeinen muuttuja kalakantojen arvioinnissa. Käytännössä kaikki tutkimukset, jotka käsittelevät kalakantojen dynamiikkaa, sisältävät arvioita kuolevuudesta. Arvioiden täsmällisyyttä on sen sijaan tarkasteltu huomattavasti harvemmin. Varianssien ja luotettavuusvälien esittäminen on kuitenkin tärkeää, sillä ne antavat käsityksen arvioiden tilastollisesta luotettavuudesta.

Kuolevuusmäärityksen suurimmat virhelähteet ovat menetelmien perusoletuksissa ja näytteenotossa. Poikkeamat perusoletuksista (taulukko 7) ja näytteenottovirheet voivat helposti aiheuttaa virheellisen tuloksen, jolla voi olla varsin suuri merkitys, kun kuolevuustietoja käytetään kalakantamalleissa. Esimerkiksi kalastuskuolevuuden väheneminen sinä aikana, kun merkkejä palautetaan, johtaa kokonaiskuolevuuden yliarviointiin. Tämä voi aiheuttaa johtopäätöksen, jonka mukaan kalastus on tehostunut, vaikka kehitys on ollut päinvastainen. Esimerkin tällaisesta tapauksesta ovat esittäneet Hudd ym. (1984). Virhelähteisiin on siksi kiinnitettävä erityistä huomiota ja mikäli mahdollista myös tarkasteltava mahdollisten arviointivirheiden vaikutuksia johtopäätöksiin.

KIRJALLISUUS

- CHAPMAN, D. G. & ROBSON, D. S. 1960: The analysis of a catch curve. - *Biometrics* 16: 354-368.
- COCHRAN, W. G. 1977: *Sampling techniques* 3rd ed. - Wiley. N. Y. 428 s.
- COLLIE, J. S. SISENWINNE, M. P. 1983: Estimating population size from relative abundance data measured with error. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 40: 1871-1879.
- GULLAND, J. I. 1983: *Fish stock assessment - a manual of basic methods*. - FAO/Wiley series on food and agriculture. 1. Chichester. 223 s.

- HUDD, R., HILDÉN, M., URHO, L., AXELL, M.-B. & JÄFS, L.-A.
1984: Kyrönjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalous-
selvitys 1980-82. - Vesihallitus. Tiedotus (painossa).
- KETTUNEN, J. & HILDÉN, M. 1983: The extended Kalman filter
approach to VPA. - ICES C. M. 1983/D:17. 15 s. Moniste.
- KIMURA, D. K. 1977: Statistical assessment of the age-length
key. - J. Fish. Res. Board. Can. 34: 317-324.
- McFADDEN, J. T. 1977: An argument supporting the reality of
compensation in fish populations and a plea to let them
exercise it. - Teoksessa Van Winkle, W. (toim.) Assessing
the effects of power-plant included mortality on fish
populations. - Pergamon. s. 153-184.
- RICKER, W. E. 1975: The computation and interpretation of
biological statistics of fish populations. - Bull. Fish.
Res. Bd. Canada 191. 382 s.
- ROBSON, D. S. & CHAPMAN, D. G. 1961: Catch curves and mortality
rates. - Trans. Am. Fish. Soc. 91: 181-189.
- SEBER, G. A. F. 1982: The estimation of animal abundance and
related parameters. 2nd ed. - Griffin. London. 654 s.
- SCHWEIGERT, J. F. & SIBERT, J. R. 1983: Optimizing survey
design for determining age structure of fish stocks:
an example from British Columbia Pacific herring (Clupea
harengus pallasi). - Can. J. Fish. Aquat. Sci 40: 588-597.
- SOUTHWARD, G. M. 1976: Sampling landings of halibut for age
composition. - International Pacific Halibut Commission.
Scientific Report 58. 31 s.
- YOUNGS, W. D. & ROBSON, D. S. 1978: Estimation of population
number and mortality rates. - Teoksessa Bagenal, T. B.
(toim.) Methods for assessment of fish production in
fresh waters. IBP Handbook No. 3. Blackwell. Oxford.
s. 137-164.
- VASAMA, P. M. & VARTIA, Y. 1980: Johdatus tilastotieteeseen.
4. korjattu painos. - Gaudeamus. Helsinki. 725 s.

7.8. Populaation koko

7.8.1. Kaikuluotaustutkimukset (P. Suuronen, J. Jurvelius, A. Hovi ja M. Hildén)

Johdanto

Kaikuluotausmenetelmää käytetään nykyaikaisessa kalakanta-arvioinnissa muista menetelmistä riippumattomana rinnakkaismenetelmänä. Kaikuluotaus soveltuu pelagisten kalojen levinneisyyden, runsauden sekä liikkeiden nopeaan ja sopivissa olosuhteissa kohtuullisen tarkkaan arvioimiseen. Periaatteessa menetelmä antaa yhdessä koekalastusten kanssa useimmat kalakantojen arvioinnissa tarvittavat tiedot. Siksi sitä voidaan käyttää myös kalakantojen tilan seurantaan.

Tarkkailututkimuksissa selvitetään usein missä määrin kannanvaihtelun syyt voidaan kytkeä ympäristönmuutokseen. Kalakannan koko on siten keskeinen muuttuja. Määrällisen kaikuluotausarvioinnin kannalta erityisesti monet biologiset ja veden fysikaaliset tekijät tuottavat ongelmia. Siksi yksityiskohtaisia rutiinityökentelyyn soveltuvia ohjeita ei voida vielä laatia.

Kaikuluotaus on varsin käyttökelpoinen menetelmä silloin, kun tahdotaan selvittää pelagisten kalojen alueellista esiintymistä, lyhyen aikavälin liikkeitä ja vaelluksia. Hyödyntämättömien tai puutteellisesti tunnettujen sekä lyhytikäisten kalojen levinneisyyden ja runsauden arvioimiseksi kaikuluotausmenetelmä tarjoaa usein käyttökelpoisimman keinon.

FAO on julkaissut useita kalakaikuluotausmenetelmiä käsitteleviä käyttöoppaita (Forbes & Nakken 1972, Burczynski 1982, Johannesson & Mitson 1983). Myös alan symposiumjulkaisuissa aiheita on käsitelty laajasti (mm. Margetts 1977, Suomala 1981, Nakken ja Venema 1983). Venema (1982) on julkaissut bibliografian 1750 tärkeimmästä akustisista tutkimuksista käsittelevästä artikkelista.

Kaikuluotauksen periaatteet

Kaikuluotaus

Kaikuluotaimen synnyttämät sähköpulssit ohjataan sähköakustiseen muuntimeen, joka muuttaa sähköisen pulssin äänipulssiksi. Kalakaikuluotauksessa käytetään tavallisesti pietsosähköisiä taa-

juusalueeltaan kapeakaistaisia muuntimia. Ne toimivat samalla sekä lähettimenä että vastaanottimena. Jos lähetetty äänipulssi osuu edetessään esteeseen, osa äänienergiasta heijastuu takaisin (=kaiku). Vastaanottimessa tämä energia muutetaan jälleen sähköenergiaksi, jota tutkimalla ja analysoimalla voidaan selvittää kohteen ominaisuuksia. Vastaanotetussa signaalissa on informaatiota sen aikaviiveessä (kohteen etäisyys), amplitudissa (kohdevoimakkuus), kestossa (kaiun pituus) ja taajuudessa (mm. Doppler-ilmiö).

Äänen vaimeneminen vedessä

Kaikuluotauksen kannalta on tärkein äänen vaimenemiseen vaikuttava tekijä ääniaallon hajaantuminen. Ääniaalto on väliaineessa etenevää mekaanista (elastista) värähtelyä, eikä näinollen voi edetä koherentisti (muotonsa ja tiiviytensä säilyttäen). Kalakaukuluotauksessa kyseeseen tulevilla syvyyksillä voidaan äänikenttä arvioida pallomaiseksi. Tällöin äänen vaimeneminen on verrannollinen etäisyyden neliöön (kun etäisyys kaksinkertaistuu, pallon pinta-ala nelinkertaistuu).

Muita vaimenemismekanismeja vedessä ovat veden viskositeetista johtuva vaimeneminen, terminen absorptio ja relaksaatio. Terminen absorptio on alle sadasosa kahdesta muusta. Relaksaation merkitys saattaa olla merivedessä suurikin. Suurin osa havaittavasta relaksaatiovaimenemisesta johtuu suolojen molekyylien virittymisestä ja relaksaatiosta. Makeassa vedessä relaksaation vaikutus on häviävän pieni, ja vielä Itämeressäkin viskositeetista johtuva vaimeneminen peittää sen. Veden viskositeetista johtuva vaimeneminen onkin tärkein näistä vaimenemismekanismeista. Makeassa vedessä vaimeneminen on verrannollinen äänen taajuuden neliöön, toisin sanoen mitä suurempi taajuus sitä nopeammin ääni vaimenee. Kalastotutkimuksissa käytettävien kaikuluotaimien lähetystaajuus on tavallisesti 30-200 kHz. Kirjallisuudessa esiintyy huomattavan paljon vaihtelua vaimennuksen suuruuden suhteen, esim. taajuudella 30 kHz vaimennuskertoimen arvot ovat yleensä välillä 0,001-0,01 dB/m.

TVG-vahvistus

Vastaanotettua signaalia on vahvistettava. Luotaimissa käytetään tavallisesti vahvistusta, jolla kompensoidaan ääniaallon vaimenemisen vaikutus. Vahvistuksesta käytetään nimitystä Time Varied Gain (TVG) eli ajasta riippuva vahvistus. TVG-vahvistuksen

avulla saadaan periaatteessa tuloksia, jossa kohteesta heijastuva energia on syvyydestä riippumaton.

Mitattavan kohteen luonteesta riippuu minkälaista TVG-vahvistusta käytetään. Jos luodattava kohde on äänen aallonpituuteen nähden pieni (esim. yksittäinen kala), alkaa heijastumispiisteessä uusi palloaalto, ja vaimeneminen sekä tulevalle että heijastuvalle ääniaalloille on sama. Tällöin käytetään TVG-vahvistusta $40\log(r)+2ar$, jossa r on kohteen etäisyys ja a vaimenemisvakio. Jos kohteen mitat ovat suuret aallonpituuteen nähden (esim. tiheä kalaparvi), ääni heijastuu kuten tasopinnasta. Tällöin ei hajastumispiisteessä ala uusi palloaalto, vaan saapuva palloaalto heijastuu muotonsa säilyttäen. Siksi käytetään TVG-vahvistusta $20\log(r)+2ar$.

Akustisen kalakanta-arvion kannalta on oleellista, että TVG-vahvistus saadaan toimimaan riittävällä tarkkuudella. Jo pienetkin virheet (1 dB) saattavat aiheuttaa suuria virheitä populaation koon arvioinnissa.

Pulssin pituus ja vastaanottimen kaistanleveys

Lähetettävän ääni-impulssin kesto-aika (tavallisesti 0,3-1,0 millisekuntia) määrää impulssin pituuden. Pulssin pituus puolestaan määrää kaikuluotaimen syvyyssuuntaisen erottelukyvyn. Mitä lyhyempi pulssi, sitä suurempi on luotaimen syvyyssuuntainen erottelukyky. Toisaalta lyhyt pulssi ei ole enää yksitaajuinen, vaan se leviää laajemmalle alueelle spektrissä. Jotta luotaimen vastaanotin pystyisi vastaanottamaan tällaisen kaiun, on vastaanottimen kaistanleveyttä suurennettava.

Kaistanleveyden suurentaminen puolestaan aiheuttaa sen, että kohinaa (= ei toivottua ääntä) vastaanotetaan enemmän, mikä vaikeuttaa signaalien havaitsemista. Järjestelmän signaali/kohina - suhde huononee.

Vaikka pulssin lyhentäminen voi tietyissä olosuhteissa merkitä parantunutta erottelukykyä, on ilmeistä, että signaali/kohina - suhteen huononeminen usein kumoo saavutetun edun. Informaation tallentamisen kannalta on myös huomattava, että kapeakaistaisen tiedon nauhoittaminen on tehokkaampaa kuin laajakaistaisen tiedon.

Äänen suuntautuvuus

Kaikuluotaimien lähetinanturit ovat ääntä suuntaavia eli suurin osa äänienergiasta lähetetään mittaussuuntaan. Äänen intensiteetti

(energia pinta-alayksikköä kohti) on suurimmillaan "äänikeilan" keskustassa eli ns. akustisella akselilla ja heikkenee nopeasti, kun etäisyys (kulma) akustiseen akseliin kasvaa. Myöskään kaikua vastaanotettaessa anturi ei reagoi yhtä herkästi sivusuunnassa kuin akustisen akselin suunnasta tuleville äänille. Äänienergian jakautumista veteen kuvataan anturin suuntausfunktiolla. Yleensä pääkeilan sivuille syntyviä heikkoja sivukeiloja ei oteta huomioon.

Suuntaavuus ilmaistaan tavallisesti ns. puolitehopisteen (3dB:n piste) perusteella määritetyllä suuntauskulmalla. Puolitehopiste kuvaa sitä kohtaa äänikeilassa, missä äänen intensiteetti on puolet akustisen akselin vastaavan syvyyden intensiteetistä.

Sopivan suuntauskulman valinta riippuu ensisijaisesti luodattavien kohteiden määrästä ja syvyydestä. Kapealla keilalla on parempi erottelukyky kuin leveällä keilalla, mutta toisaalta kapean keilan näytetilavuus on pienempi. Tosin tehollinen näytetilavuus riippuu suuntauskulman lisäksi luodattavien kohteiden ääntä heijastavista ominaisuuksista. Kohteen havaitsemisraja on se piste, missä taustakohina peittää signaalin alleen.

Signaalin käsittely

Visuaalinen arviointi piirturilta

Kaloista kaikuluotaimen piirturille piirtyvien merkkien määrän, koon ja tummuuden silmänvarainen arviointi voi antaa kuvan kalojen suhteellisesta runsaudesta. Kokemuksesta riippuu kuinka tarkkaan arvioon päästään. Forbes ja Nakken (1972) ovat esittäneet neljään eri tummuusasteeseen perustuvan luokitteluskaalan, jonka avulla voidaan Savillen (1977) mukaan saada alustava arvio kalatiheydestä. Kalojen alueellisen levinneisyyden ja lyhytaikaisten liikkeiden selvittämisessä visuaalinen arviointi on usein riittävä. Kvantitatiivisia arviointeja tällä menetelmällä ei voida tehdä.

Oskilloskooppiarviointi

Kaikusignaalien pituus ja amplitudi voidaan mitata tarkasti oskilloskoopin avulla. Tällöin voidaan periaatteessa erottaa yksittäin havaitut kalat kalaparvista ja luokitella kohteita niiden kaiun perusteella. Oskilloskoopin avulla voidaan myös arvioida luotaimen tehollista pulssitilavuutta. Huolellisesti tehtynä oskilloskooppiarviointi voi antaa kvantitatiivisia tuloksia (mm.

Nunnallee 1974), vaikkakin menetelmä on kohtuuttoman työläs.

Oskolloskoopin avulla tapahtuva signaalinkäsittely voi olla mielekästä kuitenkin silloin, kun aineisto on jouduttu keräämään epäedullisissa olosuhteissa. Esimerkiksi taustakohinan pilaamat kaiut voidaan usein havaita oskilloskoopin avulla.

Automaattinen kaikulaskenta

Kaikusignaalien laskenta ja amplitudin mittaus tehdään usein automaattisesti erilaisten tietojenkäsittelyjärjestelmien avulla (esim. Cushing 1968, Craig ja Forbes 1969, Yamanaka ym. 1977, Lindem 1981). Järjestelmä tunnistaa, rekisteröi ja tallentaa jokaisen ennalta määrätystä syvyysvyöhykkeestä heijastuvan kaikusignaalin, joka sopii asetettujen hyväksymisrajojen sisälle. Hyväksymisrajat säädetään tutkittavan kalapopulaation kohdevoimakkuustietojen perusteella.

Kaikulaskentamenetelmä edellyttää, että rekisteröitävät kaikusignaalit ovat peräisin kaikuluotaimen erottelukyvyn kannalta yksittäisistä kaloista. Akustisen järjestelmän erottelukyvyn määrää ensisijaisesti lähetyspulssin pituus ja suuntauskuulma. Saman äänikeilan sisällä olevat kalat rekisteröityvät erillisinä kohteina vain, jos niiden etäisyys toisistaan on syvyyssuunnassa vähintään puolet pulssin pituudesta (käytännössä eron pitää olla selvästi suurempi). Jos etäisyys on lyhyempi, syvemmällä olevasta kalasta heijastunut kaiku saapuu anturille ennen kuin lähempänä olleesta kalasta saapunut kaiku on sammunut. Tällöin kaiut sulautuvat yhteen, ja järjestelmä rekisteröi vain yhden kaiun, jonka pituudesta voidaan tosin tehdä vielä johtopäätöksiä.

Kalastotutkimuksissa käytettävällä taajuusalueella on vaikeaa ja kallista valmistaa laitteita, jotka voivat erottaa yksittäisinä kohteina kalat, joita on enemmän kuin yksi kolmessa kuutiometrissä vettä (noin 20 metrin syvyydessä) (Robinson 1981). Useimmat pelagiset kalalajit esiintyvät tavallisesti liian tiheissä parvissa, jotta luotainjärjestelmä pystyisi erottamaan kalat yksittäisinä kohteina (Forbes & Naken 1972, Robinson 1981).

Usein osa kaloista pystytään havaitsemaan yksittäisinä ja osa vain parveutuneina. Kehittyneimmissä kaikusignaalien käsittelyjärjestelmissä kaikusignaalit analysoidaan ja luokitellaan kaiun pituuden ja amplitudin perusteella yksittäisistä tai useammista kaloista heijastuneisiin kaikuihin (ks. Margetts 1977, Suomala 1981, Nakken ja Venema 1983). Tällöin kaikuinformaatiota voidaan käsitellä asianmukaisella tavalla eli osa aineistosta käsitellään

kaikulaskentamenetelmällä ja osa esim. kaikuintegrointimenetelmällä (ks. kappale kaikuintegrointi).

Jos tiedetään tai voidaan olettaa, että yksittäin havaittujen ja ryhmissä havaittujen kalojen laji- ja kokojakauma on sama, voidaan yksittäin havaituista kaloista saatua informaatiota käyttää ryhmissä havaittujen kalojen luokittelussa (Lindem 1981, 1983).

Äänienergian epätasainen jakautuminen äänikeilassa aiheuttaa myös ongelmia. Täysin identtisisistä ja samalla syvyydellä olevista kohteista ei heijastu yhtä paljon energiaa, jos kohteet ovat eri etäisyydellä akustiseen akseliin nähden. Yhdellä anturilla varustettu luotain ei kerro kalan sijaintia akustisen akselin suhteen. Kaloista heijastuneiden kaikujen amplitudin perusteella ei siten voida tehdä suoraan johtopäätöksiä esim. kalojen koosta.

Energian epätasainen jakautuminen äänikeilassa aiheuttaa myös sen ongelman, että suurille kaloille, joiden kohdevoimakkuus on suurempi kuin pienten kalojen, tehollinen näytetilavuus on suurempi kuin pienille samalla syvyydellä oleville kaloille (Cushing 1968). Tehollinen näytetilavuus riippuu siten myös kalan koosta. Äänen epätasaisen suuntautumisen aiheuttamien virheiden korjaamista on käsitelty kalibrointia koskevassa luvussa.

Kaikuintegrointi

Kaikusignaalien integrointi eli summaaminen on nykyisin yleisin kaikuinformaation käsittelymenetelmä (Suomala & Yudanov 1980). Menetelmä ei edellytä kalakohteiden havaitsemista erillisinä. Menetelmä perustuu sekä teoreettisesti että kokeellisesti oikeaksi osoitettuun havaintoon, että kaloista heijastuvan kaikusignaalin neliö on ideaaliolosuhteissa suoraan verrannollinen kalojen biomassaan (esim. Swingler & Hampton 1981, Foote 1983).

Kaikuintegraattori mittaa, neliöi ja summaa ennaltasäädetyistä syvyydvyöhykkeestä rekisteröityjen kaikusignaalien amplitudin haluttua aika- tai matkayksikköä kohti. Summattu kaikuenergia muunnetaan kalabiomassaksi erikseen mitattavan kalibrointivakion avulla.

Menetelmä pohjautuu oletukseen, että kalat ovat tietyllä tavalla jakautuneet (esim. kolmiulotteinen Poisson-jakauma) tutkittavaan vesitilavuuteen. Lisäksi oletetaan, että kukin kala toimii itsenäisenä heijastuskohteena eli parven kalojen välillä ei tapahdu sekundääriheijastumia tai varjostumia. Footen (1980) mukaan luonnossa esiintyvissä kalatiheyksissä kalojen välillä ei tapahdu sekundääriheijastumia. Sen sijaan suurissa ja tiheissä parvissa

päällimmäiset kalat voivat varjostaa akustisesti alempia kaloja, jolloin parven biomassa aliarvioidaan.

Ongelmana kaikuintegroitimenetelmässä on se, että integraattori summaa kaiken asetetun havaintokynnyksen ylittävän äänienergian. Esimerkiksi kalaparvien seassa olevien pienten ravintoeläimien muodostama kaikuenergia summautuu kalakaikujen mukana, jolloin kalaparven biomassa yliarvioidaan. Pieneläintihentymistä saattaa yksinäänkin heijastua kaikusignaaleja, jotka ylittävät järjestelmän havaintokynnyksen. Myös eri syistä johtuva taustakohina aiheuttaa usein ongelmia. Ei-toivottuja kaikuja voidaan yrittää poistaa aineistosta piirturipaperia tutkimalla tai oskilloskoopin avulla.

FAO on julkaissut oppaan kaikuintegroitimenetelmästä (Burczynski 1982).

Akustisen järjestelmän kalibrointi

Kalan kohdevoimakkuus

Äänen heijastuminen kalasta riippuu kalan rakenteesta, muodosta, koosta, fysiologisesta tilasta ja käyttäytymisestä sekä äänen aallonpituudesta (esim. Hawkins 1981, Middtun 1982). Jotta akustisella järjestelmällä mitattu kaikuenergia voidaan muuttaa kalabio-massaksi tai kalojen kooksi, on luodattavien kalojen kohdevoimakkuus tunnettava. Kohdevoimakkuudella tarkoitetaan kalan äänenheijastuskykyä sovitun standardikohteen suhteen.

Kohdevoimakkuuden määrittäminen on vaikeaa ja eri määritysmenetelmiin liittyy paljon virhelähteitä, joiden kvantitatiivinen arviointi voi olla lähes mahdotonta (Suomala & Yudanov 1980). Jo pelkästään kohdevoimakkuuden määrittämisessä tapahtuva ± 3 dB:n virhe aiheuttaa, että arvio populaation koosta kaksinkertaistuu tai puoliintuu.

Uimarakko on kalan erilaisista rakenneosista tärkein ääntä heijastava komponentti; sen osuus heijastumasta on lajista riippuen 50-90 prosenttia (esim. Middtun 1982). Kalan muuttaessa uintisyvyyttään sen uimarakon tilavuus muuttuu, jolloin kalasta heijastuvan äänen voimakkuus muuttuu. Kaloilla on kuitenkin erilaisia mekanismeja kompensoimassa tällaista tilavuudenmuutosta, mistä johtuen kohdevoimakkuuden riippuvuutta kalan uintisyvyydestä ei vielä tunneta kovinkaan hyvin (Hawkins 1981). Pääasiassa kalan uimarakon monimutkaisesta muodosta johtuu, että kalan heijastuvan äänen voimakkuuteen vaikuttaa myös kalan asento äänilähteeseen

nähden (esim. Nakken & Olsen 1977).

Jo muutaman asteen muutos kalan uintiasennossa voi aiheuttaa moninkertaisen muutoksen kalasta heijastuvan kaiun voimakkuuteen. Nakkenin ja Olsenin (1977) mukaan eräiden sillikaloiden keskimääräinen kohdevoimakkuus luonnossa on noin 6 dB:ä alhaisemmalla tasolla kuin kaloiden maksimaalinen kohdevoimakkuus. Buerkle (1982) on todennut, että 16-18,5 cm pitkän villakuoreen horisontaalisen muuttuessa vaakatasosta yli 5-10 astetta pienenee sen kohdevoimakkuus 1 dB:n jokaista 2-2,5 asteen muutosta kohti. Buerkle (1982) on esittänyt kokeellisen yhtälön villakuoreen kohdevoimakkuuden ja uintiasennon välille.

Yleensä kohdevoimakkuutta mitataan yksittäisistä kaloista. Kalaparvista heijastuvan äänen voimakkuuteen vaikuttavia tekijöitä ei vielä tunneta riittävästi. Tavallisesti joudutaankin oletta-
maan, että yksittäisillä kaloilla tehtyjen mittausten antamaa tietoa voidaan käyttää arvioitaessa kalaparven kaloiden äänenheijastusominaisuuksia.

Jotta vastaanotetut kaikusignaalit voitaisiin luokitella ja kvantifioida, on kaloiden kohdevoimakkuuden lisäksi tunnettava kaikuluotaimen tietyt laiteparametrit, joista tärkeimmät ovat lähetysspulssin voimakkuus ja vastaanottoanturin herkkyys. Johansson ja Mitson (1983) ovat selvittäneet kaikuluotausjärjestelmien biologiseen ja tekniseen kalibrointiin liittyviä ongelmia.

Kalan kohdevoimakkuuden mittaus kontrolloiduissa olosuhteissa

Tutkimuksen kohteena olevan kalapopulaation kaloiden kohdevoimakkuutta voidaan mitata kontrolloiduissa olosuhteissa. Populaatiota edustavia, eläviä, tainnutettuja, nukutettuja tai usein kuolleita kaloja ripustetaan ohuiden nailonlankojen varassa luotaimen äänikeilaan haluttuun kohtaan ja mitataan kohdevoimakkuus (esim. Nakken & Olsen 1977, Foote 1983).

Menetelmällä pystytään selvittämään tarkasti kaloista heijastuvan kaiun riippuvuus kalalajeista, kalan koosta, asennosta ja sijainnista äänikeilassa sekä äänen aallonpituudesta. Toisaalta tainnutetun tai kuolleen kalan fysiologinen tila ja varsinkin uimarakon tila voi poiketa paljonkin luonnossa vapaasti uivien kaloiden tilasta, jolloin mittausten käytännön arvo voi olla vähäinen (Suomala & Yudanov 1980). Footen (1980, 1983) mukaan kontrolloiduissa olosuhteissa mitattuja arvoja voidaan käyttää luonnossa vapaasti uivien kaloiden arvioinnissa, jos kaloiden käyttäytymisestä ja ympäristöstä johtuvat kaloiden äänenheijastusominaisuuksiin

vaikuttavat tekijät tunnetaan ja otetaan huomioon.

Kohdevoimakkuuden määrittäminen in situ -menetelmillä

In situ -menetelmissä kalojen kohdevoimakkuus määritetään suoraan luonnossa vapaasti uivista kaloista. Tällöin kalojen käyttäytyminen ja fysiologinen tila on normaali. Ongelman in situ -menetelmille muodostaa äänienergian epätasainen jakautuminen äänikeilassa. Kaloista mitattu kaikuvoimakkuus on muutettava kalojen kohdevoimakkuudeksi poistamalla (eliminoimalla) kaiuista suuntauksen aiheuttama 'virhe'.

Yksinkertaisimmat suuntausfunktion vaikutuksen korjaamismenetelmät perustuvat kaikusignaalien tilastolliseen käsittelyyn ja monimutkaisimmat moni-anturijärjestelmiin, joilla pystytään lisäämään äänen suuntautuvuutta ja toisaalta korrelaatiofunktioiden avulla poistamaan epätasaisen suuntauksen vaikutusta (Ehrenberg 1983).

Craigin ja Forbesin (1969) esittämän algoritmin avulla todennäköinen kohdevoimakkuusjakauma voidaan laskea tilastollisesti kaikuvoimakkuusjakaumasta, jos lähetinanturin suuntausominaisuudet tunnetaan. Menetelmässä oletetaan, että kalat ovat jakautuneet tasaisesti tutkittavaan vesitilavuuteen. Algoritmi ei toimi tyydyttävästi pienellä näytemäärällä. Lindem (1983) suosittelee vähintään 1000 kaikusignaalin sisällyttämistä algoritmin ajoon. Ehrenberg ja Lytle (1977) katsovat, että algoritmi on kohtuullisen tarkka, jos kalojen kaikuvoimakkuusjakauma on lähellä normaalia ja vaihteluväli korkeintaan yhtä kertaluokkaa. Bagenal et. al. (1982) ovat verranneet Craig-Forbes -algoritmin avulla laskettua kalojen kohdevoimakkuusjakaumaa samanaikaisesti troolilla pyydystettyjen kalojen pituusjakaumaan. Näissä kokeissa vahvistettiin menetelmän soveltuvuus ainakin tiettyihin olosuhteisiin.

Robinson (1979, 1981) on esittänyt in situ -menetelmän, joka myös perustuu vastaanotettujen kaikusignaalien tilastolliseen käsittelyyn. Menetelmä poikkeaa sekä eräiltä perusoletuksiltaan että laskennallisesti Craig-Forbes -algoritmista. Tilastollinen ratkaisu edellyttää noin 10 000 kalakaiun analysointia. Jos kalojen kaikuvoimakkuusjakauma on yksihuippuinen ja keskihajonta on alle 2,5 dB:ä, menetelmällä voidaan saavuttaa $\pm 0,5$ dB:n tarkkuus kohdevoimakkuuden arvioinnissa (Johannesson & Mitson 1983).

Edellä mainittujen in situ -menetelmien etuna on, että kalojen kohdevoimakkuus voidaan määrittää käytössä olevalla kaikuluotaukskalustolla. Signaalien analysointia ja käsittelyä varten tarvitaan tietokone. Ongelmana voi usein olla yksittäin havaittavien ja

populaatiota edustavien kalojen löytäminen riittävässä määrin.

Ehrenberg (1974) on esitellyt kaksi-anturi -järjestelmän kalojen kohdevoimakkuuden suoraa mittaamista varten. Menetelmän avulla voidaan ainakin periaatteessa poistaa jokaisesta kaiusta suuntauksen aiheuttama virhe. Kaksi-anturi -järjestelmästä kehitetyt monianturi -järjestelmät ovat tarkempia kuin edellä kuvatut yksi-anturi -järjestelmät ja lisäksi monianturi -järjestelmien käyttöalue on laajempi (Ehrenberg 1983). Monianturi -järjestelmien yleistymistä on estänyt järjestelmien monimutkaisuus ja korkea hinta. Voimakas tekninen kehitys tällä alueella johtanee kuitenkin lähivuosina näiden järjestelmien yleistymiseen kalastotutkimuksissa.

Laitekalibrointi

a) Laiteparametrien mittaus erikseen

Kukin laiteparametri voidaan mitata erikseen kalibroittujen mittauslaitteiden avulla. Mm. Bodholt ym. (1979) ja Johannesson ja Mitson (1983) ovat esittäneet selkeät ohjeet laiteparametrien mittaamistekniikasta ja laskentamenetelmistä.

Lähetyspulssin voimakkuuden tarkistus voidaan tehdä hydrofonin avulla. Jotta absoluuttinen äänenpainetaso mittauspisteessä voitaisiin laskea, on mittaushydrofonin absoluuttinen herkkyys tunnettava. Kalibrointihydrofonin tarkkuus ylittää harvoin tason ± 1 dB:ä, ja hydrofonit ovat herkkiä mm. äkillisille lämpötilan muutoksille (Robinson & Hood 1983). Kalibrointihydrofonit on kalibroitava säännöllisesti, koska niiden tarkkuus voi muuttua ajan kanssa (Kalikhman ym. 1981). Lähetyspulssien samankaltaisuus tarkistetaan mittaamalla riittävä määrä pulsseja. Pulssien toistettavuus on oleellisen tärkeää.

Vastaanottoanturin herkkyys mitataan erillisen lähettimen ja hydrofonin avulla. Herkkyys on syytä mitata usealla teholla, sillä vaikka anturit ovat periaatteessa lineaarisia, niiden herkkyydessä saattaa olla eroja eri äänenvoimakkuuksilla.

Esivahvistimen vahvistus tarkastetaan syöttämällä käytettävää signaalitaajuutta esivahvistimeen ja mittaamalla ulostulo esimerkiksi oskilloskoopilla. Samalla voidaan tarkistaa myös esivahvistus taajuuden suhteen. TVG-vahvistus voidaan periaatteessa mitata samalla tavalla. Mittaamisessa olisi kuitenkin syytä käyttää piiruria tai muistioskilloskooppia, sillä kyseessä on ajan funktiona muuttuva parametri. Lähettimen taajuus voidaan mitata suuri-impe-

danssisella taajuusmittarilla tai oskilloskoopilla.

b) Laiteparametrien mittaaminen standardikohteen avulla

Lähetyspulssin voimakkuus ja vastaanottoanturin herkkyys voidaan mitata yhdessä asettamalla tiettyyn kohtaan äänikeilassa kohde, jonka kohdevoimakkuus tunnetaan. Menetelmä on suhteellisen yksinkertainen, tarkka ja helposti toistettava. Kaikuluotauksen ja standardikohteen lisäksi tarvitaan vain oskilloskooppi.

Johannesson ja Mitson (1983) suosittelivat standardikohteeksi joko kuparikuulaa, jonka halkaisija on 30,4 mm:ä ja kohdevoimakkuus - 40,7 dB:ä 38 kHz:n taajuudella tai teräskuulaa, jonka halkaisija on 38,1 mm:ä ja kohdevoimakkuus - 42,4 dB:ä 38 kHz:n taajuudella. Näiden kohteiden kohdevoimakkuus ei juurikaan muutu veden lämpötilan muutosten johdosta eikä äänen taajuuden vähäiset muutokset tai pulssin pituuden muutokset vaikuta paljoakaan arvoihin (Johannesson & Mitson 1983). Homogeenisen rakenteensa ja pyöreän muotonsa ansiosta standardikohteen asennolla ei ole merkitystä. Standardikohde tarvitsee kalibroida vain kerran.

Foote ja MacLennan (1983) katsovat, että asianmukaisella standardikohteella ja huolellisella työskentelyllä voidaan ideaaliolosuhteissa päästä jopa $\pm 0,1$ dB:n tarkkuuteen. Kalikhman ym. (1981) ovat korostaneet, että standardikuulankin kohdevoimakkuus riippuu käytettävästä taajuudesta ja pitävät tarpeellisena taajuuden kontrolloimista kalibroinnin aikana.

Standardikohdekalibroinnin puutteena on mm. se, että menetelmässä ei oteta huomioon äänen suuntaavuuden vaikutuksia. Kalibrointi suoritetaan äänikeilan akustisella akselilla ja kalibrointiarvot pätevät vain akustiselle akselille, jos lähetinanturin suuntaavuutta ei tunneta (Johannesson & Mitson 1983).

Standardikohteen ripustaminen haluttuun kohtaan anturin alle voi tuottaa vaikeuksia. Foote ym. (1982) ovat antaneet ohjeita standardikohteen käyttöön liittyvistä vaikeuksista. Kohde ripustetaan haluttuun kohtaan asettamalla se tiheäsilmaiseen verkkopussiin, joka on valmistettu esim. solmuttomasta nailonhapaasta. Standardikuulaan ei voida tehdä minkäänlaisia kiinteitä pidikkeitä vaikuttamatta sen akustisiin ominaisuuksiin.

Kaikuintegraattorin suora kalibrointi

Kaikuintegraattori voidaan kalibroida suoraan tunnetun kalabio-

tiosta verkkohäkkiin, joka on sijoitettu anturin alle tiettyyn kohtaan (Johannesson & Losse 1977). Häkissä olevien kalojen määrää ja koostumusta voidaan vaihdella, jolloin saadaan selville tietyn kalabiomassan ja siitä heijastuvan kaikuenergian suhde. Useissa tapauksissa suhde on todettu kutakuinkin lineaariseksi (esim. Foote 1983). Saadun suhdeluvun avulla tutkimuksen yhteydessä mitattu kaikuenergia muutetaan kalabiomassaksi.

Suoran kalibrointimenetelmän onnistuminen riippuu ratkaisevasti kalojen käyttäytymisestä. Perusoletuksena on, että häkissä olevien kalojen fysiologinen tila ja käyttäytyminen sekä jakautuminen häkin sisällä vastaa luonnossa vapaasti uivien kalojen tilannetta. Häkkiin suljettujen kalojen käyttäytymistä ei voida juurikaan kontrolloida; sen sijaan sitä voidaan tarkkailla esim. TV-kameran avulla. Kalibrointihäkin dimensiot ja syvyys on mitoitettava läheytysanturin suuntausfunktion mukaan (Johannesson & Mitson 1983).

Kaikuintergraattori voidaan kalibroida suoraan myös siten, että kalojen esiintyessä yksittäin niistä muodostuneet kaikumerkit lasketaan ja määrää verrataan samoista kaloista integraattorilla mitattuun kaikuenergiaan, jolloin saadaan kalibrointikerroin (Midttun & Nakken 1977). Kalibrointi voidaan suorittaa myös siten, että esimerkiksi troolin tai nuotan avulla pyydystetään integroitavassa vyöhykkeessä olevat kalat. Tällöin on tunnettava pyydyksen valikoivuus ja pyyntiala.

Olsen ja Angell (1983) ovat verranneet kaikuintegraattorin suoria kalibrointimenetelmiä. Suora kalibrointi soveltuu parhaiten tilanteeseen, missä tutkittavaan kalastoon kuuluu useita lajeja, jotka esiintyvät samanaikaisesti samalla alueella. Muut menetelmät ovat tällöin kohtuuttoman työläitä.

Vesistön kalamäärän arviointi

Edellä kuvatut akustisen tutkimuksen vaiheet johtavat parhaimmassa tapauksessa tarkkaan arviointiin kalojen määrästä ja biomassasta kaikuluotauslinjalla. Arvio on hetkellinen eikä välttämättä kerro paljoakaan tutkittavan vesistön kalamäärästä. Kaikuluotauslinjoilta saatujen arvioiden muuttaminen kokonaisarvioksi edellyttää, että kaikuluotauslinjat on alunperin suunniteltu tätä tarkoitusta varten (Shotton 1981). Shottonin ja Bazigosin (1982) mukaan aineistolla on oltava toivottuja tilastollisia ominaisuuksia kuten toistettavuus ja harhattomuus, jotka mahdollistavat aineiston täsmällisyyden arvioinnin ja täsmällisyyden vertailun eri näytteenottojen ja näytteenottosuunnitelmien välillä.

Nämä vaatimukset edellyttävät, että näytteenottosuunnitelma perustuu näytteenottoteoriaan. Näyteyksiköt on pystyttävä määrittelemään ja jokaisella näyteyksiköllä on tietty todennäköisyys joutua valituksi näytteeksi. Näytteenotossa näytteet kerätään valitun todennäköisyyden mukaan.

Vaikeuksia kalojen tiheyden arvioinnissa aiheuttavat systemaattiset ja satunnaiset virheet. Vaikeimpiin systemaattisten virheiden lähteisiin kuuluvat edellä esitetyt kaikuluotausjärjestelmien tekniset ominaisuudet, mittaustekniikka, kalibrointi ja signaalin käsittely. Johannesson ja Mitson (1983) ovat käsitelleet näiden virhelähteiden syitä. Toisen tärkeän ongelmakokonaisuuden muodostaa kalojen jakautuminen tutkimusvesistössä. Käytännössä kalat eivät juuri koskaan ole tasaisesti jakautuneina vesistössä. Tämä voi aiheuttaa suuria systemaattisia virheitä varsinkin suomalaisissa järvi- ja rannikkovesistöissä, joissa laajat alueet soveltuvat mataluutensa takia huonosti akustiselle tutkimukselle.

Myös kalojen liikkeet eri alueiden välillä voivat olla keskeinen virhelähde. Kalojen vuorokautiset liikkeet voivat aiheuttaa systemaattisia virheitä, jos esimerkiksi huomattava osa kaloista on luotauhetkellä liian lähellä pohjaa tai pintaa. Luotaava alus aiheuttaa veteen melua, joka saattaa karkottaa varsinkin matalassa vedessä uivia kaloja pois aluksen tieltä (Olsen ym. 1983). Foote (1981) on esittänyt menetelmiä, joissa kaikuluotaimen avulla voidaan selvittää kalojen pakoreaktioita.

Systemaattiset virheet on pyrittävä eliminoimaan jo tutkimuksen suunnitteluvaiheessa. Kalojen jakautumisen ajallinen ja paikallinen vaihtelu on tunnettava, jotta tutkimus voidaan ajoittaa siten, että tämän tekijän aiheuttama virhe minimoituu.

Kalamääräarvioille tulisi esittää varianssit ja keskivirheet, jotta saataisiin käsitys arvioiden täsmällisyydestä. Bazigos (1975), Shotton (1981) ja Shotton ja Bazigos (1982) ovat esittäneet menetelmiä näiden laskemiseksi. Ilman täsmällisyyden arviointia tulosten hyödyllisyys on kyseenalaista. Pope (1982) esittää, että runsausarvion variaatiokerroin (hajonta/keskiarvo) tulee olla 10 % luokkaa. Jos olosuhteet ovat optimaaliset akustiselle tutkimukselle (vrt. Shotton 1981), ei vaatimus ole mahdoton.

Shotton (1981) sekä Shotton ja Bazigos (1982) ovat tarkastelleet mahdollisuuksia kehittää optimaalinen näytteenottosuunnitelma ositetulle otannalle ja ryväotannalle kehitetyn tilastollisen teorian avulla. Aglen (1983) kiinnittää erityistä huomiota kalojen esiintymisen ajalliseen vaihteluun. Hän toteaa, että variaatiokerrointa voidaan olennaisesti pienentää ottamalla näytteet ajankoh-

tana; jolloin kalat ovat mahdollisimman tasaisesti jakautuneena tutkittavassa vesistössä. On kuitenkin muistettava; että tämä saattaa olla se aika, jolloin osa kaloista on kaikuluotaimen ulottumattomissa pohjalla, pinnalla tai rannan läheisyydessä. Tällöin arvio on lähes hyödytön.

Tesler ja Shafran (1981) ja Kizner ym. (1982) ovat lähestyneet tilastollista arviointiongelmää tarkastelemalla "kalatiheyskenttiä". Menetelmä antaa mahdollisuuden arvioida objektiivisesti eri kalatiheyden omaavia osa-alueita. Tämän tiedon perusteella pystytään suunnittelemaan optimaalinen näytteenotto-ohjelma hyödyntämällä ositetulle otannalle kehitettyä teoriaa (esim. Cochran 1977). On myös ehdotettu etsintäteorian käyttämistä kaikuluotausreittien suunnittelussa (Vorobyov 1983). Menetelmä on osoittautunut lupaavaksi.

Kaikuluotaustutkimukset ympäristönmuutostutkimuksissa

Toistaiseksi kaikuluotauksia on käytetty verrattain vähän ympäristönmuutosten tutkimisessa. Thorne (1979) käytti kaikuluotainta lämmivesipäästöjen vaikutusten arviointiin. Thorne (1983) esittääkin, että erityisesti käyttäytymistutkimuksissa kaikuluotain on käyttökelpoinen apuväline. Toinen käyttötarkoitus, joka voi tulla kyseeseen nimenomaan ympäristönmuutosten vaikutuksia selvittävässä tutkimuksissa, on vertailu yksikkösaalistietoihin. Koska ympäristönmuutokset esim. veden samentuminen, voivat muuttaa pyydystettävyyttä, voidaan vertaamalla luotettavia kaikuluotaustuloksia ja yksikkösaaliita arvioida tämän muutoksen merkitys (Thorne 1983).

Hartmannin (1980) mukaan on Huron järvellä saatu hyvä korrelaatio kaikuluotaustulosten ja yksikkösaaliiden välillä, minkä perusteella kuoren ja alewife kantojen suuruus on pystytty arvioimaan.

Raemhild (1984) esittää kaikuluotauksen käyttöä padotusten vaikutusten arvioinnissa. Menetelmässä käytetään veneeseen kiinnitettäviä kaikuluotaimia ja kiinteästi määrättyyn pisteeseen sijoitettuja kaikuluotaimia. Jälkimmäisten avulla on pystytty seuraamaan vaeltavien kalojen määrää ja liikkeitä vaellusreitillä, esim. alasvaeltavien poikasten määriä padotetussa joessa.

KIRJALLISUUS

- AGLEN, A. 1983: Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. *FAO Fish. Rep.*, 300: 293-298.
- BAGENAL, T. B., DAHM, E., LINDEM, T. & TUUNAINEN, P. 1982: EIFAC experiments on pelagic Fish stock assessments by acoustic methods in Lake Konnevesi, Finland. - EIFAC Occasional Paper no. 14, 16 s.
- BAZIGOS, G. P. 1980: The statistical efficiency of echo surveys with special reference to Lake Tanganyika. - *FAO Fish. Tech. Pap.*, (139): 52 s.
- BODHOLT, H., BREDE, R. & NIELSEN, R. L. 1979: Calibration of hydroacoustic instruments. Presented to the Training course, Horten, 17-21 September 1979. - *SIMRAD Rep.*, (H 172): 92 s.
- BUERKLE, U. 1982: Acoustic target strengths of capelin in relation to their aspect in the sound beam. - Symposium on Fisheries Acoustics Bergen, Norway, 21-24 June 1982. Document No. 6, 15 s. (moniste).
- BURCZYNSKI, J. 1982: Introduction to the use of sonar systems for estimating fish biomass. - *FAO Fish. Tech. Pap.*, (191) Rev. 1:89 p.
- COCHRAN, W. G. 1963: Sampling techniques. - New York. John Wiley and Sons, 413 p. 2nd ed.
- CRAIG, R. E. & FORBES, S.T. 1969: Design of a sonar, for fish counting. - *Fiskeridirektoratets skrifter (Havundersøkelser)* 15: 210-219.
- CUSHING, D. H. 1968: Direct estimation of a fish population acoustically. - *J. Fish. Res. Board. Can.*, 25 (11): 2349-64.
- EHRENBERG, J. E. 1974: Two applications for a dual-beam transducer in hydroacoustic fish assessment systems. - *Proc. of Oceans 1974, IEEE Conf. Engn. Ocean Environ.*, 1: 152-5, also WSG-TA 74-2.
- EHRENBERG, J. E. 1983: A review of in situ target strength estimation techniques. - *FAO Fish. Rep.*, 300: 85-90.
- EHRENBERG, J. E. & LYTLE, D. W. 1977: Some signal processing techniques for reducing the variance in acoustic stock abundance estimates. - *Rapp. P. - V. Réun. CIEM*, 170: 205-13.

- FOOTE, K. 1980: Effects of fish behavior on echo energy: the need for measuring of orientation distribution. J. Cons. CIEM, 39(2): 195-203.
- FOOTE, K. 1983: Linearity of fisheries acoustics with addition theorems. - J. Acoust. Soc. Am., 73(6): 1932-40.
- FOOTE, K. G. & MACLENNAN, D. N. 1983: Use of elastic spheres as calibration targets. - FAO Fish. Rep. 300: 52-58.
- FOOTE, K. G., KNUDSEN, H. P. & VESTNES, G. 1982: Standard calibration of echosounders and integrators with optimal copper spheres. - Symposium on Fisheries Acoustics, Bergen, Norway, 21-24 June 1982. Document No. 40. (Moniste).
- FORBES, S. T. & NAKKEN, O. (toim.) 1972: Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 2. The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation. - FAO Man. Fish. Sci., (5): 138 s.
- HARTMAN, W. L. (1980): Fish Stock Assessment in the Great Lakes. - Teoksessa: Hocutt, C.H. & Stauffer, Jr. J. R. (toim.) Biological monitoring of Fish. Lexington Books s. 119-147.
- HAWKINS, A. D. 1981: Some biological sources of error in the acoustical assessment of fish abundance. - Teoksessa: Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29 June, 1979. Vol. 2 part a. Contributed papers, discussion and comments, edited by J. B. Suomala. Cambridge, Massachusetts, Charles Stark Draper Laboratory Inc. ss. 183-200.
- JOHANNESSON, K. A. & LOSSE, G. P. 1977: Methodology of acoustic estimations of fish abundance in some UNDP/FAO resource survey projects. - Rapp. P. - V. Réun. CIEM, 170: 296-318.
- JOHANNESSON, K. A. & MITSON, R. B. 1983: Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. - FAO Fish. Tech. Pap., (240): 249 s.
- KALIKHMAN, I. L., TESLER, W. D. & YUDANOV, K. T. 1981: Methods of determining the density of fish concentrations. - Teoksessa: Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29 June, 1979, Vol. 2, Parta, edited by J. B. Suomala. Cambridge, Massachusetts, Charles Stark Draper Laboratory Inc., ss. 533-74.
- KENNETH, G., FOOTE, K. 1981: Acoustic investigation of fish behavior appropos avoidance reaction. - C. M. 1981/B:21, Fish Capture Committee Ref. Pelagic Fish Committee , 13 p.

- KENNETH, G., FOOTE, K. 1982: On multiple scattering in fisheries acoustics, C. M. 1982/B: 38, Fish Capture Committee Ref. Pelagic Fish Comm., 6 p.
- KIZNER, Z. T., TESLER, W. D. & ZARIPOV, B. R. 1982: Construction and analysis of a statistical model of a fish concentration density field. - Symposium on Fisheries Acoustics, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No 65, 19 s.
- LINDEM, T. 1981: The application of hydroacoustical methods in monitoring the spawning migration of whitefish (Coregonus lavaretus) in Lake Randsfjorden. - Teoksessa: Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29 June, 1979. Vol. 2 part b, edited by J. B. Suomala. Cambridge, Massachusetts, Charles Stark Draper Laboratory Inc., ss. 925-40.
- LINDEM, T. 1983: Successes with conventional in situ determinations of fish target strength - FAO Fish. Rep., 300: 104-111.
- MARGETTS, A. R. (toim.), 1977: Symposium on hydroacoustics in fisheries research. Bergen, Norway, June 19-23, 1973. - Rapp. P. - V. Réun. CIEM, 170: 327 s.
- MIDDTUN, L. 1982: Fish and other organisms as acoustic targets. Symposium on Fisheries Acoustics, Bergen, Norway, 21-24 June, 1982. Contribution No. 3. - Rapp. P. - V. Réun. CIEM, 184, (in preparation).
- MIDDTUN, L. & NAKKEN, O. 1977: Some results of abundance estimation studies with echo integrators. - Rapp. P. - V. Réun. CIEM, 170: 253-8.
- NAKKEN, O. & OLSEN, K. 1977: Target strength measurements of fish. - Rapp. P. - V. Réun. CIEM, 170: 52-69.
- NAKKEN, O. & VENEMA, S. C. (toim.) 1983: Symposium on fisheries acoustics. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982 - FAO Fish. Rep, (300): 331 s.
- NUNNALLEE, E. P., JR., 1974: A hydroacoustic data analysis system for the assessment of fish stock abundance. - Seattle, Washington, University of Washington Sea Grant Publication (WSG 74/2): 54 s.
- OLSEN, K. & ANGELL, J. 1983: A comparison of different echo abundance conversion methods. - ICES, Fish capture Committee C. M. 1983/B: 1, 12 pp.

- OLSEN, K., ANGELL, I., PETTERSEN, F. & LØVIK, A. 1983:
Observed fish reactions to a surveying vessel with
special reference to herring, cod, capelin and polar
cod - FAO Fish. Rep., 300: 131-138.
- POPE, J. G. 1982: User requirements for the precision and
accuracy of acoustic surveys. - Symposium on "Fisheries
Acoustics", Contribution, No. 55. 1982, 9 s.
- RAEMHILD, G. 1984: The application of hydroacoustic techniques
in solving Fishery problems related to hydroelectric
dams. - Biosonics Ins. 4520 Union Bay Place NE, Seattle
Washington 98105 U.S.A
- ROBINSON, B. H., 1979: In situ target strength. Teoksessa:
Proceedings of the Conference Acoustics in fisheries.
Held at the Faculty of Maritime and Engineering Studies,
Hull College of Higher Education, Hull, England,
27 and 28 September 1978. Bath, University of Bath, pag. var.
- ROBINSON, B. H. 1981: In situ target strength measurement;
the problem of single fish echo recognition. Teoksessa:
Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of
marine fish populations, 25-29 June, 1979. Vol. 2, Part a,
edited by J. B. Suomala. Cambridge, Massachusetts, Charles
Stark Draper Laboratory Inc., ss. 525-32.
- ROBINSON, R. J. 1983: In situ measurements of the target
strengths of pelagic fishes. - FAO Fish. Rep., 300: 99-103.
- ROBINSON, B. J. & HOOD, C. R. 1983: A procedure for calibrating
acoustic survey systems, with estimates of obtainable
precision and accuracy. - FAO Fish Rep, 300: 59-62.
- SAVILLE, A., 1977: Survey methods of appraising fishery
recources. - FAO Fish. Tech. Pap., (171): 76 s.
- SHOTTON, R., 1981: Acoustic survey design. Teoksessa: Meeting on
hydroacoustical methods for the estimation of marine
fish populations, 25-29 June, 1979. Vol. 2 Part b,
edited by J. B. Suomala. Cambridge, Massachusetts,
Charles Stark Draper Laboartory Inc., ss. 629-88.
- SHOTTON, R. & BAZIGOS, G. P., 1982: Techniques and
considerations in the design of acoustic surveys.
Symposium on Fisheries Acoustics. Contribution No. 4,
59 s. Rapp. P. - V. Réun. CIEM, 184 (in preparation).
- SUOMALA, J. B., (TOIM.), 1981: Meeting on hydroacoustical
methods for the estimation of marine fish populations,
25-29 June, 1979. Vol. II: Contributed papers, discussion,
and comments. - The Charles Stark Draper Laboratory, Inc.,

- Cambridge, Mass., U.S.A. 964 ss.
- SUOMALA, J. B. & YUDANOV, K. T., (toim.); 1980: Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29. June, 1979. Vol. 1. Findings of the scientific and technical specialists: a critical review. - Cambridge, Massachusetts, the Charles Stark Draper Laboratory Inc., 71 s.
- SWINGLER, D. N. & HAMPTON, T., 1981: Investigation and comparison of current theories for the echointegration technique of estimating fish abundance, and of their verification by experiment. Teoksessa: Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29 June, 1979. Vol 2. Part a, edited J. B. Suomala. Cambridge, Mass., Charles Stark Draper Lab. Inc., 97-156 ss.
- THORNE, R.E. 1979: Hydroacoustic estimates of adult sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) in Lake Washington 1972-1975. - J. Fish. Res. Board Can. 36: 1145-1149.
- THORNE, R.E. 1983: Hydroacoustics. - Teoksessa: Nielsen, L. A. & Johnson D. L. (toim.) Fisheries Techniques. American Fisheries Society. Bethesda Maryland. s. 239-259.
- TESLER, V. D. & SHAFRAN, I. S., 1981: On the methods of automatization of processing the results of echo surveys. Teoksessa: Meeting on hydroacoustical methods for the estimation of marine fish populations, 25-29 June, 1979. Vol. 2 Part b, edited by J. B. Suomala. Cambridge, Massachusetts, Charles Stark Draper Laboratory Inc., ss. 883-94.
- VENEMA, S. C. 1982: A selected bibliography of acoustics in fisheries research and related fields. - FAO Fish. Circ., (748): 154 s.
- VOROBYOV, V. M. 183: On planning a acoustic survey. - FAO Fish. Rep., 300: 299-310.
- YAMANAKA, H. YUKINAWA, M. & MORITA. J. 1977: Acoustic fish counting system for tuna and related species. - Rapp. R - V, Réun. CIEM, 170: 174-84.

7.8.2. Yksikkösaalis

Johdanto

Yksikkösaalista, joka on saalis jaettuna vakioidulla pyyntiponnistusta osoittavalla luvulla, voidaan käyttää kalakannan koon mittana. Ihannetapauksessa yksikkösaalis on suoraan verrannollinen kalakannan tai osakannan kokoon riippumatta sen koosta.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Yksikkösaalistietojen kerääminen on usein verrattain edullista, mikä helpottaa yksikkösaalistutkimuksen liittämistä tarkkailuohjelmaan. Käyttökelpoisten yksikkösaalistietojen saaminen edellyttää, että tutkimuksen kohteena olevaa lajia kalastetaan verrattain tehokkaasti sekä että luotettavia pyyntiponnistustietoja on saatavissa. Yksikkösaaliiden seuranta antaa siten todennäköisesti luotettavimmat tiedot verrattain yleisten saaliskalojen kannanvaihteluista. Harvinaisempien lajien kantojen seurantaan yksikkösaalistutkimus soveltuu vain, jos pystytään seuraamaan ko. lajeihin kohdistuvaa erikoistunutta pyyntiä.

Menetelmä

Periaate

Yksikkösaaliin käyttö kannan koon mittana perustuu oletukseen, että saalis jaettuna pyyntiponnistuksella on verrannollinen keskimääräiseen kannan kokoon. Yksinkertaisin malli on

$$(1) \quad F(y, a) = q(a)E(y),$$

missä

$$F(y, a) = \text{vuonna } y \text{ ikäryhmään } a \text{ kohdistuva}$$

$$\text{hetkellinen kalastuskuolevuus}$$

$$q(a) = \text{vakio} = \text{ikäryhmälle } a \text{ ominainen pyydystettävyyys}$$

$$E(y) = \text{vuoden } y \text{ pyyntiponnistus}$$

Yhtälö (1) merkitsee samalla, että seuraava yhtälö on voimassa

- (2) $C(y,a)/E(y) = q(a)N(y,a);$
missä $C(y,a) =$ vuonna y ikäryhmästä a saatu saalis
(kpl)
 $N(y,a) =$ ikäryhmän a keskimääräinen koko
vuonna y

Jos $q(a) = q(a+1) = \dots = q(n) = q$ kaikissa täysin rekrytoitu-neissa ikäryhmissä yksikkösaaliita voidaan käyttää suoraan kalas-tettavan osakannan koon mittana.

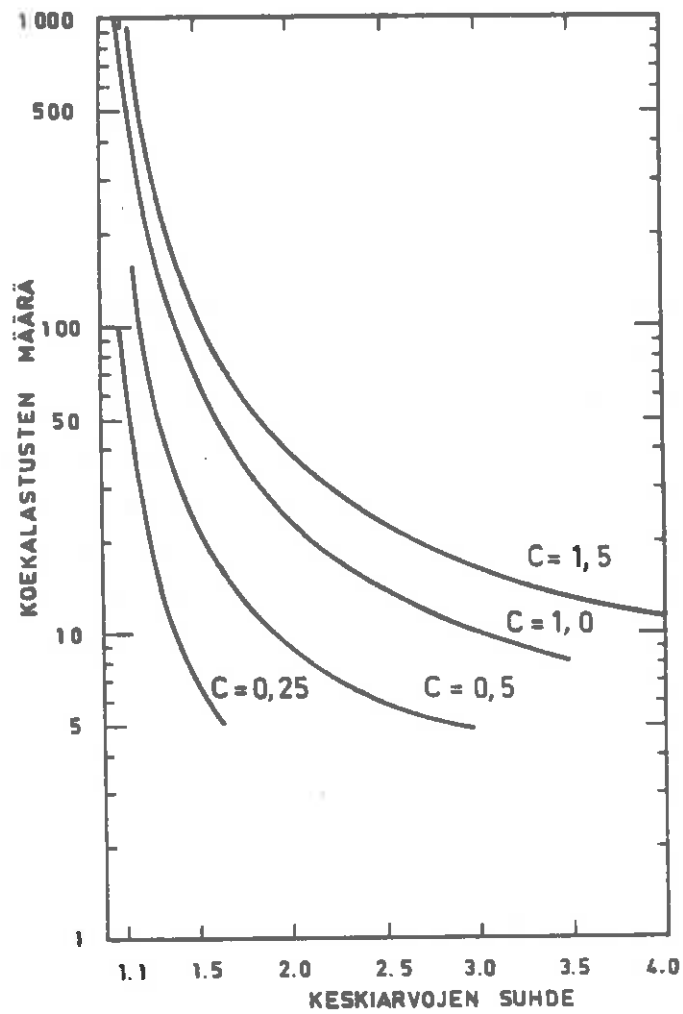
Näytteenotto

Yksikkösaaliiden laskemiseksi tarvitaan saalistietoja ja vas-taavia pyyntiponnistustietoja.

Tarvittavat tiedot saadaan koekalastuksista tai kalastus-kirjanpidosta. Lisäksi saalisnäytteet voivat olla tarpeellisia. Koekalastuksen etuna on, että saadaan samanaikaisesti saalis-näytteet, joista yksilömääräinen ja ikäryhmäkohtainen yksikkösaalis on suoraan laskettavissa. Pyyntiponnistuksen standardointi on myös helppoa. Kalastuskirjanpidon etuna on, että se on yleensä huomattavasti edullisempi toteuttaa kuin laaja koekalastusohjelma. Kalakannan tarkka seuranta, jossa selvitetään mm. eri vuosiluok-kien vahvuus edellyttää kuitenkin saalisnäytteiden keräämistä, mikä lisää kustannuksia.

Yksikkösaalistietojen keräyksessä on huolehdittava siitä, että saadaan tiedot saaliista ja kokonaispyyntiponnistuksesta, johon sisältyy myös se osa pyyntiponnistuksesta, joka ei ole antanut saalista lainkaan. Tiedot tulee kerätä niin yksityiskohtaisesti, että voidaan tarkastella erikseen eri pyydyksiä, kuukausia ja osa-alueita. Tämä on välttämätöntä yksikkösaaliiden vaihteluiden analysoimiseksi. Jos kaikki tiedot yhdistetään "yksikkösaalis-indeksiin", menetetään suuri osa tiedosta ja tuloksena on suurella todennäköisyydellä indeksi, jonka vaihtelu on niin suuri, että kannan todellisia muutoksia on vaikea erottaa satunnaisvaihteluis-ta indeksin arvossa.

Kun tutkimuksessa seurataan yksikkösaaliita useina peräkkäisinä vuosina, on huolehdittava siitä, että pyyntiponnistustiedot ovat toisiinsa nähden vertailukelpoisia. Jos pyydysten rakenne tai muut pyyntivälineet ovat kehittyneet siten, että pyynnin tehokkuus on kasvanut, vaikka esimerkiksi ajassa mitattu pyyntiponnistus on pysynyt vakiona, on käytettävä korjauskerrointa. Yksikkösaaliista voidaan ts. puhua vasta, kun pyyntiponnistuksen mitta on kyetty standardoimaan.



Kuva 7. Tarvittava koekalastusten lukumäärä, jotta voitaisiin olla 80 %:sti varmoja siitä, että ero keskimääräisten koekalastussaaaliiden välillä on todellinen. Edellytyksenä on, että aineisto on 10 g normaalijakautunut. (Eberhardt & Gilbert 1975).

Eberhart ja Gilbert (1975) ovat teoreettisesti tarkastelleet, montako yksikkösaalishavaintoa tarvitaan tietynsuuruisen kannanmuutoksen toteamiseksi määrättyllä riskitasolla. He ovat esittäneet tuloksensa kuvana, jonka vaaka-akselina on keskimääräisten yksikkösaaliiden suhde ja pystyakselilla tarvittava näytemäärä. Tuloksiin vaikuttaa lisäksi aineiston variaatiokerroin (hajonta/keskiarvo). Yksikkösaaliiden vaihtelukerroin on usein lähellä arvoa 1,0, mikä ilmenee mm. Lehtosen ja Hildénin (1984) keräämistä tiedoista. Tämä merkitsee esimerkiksi, että jotta voitaisiin olla 80 % varmoja siitä, että kannan pieneneminen puoleen voidaan todeta riskitasolla 0,05, yksikkösaalisnäytteitä on oltava noin 20. Jos halutaan todeta pienemmät muutokset, näytteitä tarvitaan enemmän (kuva 7). Aineistojen on noudatettava log-normaali-jakaumaa. Saatuun lukuarvoon on suhtauduttava varauksellisesti, koska esim. Bannerot ja Austin (1983) ovat todenneet yksikkösaaliiden noudattavan negatiivista binomijakaumaa. Keskimääräinen yksikkösaalis ei tällöin ole käyttökelpoisin kannan indeksi, koska se on harhainen. Bannerot ja Austin (1983) käyttivät keskimääräisen yksikkösaaliin sijaan indeksia, joka perustui yksikkösaaliiden frekvenssijakauman analyysiin. Tälle menetelmälle ei kuitenkaan toistaiseksi ole esitetty yksinkertaista menetelmää tarvittavan näyteköön arvioimiseksi.

Saalisiinäytteet

Tutkimuksen tavoitteena on tavallisesti selvittää ikäryhmäkohtaisia yksikkösaaliita. Silloin voidaan seurata vuosiluokkien vahvuuden vaihtelua huomattavasti tarkemmin, kuin jos seurattaisiin kokonaisyksikkösaaliita. Saalisiinäytteet ovat lisäksi tarpeen, jos saaliskalojen keskikoko vaihtelee vuodesta toiseen ja kalastuskirjanpito antaa tietoja kilomääräisestä yksikkösaaliista. Jos kilomääräisiä yksikkösaaliita ei muuteta kappalemääräisiksi yksikkösaaliiksi, voidaan saada virheellinen käsitys kannan dynamiikasta. Saalisiinäytteiden kerääminen on esitetty luvussa 7.

Tulostus

Keskimääräiset yksikkösaaliit ilmoitetaan laji- ja pyydyskohtaisesti sekä mahdollisesti erikseen eri kalastuskausille jos yksikkösaaliit vaihtelevat voimakkaasti. Lisäksi ilmoitetaan varianssit ja yksikkösaalishavaintojen määrä. Jos on laskettu ikäryhmäkohtaisia yksikkösaaliita, ilmoitetaan myös niiden kalojen määrä, joiden ikä on määritetty.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Yksikkösaaliita käytetään yleisesti kalakannan koon mittana kalastuksen säätelyssä. Yksikkösaaliiden avulla seurataan myös kannan koon kehittymistä monella tärkeällä kalastusalueella sekä valtamerissä että sisävesissä. Yksikkösaaliita käytetään myös hyväksi, kun rekrytointi-indeksejä lasketaan kesänvanhojen poikasten pyynnin perusteella. Ongelmana on, että on vaikea selvittää, ovatko yksikkösaaliit todella verrannollisia tutkittavan osakannan kokoon ja jos ne ovat, onko pyydystettävyyys vakio ja riippumaton kannan tiheydestä. Yksikkösaaliiden usein suuri variaatiokerroin voi myös aiheuttaa ongelmia tulosten tulkinnassa. Pyyntiponnistusten standardointi tuottaa usein vaikeuksia kun käsitellään pitkiä aikasarjoja. Jos pyyntitekniikan kehitys unohdetaan, voidaan pyyntiponnistuskohtaiset saaliit tulkita virheellisesti.

KIRJALLISUUS

- BANNEROT, S. P. & AUSTIN, C. B. 1983: Using frequency distribution of CPUE to measure fish stock abundance. - Trans. Am. Fish. Soc. 112: 608-617.
- EBERHART, L. L. & GILBERT, R. O. 1975: Biostatistical aspects. - Teoksessa: Environmental Impact Monitoring of Nuclear Power Plants. Source Book of Monitoring Methods Vol. 2 Atomic Industrial Forum. s. 783-918.
- LEHTONEN, H. & HILDÉN, M. 1984: Kuinka hyvin vesistövaikutukset voidaan nykyään arvioida? Kalat ja kalantuotanto. - Teoksessa: Kylä-Harakka, T. & Heinonen, P. (toim.) Vesiensuojelun tavoitteiden asettaminen. Vesi- ja kalatalousalan ammattijärjestö VKA. Helsinki. s. 61-74.

7.8.3 Populaatioanalyysi

Johdanto

Populaatioanalyysin avulla pystytään laskemaan kalakannan koko ja arvioimaan kalastuskuolevuus. Menetelmä perustuu yhdenvuosiluokan (kohortin) seurantaan sen ajan kuin se on kalastuksenkohteena.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Koska populaatioanalyysi perustuu saalistilastojen ja saalisnäytteiden antamaan tietoon kalakannan kehityksestä, populaatioanalyysin avulla voidaan tehokkaasti käyttää hyväksi aineistoja, joita usein muutenkin kerätään erityisesti isohkoissa tarkkailututkimuksissa. Edellytyksenä on, että käytettävissä on riittävän pitkiä (vähintään 5-10 vuotta) aikasarjoja sekä että kalakantaa hyödynnetään verrattain tehokkaasti. Heikosti hyödynnetyille kalakannoille, joissa luonnollinen kuolevuus on korkea, populaatioanalyysi ei sovellu hyvin.

Menetelmä

Periaate

Populaatioanalyysi perustuu mm. Bevertonin ja Holtin (1957) esittämien saalisyhtälöiden ratkaisuun. Menetelmän on kehittänyt Gulland (1965, 1983). Saalisyhtälöt ovat differentiaalimuodossa seuraavat:

Yhtälö (1) ja (2) Differentiaaliyhtälöt

$$(1) \quad \frac{dN}{dt} = (-F-M)N$$

$$(2) \quad \frac{dC}{dt} = FN$$

missä

- N = populaation (vuosiluokan) koko
- C = saaliin koko (kpl)
- F = hetkellinen kalastuskuolevuus (vuosi⁻¹)
- M = hetkellinen luonnollinen kuolevuus (vuosi⁻¹)
- t = aika

Yhtälöistä (1) ja (2) saadaan kun oletetaan, että aikavälin pituus on 1:

$$(3) \quad N(i+1) = N(i)\exp(-Z), \text{ missä}$$

$$(4) \quad C(i) = N(i)(F/Z)(1-\exp(-Z))$$

$$Z = F + M$$

Yhtälöt (3) ja (4) voidaan ratkaista, kun on käytettävissä saalistilasto, josta käy ilmi ko. vuosiluokasta saatu kappalemääräinen saalis peräkkäisinä vuosina. Lisäksi on tunnettava hetkellinen luonnon kuolevuus (M) ja hetkellinen kalastuskuolevuus (F) joltakin vuodelta, yleensä viimeiseltä. Ratkaisemalla useita peräkkäisiä yhtälöitä (3) ja (4) saadaan lasketuksi vuosiluokan koko eri ikäisenä, eli $N(1), N(2) \dots N(n)$ (kun indeksi 1 osoittaa nuorinta saalistilastossa esiintyvää ikäryhmää). Samalla saadaan myös lasketuksi arvot $F(1), F(2) \dots F(n)$. Yhtälö (4) ratkaistaan iteroinnilla (ks. esim. Beyer & Sparre 1983, Kettunen & Hildén 1984). Pope (1972) on esittänyt yksinkertaistetun version populaatioanalyysistä, jolla on analyyttinen ratkaisu.

Näytteenotto

Populaatioanalyysi perustuu saalisnäytteisiin, joita kerätään luvussa 7.7 esitettyjä periaatteita noudattaen. Erona verrattuna kuolevuuslaskelmia varten kerättyihin saalisnäytteisiin on, että populaatioanalyysiä varten on pyrittävä selvittämään kokonaissaaliin ikäjakauma. Saalisnäytteenoton tulee siksi kohdistua kaikkiin tärkeisiin pyydystyyppeihin, jos ei voida olettaa, että ikäjakauma on lähes sama kaikissa pydyksissä. Kun kokonaissaaliin ikäjakauma lasketaan, eri pyydystyyppien ikäjakaumat painotetaan pyydysten saalisosuuksilla.

Saalisnäytteiden tulee olla niin suuria, että ikäryhmäkohdaisista saaliista saadaan arvio, jonka 95 % luottamusvälin puolikas on 10 - 20 % arvioidusta saaliista myös ikäryhmissä, joiden saalisosuus on 5 - 10 %. Jos näytteenottoa voidaan käsitellä yksinkertaisena satunnaisotantana, luvussa 7.7 esitetyillä menetelmillä voidaan arvioida tarvittavan otoksen koko. Kaksivaiheisen otannon ongelmaa ovat käsitelleet Tomlinson (1971) ja Schweigert ja Sibert (1983). Kun saalisarvioiden variaatiokerroin

on 10 % tai pienempi, ovat tulokseksi saadun populaatiokoon ja kalastuskuolevuuden arvon vaihtelukertoimet myös 10 % tai pienempiä (Pope 1983).

Analyysin suoritus

Populaatioanalyysin suorituksen on esittänyt mm. Beyer ja Sparre (1983), Gulland (1983) sekä Kettunen ja Hildén (1984). Ongelmana on luonnollisen kuolevuuden arvon määrittäminen ja yhden kalastuskuolevuuden arvon määrittäminen. Luonnollinen kuolevuus on usein arvioitava kirjallisuudessa esitettyjen tietojen perusteella. Jos se yliarvioidaan, yliarvioidaan myös kannan koko. Luonnollisen kuolevuuden aliarviointi johtaa vastaavasti kannan aliarviointiin. Kalastuskuolevuuden arvon määrittämiseksi on käytetty mm. regressiomenetelmiä, joita on käsitellyt mm. Rivard (1983) sekä Laurec ja Shepherd (1983). Menetelmien käyttämiseksi tarvitaan tietoa pyyntiponnistuksen kehityksestä sekä verrattain pitkä aikasarja (5-10 vuotta) saalistilastoja. Yksinkertaisimmat menetelmät perustuvat luvussa 7.8.2 esitettyihin lineaarisiin yhtälöihin (yhtälöt (1) ja (2)).

Tulostus

Populaatioanalyysi tulostaa ikäryhmien koot ja ikäryhmäkohtaiset kalastuskuolevuudet. Yksinkertaista menetelmää hajontaluvun laskemiseksi populaatioanalyysin tulostukselle ei toistaiseksi ole esitetty ja siksi on tarkasteltava syöttötiedoissa esiintyviä satunnaisvirheitä. Epävarmuudet syöttötiedoissa voivat populaatioanalyysissä tulla ilmi hyvin vaihtelevina ja korkeina kalastuskuolevuuden arvoina. "Epärealistiset" kalastuskuolevuuden arvot on hylättävä, kun lasketaan esim. keskimääräinen kalastuskuolevuus. Johtopäätösten varmuutta valitun luonnon kuolevuuden suhteen voidaan testata tutkimalla aineisto useilla luonnollisen kuolevuuden arvoilla.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Populaatioanalyysi on käytetyimpiä menetelmiä kalastuksen säätelyn perustana. Esimerkiksi Suomen rannikon silakkakantojen seuranta perustuu suureksi osaksi populaatioanalyysiin (Parmanne & Sjöblom 1983). Hildén ja Salojärvi (1982) sekä Hudd ym. (1984)

ovat osoittaneet, miten menetelmää voidaan käyttää, kun arvioidaan kalakannassa tapahtuneita muutoksia ympäristömuutosten vaikutusalueella.

Luonnollisen kuolevuuden arvo ja syöttötietona käytetyn kalastuskuolevuuden arvo vaikuttavat saalistilaston ohella populaatioanalyysin tuloksiin ja virheelliset arviot voivat johtaa väärin johtopäätöksiin kalakannan kehityksestä. Vaara on sitä suurempi, mitä pienempi kalastuskuolevuus on ja mitä korkeampi luonnon kuolevuus on. Kysymystä ovat lähemmin tarkastelleet Kettunen ja Hildén (1984) Toisen virhelähteen populaatioanalyysiä käytettäessä muodostavat menetelmän perusoletukset. Esimerkiksi luonnollinen kuolevuus saattaa muuttua, mikä voi muuttaa kannan kehityksen. Tätä virhelähdettä on hankala eliminoida, koska luonnollisen kuolevuuden mittaaminen on vaikeaa. Paras tapa menetelmän oletusten paikkansapitävyyden selvittämiseksi olisi rinnakkaisen, populaatioanalyysistä riippumattoman, menetelmän käyttö (esim. kaikkuloutaus). Tähän on kuitenkin harvoin mahdollisuus ja lisäksi on muistettava, että molemmat menetelmät ovat alttiit virheille ja on vaikeaa sanoa kumpi menetelmä antaa oikeamman tuloksen.

KIRJALLISUUS

- BEVERTON, R. J. H. & HOLT, S. J. 1957: On the dynamics of exploited fish populations. - Fishery Investigation II 19. 533 s.
- BEYER, J. & SPARRE, P. 1983: Modelling exploited marine fish stocks. In: Application of Ecological Management, Part A. (S. E. Jorgensen, ed.) Elsevier Scientific Publishing Company, pp. 485-582.
- GULLAND, J. A. 1983: Fish stock assessment - a manual of basic methods. - FAO/Wiley series on food and agriculture 1. Chichester. 223 s.
- HILDÉN, M. & SALOJÄRVI, K. 1982: Populaatiomallien käyttö vesistötöiden aiheuttamien vahinkojen tutkimisessa. - Teoksessa: Jutila, E. & Hildén, M. (toim.) Vesistöjen rakentaminen ja kalatalous. Vesi- ja kalatalousalan ammattijärjestö VKA ry. Helsinki. s. 95-108.
- HUDD, R. & HILDÉN, M., URHO, L. & AXELL, M.-B. & JÄFS, L.-A. 1984: Kyröjoen suisto- ja vaikutusalueen kalatalous selvitys 1980-82. - Vesihallitus. Tiedotus (painossa).
- KETTUNEN, J. & HILDÉN, M. 1984: Populaatioanalyysimallin herkkyyys parametrimuutoksille. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. (painossa).

- LAUREC, A. & SHEPHERD, J. 1983: On the analysis of catch and effort data. - J. Cons. int. Explor. Mer- 41: 81-84.
- PARMANNE, R. & SJÖBLOM, V. 1983: Silakkakantojen tila Suomen rannikolla 1973-82. - Suomen kalatalous 51: 41-48.
- POPE, J. G. 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis. - ICNAF Res. Bull. 9: 65-74.
- POPE, J. G. & SHEPHERD, J. G. 1984: On the integrated analysis of catch-at-age and groundfish survey or cpue data. - ICES C. M. 1984/6:16. 18 s. Moniste.
- RIVARD, D. 1983: Effects of systematic, analytical and sampling errors on catch estimates: a sensitivity analysis: - Teoksessa: Doubleday, W. G. & Rivard, D. (toim.) Sampling of commercial catches of marine fish and invertebrates. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci 66. s. 114-129.
- SCHWEIGERT, J. F. & SIBERT, J. R. 1983: Optimizing survey design for determining age structure of fish stocks: an example from British Columbia Pacific herring (Clupea harengus pallasii). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 588-597.
- TOMLINSON, P. K. 1971: Some sampling problems in fishery work. - Biometrics 27: 631-641.

7.8.4. Sähkökalastus (E. Jutila & M. Hildén)

Johdanto

Sähkökalastus soveltuu populaation rakenteen, biomassan ja tiheyksien tutkimiseen. Suomessa sähkökalastuksen avulla on tutkittu lähinnä vaelluskalojen esiintymistä ja poikastuotantoa sekä nahkiaistoukkien ja ravun määriä virtaavissa vesissä. Sähkökalastuksesta on valmistumassa yhteispohjoismaiset ohjeet. Tässä esitetään siksi yleisiä näkökohtia. Kun yhteispohjoismaiset ohjeet valmistuvat ennakkotietojen mukaan v. 1985, niitä tulee seurata.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Sähkökalastuksen avulla voidaan seurata jokivesistöjen kalakan- toja. Koskialueilla sähkökalastus on lähes ainut käyttökelpoinen pyyntimuoto, kun tutkitaan esim. vaelluskalojen jokipoikasten määrää ja tiheyttä. Esimerkiksi Wiley ja Tsai (1983) ovat todeneet sähkökalastuksen olevan tehokkaampi kuin nuottakalastus jokivesistöissä.

Menetelmä

Välineet

Sähkökalastuksessa on käytetty yleensä suomalais- tai ruotsalaisvalmisteisia laitteita, joissa virtalähteenä on joko akku tai polttomoottori. Tällä hetkellä Suomessa ja Ruotsissa on eniten käytössä ruotsalaisen Lugab Ab:n valmistamia sykkivää tasavirtaa tuottavia aggregaatteja, joihin tarvittava sähkövirta tuotetaan polttomoottorin avulla. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kokemusten mukaan sähkökalastuslaitteen tuottaman jännitteen tulisi olla säädeltävissä välillä 400 - 800 V. Virtalähteeksi suositellaan parhaan käyttövarmuuden vuoksi polttomoottorikäyttöistä generaattoria, jonka tehon tulisi olla vähintään 600 W.

Kvantitatiivisissa koekalastuksissa koealat suositellaan aidattaviksi sulkuverkoilla, joiden solmuväli on enintään 15 mm. Sulkuverkkojen alapaulana on joko kettinki tai ne on asetettu tiiviisti pohjaa vasten kivien avulla. Jos seuranta kohdistuu myös pienikokoisiin lajeihin, voidaan käyttää tiheäsilmäisempiä verkkoja. Niiden käyttö virtaavissa vesissä voi kuitenkin olla hanka-

laa, koska verkon vedenvastus suurenee silmäharvuuden pienetessä.

Veden virtausnopeus koekalastusalueella suositellaan mitattavaksi virtausmittarilla. Eräissä tapauksissa pintavirran nopeus voidaan arvioida karkeasti myös silmämääräisesti.

Veden virtausnopeuden lisäksi voidaan kalastettavilta koski-alueilta ilmoittaa koeruudun vedenpinnan kaltevuus (esim. cm/10m), jolloin mittausta varten tarvitaan vaaituslaite.

Pyyntiaika

Sähkökalastusta voidaan harjoittaa koskialueilla parhaiten vähävetisenä aikana. Suurissa jokivesistöissä yleensä loppukesä on sopivin, pienissä virtaama ja vedenkorkeus voi olla riittävän alhainen jo keskikesällä. Useita vuosia kestävässä seurantatutkimuksissa sähkökalastus tulisi suorittaa vuosittain samaan aikaan.

Pyyntipaikat

Koskissa sähkökalastuksella voidaan saada kvantitatiivisia tuloksia vain sellaisilla alueilla, joissa veden syvyys on alle 0,5 m ja virtausnopeus alle 1,5 m/s. Näytealat on valittava siten, että ne antavat edustavan kuvan vesistön koskialueista. Näytealan koko riippuu vesistön koosta ja tutkittavan kalapopulaation tiheydestä. Riittävän suurien saaliskalamäärien saamiseksi koealojen kooksi suositellaan vähintään 100 m²: sta (pienet purot) 500 m²:iin (suuremmat joet). Pohjois-Suomen suurissa koealan kooksi suositellaan 500 - 1 000 m².

Sähkökalastettavia näytealoja on otettava mukaan tutkimukseen niin paljon, että niiden avulla saadaan edustava kuva vesistöstä. Pyynnin laajuus riippuu siten vesistön koosta ja tutkimuksen edellyttämästä tarkkuudesta. Jos kalapopulaation tiheys pyritään selvittämään vain hyvin karkeasti riittää yleensä alle 10 koealan sähkökalastaminen. Tarkoissa tutkimuksissa tarvitaan useita kymmeniä koealoja.

Kalastettava näyteala on aidattava alueen ulkopuolelta käsin eikä näytealalla saa liikkua ennen kalastuksen aloittamista. Kalojen pakenemisen estämiseksi sulkuverkot on saatava tiiviisti pohjaa vasten. Jokainen näyteala kalastetaan vähintään kolme kertaa ja kalastuskertojen välillä on pidettävä ainakin 30 minuutin tauko (ks. esimerkiksi Bohlin 1982, Bohlin ym. 1982).

Näytteet

Jokaisen pyyntikerran jälkeen saaliin yksilömäärä ja mahdollisesti paino merkitään muistiin lajikohtaisesti. Tarkkailun kohteena olevista lajeista mitataan pituus. Ellei kalan ikää pystytä arvioimaan pituuden avulla kerätään näytteet myös iänmäärityksiä varten.

Tulosten käsittely

Menetelmiä kalakantojen koon arvioimiseksi useiden peräkkäisten pyyntikertojen yksikkösaaliiden perusteella ovat esittäneet mm. Ricker (1975), Hellowell (1978) ja Seber (1982). Yksinkertaisimmat menetelmät perustuvat regressioyhtälöihin. Leslien menetelmässä lasketaan regressio seuraavasti: pyyntikerran yksikkösaalis vastaan edellisten pyyntikertojen yhteissaalis + puolet pyyntikerran saaliista. De Luryn menetelmä perustuu puolestaan regressioon: pyyntikerran yksikkösaaliin 10-kantainen logaritmi vastaan edellisten pyyntikertojen pyyntiponnistusten summa + puolet pyyntikerran pyyntiponnistuksesta. Molemmat menetelmät antavat regressiosuoran, josta voidaan arvioida pyydystettävyyttä (oletetaan vakioksi) ja alkuperäisen kannan koko. Tilastotieteellisen teorian mukaan parempi menetelmä ja Jungen ja Libovarskyn (1965) kehittämä maximum likelihood menetelmä (Bohlin 1984). Bohlin (1984) on kuvannut menetelmän yksityiskohtaisesti. Graafiset menetelmät ovat hyviä, koska ne havainnollistavat nopeasti aineiston ominaisuudet ja niiden perusteella voidaan päätellä, kannattaako runsausarvioita ollenkaan tehdä.

Sähkökalastettujen näytealojen perusteella arvioidaan tutkimusalueen kokonaiskalamäärä lajeittain ja mahdollisesti ikäryhmittäin kertomalla näytealojen keskimääräinen kalamäärä vesistön mahdollisten koealojen kokonaismäärällä. Menetelmän on esittänyt mm. Cochran (1977, s.35). Sähkökalastukseen sovellettuna menetelmää on yksityiskohtaisesti kuvannut Bohlin (1984). Arviolle lasketaan samalla luottamusväli (95 %) ja keskivirhe. Näiden tunteminen on välttämätöntä, kun halutaan osoittaa tilastollisia eroja vuosien välisissä runsauksissa. Ongelmana on, että luottamusväli on usein niin laaja, että kalojen runsauden väheneminen puoleen voi olla vaikea osoittaa tilastollisesti (Bohlin 1974). Arvioiden täsmällisyyttä voidaan parantaa lisäämällä sähkökalastettujen

koealojen lukumäärää. Usein voidaan täsmällisyyttä parantaa merkittävästi myös osittamalla koealat koskiluckittelun perusteella. Luokittelussa tulee pyrkiä järjestelmään, jonka perusteella koealat voidaan jakaa ryhmiin, joiden sisällä kalojen runsaus vaihtelee mahdollisimman vähän, mutta joiden välillä vaihtelu voi olla suurta. Ositetun otannan teoreettisia kysymyksiä on käsitellyt mm. Cochran (1977, luku 5). Sähkökalastukseen menetelmää on soveltanut Bohlin ym. (1982).

Tulostus

Jokaiselle sähkökalastusalueelle ilmoitetaan erikseen kunkin pyyntikerran antama saalis, näiden perusteella arvioitu kannan koko sekä mahdollisesti kannan biomassa lajeittain. Koealakohtaisille arvioille voidaan laskea varianssit ja luottamusväli, mutta tämä edellyttää, että saaliskaloja on vähintään 50/laji. Jos saaliiksi saadaan vähemmän kuin 50 kalaa arviot voidaan olettaa absoluuttisiksi. Vaihtoehtoinen tapa kuvata tulosten luotettavuutta on soveltaa aineistoon sekä De Luryyn että Leslien menetelmiä. Koska virhelähteet vaikuttavat eri tavalla eri menetelmissä, tulosten samankaltaisuus vahvistaa niiden uskottavuutta. Näin ei kuitenkaan pystytä todistamaan tuloksia oikeiksi, koska aineisto on molemmissa tapauksissa sama.

Koko vesistön kalojen runsaus ilmoitetaan taulukossa, josta käy ilmi mahdollisten koealojen kokonaismäärä, sähkökalastettujen koealojen määrä, pyydystettyjen kalojen lukumäärä lajeittain ja mahdollisesti ikäryhmittäin, vastaavat kalojen lukumäärien kokonaisarviot, arvioiden luottamusväli ja keskivirhe. Jos on käytetty ositettua otantaa, ilmoitetaan sekä osioiden että kokonaisarvioiden tulokset.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Sähkökalastusta käytetään rutiininomaisesti vaelluskalojen poikastuotannon seurantaan jokivesistöissä (esim. Toivonen 1983). Penzak ym. (1977) ovat sähkökalastuksen avulla arvioineet tuotantoa rehevöityneessä jokivesistöissä. Eloranta (1982) on käyttänyt sähkökalastusta kivikkorantojen kalojen biologian selvittämiseen.

Sähkökalastuksen virhelähteet kalakantojen koon arvioinnissa liittyvät sähkökalastusalueiden edustavuuteen sekä menetelmän perusoletuksiin. Molemmat yleisesti käytetyt regressiomenetelmät

olettavat pyydystettävyyden pysyvän vakiona sähkökalastuskokeen aikana. Tämän oletuksen paikkansapitävyys on riippuvainen tutkitavasta alueesta ja lajista. Mahon (1980) ja Zalewski (1983) ovat analysoineet oletusten paikkansapitävyyttä eri vesistöissä ja tutkineet sähkökalastuksen soveltuvuutta eri kalalajeille. Tuloksiin vaikuttavat myös käytettävät laitteet. Mm. Heidinger ym. (1983) ovat todenneet selviä eroja eri sähkökalastuslaitteiden välillä. Sähkökalastuslaitteiden käyttöön on saatava maa- ja metsätalousministeriön lupa. Laitteiden vaarallisuuden takia sähkökalastusryhmän koko tulee olla vähintään 3 henkilöä. Työntekijöillä on oltava ensiapukoulutus.

KIRJALLISUUS

- BOHLIN, T. 1982: The validity of the removal method for small populations - consequences for electrofishing practise. - Inst. Freshw. Res. Drottningholm. Rep. 60:15-18.
- BOHLIN, T. 1984: Kvantitativt elfiske efter lax och öring - synpunkter och rekommendationer. - Information från sötvattenslaboratoriet. (Painossa.)
- BOHLIN, T., DELLEFORS, C. & FAREMO, U. 1982: Electrofishing for salmonids in small streams. - aspects of the sampling design. - Inst. Freshw. Res. Drottningholm. Rep. 60: 1-24.
- COCHRAN, W. G. 1977: Sampling techniques 3rd ed. - Wiley. N. Y. 428 s.
- ELORANTA, A. 1982: Tutkimuksia eräiden kivikkorantojen kalalajien biologiasta I. - Jyväskylän yliopisto. Biol. lait. Tiedonantoja 30. 70 s.
- HEIDINGER, R. C., HELMS, D. R., HIEBERT, T. I. & HOWE, P. H. 1983: Operational comparison of three electrofishing systems. - N. Am. J. Fish. Management 3: 254-257.
- HELLAWELL, J. M. 1978: Biological surveillance of rivers. Dorchester. 332 s.
- JUNGE, C. O. & LIBOVARSKY, J. 1965: Effects of size selectivity on population estimates based on successive removals with electrical fishing gear. - Zool. Listy. 14: 171-178.
- MAHON, R. 1980: Accuracy of catch - effort methods for estimating fish density and biomass in streams. - Env. Biol. Fish. 5: 343-360.

- PENZAK, T.; ZALEWSKI, M. SUSZYCKA, E. & MOLINSKI, M. 1981: Estimation of the density, biomass and growth rate of fish populations in two small lowland rivers. - *Ekol. Pol.* 29: 233-255.
- RICKER, W. E. 1975: Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* 191. 382 s.
- SEBER, G. A. F. 1982: The estimation of animal abundance and related parameters 2nd ed. - Griffin. London. 654 s.
- TOIVONEN, J. 1983: Lohi tutkimuksen, hyödyntämisen ja hoidon kohteena. - *Suomen kalatalous* 51: 19-26.
- WILEY, M.-L. & TSAI, C.-F. 1983: The relative efficiencies of electrofishing vs. seines in piedmont streams of Maryland. - *N. Am. J. Fish. Management* 3: 243-253.
- ZALEWSKI, M. 1983: The influence of fish community structure on the efficiency of electrofishing. - *Fisheries Mgmt.* 14: 177-186.

7.9. Saaliin rekryyttiä kohti antavat kalakantamallit

Johdanto

Saaliin rekryyttiä kohti antavat mallit ilmaisevat hyödynnettäänkö kalakantaa optimaalisesti kalojen kasvunopeuden ja kuolevuuden suhteen. Jos kalakanta- ja kalastus ovat dynaamisessa tasapainotilassa, malleja voidaan myös käyttää rekryyttimäärien arvioimiseksi.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Saaliin rekryyttiä kohti antavilla malleilla ei pystytä tehokkaasti seuraamaan kalakannan kehitystä vuodesta toiseen, koska niiden antamat tulokset kuvaavat tasapainotilanteita. Ne ovat kuitenkin käyttökelpoisia silloin, kun halutaan yleiskuva kalakannan tilasta ja sen hyödyntämisestä. Mallien antamat ennusteet kalakannan kehityksestä koskevat siten myös pitkiä aikavälejä ja osoittavat kehityssuuntaa. Saaliin rekryyttiä kohti antavien mallien käyttökelpoisuus tarkkailussa perustuu siihen, että niiden avulla voidaan tiiviissä muodossa esittää eräitä perustietoja kalakannasta. Niiden avulla voidaan myös helposti tutkia kalojen kasvun ja kuolevuuden muutosten vaikutuksia kalakannan tuottoon sekä erilaisten hyödyntämistapojen vaikutuksia kalakantaan pitkällä aikavälillä. Koska tulokset koskevat tasapainotilanteita mallit soveltuvat parhaiten sellaisille kalakannoille, joiden luonnollinen kuolevuus ja kasvu vaihtelee verrattain vähän. Jos malleja sovelletaan kalakantaan, jonka kasvu ja luonnollinen kuolevuus vaihtelee voimakkaasti vuodesta tai vuosiluokasta toiseen, saadaan kuva keskimääräisestä tilanteesta, joka ei juuri milloinkaan toteudu.

Menetelmä

Periaate

Jos vuosiluokan kokoa syntymähetkellä pidetään vakiona, on yhdestä vuosiluokasta sen olemassaolon aikana saatava saalis riippuvainen kalojen kasvusta ja luonnollisesta kuolevuudesta sekä kalastuksen alkamisajankohdasta ja kalastuskuolevuudesta. Olettamalla, että vuosiluokan koko pienenee eksponentiaalisesti

ja että kalojen kasvu noudattaa määrättyä kasvuyhtälöä (ks. luku 7. yhtälöä) voidaan rekryyttiä kohti saatavaa saalista kuvata kalastuskuolevuuden ja rekrytointi-ian funktiona. Rekrytointi-ikä tarkoittaa tässä ikää, jossa kalat keskimäärin tulevat kalastuksen kohteeksi. Lisäksi voidaan laskea kutevan kannan koko rekryyttiä kohti. Ricker (1975, ss. 235-264) on esittänyt yleisesti käytössä olevat yhtälöt yksityiskohtaisesti.

Näytteenotto

Menetelmän soveltamiseksi on tunnettava luonnollinen kuolevuus ja kalastuskuolevuus. Kalakantanäytteiden tai populaatioanalyysin avulla selvitetään kokonaiskuolevuus (luvut 7.7. ja 7.8.).

Kalojen kasvu selvitetään esitetyin menetelmin.

Aineiston käsittely

Ricker (1975) on esittänyt esimerkkejä laskumenetelmistä ja Hildén (1982) taskulaskinsovelluksen ns. Rickerin Y/R menetelmästä.

Tulostus

Tulokseksi saadaan saalis rekryyttiä kohti eri kalastuskuolevuuden arvoilla. Tulokset voidaan esittää Y/R-saaliskäyrinä (esim. Ricker 1975, s. 258) tai saaliin samanarvonkäyrillä (isopleettikäyrillä) joista käy ilmi myös rekrytointi-ian vaikutus. Koska luonnollista kuolevuutta ei yleensä tunneta tarkkaan, tulee tulokset esittää yleensä usealle eri luonnollisen kuolevuuden arvolle, ainakin todennäköisimmälle, todennäköiselle alarajalle ja todennäköiselle ylärajalle. Jos kasvun muutoksen vaikutuksia on analysoitu, tulee esittää Y/R-käyrät eri kasvunopeuksille.

Kuteva kanta rekryyttiä kohti voidaan myös esittää graafisesti.

Käytännön sovellukset ja rajoitukset

Saaliin rekryyttiä kohti antavia malleja käytetään yleisesti apuna kalastuksen säätelyssä (esim. Sjöblom 1983). Niiden soveltuvuutta ympäristönmuutosten vaikutusten arviointiin on selvitetty vähemmän. Jensen ym. (1982) on Y/R-mallin ja siihen liitetyn poikasmallin avulla analysoinut voimalaitosten vaikutuksia kala-

kantoihin. Hildén ja Salojärvi (1982) ovat osoittaneet, miten kasvun muutoksen vaikutuksia voidaan selvittää Y/R-mallia hyväksikäyttäen.

Ongelmana Y/R-mallien käytössä on niiden oletama tasapainotila. On kalakantoja, joissa kasvu ja luonnollinen kuolevuus vaihtelevat niin nopeasti, että ne eivät koskaan ole edes likimäärin tasapainotilassa. Tällaisesta kalakannasta Y/R-malli ei anna juuri mitään käyttökelpoista informaatiota. Toinen ongelma on, että Y/R-malleissa oletetaan luonnollisen kuolevuuden olevan riippumaton kalastuskuolevuuden arvosta. On kalakantoja, jossa tämä oletus selvästikään ei pidä paikkaansa. Lehtonen ym. (1982) sovelsivat haukiaineistoon vaihtoehdoisen mallin, jossa luonnollinen kuolevuus oli lineaarinen funktio kalastuskuolevuudesta pienillä kalastuskuolevuuden arvoilla, mikä muutti Y/R-mallin tuloksista tehtäviä johtopäätöksiä täysin. Vastaavalla tavalla lajien väliset suhteet saattavat muuttaa olosuhteita ja aiheuttaa suuriakin poikkeamia mallien ennustuksista.

KIRJALLISUUS

- HILDÉN, M. 1982: Yksinkertainen taskulaskinohjelma Rickerin saalisyhtälölle. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 20: 60-66.
- HILDÉN, M. & SALOJÄRVI, K. 1982: Populaatiomallien käyttö vesistöiden aiheuttamien vahinkojen tutkimisessa. - Teoksessa Jutila, E. & Hildén, M. (toim.) Vesistöjen rakentaminen ja kalatalous, Vesi- ja kalatalousalan ammattijärjestö VKA ry. Helsinki. s. 95-108.
- JENSEN, A. L., SPIGARELLI, S. A. & THOMMES, M. M. 1982: Use of conventional fishery models to assess entrainment and impingement of three lake Michigan fish species. - Trans. Am. Fish. Soc. 111: 21-34.
- LEHTONEN, H., BÖHLING, P. & HILDÉN, M. 1982: Saaristomeren pohjoisosan kalavarat. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja Julkaisuja 9: 86-140.
- RICKER, W. E. 1975: Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - Bull. Fish. Res. Board Can. 191. 382 s.
- SJÖBLOM, V. 1983: Suomen kalavarat. - Suomen Kalatalous 51: 19-26.

8. KALASTUKSEN JA SAALIIDEN KEHITYS

8.1. Kalastustiedustelu

Johdanto

Kalastustiedustelun avulla voidaan selvittää tutkimusalueella kalastavien lukumäärä, käytettyjen pyydysten laatu ja määrä, pyyntiponnistus, saaliit ja saaliiden muutokset sekä saaliin käyttö. Lisäksi voidaan selvittää kalastusoikeuden perusta, kalastusmatkojen pituus, toivotut kalataloudelliset toimenpiteet, käsitykset veden laadun muuttumisesta yms.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Luotettava saalistilasto, pyydystilasto sekä käsitys pyyntiponnistuksesta antavat alustavan ja pienissä tarkkailututkimuksissa riittävän kuvan vesistön kalakannoista ja niiden hyödyntämisestä. Siksi kalastustiedustelu on lähes aina välttämätön osa velvoite- ja tarkkailututkimusta. Lisäksi tiedustelun avulla voidaan saada taustatietoja kalastuksesta ja sen kehityksestä vesistöissä. Näitä tiedustelutuloksia ei voida aina käsitellä täsmällisinä mittaustuloksina, mutta ne kuvaavat yleensä verrattain hyvin yleistä kehityssuuntaa.

Menetelmä

Otantakehikko

Ensimmäinen tehtävä on päättää, ketä tiedustelu koskee (otantakehikko) ja miten näihin henkilöihin tai yksiköihin otetaan yhteys. Tässä vaiheessa on käytännöllistä jakaa kalastajat ammattimaisesti kalastaviin sekä kotitarve- ja virkistyskalastajiin. Ammattimaisesti kalastaviin saadaan yleensä yhteys kalastuskuntien, kalastajajärjestöjen tai alueen kalatalousneuvojien kautta. Koska ammattimaisesti kalastavien lukumäärä yleensä on pieni ja koska heillä on tavallisesti parhaimmat tiedot vesistöistä ja sen kalakannoista, tulisi heidän luonaan käydä henkilökohtaisesti. Kotitarve- ja virkistyskalastajiin joudutaan yleensä ottamaan yhteys kirjeitse. Ensimmäisiä kysymyksiä on, tehdäänkö tiedustelu henkilökohtaisena vai ruokakuntakohtaisena. Seuraavana ongelmana

on osoitteiden saaminen. Aukotonta järjestelmää nimien ja osoitteiden keräämiseksi ei yleensä ole ja siksi ongelmaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Nimiä on kerätty valtion kalastuksenhoitomaksun kuiteista, kalastuskuntien jäsen- ja kalastuslupaluetteloista, kalastajajärjestöjen jäsenluetteloista, kalavesien omistajien lupamyyntiluetteloista ja kuntien veroluetteloista. Lisäksi tiedusteluita on lähetetty ryhmäristisiteinä kotitalouksille. Eri menetelmät soveltuvat eri tilanteisiin ja kaikissa on omat ongelmansa (taulukko 8.). Tavoitteena tulee olla mahdollisimman yksiselitteisen otantakehikon luominen, koska otantakehikossa olevat virheet heijastuvat herkästi tiedustelutuloksiin. Käytännössä joudutaan yleensä kokoamaan otantakehikko monesta eri lähteestä; esimerkiksi yhdistämällä kalastuskuntien jäsen- ja lupamyyntiluettelot kalastajajärjestöjen jäsenluetteloihin. Tällöin syntyy ongelmia päällekkäisistä luetteloista. Näitä ongelmia on pyrittävä ratkaisemaan viimeistään otoksen poiminnan yhteydessä (ks. alla).

Otos ja otoskoko

Kun kerätään tietoja ammattimaisesta kalastuksesta, tulee tavoitteena olla tietojen saaminen jokaiselta ammattimaisesti kalastavalta. Tämä on välttämätöntä siksi, että ammattimaisesti kalastavien lukumäärä on yleensä pieni. On osoitettu, että pienen populaation ominaisuuksien tutkiminen edellyttää suurta otossuhdetta (Cochran 1977).

Virkistys- ja kotitarvekalastustiedustelu tehdään usein otoksen perusteella. Toivottu täsmällisyys, otosvarianssi ja perusjoukon koko määräävät otoksen koon. Siksi ei voida soveltaa samaa otantasuhdetta jokaiseen tiedusteluun. Cochran (1977, ss. 72-86) on esittänyt, miten tarvittava otoskoko voidaan arvioida, kun on päätetty miten täsmälliseen arvioon pyritään. Realistisena tavoitteena voidaan pitää sitä, että tärkeimpien lajien kokonaissaalisarvioiden variaatiokerroin (arvioitu kokonaissaaliin keskivirhe/arvioitu kokonaissaalis) jää alle 10 - 15 % (vrt. Hilden & Ahonen 1982). Jos perusjoukon koko on noin 1 000, saadaan 500 - 600 palautetun lomakkeen avulla varsin täsmällinen arvio. Perusjoukosta jonka koko on noin 10 000 saadaan yleensä tyydyttävä arvio, kun takaisin saadaan 1 500 - 2 000 täytettyä lomaketta. On kuitenkin muistettava, että palautusprosentti vaikuttaa tulosten tarkkuuteen. Ei siis ole yhdentekevää, saadaanko 1 000 täytettyä

Taulukko 8. Otantakehikon luominen eri menetelmillä, eri menetelmien soveltuvuus eri tapauksissa ja virhelähteet.

Menetelmä	Sovellutusalue	Menetelmän virhelähteitä ja ongelmia
Valtion kalastuksenhoitomaksun kuitit	Laajat tutkimusalueet, joilla kotitarve- ja virkistyskalastajien määrä on verrattain suuri	Osa kalastajista ei suorita hoitomaksua (alle 18 v. sekä onkijat). Ei tavoiteta kaikkia pilkkijöitä. Kuitista ilmenee vain asuinpaikka, ei kalastusalue, mikä on ongelmana alueilla, joilla suuri osa kalastajista ei ole paikkakuntalaisia.
Kalastuskuntien jäsen- ja lupamyntiluettelot	Pienet - keskisuuret tutkimusalueet (yksittäiset pienehköt vesistöt - muutaman kunnan vesistöt)	Luettelot usein epätäydelliset, erityisesti lupamyynnin osalta. Ei tavoiteta kaikkia pilkkijöitä eikä onkijoita. Usein ruokakuntakohtainen.
Kalastajajärjestöjen jäsenluettelot	Kalastajajärjestöjen vuokraamat vesialueet	Vain osa kalastajista on järjestöjen jäseniä. Henkilökohtainen.
Kalaveden omistajan lupamyntiluettelo	Alueet, joilla kalastuskunnat ovat järjestäytymättä sekä alueet, joilla verrattain laajat vesistöalueet ovat yksittäisten omistajien hallussa.	Luettelot saattavat olla puutteellisia. Ei tavoiteta kaikkia pilkkijöitä tai onkijoita. Yksityisvedet yleensä vain osa vesistöä. Usein henkilökohtainen.
Kuntien veroluettelot	Kunnat, joissa suuri osa maanomistajista harrastaa kalastusta tai kunnissa, joissa on erillinen kesäasunorekisteri.	Tavoittaa vain kunnassa asuvia tai maata omistavia. Henkilö- tai ruokakuntakohtainen. Joukossa saattaa olla monta sellaista, jotka eivät kalasta.
Alueen kotitaloudet	Suppeahkot alueet, joissa suuri osa kotitalouksista kalastaa	Tavoittaa vain alueella vakituisesti asuvat. Joukossa saattaa olla monia, jotka eivät kalasta. Ruokakuntakohtainen.
Henkikirjoitusnauha	Alueen koko voi vaihdella koko maan ja yksittäisen kunnan välillä	Joukossa on paljon sellaisia, jotka eivät kalasta. Mukaan saadaan myös onkijat ja alle 18-vuotiaat. Pienten alueiden ollessa kyseessä ei saada ulkopaikkakuntalaisia mukaan.

lomaketta takaisin 1 100 lähetetystä vai 2 000 lähetetystä lomakkeesta. Jälkimmäisessä tapauksessa vastaajien joukko saattaa olla valikoitunut ja niiden perusteella tehdyt saalisarviot ovat siksi usein harhaanjohtavia.

Päätös tiedustelun henkilö- tai ruokakuntakohtaisuudesta vaikuttaa otoksen poimintaan. Tilanne on ongelmallinen kun halutaan tehdä ruokakuntakohtainen tiedustelu, mutta otos joudutaan keräämään henkilörekisteristä. Silloin perusjoukon koko (ts. ruokakuntien lukumäärä) on arvioitava ja otoksessa jokaisen ruokakunnan tulee olla edustettuna vain kerran. Käytännössä "kaksoiskappaleiden" poisto onnistuu parhaiten aakkostamalla otos. Otoksen aakkostaminen ja kaksoiskappaleiden poisto on välttämätöntä myös, kun otantakehikko perustuu useaan rekisteriin, joissa saattaa esiintyä päällekkäisyyttä, tai kun samat kalastajat lunastavat kalastuslupia useasta kalastuskunnasta.

Tiedustelulomake

Tiedustelulomakkeen tulee olla selvä ja kysymyksien yksiselitteisiä. Erityisesti postitiedustelussa on kiinnitettävä huomiota kysymysten yksiselitteisyyteen. Samassa kysymyksessä ei pitäisi kysyä useampaa kuin yhtä asiaa. Liitteessä 3 on esitetty mallitiedustelulomake, jota on testattu käytännössä.

Mallilomakkeessa on esitetty vain yleisimmät tiedustelukysymykset, jotka esiintyvät käytännöllisesti katsoen joka tiedustelussa. Lisäksi tarkkailussa halutaan usein selvittää saaliin käyttöä, käsityksiä saaliiden muutoksista sekä havaintoja kaloissa esiintyvistä makuvirheistä ym. kalataloutta haittaavista seikoista. Nämä kysymykset ja vastausvaihtoehdot on laadittava siten, että ne eivät pakota ketään asiaa tuntematonta ottamaan kantaa. Jos esimerkiksi kysytään käsitystä saaliiden muuttumisesta viimeisten 'n' vuoden aikana, tulee yhtenä vastausvaihtoehtona olla "En osaa sanoa" tms., koska muuten henkilö, joka on asiasta epävarma, saattaa varmuuden vuoksi vastata "pysynyt muuttumattomana". Toinen tärkeä näkökohta on, että kysymykset on muotoiltava siten, että pystytään yksiselitteisesti tulkitsemaan vastaus puuttuvaksi tiedoksi tai nollavastaukseksi. Esimerkiksi jos kysytään vain "paljonko kalaa ruokakuntanne on myynyt", vastauksista ei näe, onko vastaaja jättänyt kohdan tyhjäksi, koska hän ei myy kalaa tai koska hän ei ole ottanut kantaa kysymykseen. Kysymys on siksi muotoiltava kaksiosaiseksi, esimerkiksi "Onko ruokakuntanne myynyt kalaa, ei, kyllä, kuinka paljon (kg)".

Tiedustelukertojen määrä

Kalataloustiedustelu tehdään tavallisesti vuoden alussa, kun selvitetään edellisen vuoden saaliita ja kalastusta. Henkilökohmainen käynti ammattimaisesti kalastavien luona antaa yleensä kerralla kaikki tarvittavat tiedot, edellyttäen, että tiedustelulomake on hyvin laadittu. Tulosten varmistamiseksi voidaan lisäksi käyttää hyväksi esimerkiksi kalakauppojen ostotilastoja tms. Kun tehdään postitiedustelu, saadaan sen sijaan vain osa vastauksista ensimmäisen tiedustelukerran jälkeen. Uusintatiedustelu on välttämätön, koska on havaittu, että ensimmäiseen tiedustelukirjeeseen vastaavat keskimäärin aktiivisimmat kalastajat (Anon. 1983, K.Leinonen, henk.koht.ilmoitus). Jos ensimmäisen tiedustelukerran tulokset laajennetaan koskemaan koko perusjoukkoa, saadaan virheellinen kuva saaliista ja kalastuksesta.

Toinen tiedustelukirje voidaan lähettää noin 2 - 3 viikkoa ensimmäisen kirjeen lähettämisestä. Ensimmäisen ja toisen tiedustelukerran vastaukset tulee käsitellä erikseen. Koska vastausprosentti toisenkin tiedustelukerran jälkeen voi jäädä noin kuuteenkymmeneen, tulisi tulokset varmentaa kolmannella tiedustelukerralla tai haastattelemalla valikoimatonta otosta vastaamatta jättäneitä. Yleensä on parempi vähentää lähetettyjen lomakkeiden määrää ja panostaa vastausprosentin nostamiseen, koska siten voidaan vähentää harhaanjohtavia tuloksia.

Aineiston käsittely ja tulostus

Kokonaissaaliit esitetään taulukoissa erikseen ammattimaisen kalastuksen ja kotitarve- ja virkistyskalastuksen osalta. Ensimmäisen ja toisen tiedustelukerran tulokset on hyvä käsitellä ainakin alustavasti erikseen. Tutkimalla kalastaneiden osuutta vastanneista sekä keskisaaliita voidaan selvittää, eroavatko ensimmäiseen ja toiseen tiedustelukirjeeseen vastanneet toisistaan. Jos havaitaan selviä eroja tulee tarkastella, miten paljon kokonaissaalisarvio muuttuu, jos oletetaan, että toiseenkin tiedustelukertaan vastaamatta jättäneet ovat kalastuksensa suhteen samantyyppisiä kuin toiseen tiedustelukirjeeseen vastanneet. Todennäköistä näet on, että vastaamatta jättäneet eivät keskimäärin kalasta samalla tavalla kuin tiedusteluun vastanneet (Anon. 1983). Siksi kolmas tiedustelukerta tai erillinen vastaamatta jättäneiden haastattelu parantaa yleensä oleellisesti tulosten tarkkuutta. Kotitarve- ja virkistyskalastajien saalisarvioista esitetään myös

varianssi ja variaatiokerroin. Tarvittavat yhtälöt esimerkkeineen on esittänyt mm. Cochran (1977, ss. 35 - 38). Jos osoittautuu, että myös yleisten lajien saalisarvioiden variaatiokertoimet ovat suuria, vaikka otantasuhde arvioidaan riittäväksi, kannattaa tarkastella yksittäisten kalastajien saaliita. Jos aineistossa esiintyy suuria yksittäisiä saaliita (useita satoja kg), nämä lisäävät otosvarianssia ja heikentävät saalisarvioiden täsmällisyyttä. Jos mahdollista, ko. kalastajat tulisi identifioida jo ennen tiedustelua, esim. haastatteleamalla kalastuskuntien esimiehiä. Heidät tulisi poistaa otantakehikosta ja käsitellä erikseen tai yhdessä ammattimaisesti kalastavien kanssa. Jos suurkalastajat pystytään käsittelemään erikseen, voidaan samalla vähentää harhaanjohtavien tulosten vaaraa.

Muut tiedustelusta saatavat aineistot tulostetaan taulukoin tai kuvin. Jokaisen tulostetun kysymyksen kohdalla on syytä mainita kysymykseen vastanneiden lukumäärä.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Kalastustiedusteluita käytetään kalakantojen seurantatutkimuksissa, kalataloussuunnittelussa ja kalataloudellisessa tarkkailussa. Tiedustelun virhelähteet liittyvät ihmismuistin rajallisuuteen ja tiedustelun toteutukseen. Tiedustelussa voidaan olettaa, että ihmisten muistikuvat saaliista poikkeavat satunnaisesti saaliin todellisesta koosta, kun käsitellään isohkoa perusjoukkoa (kymmeniä - satoja ihmisiä). Menetelmävirheet aiheuttavat sen sijaan helposti systemaattisia poikkeamia todellisesta arvosta, mikä johtaa virheellisiin tuloksiin. Erityistä huomiota on kiinnitettävä otoksen edustavuuteen. Jos otos on valikoitunut ja pieni suhteessa perusjoukkoon, arviovirhe saattaa muuttaa johtopäätöksiä saaliiden tai pyynnin kehityksestä. Toinen ongelma on kysymyksenasettelu. Johdattelevat tai tulkinnanvaraiset kysymykset saattavat aiheuttaa systemaattisia virheitä, joita aineiston käsittelyvaiheessa on lähes mahdotonta karsia.

8.2 Kalastuskirjanpito

Johdanto

Kalastuskirjanpito antaa luotettavampia tietoja saaliista ja pyyntiponnistuksesta kuin kalastustiedustelu. Tietojen saamisen varmistamiseksi kalastuksen säätelyn tarpeisiin useat maat vel-

voittavat kalastajia pitämään kirjaa kalastuksestaan. Suomessa jokaisen Itämeressä kalastavan on annettava tiedot kalastuksestaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselle (Asetus 625/75). Sisävesillä tällaista velvoittavaa järjestelmää ei ole, mutta kalastuskirjanpitoa on ylläpidetty paikoin myös siellä.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Kalastuskirjanpidon avulla voidaan selvittää yksikkösaaliit eri pyydyksillä, kalastuskausilla ja kalastusalueilla. Samalla ilmenevät vuodenaikaiset vaihtelut saaliissa. Ne ovat apuna selvittäessä kalojen vaelluksia ja liikkeitä. Kalastuskirjanpito on myös taloudellisten tutkimusten perusta. Kalastuskirjanpito antaa siten tarkkailun kannalta keskeisiä tietoja ja se tulisi mahdollisimman usein liittää tarkkailuohjelmaan, erityisesti laajahkoissa tarkkailututkimuksissa. Kalastuskirjanpidolla voidaan usein korvata koekalastukset.

Menetelmä

Rannikolla merkittävä osa ammattimaisesti kalastavista pitää kirjaa kalastuksestaan. Yli 15 m pitkistä aluksista tietoja kerätään päivittäin. Alle 15 m pitkillä aluksilla kalastuspäiväkirja täytetään kuukauden tarkkuudella (Asetus 625/75). Kalastajien suostumusta vastaan kalastuspäiväkirjojen tietoja voidaan käyttää myös tarkkailututkimuksissa. Kalastajien suostumus on välttämätön, koska laki Itämeren kansainvälisen kalastuskomission suositusten voimaan saattamisesta (483/75) edellyttää kalastajien antamien tietojen luottamuksellista käsittelyä.

Alueilla, joilla tarvitaan kalastuskirjanpitäjiä, pyydetään verrattain aktiivisesti kalastavia henkilöitä pitämään kirjaa kalastuksestaan yleensä korvausta vastaan.

Tarvittavien kalastuskirjanpitäjien lukumäärä riippuu tutkimusalueen laajuudesta, kalastajien aktiivisuudesta ja pyydysvalikoimasta. Ihannetapauksessa tulisi saada edustavasti tietoja tutkimusalueen tärkeimpien pyydysten saaliista ja pyyntiponnistuksesta eri kalastuskausina ja osa-alueilla. Jos ensisijainen tavoite on yksikkösaaliiden laskeminen kalakantojen koon muutosten seuraamiseksi, voidaan tarvittava kirjanpitokalastajien lukumäärä

selvittää, kun tunnetaan kalastajien keskimääräinen pyyntipäivien lukumäärä ja yksikkösaaliiden vaihtelukertoimet (ks. 7.8.2).

Aineiston käsittely ja tulostus

Saalis- ja pyyntiponnistustiedot käsitellään kalastaja- ja pyydyskohtaisesti. Kalastajakohtaisista yksikkösaaliista voidaan laskea painotetut keskiarvot pyydyskohtaisesti. Eri pyydyksiä ei tule yhdistää, ennen kuin on pystytty osoittamaan, että pyyntiponnistussyksiköt ovat yhteismitallisia.

Kirjanpitotuloksia voidaan käyttää taloudellisiin tarkasteluihin, silloin kun halutaan tietoja kalastajakohtaisesta saaliista ja niiden arvosta sekä pyynnin aiheuttamista kustannuksista. Myös tässä tapauksessa on ensin tarkasteltava tulokset kalastajakohtaisesti. Tämän jälkeen tiedot mahdollisesti voidaan yhdistää painotetuksi keskiarvoksi. Jos saaliit ja pyyntiponnistusten kustannukset yhdistetään aluksi, on olemassa vaara, että yhdistetään mahdollisesti ammattimaisesti kalastavan tulokset harrastelijakalastajan tuloksiin. Kun tällaisen aineiston perusteella lasketaan keskimääräinen tuotto/pyyntiponnistus, päädytään keskiarvoon, joka ei edusta mitään. Jos tulokset sen sijaan lasketaan ensin kalastajakohtaisesti voidaan kalastajat ryhmitellä ja kullekin ryhmälle laskea edustava keskiarvo, edellyttäen tietysti, että aineisto on riittävän laaja.

Kalastuskirjanpidon tulokset esitetään taulukoissa. Jos keskiarvoja on laskettu, myös hajontaluvut tai ainakin vaihteluvälit tulee esittää.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Kalastuskirjanpitoon perustuvia yksikkösaalistietoja on käytetty sekä merialueilla että sisävesillä kalakannan tiheyden mittana. Suomessa kalastuksen kannattavuutta on seurattu noin 10 vuoden ajan kalastuskirjanpidon avulla (Viitanen 1983). Kalastuskirjanpidon ongelmana on riittävän edustavan aineiston kerääminen. Jos kirjanpitäjiä on liian vähän, on vaikeaa tehdä johtopäätöksiä kalakantojen kehityksestä tai kalastuksen taloudellisesta merkityksestä ja sen kannattavuudesta.

KIRJALLISUUS

- ANON. 1983: Virtain kalataloussuunnitelma, 3. Kalansaalis vuonna 1980. - Helsingin yliopisto, Kalataloustiede 5: 1-35.
- COCHRAN, W. G. 1977: Sampling techniques, 3rd ed. - Wiley. N.Y. 428 s.
- HILDÉN, M. & AHONEN, I. 1982: Helsingin merialueen kotitarve ja virkistyskalastus 1979. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto 20: 18-35.
- VIITANEN, M. 1983: Kalastuksen taloudellinen merkitys. - Suomen kalatalous 51: 91-96.

9. KALASTUKSEN MERKITYS

9.1. Ammattikalastuksen kannattavuustutkimukset (Marketta Ranta)

Johdanto

Kalatalouden yleistä talousteoriaa ovat käsitelleet mm. Gordon (1953); Anderson (1977); Clark (1976) ja Hannesson (1978).

Kalastuksen tuotto sisältää saaliin arvon sekä muut kalastuksesta aiheutuneet tuotot vähennettynä kalastuskustannuksilla. Saman suuruinen tuotto voidaan saavuttaa useilla eri pyyntimenetelmillä harjoittamalla pyyntiä eri tehokkuuksilla. Kalastaja pyrkii yrittäjänä maksimoimaan tuottonsa ja siksi valitsee tuotantotekijöiden yhdistelmän, jolla pyritään maksimoimaan tuottoa (Kehrberg et al. 1969).

Jos ympäristömuutoksien vaikutuksesta kalastustuottojen ja -kustannusten välinen suhde muuttuu, ei kalastaja lyhyellä tähtämellä pysty muuttamaan tuotantoaan muutoin kuin olemassa olevan tuotantokapasiteetin puitteissa. Vasta pitkällä tähtämellä on mahdollista muuttaa tuotantoteknologia (Lipseý 1974). Klapurin (1972) mukaan kalastaja ei lyhyellä tähtäyksellä juuri ota huomioon kustannus- ja hinnanmuutoksia, koska tuotto riippuu lähinnä biologisista tuotantotekijöistä. Tästä johtuen on tuotantokapasiteetissa vajaakäyttöisyyttä, jota voidaan käyttää hyväksi mm. kompensoitaessa alhaisten hintojen vaikutusta tuottoon.

Ympäristömuutokset voivat vaikuttaa kalastuksen tuottoon mm. seuraavin tavoin:

- Arvokalojen osuus saaliissa vähenee ja vähempiarvoiset kalat lisääntyvät. Seurauksena on tuoton aleneminen, jos kalastaja jatkaa kalastusta entisillä pyyntipaikoilla suunnilleen entisellä kalastusteholla. Tuoton aleneminen johtuu alhaisemmasta kalan hinnasta.

- Toisaalta vähäarvoisia lajeja ei ehkä pyydetä ollenkaan, jolloin tuottoa ei synny. Myös juoksevat kustannukset jäävät pois. Kustannuksia aiheutuu pitkävaikutteisista eristä kuten kalusto ja kalavesivuokrat.

- Pyydetyissä kaloissa voi olla makuhaittoja tai korkeita myrkkypitoisuuksia, minkä seurauksena kala ei mene kaupaksi. Kalan markkinointi voi vaikeutua väliaikaisesti mutta myös pysyvästi. Vaikutukset ovat kuten edellä.

- Tieto kalojen myrkkypitoisuuksista tai makuhaitoista voi haitata kalojen markkinointia myös alueilla, joilla haittoja ei esiinny.

- Pyydyksien likaantuminen aiheuttaa lisäkustannuksia, jolloin pienempi osa tuotoista jää korvaukseksi lisääntyneelle työlle tai sijoitetulle pääomalle.

- Jos kalastaja siirtyy uusille pyyntialueille, tulevat pyyntimatkat aikaisempaa pidemmiksi. Sen seurauksena ehkä hankitaan isompia veneitä ja vahvempia moottoreita. Mahdollisesti pyydykset on vaihdettava tai korjattava uudelle pyyntialueelle soveltuviksi. Myös työaika pitenee ja kustannukset kasvavat, mutta tuoton ei tarvitse kasvaa samassa suhteessa.

Edellisen perusteella on todettavissa, ettei tuotto pelkästään riitä kuvaamaan kalastuksessa tapahtuneita muutoksia. Lisäksi on selvitettävä myös mm. tuotantorakenne eli harjoitetut pyyntimenetelmät ja saalis sekä kalastuskustannukset, kalastukseen sijoitetun pääoman määrä ja tehdyn työn määrä.

Yksityistaloudelliselta kannalta on ammattikalastuksen tuottoja, kustannuksia jne. tarkasteltu Suomessa RKTL:n ammattikalastuksen kannattavuustutkimuksessa vuodesta 1973 lähtien. Se perustuu kirjanpitoa pitäneiden yritysten tutkimukseen luovuttamien tietojen käsittelyyn.

Kannattavuustutkimusten käyttö

Ammattikalastuksen kannattavuustutkimuksen perusteella on selvitetty:

- kalastuksen tuottorakennetta
- kalastuksen kustannusrakennetta
- kalastukseen sijoitetun pääoman arvoa
- velkojen määrää
- kalastukseen käytettyä työaikaa
- eri pyyntimenetelmien kannattavuutta
- kalastajaperheen saamaa toimeentuloa
- kalastuksen merkitystä kalastajaperheen toimeentulossa
- kalastuksen työllistävää vaikutusta

Selvitykset olisi tehtävä yhtenäistä kalastusaluetta koskevana. Selvityksessä olisi oltava riittävästi kirjanpitäjiä mukana, jotta alueen tyypillisimmät pyyntimenetelmät olisivat edustettuina.

Menetelmän rajoitukset

Kirjanpitoon pohjautuvat kannattavuustutkimukset eivät yksin riitä kvantifioimaan ympäristönmuutoksien vaikutuksia, koska kalastuksen tuotantorakenne vaikuttaa kalastuksen kannattavuuteen. Menetelmä onkin yhdistettävä tuotantorakenneselvitykseen ja tuotantorakenteen muutoksen tarkkailuun.

Jos muutoksia on tapahtunut, niin on selvitettävä, mikä osa niistä on

- a) "luontaista" vaihtelua
- b) yleistä alan kehitystä, esim. teknologian kehitys ja harjoitetun tuotantopolitiikan vaikutus
- c) ympäristönmuutosten aiheuttamaa.

Muutoksien arvioimista vaikeuttaa erityisesti se, että kalastajaperhe tarvitsee toimeentullakseen tietyn vähimmäistulon. Jos kalastuksessa tapahtuu jollakin sektorilla tulon menetystä, kompensoi kalastaja menetystä harjoittamalla lähinnä parhaaksi katsoomaansa vaihtoehtoa. Jos kalastus joudutaan lopettamaan kokonaan, ovat muutoksien vaikutukset yksiselitteisimmin arvioitavissa.

Ympäristönmuutoksien vaikutuksien osoittamista vaikeuttaa myös, jos samaan aikaan kalastusta on "autettu" jollakin yleisellä toimenpiteellä, esim. on rakennettu satama tai tie ja siten helpotettu kalan kuljetusta.

Suurin osa tarvittavasta tiedosta on kysyttävä kalastajalta. Kalastajia ei ainakaan toistaiseksi voida valita otannalla vaaan selvitys perustuu vapaaehtoiseen toimintaan. Tällöin ei välttämättä saada mukaan sellaisia kalastajia, jotka tutkimuksen tuloksien yleistettävyyden kannalta olisivat tarpeen. Kalastajalta joudutaan kysymään erilaista tietoa hyvinkin tarkasti. Siitä aiheutuu kalastajalle lisätyötä, jota hän ilman riittävää motivaatiota ei ole valmis tekemään. Edelleen ongelman muodostaa se, ettei ole kahta samanlaista kalastajaperhettä. Jokaisen kalastuksessa on joitakin erityispiirteitä. Yleistettävien tietojen saamiseksi tarvittaisiinkin runsas aineisto, mikä käytännössä on hankalaa. Liitteessä 4 on esitetty Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kannattavuustutkimuksessa käytettyjä lomakkeita.

9.2. Kotitarvekalastuksen yksityistaloudellinen merkitys

Johdanto

Kotitarvekalastuksella on määritelmän mukaan merkitystä ruokakunnan toimeentulon kannalta. Merkityksen määrällinen arviointi ei kuitenkaan ole yksinkertaista, koska kotitarvekalastuksessa ei ole pelkästään kyse taloudellisesta toiminnasta.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Käsitys kotitarvekalastuksen taloudellisesta merkityksestä auttaa hahmottamaan tutkimusalueen kalataloutta ja selvittämään, miten tärkeää kalastus on tutkimusalueella. Alueilla, joilla harjoitetaan paljon kotitarvekalastusta on perusteltua tehdä myös kalastuksen merkitystä selvittäviä tutkimuksia. Ongelmana on, että tarkkailututkimuksissa ei yleensä päästä kvantitatiivisiin selvityksiin.

Menetelmä

Karkea käsitys kalastuksen yksityistaloudellisesta merkityksestä saadaan pelkän saalistiedustelun avulla. Kuvaa voidaan tarkentaa liittämällä saalistiedusteluun kysymyksiä pyydysten määrästä, kalastusmatkojen kustannuksista, kalastusvälineiden arvosta, saaliin käytöstä sekä vastaajan käsityksestä saaliin merkityksestä. Ongelmana on kysymysten muotoileminen yksiselitteisiksi. Kysymysten määrän tulee myös olla mahdollisimman pieni. Jos tavoitteena on mahdollisimman hyvä kvantitatiivinen arvio kalastuksen taloudellisesta merkityksestä, tiedot tulisi hankkia henkilökohtaisella haastattelulla.

Aineiston käsittely ja tulostus

Tiedustelutulokset ryhmitellään esimerkiksi vastaajien kalastuksen taloudellisesta merkityksestä antamien käsitysten mukaisesti. Jokaisen ryhmän saaliit, saaliin käyttö ja pyydysmäärät selvitetään. Lisäksi voidaan tutkia muuttujien välisiä korrelaatioita.

Tulokset esitetään taulukoin ja kuvin. Kun lasketaan keskiarvoja, esitetään myös hajontaluvut tai ainakin vaihteluvälit.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Kotitarvekalastuksen yksityistaloudellista arvoa on pyritty selvittämään kalataloussuunnittelun yhteydessä (esim. Sipponen & Laukkanen 1982, Böhling ym. 1983). Kalataloustarkkailussa koti-
tarvekalastuksen arvoa ei toistaiseksi ole pyritty systemaattises-
ti seuraamaan.

Tiedustelututkimuksen ongelmana on, että tiedustelun avulla ei saada kvantitatiivisia tietoja kalastuksen yksityistaloudellisesta arvosta, koska esimerkiksi kalastukseen käytettyä työmäärää on vaikea arvioida tiedustelun avulla. Tämä ei kuitenkaan välttämät-
tä ole vakava puute, sillä kotitarvekalastuksella on yleensä myös virkistysarvoa. Kalastukseen käytettyä aikaa ei silloin lasketa työajaksi eikä sitä voida pitää varsinaisena kustannuksena samalla tavalla kuin ammattimaisessa kalastuksessa. Postitiedustelussa kysymysten muotoileminen yksiselitteisiksi on myös ongelma. Vas-
tausten käsittelyssä voi syntyä ongelmia, kun yritetään erottaa nolla-vastaukset vastaamatta jättäneistä. Näitä ongelmia voidaan välttää keräämällä aineisto haastattelemalla. Tällöin ongelmana on otoksen jääminen pieneksi kustannussyistä.

9.3. Elinkeinorakenteen selvittäminen

Johdanto

Tutkimusalueen elinkeinorakenne ja kalastuksen merkitys siinä kuvastaa kalastuksen yhteiskunnallista merkitystä. Selvittämällä tutkimusalueen elinkeinorakenne saadaan myös käsitys kalastuksen taloudellisista ja yhteiskunnallisista kerrannaisvaikutuksista.

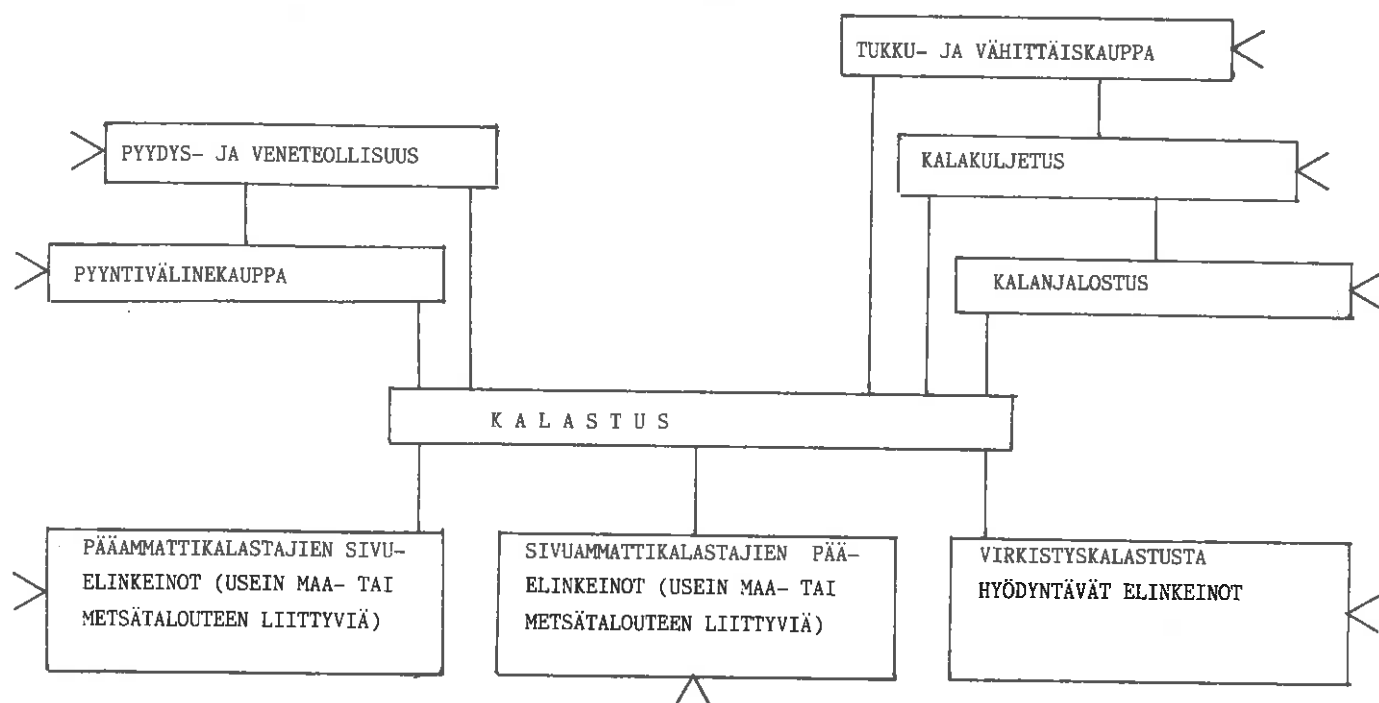
Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Elinkeinorakenteen seuranta ei ole käyttökelpoisimpia ympäris-
tönmuutoksen tai kompensatiotoimenpiteiden vaikutusten tarkkailu-
menetemiä, koska elinkeinorakenteeseen vaikuttavat saaliiden ja kalastusmahdollisuuksien ohella monet muut seikat. Tarkkailun suorittajalla tulee kuitenkin olla käsitys tutkimusalueen elinkei-
norakenteesta, koska siinä tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa kalastusmahdollisuuksiin. Esimerkiksi kuoreen kalastus on säily-
nyt kannattavana Vaasan saaristossa turkistarhauksen ansiosta. Samoin voi vientimahdollisuuksien avautuminen lisätä määrättyyn

lajiin tai jopa lajin tiettyyn kokoluokaan kohdistuvaa pyyntiä. Siten elinkeinorakenteen seuranta voi auttaa johtopäätösten teossa, kun pyritään selvittämään kalansaaliiden muutosten syyt. Vastaavasti elinkeinorakenteen tunteminen auttaa ymmärtämään niitä vaikutuksia, joita kalastusmahdollisuuksien muuttumisella voi olla tutkimusalueella.

Menetelmä

Tarkkailussa ei yleensä erikseen kerätä aineistoja elinkeinorakenteesta, koska kunnilla, elinkeinoelämän järjestöillä yms. on tarvittavat tiedot. Tarkkailun tarpeita ajatellen voidaan verrata eri elinkeinojen suhdetta kalastukseen, koska halutaan käsitys kalastuksen merkityksestä elinkeinorakenteelle. Ryhmittely voidaan tehdä esimerkiksi kuvan 8 mukaan.



Kuva 8. Kalastukseen liittyvät elinkeinot. < = kerrannaisvaikutukset.

Käsityksen kalastuksen merkityksestä saa selvittämällä kunkin elinkeinon työllistävää vaikutusta. Tarkempaan selvitykseen päästään esimerkiksi panos-tuotos tarkastelun avulla (ks. esim. Briggs ym. 1982, Böhling ym. 1983). Varsinaista panos-tuotos-selvitystä ei voida kuitenkaan edellyttää rutiinitarkkailussa.

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Elinkeinorakennetta on tutkittu osana kalataloussuunnittelua useilla vesistöalueilla (esim. Salojärvi ym 1981, Sipponen & Laukkanen 1982, Böhling ym. 1983). Elinkeinorakenteen seuranta ei ole kuitenkaan toistaiseksi järjestetty tarkkailun yhteydessä. Ongelmana elinkeinorakenteen tutkimisessa on, että kvantitatiivisten tietojen saaminen kalastuksen merkityksestä eri elinkeinoille edellyttää laajoja selvityksiä, joita ei tarkkailun yhteydessä voida tehdä. Ilman näitä selvityksiä on kuitenkin vaikeaa arvioida tutkimusalueen kalastuksen merkitystä, koska ne elinkeinot, jotka liittyvät tutkimusalueen kalastukseen ovat yleensä myös riippuvaisia muiden alueiden kalastuksesta ja yhteiskunnan kehityksestä yleensä.

9.4. Kalastuksen virkistysarvon määrittäminen

Johdanto

Virkistys- ja kotitarvekalastuksen eräs yhteiskunnallinen arvo on kalastuksen virkistysarvo. Virkistysarvoa on kuitenkin tutkittu Suomessa varsin vähän.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Ympäristömuutokset ja kompensatiotoimenpiteet voivat vaikuttaa ratkaisevasti virkistyskalastusmahdollisuuksiin. Vaikutusten arviointi edellyttää siten myös tietoja virkistysarvosta. Vaikeutena on, että tutkimusmenetelmiä ei ole tutkittu Suomen oloissa ja siksi mitään yksittäistä menetelmää ei voida suositella tarkkailuun.

Menetelmä

Alustava käsitys vesistön virkistysarvosta saadaan selvittämällä virkistys- ja kotitarvekalastajien lukumäärä ja saaliit (ks. kalastustiedustelu). Tarkempia menetelmiä arvon määrittämiseksi ovat esittäneet mm. Norling (1968) ja Dill (1980). Suomessa on rajoitetusti käytetty kalastustiedusteluun liitettyjä kysymyksiä hyväksi, kun on pyritty arvioimaan virkistysarvoa (esim. Lehtonen 1983). Kysymykset, joissa on pyydetty kalastajia ilmoittamaan, kuinka paljon he ovat valmiit maksamaan kalastusoikeudes-

taan tai kuinka suuri korvauksen tulisi olla, jos kalastusmahdollisuus tuhoutuu, eivät ole antaneet tarkkailua ajatellen käyttökelpoisia tuloksia. Tulokset ovat näet olleet niin vaihtelevia, että suurikin muutos virkistysarvossa voisi jäädä huomaamatta, vaikka sitä seurattaisiin tämän tapaisten kysymysten avulla säännöllisesti.

Parempi vaihtoehto lienee kalastajien kalastuskustannusten ja -investointien tutkiminen, vaikka tätäkin lähestymistapaa on kritisoitu (ks. Dill 1980). Menetelmän etuna on, että se todennäköisesti paljastaa varsin hyvin joitakin kalastusmahdollisuuksissa tapahtuneita muutoksia. Taimenkannan elpyminen näkyy esimerkiksi taimenverkkojen ja taimenuistimien määrässä. Tarkkailussa menetelmän käyttöä rajoittavat kuitenkin kustannukset, koska kalastuskustannuksia ja -investointeja voidaan vain rajoitetusti tutkia tavanomaisen kalastustiedustelun yhteydessä. Jos tiedustelun avulla pyritään niitä selvittämään, on todennäköistä, että vastausten laatu on heikko, koska kysymyksiä on vaikea selittää riittävän yksityiskohtaisesti tiedustelulomakkeessa. Lisäksi pitkä tiedustelulomake voi vähentää vastausten määrää ja valikoida vastaajat siten, että keskimäärin aktiivisemmat kalastajat vastaavat. Paras tapa selvittää virkistys- ja kotitarvekalastajien kalastuskustannukset ja -investoinnit lienee haastattelu. Vaikka otoskokoa on kustannussyistä pienennettävä, saavutetaan merkittäviä etuja. Haastattelussa varmistutaan siitä, että vastaaja on ymmärtänyt kysymykset oikein. Lisäksi voidaan luottaa siihen, että on saatu todellinen satunnaisotos otantakehikosta, koska vastausten saaminen ei ole riippuvainen valittujen henkilöiden omasta aktiivisuudesta.

Kun virkistysarvo on arvioitu rahassa, jää edelleen ongelmaksi rahassa mittaamattomien arvojen tulkinta ja käsittely. Siksi "virkistysarvo" rahassa mitattuna on vain yksi näkökanta. Myönteiset sosiaaliset vaikutukset ovat edelleen tulkinnanvaraisia.

KIRJALLISUUS

- ANDERSON, L. G. 1977: The economics of fisheries management. - London. 214 s.
- BRIGGS, H., TOWNSEND, R. & WILSON, J. 1982: An input-output analysis of Maine's fisheries. - Mar. Fish. Review 44: 1-7.

- BÖHLING, P., LEHTONEN, H. & VIITANEN, M. 1983: Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden nykytila. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 9: 1-85.
- CLARK, C. W. 1976: Mathematical Bioeconomics. The optimal management of renewable resources. - New York. 352 s.
- DILL, W. A. 1980: Virkistys- ja kotitarvekalastuksen sosiaalinen ja taloudellinen arvo. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 15: 48-60.
- GORDON, H. S. 1953: An economic approach to the optimum utilization of fishery resources. - J. Fish. Res. Bd. Canada 10: 442-457.
- HANNESSON, R. 1978: Economics of fisheries. - Bergen. 156 s.
- KEHRBERG, E. W. & REISCH, E. 1969: Wirtschaftslehre der Landwirtschaftlichen Produktion. - Munchen. 318 s.
- KLAPURI, K. J. 1972: Kalastuksesta ja kalan markkinoinnista eteläisen Perämeren alueella. - Pro-gradu. 321 s. + liitteet.
- LEHTONEN, H. 1983: Virkistys- ja kotitarvekalastus ja sen merkitys Suomessa. - Suomen kalatalous 51: 67-74.
- LIPSEY, R. G. 1974: An introduction to positive economics. - London. 740 s.
- NORLING, I. 1968: Economic evaluation of inland sport fishing. - EIFAC Tech. Pap. 7: 1-96.
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1981: Oulujoen vesistön kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja. 1. 277 s. + liitteet.
- SIPPONEN, M. & LAUKKANEN, T. 1982: Keski-Suomen läänin kalataloussuunnittelu. Väliraportti II. - Jyväskylän yliopisto, Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja 114. 76 s.

10. LABORATORIOTUTKIMUKSET JA KOKEELLISET TYÖT

10.1. Jätevesien vaikutusten tutkiminen toksilogisilla menetelmillä (P. Vuorinen & M. Vuorinen)

Johdanto

Toksilogia on kemikaalien biologiselle kudokselle haitallisten vaikutusten tutkimista. Aineen myrkyllisyys tai turvallisuus on riippuvainen sen pitoisuudesta. Sama aine voi olla hyödyllinen tai haitallinen annoksen mukaan. Toisaalta elimistölle täysin vieraat aineet saattavat olla myrkyllisiä jo aivan pieninäkin määrinä. Kalatoksikologisilla tutkimuksilla selvitetään tiettyjen aineiden tai jätevesien haitallisuutta kaloille ja kalastolle.

Aineiden ja jätevesien vaikutuksia on perusteltua tutkia laboratorionkokeina, koska silloin voidaan erottaa ympäristötekijöiden vaikutus myrkyvaikutuksista. Laboratorionkokeissa voidaan lisäksi säädellä ympäristötekijöitä, jolloin kyetään selvittämään niiden ja jätevesien yhteisvaikutuksia. Kaikkia kokeita ei voida tehdä laboratoriossa; silloin olisi tehtävä kenttälaboratorionkokeita, joissa ympäristötekijöiden vaikutuksia voidaan myös kontrolloida.

Yksinkertaisempi testimuoto on sumputus. Myöskin pyydystetyistä kaloista voidaan joissain tapauksissa päätellä myrkyvaikutusta.

Pitoisuusmääritykset sekä kaloista että vedestä kuuluvat olennaisena osana toksikologisiin tutkimuksiin.

Jäteveden myrkyllisyyden selvittäminen

Toksikologisia tutkimuksia varten selvitetään jäteveden kemiallinen koostumus, mitä aineita jätevedessä on ja kuinka suurina pitoisuuksina ne esiintyvät. Jotta saataisiin oikea käsitys jäteveden laadusta, on näytteitä otettava riittävän usein ja eri aikoina, sillä jäteveden koostumus voi vaihdella paljonkin. Paras tulos saadaan, kun kerätään jätevettä näytteenkerääjällä jatkuvasti esim. viikon ajan ja tätä toistetaan muutamia kertoja vuodessa tai koko vuoden ajan.

Kirjallisuudesta etsitään tiedot näiden aineiden vaikutuksista kaloihin sekä kuinka suurissa pitoisuuksissa vaikutukset ilmenevät. Toksikologista tietoa eri yhdisteistä on saatavissa mm. VTT:n informaatiopalvelun kautta esim. tietokannasta NIH-EPA Chemical Information System. Sen tiedot sisältävät tosin lähinnä vaikutuk-

sia muihin eläimiin kuin kaloihin. Näin päästään kuitenkin jo melko pitkälle esim. metalliteollisuuden jätevesien vaikutusten arvioinnissa. Koska jätevedet useimmiten sisältävät paljon erilaisia aineita, pitää lisäksi tehdä seuraavassa kuvattavia myrkyllisyyskokeita jätevedellä. Pelkkä kirjallisuustutkimus tuskin riittää missään tapauksessa, sillä usein ei edes tiedetä, mitä kaikkia yhdisteitä jätevesi sisältää ja eri komponentit voivat muuttaa toistensa myrkkyyvaikutusta.

Erilaisten aineiden ja jätevesien myrkyllisyyttä kaloille sekä myrkyllisyydestien tekemistä on esitetty ns. PuPro:n esitutkimuksen raporteissa (Soivio ym. 1978, Vuorinen ym. 1978a) sekä VKA:n koulutuspäivien esitelmissä (Oikari 1979, Soivio 1980a ja b). Puunjalostusteollisuuden jätevesien vaikutusta kaloihin on käsitelty Oikarin ym. (1978) raportissa sekä Miettisen (1980) ja Tanan (1980) esitelmissä.

Kalataloudellisten haittojen ja vahinkojen selvittämistä toksikologisilla menetelmillä on arvioitu PuPro-esitutkimuksen loppuraportissa (Vuorinen ym. 1978b) sekä puunjalostusteollisuuden myrkkynuormituksen vaikutusta kaloihin ja kalatalouteen sekä myrkkvaikutusten tutkimista ja vahinkojen arviointia VKA:n koulutuspäivien Vuorisen ja Salojärven (1980) esitelmässä. Parhaillaan meneillään olevassa PuPro-tutkimuksessa, jonka toteuttajia ovat Helsingin yliopisto ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos ja jota tehdään yhteistyössä myös muiden yliopistojen kanssa, pyritään kehittämään ja saamaan käyttöön kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen selvittämiseen parhaiten sopivia toksikologisia ja fysiologisia menetelmiä. Seuraavassa esitettävät testityypit sisältyvät PuPro:n tutkimusohjelmaan.

Akuutit letaalitestit

Jäteveden välittömästi eli akuutisti tappava myrkyllisyys selvitetään LC-testillä (LC = lethal concentration). Siinä kaloja altistetaan akvaarioissa jätevedelle useassa eri pitoisuudessa. Pitoisuudet valitaan esikokeen perusteella siten, että kalojen kuolleisuudet ovat eri pitoisuuksissa 15 - 85 %. Tulokseksi saadaan tällöin 96 tunnin LC50-arvo (96 h LC50-arvo) eli se pitoisuus, jossa 50 % koekaloista kuolee neljässä vuorokaudessa. Ohjeita testien tekemiseksi ovat esim. standardi SFS 3035 sekä Committee on Methods for Toxicity Tests with Aquatic Organisms (1975) ja Peltier (1978). Mikään noista ohjeista ei ole sellaisenaan sopiva, mutta niistä saa hyvän käsityksen testeistä. Testikala-

na voidaan käyttää esim. yksikesäistä tai -vuotista kirjolohta ja mielellään myös kyseisen vesistön kalalajia tai siinä aikaisemmin esiintynyttä kalalajia. Testeissä olisi hyvä käyttää saman vesistön puhdasta vettä. Testilämpötilaksi suositellaan 12°C, mutta koska aineiden myrkyllisyys riippuu mm. veden lämpötilasta, olisi testejä syytä tehdä sekä talvi- että kesälämpötilassa. Jokaiselle pitoisuudelle täytyy olla rinnakkaisakvaario ja lisäksi kaksi vertailuakvaariota. LC-testi on tehtävä usealla jätevesierällä ja mieluiten esim. viikon kokoomanäytteestä, koska jäteveden laatu yleensä vaihtelee suuresti.

LC-arvo ilmaisee vain jäteveden tappavan pitoisuuden. Sen avulla voidaan osaltaan päätellä tarvittavasta jäteveden laimentamisesta ja/tai päästöjen vähentämisestä. LC-testin perusteella valitaan myös sopivat pitoisuudet subletaalitesteihin sekä erikoistesteihin, jotka ovat välttämättömiä arvioitaessa jäteveden vaikutuksia kalakantoihin.

Jäteveden akuutisti tappavan myrkyllisyyden seuranta voidaan järjestää esim. tehtaalla siten, että johdetaan jätevettä sinälään tai sopivasti laimennettuna läpi akvaarion, jossa testikalat ovat. Kalat vaihdetaan esim. viikottain uusiin.

Akuuttia myrkyllisyyttä voidaan tutkia myös sumputtamalla kaloja vesistöissä.

Subletaalitestit

Testeillä, joissa kaloja altistetaan pienemmissä kuin tappavissa pitoisuuksissa, tutkitaan kaloissa ilmeneviä oireita ja elintoimintojen muutoksia. Subletaalitestit ovat tärkeitä lähinnä myrkkujen vaikutusmekanismin selvittämiseksi. Testit tehdään mieluiten pitkäaikaisina - muutamasta viikosta jopa kuukausiin, jotta kalojen sopeutumisreaktiot ehtisivät tasaantua, ja myrkkyyvaikutukset voitaisiin erottaa niistä. Pitoisuudet, joita tulisi olla kolme vertailuryhmän lisäksi, valitaan letaalitestin tuloksen perusteella. Testit tehdään läpivirtausmenetelmällä ja jätevettä annostellaan veden mukana. Kaloja seurataan koko kokeen ajan: havainnoidaan kuolleet, tarkkaillaan käyttäytymistä ja ravinnonottoa. Kokeen alussa, aika ajoin sen kuluessa ja kokeen lopussa kalat punnitaan ja mitataan sekä tutkitaan altistuksen vaikutukset elimistöön. Histologisia näytteitä voidaan ottaa mahdollisten solu- ja rakenneaurioiden tutkimiseksi eri kudoksista ja elimistä. Niiden ottamisesta mainitsee Ruoppa (1982) ja käsittelemistä histologista tutkimusta varten opastaa mm. moniste Tuurala &

Oikari (1976). Veri- ja kudosparametrien määrittämissuhteita sekä näytteenotto-ohjeita löytyy raporteista: Soivio ja Virtanen (1980) ja Ruoppa (1982).

Myös sumputuksessa henkiin jääneistä ja vesistöistä pyydystetyistä kaloista voidaan ottaa kudospäätteitä histologisten vaurioiden tutkimiseksi. Tosin monet myrkyt vaikuttavat esimerkiksi kiduksiin samalla tavoin. Siten havaitun vaurion perusteella ei voida useinkaan nimetä jotain tiettyä ainetta sen aiheuttajaksi. Veri- ja muiden kliinikokemiallisten suureiden määrittämiseen sumputetuista kaloista tulee ainakin toistaiseksi suhtautua varauksellisesti, koska näiden parametrien on osoitettu olevan hyvin herkkiä kalojen käsittelylle ja ympäristön muutoksille.

Elämänkiertotestit

Pitkäaikaisia altistuksia sekä tutkimuksia kalojen herkkimmillä elämänvaiheilla - usein lisääntymis- ja nuoruusvaiheet - pidetään luotettavimpina arvioitaessa aineiden ja jätevesien luonnossa aiheuttamia vahinkoja.

Varsinaisessa elämänkiertotestissä kaloja altistetaan tutkittavalle aineelle jopa alkioista aina ensimmäiseen lisääntymiseen asti, ja sitten kasvatetaan vielä jälkeläisiä. Tarkoituksena on selvittää, missä pitoisuudessa mahdollisesti kalojen elinikä, kasvu, lisääntyminen ja jälkeläisten elinkelpoisuus vähenevät. Tämä testi siis sisältää, paitsi vaikutukset elintoimintoihin yleensä, myös sekä perimään että mädin kehittymiseen kalassa kohdistuvat vaikutukset. Testiä voidaan pitää herkkänä ja luotettavana kalatalousvahingon osoittamisessa, sillä siinä tutkitaan vaikutuksia juuri tuotto-ominaisuuksiin. Testin herkkyyttä voidaan lisätä valitsemalla herkkimmät kalalajit.

Testin huonona puolena on sen pitkäaikaisuus ja kalleus. Testi voidaan tehdä lyhennettynä, kun altistetaan elämänkierron herkin tai herkempiä vaiheita. Altistus voidaan aloittaa vasta vähän ennen sitä, kun kalat alkavat tulla fysiologisesti lisääntymiskuntoon (emokala-altistus). Tällöin vaikutus kohdistuu mätimunien kehittymiseen. Edelleen voidaan altistaa hedelmöitettyä mätää ja vastakuoriutuneita poikasia. On muistettava, että kaikille myrkyille ja vaikuttaville aineille sama elämänkierron vaihe ei suinkaan aina ole herkin. Myöskin eri lajien väliset erot on otettava huomioon.

PuPro-projektissa tehdään ja kehitetään lyhennettyjä elämänkiertotestejä osittain kenttälaboratoriokokeina osittain laborato-

riokokeina.

Haudontatesti

Myrkkyyjen ja jätevesien vaikutusta alkionkehitykseen ja kuoriutumistulokseen tutkitaan haudontatesteillä. Kehittyneemmässä menetelmässä hedelmöitetyn mädin sumputus on yksinkertaisin tapa tehdä haudontakoe. Hedelmöitettyä mätiä haudotaan muutamassa pitoisuudessa ja vertailuksi puhtaassa vedessä. RKTL:n tutkimuksissa on kehitetty suppilohaudontalaitteisto, jota voidaan käyttää ainakin hauella, siialla ja muikulla tehtävissä haudontakokeissa sekä asetinhaudontalaitteisto, jota on käytetty kirjolohella ja taime-
nella tehdyissä haudontatesteissä. Vesi vaihtuu haudonnan aikana jatkuvasti ja jäteveden annosteluun voidaan käyttää esimerkiksi pumppua. Kevätkutuisilla kaloilla haudonta-aika on melko lyhyt, joten testi on helpompi toteuttaa niillä kuin syyskutuisilla kaloilla.

Kuoriutumisprosentin lisäksi tutkitaan kuoriutuneista poikasista mahdolliset epänormaalisuudet. Usein koetta jatketaan kunnes ruskuaispussi on imeytynyt, jotta voitaisiin todeta poikasten elinkelpoisuus. Kokeen aikana on mahdollista tutkia alkioiden ja poikasten elintoimintoja (esim. sydänsyke), kudosaivautta ja biokemiaa. Testiin voidaan sisällyttää myös vaikutus hedelmöitymiseen tai tällainen koe tehdään erillisenä.

Käyttäytymiskokeet

Edellä mainituissa testeissä ei jäteveden kaloja karkottava vaikutus tule ilmi. Se saattaa kuitenkin olla tärkeä kalastoa muuttava tekijä.

Laboratorio-oloissa tutkitaan jätevesien kaloja karkottavia tai hokuttavia vaikutuksia valintakammiolaitteistolla. Ultraäänilähetimen käyttöä kalojen liikkumisen selvittämiseksi jätevesien purkualueen läheisyydessä on kokeiltu ainakin Kanadassa.

Sumputukset

Jätevesien myrkkyyvaikutuksia voidaan selvittää ehkä yksinkertaisimmin sumputtamalla hedelmöitettyä mätiä, poikasia tai aikuisia kaloja eri etäisyyksillä jäteveden purkupaikasta.

Sumputus tulee kysymykseen sellaisilla alueilla, joilla olete-

taan esiintyvän jätevesipäästöissä myrkyllisiä aineita tai selvitetessä esim. pH:n vaikutusta. Sumput asetetaan eri etäisyyksille jätevesien purkukohdasta sekä tarvittaessa useaan eri syvyyteen ja niitä tulee olla ainakin 2 kappaletta kutakin tutkimuspistettä kohti. Mätisumput pannaan mielellään kunkin kalalajin luontaisille kutupaikoille. Sumpujen pitää olla kyllin tilavia ja sellaisesta kestävästä materiaalista valmistettuja, ettei niistä liukene kaloille haitallisia aineita eivätkä kalat vahingoita itseään sumpussa. Lehtonen (1976) on kuvannut kalojen sumpumallin ja kalojen sumputusta. Koekaloina olivat kirjolohet. Mädin - lohen, taimenen ja kirjolohen - sumputtamiseen on olemassa sumpumalli (Vuorinen 1981). Tässä joessa tehdyssä kokeessa sumput nostettiin pois ennen taimenen poikasten kuoriutumista, koska jäiden lähdön arveltiin voivan vaurioittaa sumpuja tai viedä ne mennessään. Verkon silmäkoko on pienennettävä esitetystä, jotteivät poikaset karkaisi, jos niiden annetaan kuoriutua sumpuissa. Muikun ja siian mädillä ovat sumputuskokeita tehneet Shemeikka ym. (1978), hauen mädillä Sipponen (1978) ja ahvenen mädillä Rask (1983). Voimakkaasti rehevöityneissä vesistöissä mätisumput kuitenkin helposti tukkeutuvat.

Kalojen sumputukset tulisi ajoittaa mahdollisuuksien mukaan viileän veden aikaan. Sumputettavat kalat valitaan tapauskohtaisesti. Kirjolohikin sopii sumputettavaksi, koska sitä on helppo saada kalanviljelylaitoksilta. Kalojen kuljetuksen ja käsittelyn tulee olla asianmukaista (Soivio & Westman 1980). Sumputusaika ja sumpujen välitarkastus sekä kalojen ruokinta harkitaan kussakin tapauksessa erikseen. Sumpuja tarkistettaessa lasketaan kuolleet ja elävät kalat (kuolleet poistetaan) ja merkitään muistiin mahdolliset muut havainnot. Sumputuksessa eloon jääneistä kaloista voidaan ottaa näytteet esim. mikroskooppisia tutkimuksia, myrkkypitoisuusmäärittäyksiä tai organoleptisiä testejä varten.

Mädin sumputuksessa hedelmöitetty mätijyväset tulisi sijoittaa niin erilleen, ettei kuolleiden home tarttuisi eläviin. Sumpuun pantavien mätijyvästen määrä pitäisi laskea (100 - 200 kpl), jotta tiedettäisiin sumputuksen aikana mahdollisesti hävinneiden osuus. Sumput voidaan tarkastaa alkioiden tultua silmäpisteelle ja laskea sekä poistaa kuolleet mätijyväset. Heti poikasten kuoriututtua lasketaan ja poistetaan loput kuolleet mätijyväset sekä kuolleet poikaset ja lasketaan elävien poikasten määrä. Elävien poikasten mahdolliset epänormaalisuudet kuvataan ja lasketaan. Elävät poikaset jätetään sumpuihin kunnes ne ovat käyttäneet suurimman osan vararavinnostaan. Täten voidaan todeta kuoriutuneiden poikasten elinkelpoisuus. Lopuksi on suositeltava punnita ja

mitata poikaset sekä kirjata kaikki havainnot niistä. Poikaset voidaan myös säilöä puskuroituun 10 % formaldehydiliuokseen (= Bucken liuos: formaliini 100 ml, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 4,0 g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 8,15 g, tislattu vesi 900 ml) ja käsitellä ne sitten laboratoriossa. Ennen säilömistä poikaset on nukutettava MS-222:lla (1:1000), etteivät ne käyristyisi säilöntänesteessä. Käsitteilyä varten poikaset voidaan siirtää formaldehydiliuoksesta pelkkään puskuriliuokseen.

Sumputuspaikoilta tai mahdollisimman läheltä on kaloja häiritsemättä otettava sumputusaikana vesinäytteitä veden laadun seuraamiseksi. Ainakin lämpötilaa, pH:ta ja liuenneen hapen pitoisuutta sekä mahdollisuuksien mukaan epäiltyjen myrkyllisten tai vaikuttavien aineiden pitoisuuksia tulee mitata. Mittauksia on tehtävä niin usein, että saataisiin selville myös minimi- ja maksimiarvot.

Vesistöistä pyydystettyjen kalojen tutkiminen

Luonnon kaloissa mahdollisesti ilmenevä runsas tautisuus, epämuodostumien määrä tai muut oireet saattavat ilmaista myrkkyyvaikutuksia. Koska kuitenkin lisääntyminen ja varhaiset kehitysvaiheet ovat usein myrkyille herkimpiä, voivat kalakannat hävitä ja kalasto köyhtyä, vaikkei mainittuja ilmiöitä olisi havaittukaan. Toisaalta, vaikka tietyn alueen kaloissa todettaisiin jotain poikkeavaa, ei aiheuttajaa ole aina helppo osoittaa.

Myrkkypitoisuusmääritykset

Kalojen myrkkypitoisuuksia määrittämällä selvitetään kalan lihan käyttökelpoisuutta ihmisravinnoksi. Pitoisuuksia määritetään myös toksikologisten tutkimusten yhteydessä.

Jos epäillään, että kaloissa voi esiintyä ympäristömyrkkijä, on tarkkailuun sisällytettävä epäiltyjen aineiden analysointi.

Tarkkailun suorittajan on kerättävä asianmukaiset näytteet analysointia varten. Näytekaloiksi tulee valita taloudellisesti tärkeitä ja/tai kalastuksen kannalta tärkeitä lajeja. Jotta kalliista analyysistä saataisiin mahdollisimman suuri hyöty, on tutkimus suunniteltava huolellisesti. Myrkkypitoisuusmääritysten tavoitteista, tarvittavasta otoskoosta, kalojen koosta ja iästä jne. ovat antaneet ohjeita Roos ym. (1977).

Näytekalat tulee mitata ja punnita, ja niiden ikä ja sukupuoli pitää määrittää. Nämä tiedot, sekä kalojen pyyntiaika, on ilmoitettava raportoitaessa, sillä myrkkujen pitoisuudet voivat vaihdella

kalan iän, koon, sukupuolen ja lisääntymissyklin mukaan.

10.2. Haju- ja makuhaittojen määrittäminen

Johdanto

Kaloissa olevia haju- ja makuhaittoja esiintyy monien ympäristömuutosten yhteydessä. Kalastusalueet, joissa haju- ja makuhaittoja esiintyy saattavat jäädä lähes kokonaan hyödyntämättä ja ne kalalajit, joissa haju- ja makuhaittoja tiedetään esiintyvän, jätetään usein käyttämättä ihmisravinnoksi. Haju- ja makuhaitat alentavat siten kalavesien arvoa ja voivat myös vaikeuttaa kalojen markkinointia lähialueilta. Haju- ja makuhaittojen esiintymistä ja laatua on pyritty selvittämään tiedusteluiden ja aistinvaraisten tutkimusten avulla.

Käyttökelpoisuus tarkkailussa

Koska haju- ja makuhaitat voivat vaikuttaa ratkaisevasti sekä ammatti- että virkistys- ja kotitarvekalastukseen, haju- ja makuhaittojen seuranta tarkkailussa on tärkeää. Haju- ja makuhaittojen tutkiminen tulee liittää tarkkailuohjelmaan, jos kyseisiä haittoja esiintyy tutkimusalueella.

Menetelmä

Käsitys haju- ja makuhaittojen esiintymisestä saadaan kalastustiedustelun yhteydessä lisäkysymysten avulla. Tiedustelutulokset riittävät kuitenkin harvoin, kun halutaan selvittää haju- ja makuhaittojen esiintymistä ja laatua yksityiskohtaisesti. Näiden kysymysten ratkaiseminen edellyttää yleensä kalojen aistinvaraista arviointia laboratorio-olosuhteissa. Kalojen aistinvaraisesta arvioinnista Persson (1984) on julkaissut yksityiskohtaiset ohjeet. Jos tarkkailussa käytetään ulkopuolista laboratoriota aistinvaraisen analyysin tekemiseksi on tarkkailun suorittajan huolehdittava näytekalojen asianmukaisesta käsittelystä siten, että käsittely ei aiheuta haju ja makuhaittoja. Siksi kalat on esimerkiksi suositeltava, perattava ja fileroitava tuoreena. Missään tapauksessa kaloja ei tule pakastaa kokonaisina. Näytemääristä ym. käytännön seikoista on olemassa ohjeet (Persson 1984).

Käytännön sovellutukset ja rajoitukset

Haju- ja makuhaittojen esiintymistä on selvitetty monessa tarkkailututkimuksessa ja ympäristömuutosten vaikutuksia selvittävässä tutkimuksessa (esim. Anttila 1972; Persson 1974; Lehtonen 1976). Aistinvaraisella tutkimuksella voidaan selvittää haju- ja makuhaittojen esiintymistä. Ongelmana on, että niiden esiintyminen vaihtelee ajallisesti. Persson (1982) on esimerkiksi osoittanut hajuhaittojen esiintyvän eri aikoina eri vuosina samalla tutkimusalueella. Jos näytteet kerätään vain lyhyen näytteenottojakson aikana voidaan saada virheellinen käsitys haju- ja makuhaitoista.

KIRJALLISUUS

- ANTTILA, R. 1972: Makuvirheet Helsingin merialueen kaloissa. - Helsingin kaupungin rakennusvirasto, vesiensuojelulaboratorio. Vesiensuojelulaboratorion tiedonantoja. 4(4):52 s.
- Committee on Methods for Toxicity Tests with Aquatic Organisms 1975: Methods for acute toxicity tests with fish, macroinvertebrates, and amphibians. - EPA-660/3-75-009. U.S. Environmental Protection Agency, 61 s.
- LEHTONEN, H. 1976: Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja n:o 6: 1-292.
- MIETTINEN, V. 1980: Puunjalostusteollisuuden jätevesien vaikutuksista kalojen fysiologiaan. - Julkaisussa: VERTA, M. (toim.). Puunjalostusteollisuus myrkkynuormittajana Suomessa. Vesi- ja kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Vammalassa 27.-28.11.1979: 39-43. Helsinki.
- OIKARI, A. 1979: Ympäristömyrkköjen kaloille aiheuttamat haitat. - Julkaisussa: AUVINEN, H. & MUHONEN, J. (toim.), Kalatalousvahinkojen arviointi, komepnsointi ja korvaaminen. Vesi- ja kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Lammin biologisella asemalla 27.-28.11.1978: 27-39. Helsinki.
- OIKARI, A., SOIVIO, A., VUORINEN, M., VUORINEN, P.J. & NYHOLM, K. 1978: Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vaikutuksista kaloihin. - PuPro, 80 s. Helsinki.
- PELTIER, W. 1978: Methods for measuring the acute toxicity of effluent to aquatic organisms. - EPA-600/4-78-012. U.S.

- Environmental Protection Agency, 51 p.
- PERSSON, P.-E. 1974: Om smakfel hos fisk med särskild referens till havsområdet kring Uleåborg. - Vesihallitus. Tiedotus 65: 1-262.
- PERSSON, P.-E. 1982: The etiology of muddy odour in water and fish. - Finnish Fish. Res. 4: 1-13.
- PERSSON, P.-E. 1984: Kalojen aistinvarainen arviointi - Suositukset kalojen haju- ja makuvirheiden tutkimiseksi. - Rista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja (painossa).
- RASK, M. 1983: The effect of low pH on perch, Perca fluviatilis L. I. Effects of low pH on the development of eggs of perch. - Ann. Zool. Fennici 20: 73-76.
- ROOS, A., HATTULA, M. L. & PAASIVIRTA, J. 1977: Kalojen ympäristömyrkyjäämien seurantatutkimuksen suunnittelu. - Ympäristö ja Terveys 2/1977: 145-151.
- RUOPPA, M. 1982: Vesihallinnossa käytettävät kalojen kliiniskemialliset ja histologiset määritysmenetelmät. - Vesihallituksen monistesarja 1982:98, 40 s.
- SHEMEIKKA, P., OKSMAN, H. & MIKKOLA, H. 1978: Muikun ja siian mädin hautoutumiseen vaikuttavista tekijöistä. - Savon vesiensuojeluyhdistys, julkaisu n:o 28, 27 s., Kuopio.
- SIPPONEN, M. 1978: Happaman veden vaikutuksista hauen mätiin. - Ympäristö ja Terveys 8/1978: 555-560.
- SOIVIO, A. 1980a: Jäteveden myrkyllisyyden mittaaminen kalat. - Julkaisussa: VERTA, M. (toim.), Puunjalostusteollisuus myrkykuormittajana Suomessa. Vesi- ja kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Vammalassa 27.-28.11.1979: 29-38.
- SOIVIO, A. 1980b: Myrkyjen vaikutus kaloihin. - Julkaisussa: VERTA, M. (toim.), Puunjalostusteollisuus myrkykuormittajana Suomessa. Vesi- ja kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Vammalassa 27.-28.11.1979: 39-43. Helsinki.
- SOIVIO, A., NYHOLM, K., VUORINEN, P.J., OIKARI, A. & VUORINEN, M. 1978: Suomessa käytetyistä fysiologisista kalatesteistä. - PuPro, 15 s. Helsinki.
- SOIVIO, A. & VIRTANEN, E. 1980: Methods for physiological experiments on fish. - NORDFORSKs AC-projekt "Ekotoksikologiska metoder för akvatisk miljö", Rapport Nr 16, 34 s. Helsinki.

- TANA, J. 1980: Kokeita valkaisu-jätevesien myrkyllisyydestä laboratorio-olosuhteissa. - Julkaisussa: VERTA, M. (toim.), Puunjalostusteollisuus myrkkynuormittajana Suomessa, Vesi- ja kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Vammalassa 27.-28.11.1979: 44-51. Helsinki.
- TUURALA, O. & OIKARI, A. 1976: Histologisen tekniikan kurssi (Eläintiede, fysiologinen linja), Helsingin yliopisto, eläintieteen laitos, fysiologian osasto, 87 s. Helsinki.
- VUORINEN, P. 1981: Rautaruukki Oy:n Rautuvaaran kaivoksen jätevesien vaikutuksesta taimenen alkionkehitykseen ja poikasiin. - Tutkimusraportti, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Helsinki.
- VUORINEN, P. & SALOJÄRVI, K. 1980: Myrkkynuormitus ja kalatalous. - Teoksessa: VERTA, M. (toim.), Puunjalostusteollisuus myrkkynuormittajana Suomessa, Vesi- ja kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Vammalassa 27.-28.11.1979: 95-106. Helsinki.
- VUORINEN, P. J., VUORINEN, M. & NYHOLM, K. 1978a: Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimismenetelmistä. - PuPro, 80 s. Helsinki.
- VUORINEN, P. J., VUORINEN, M., NYHOLM, K., SOIVIO, A. & OIKARI, A. 1978b: Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen. Esitutkimuksen loppuraportti. - PuPro, 32 s. Helsinki.

11. PYYDYSTEN LIKAANTUMINEN JA RIKKOUTUMINEN

Vesien likaantuminen, ruoppaukset, perkaukset, virtaamien muutokset ym. ihmisen toimenpiteet lisäävät vedessä olevien kiintoaineiden määrää tai muuttavat veden trofiatasoa, joiden seurauksena vedessä olevien epäorgaanisten aineiden tai kasviplanktonin määrä lisääntyy ja pyydykset likaantuvat. Säännöstelyt, virtaamien muutokset, ruoppaukset ja laivaliikenne saattavat aiheuttaa pyydysten rikkoutumista. Likaantuneet ja rikkoutuneet pyydykset kalastavat huonommin kuin puhtaat, minkä lisäksi niiden korjaus ja puhdistus vaatii aikaa ja rahaa ja käyttöikä alenee.

Tutkimusten tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on määrittää pyydysten likaantumisen tai rikkoutumisen määrä, haitta-alueet, vaikutus kalastavuuteen ja pyydysten puhdistuksesta, korjaamisesta ja uusimisesta aiheutuneet taloudelliset vahingot ja kalastajille aiheutuneen lisätyön määrä.

Merkitys tarkkailun kannalta

Pyydysten likaantuminen ja rikkoutuminen on yksi pahiten kalastusta haittaavista tekijöistä monien ympäristönmuutostapausten vaikutusalueilla. Niiden tutkiminen on siten välttämätöntä kaikissa tapauksissa, joissa ao. haittoja esiintyy. Pyydysten likaantumisen ja rikkoutumisen tutkimusmenetelmät ovat vielä melko kehittymättömiä. Käytössä olevilla menetelmillä saadaan haitat kuitenkin selvitettyksi yleensä riittävällä tarkkuudella kalastajille aiheutuneen vahingon arvioimiseksi.

Tutkimusmenetelmät

Likaantumisen määrittämiseksi Suomessa on käytetty mm. ns. pistemenetelmää (Anttila 1972), hapaan punnitsemista (Tirronen & Nousiainen 1970, Anttila 1970), valokuvaamista ja hapaan vetolujuuden määrittämistä (Wartiovaara 1970) ja kalastuskirjanpitäjien havaintoja ja hapaan voimakkuuden analysointia (Lehtonen 1976). Heinonen ym. (1984) ovat ehdottaneet kiintoaineen ja a-klorofyllin määrittämistä havasgrammaa kohti.

Mikään em. menetelmistä ei ole täysin vakiintunut käyttöön, vaikka yleisimmin onkin ehkä käytetty pistemenetelmää ja hapaan punnitsemista, koska ne ovat melko pienin kustannuksin toteutetta-

vissa ja antavat tulokseksi selviä numeroarvoja. Usein on haittoja ja haitta-alueita kysytty myös kalastustiedustelun yhteydessä. Näin ei kuitenkaan voida luotettavasti selvittää haitan suuruutta eri puolilla vahinkoaluetta, mutta haitta-alueen laajuuden kar-toittamiseen menetelmä sopii hyvin.

Pistemenetelmä

Pistemenetelmällä arvioidaan hapaan likaisuus silmämääräisesti omista koeverkkoista tai tarkoitusta varten veteen lasketuista havaskappaleista. Hapaat pidetään vedessä tarkoituksesta riippuen yhdestä päivästä useisiin viikkoihin. Päivittäin tapahtuva tarkas-tus ja hapaan puhdistus riittää, kun tarkoituksena on selvittää verkkokalastuksen likaantumisesta kokemaa haittaa. Rysä- tai pesä-verkkokalastukselle aiheutuvan haitan selvittäminen edellyttää pidempiaikaisia koejaksoja. Hapaan likaisuusaste arvioidaan esi-merkiksi seuraavan asteikon mukaisesti (Anttila 1972):

- 1 = Puhdas
- 2 = Lievästi likaantunut
- 3 = Likaantunut
- 4 = Hyvin likaantunut
- 5 = Käyttökelvottomaksi likaantunut.

Jos arviointeja tekee useampi kuin yksi henkilö, on likaantumisasteen arviointien yhdenmukaisuus testattava ennen kokeiden aloittamista. Pistemenetelmää voidaan soveltaa myös kalastuskir-janpidossa, jos kirjanpitäjien arviointimenetelmät yhdenmukaiste-taan.

Punnitsemismenetelmä

Punnitsemismenetelmässä selvitetään hapaaseen tarttuvan ainek-sen määrä aikayksikössä. Menetelmässä tutkittava havas kiinnite-tään kehikkoon ja asetetaan pystysuoraan asentoon haluttuun syvyy-teen kohon ja painon avulla. Hapaan oma paino punnitaan ennen koetta. Kehikkojen ylösnosto on suoritettava varovasti, ettei ha-paaseen tarttunut aines irtoaisi noston aikana. Ylösnoston jälkeen havas kuivataan (80°C yli yön) ja punnitaan, jolloin painojen erotus kuvaa hapaaseen tarttuneen aineksen määrää. Menetelmistä ovat tarkkoja kuvauksia julkaisseet mm. Tirronen & Nousiainen (1970) ja Anttila (1970). Heinonen ym. (1984) käyttivät menetelmää, jossa havakseen tarttuneet levät ja kiintoaine huuhdottiin havak-

sesta tislattulla vedellä. Sen jälkeen vedestä määritettiin kiintoaine ja a-klorofylli. Havas punnittiin ennen koetta ja kokeen jälkeen mahdollisten erojen toteamiseksi. Yleensä hapaaseen tarttunut aines saatiin huuhtelussa irtoamaan (Heinonen ym. 1984).

Kalastuskirjanpitäjien havainnot

Pyydysten likaantumisen aiheuttaman lisätyön ja pyydysten rikkoutumisen määrän selvittämiseksi on kalastuskirjanpitäjiltä syytä kysyä puhdistamiseen kulunutta aikaa ja rikkoutuneiden pyydysten määrää pyydyskohtaisesti. Tulokset tulisi esittää esimerkiksi puhdistamiseen kuluneena aikana pyydystä tai kalastajaa kohti päivässä, kuukaudessa tai vuodessa tai rikkoutuneiden pyydysten korjaamiseen kulunutta aikaa mukaanlukien ylimääräisten tarvikkehankintojen määrää. Koska pyydykset likaantuvat ja rikkoutuvat myös luonnontilaisilla alueilla, on tuloksia verrattava sopivalta vertailualueelta saatuihin tuloksiin. Menetelmän soveltuvuus ympäristömuutostutkimuksiin on vielä tarkemmin selvittämättä. Ainakin se vaatii jatkuvaa yhteydenpitoa kirjanpitäjiin yhdenmukaisten arviointimenetelmien aikaansaamiseksi.

Saaliiden pieneneminen

Yleensä pyydykset antavat niukemmin saalista likaisina ja rikkoutuneina kuin ehjinä ja puhtaina. Saaliin määrän pieneneminen tulisi määrittää kalastuskirjanpitäjiltä saatujen tietojen mukaan tai mikäli omia koekalastuksia suoritetaan, myös niiden mukaisesti. Tulokset tulisi käsitellä kalastuspaikkakohtaisesti, ts. tulisi verrata ainoastaan samalta paikalta saatuja saaliita eri kerroilta toisiinsa, koska mahdollisen vertailualueen olosuhteet ovat todennäköisesti aivan toiset, vaikka molemmat alueet olisivat luonnontilassa.

KIRJALLISUUS

- ANTTILA, R. 1970: Havaslangan limottumiskoe Helsingin merialueella v. 1969. - Vesiensuojelulaboratorion tiedonantoja 6. 10 s.
- ANTTILA, R. 1972: Helsingin edustan merialueen kalatalousselvitys 1969-1972. 233 s. (Moniste).
- HEINONEN, P., HERVE, S. & YLIKARJANMAA, S. 1984: A method for estimation of sliming of nets in lake waters. - Aqua

Fennica 14(1): 59-64.

LEHTONEN, H. 1976: Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6: 1-289.

TIRRONEN, E. & NOUSIAINEN, T. 1970: Eräs menetelmä havaksen limoittumisen määrittämiseksi. - Suomen kalastuslehti 77(3): 114-116.

WARTIOVAARA, J. 1970: Espoon merialueen kalastusbiologinen tutkimus. - Espoon kauppalan teknillinen virasto. 132 s. (Moniste).

Absoluuttinen rekrytointi (Absolute recruitment): Aikayksikössä (tavallisesti vuodessa) kalastuskoon saavuttavien kalojen lukumäärä.

Ammattikalastaja (Professional fisherman): Kalastaja, joka saa vähintään puolet tuloistaan kalastuksesta.

Biomassa (Biomass) (B): Kalakannan paino.

Eloonjäämisosuus (Survival rate) (S): Elossa olevien kalojen lukumäärä tietyn ajanjakson jälkeen jaettuna kalojen alkuperäisellä lukumäärällä.

Hetkellinen arvo (Instantaneous rate): Logaritminen tai eksponentiaalinen arvo.

Hetkellinen kokonaiskuolevuus (Instantaneous rate of total mortality) (Z): Eloojäämisen negatiivinen luonnollinen logaritmi. Yksikkönä yleensä 1/vuosi.

Hetkellinen kalastuskuolevuus (Instantaneous rate of fishing mortality) (F): Kun kalastuskuolevuus ja luonnollinen kuolevuus toimivat vaihtoehtoisina, F on sama kuin hetkellinen kokonaiskuolevuus kerrottuna kalastuksen aiheuttamien kuolemien suhteella kaikkiin kuolemiin. Yksikkönä yleensä 1/vuosi.

Hetkellinen luonnollinen kuolevuus (Instantaneous rate of natural mortality)(M): Kun luonnollinen kuolevuus ja kalastuskuolevuus ovat vaihtoehtoisia, M on sama kuin hetkellinen kokonaiskuolevuus kerrottuna luonnollisten kuolemien suhteella kaikkiin kuolemiin. Yksikkönä yleensä 1/vuosi.

Hetkellinen rekrytointi (Instantaneous rate of recruitment): Kalastuskoon saavuttavien kalojen lukumäärä lyhyenä ajanjaksona jaettuna jo kalastuskoon saavuttaneiden kalojen lukumäärällä samana ajankohtana.

Hyödyntämistä (Exploitation pattern): Kalastuskuolevuuden jakautuminen ikäryhmittäin.

Hyödyntämissuhde (Exploitation ratio) (E): Hetkellisen kalastuskuolevuuden suhde hetkelliseen kokonaiskuolevuuteen (= F/Z).

Ikä (Age): Täysien elinvuosien lukumäärä. Ilmaistaan arabialaisin numeroin. Kalan ikä vaihtuu kalenterivuoden vaihtuessa.

Kalakanta (Fish stock): Saman lajin tietyllä alueella olevat yksilöt.

Kalastuskuolevuus (Fishing mortality): Kalastuksen aiheuttama kuolevuus. Käytetään myös hetkellisen kalastuskuolevuuden synonyymina.

Kalastuskuolevuus $F_{0,1}$ ($F_{0,1}$): Kalastuskuolevuus, jonka kohdalla saaliskäyrän kaltevuus on kymmenesosa sen alkuosan kaltevuudesta. Ts. kalastus, jossa saaliin lisäys, kun lisätään yksi kalastuskuolevuuden yksikkö, on kymmenesosa vastaavasta saaliista, joka saadaan, kun kalastamatonta kalakantaa rasiteetaan yhtä kalastuskuolevuuden yksikköä vastaavalla kalastustoiminnan määrällä.

Kotitarve- ja virkistyskalastaja (Subsistence and recreational fisherman): Kalastaja, joka kalastaa virkistykseksi tai kotitarpeiksi myymättä saalistaan.

Kriittinen koko (Critical size): Kalan keskimääräinen koko sinä ajankohtana, jolloin vuosiluokan hetkellinen kokonaiskuolevuus on yhtä suuri kuin hetkellinen kasvu. Myös poikasen koko silloin kun kuolevuus on suurin.

Luonnollinen kuolevuus (Natural mortality): Muiden syiden kuin kalastuksen (predaatio, sairaudet) aiheuttama kuolevuus. Käytetään myös hetkellisen kuolevuuden synonyymina.

Maksimaalinen kalastuskuolevuus (F_{max}): Kalastuskuolevuus, jolla saadaan suurin saalis rekryyttiä kohti tietyllä ikäryhmien hyödyntämisellä.

Optimisaalis (Optimum sustainable yield) (OSY): Saalis, joka antaa parhaan tuloksen taloudellisesti ja/tai biologisesti kalavarojen käytön kannalta.

Pyydystettävyys (Catchability) (q): Tietyllä kalastusteholla saaliiksi saatava osa kalakannasta. Kun kalastusteho on pieni (saalis vähemmän kuin 1 % kalakannasta), kuvaa pyydystettävyys populaationmuutosten määriä ja arvoja.

Pyyntiponnistus (Fishing effort) (f tai E): Tiettyinä ajanjaksona pyynnissä olevien pyydysten määrä = kalastustoiminnan määrä.

Rekrytointi (Recruitment): Uusien kalojen liittyminen kalastuksen kohteena olevaan osakantaan kasvamalla tai lisääntymisen kautta kehittynyt poikasmäärä.

Rekrytointikäyrä, lisääntymiskäyrä (Recruitment curve, reproduction curve): Jälkeläisten lukumäärää kuvaava käyrä kudusta johonkin tiettyyn ikään asti (esim. ikä, jolloin puolet jälkeläisistä on saavuttanut kalastuskoon) verrattuna kutevan kannan kokoon.

Rekryyttiä kohti saatava saalis (The yield per recruit) (Y/R): Kalastuskoon saavuttavaa kalaa kohti odotettavissa oleva saalis.

Saaliskapasiteetti (Maximum sustainable yield) (MSY): Suurin saalis, joka voidaan saada sopivalla kalastuskuolevuuden, eri ikäryhmien hyödyntämisen, kasvun ja rekrytoinnin yhdistelmällä.

Sivuammattikalastaja (Semiprofessional fisherman): Kalastaja, joka kalastaa myyntiin ja saa alle puolet tuloistaan kalastuksesta.

Sivusaalis (By-catch): Tietyn kalalajin kalastuksen yhteydessä saatu toisen lajin saalis.

Tasapainosaalis (Equilibrium yield, equilibrium catch) (Y_E , C_E): Saalis, joka saadaan tasapainossa olevasta kalakannasta määräsuuruuisella kalastuksella, kun biomassa pysyy samana vuodesta toiseen.

Tuotanto (Production): Uuden kalabiomassan tuotanto aikayksikössä riippumatta siitä, säilyykö massa elossa tutkittavan ajanjakson loppuun.

Vuosiluokka (year-class): Tiettynä vuonna syntyneet kalat. Syyskutuisilla kaloilla tavallisesti poikasten kuoriutumivuosi.

Vuotuinen kasvunopeus (Annual growth rate): Kalan painon lisäys vuodessa jaettuna vuoden alussa mitatulla painolla.

Vuotuinen kokonaiskuolevuus (Annual total mortality rate) (A): Vuoden aikana kuolevien kalojen lukumäärä jaettuna vuoden alussa olleiden kalojen lukumäärällä.

Yksikkösaalis (Catch per unit of effort) (C/f tai Y/f tai cpue): Saalis, joka saadaan määräsuuruuisella kalastuksella, kun pyyntiponnistus on vakioitu.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUA JULKAISUJA

- No 15. TOIVONEN, J., IKONEN, E., LINDSTRÖM, A., ALAPASSI, T. ja KOKKO, U.: Järvi- ja lampien merkittävien poikasten istutukset Suomessa vuosina 1959—1969. Helsinki 1983. 226 s.
- No 16. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1983. Helsinki 1983. 143 s.
- No 17. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn V neuvottelupäivät 2.—3.4.1981 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1984. 67 s.
- No 18. KOLJONEN, M—L.: Ihmisen toiminnan vaikutus lohen perinnölliseen rakenteeseen. Helsinki 1984. 39 s.
- No 19. KEINÄNEN, A.; Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. Helsinki 1984. 55 s.
- No 20. PRUUKI, V.; Peledsiian (*Coregonus peled* (Gmelin)) ja planktonsiian (*Coregonus muksun* (Pallas)) kantojen arviointi ja istutusten kannattavuus kahdessa eteläsuomalaisessa pienjärvessä. Helsinki 1984. 55 s.
- No 21. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1984. Helsinki 1984. 150 s.
- No 22. NIEMELÄ, E. ja NIEMELÄ, M.: Ulkopaikkakuntalaisten virkistyskalastus Tenojoen kalastusalueella Suomen puolella vuosina 1981 ja 1982. Helsinki 1984. 70 s.
- No 23. VUORINEN, P.J., VUORINEN, M., NYHOLM, K., SOIVIO, A. ja OIKARI, A.: Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen. 1—34.
VUORINEN, P.J., VUORINEN, M. ja NYHOLM, K.: Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä. 35—118.
OIKARI, A., SOIVIO, A., VUORINEN, M., VUORINEN, P.J. ja NYHOLM, K.: Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vaikutuksista kaloihin. 119—192.
VUORINEN, P.J.: Rautaruukki Oy:n Rautavaaran kaivoksen jätevesien vaikutuksesta taimenen alkionkehitykseen ja poikasiin. 193—206. Helsinki 1984.
- No 24. MUTENIA, A.: Kaamasjoen kalatalousselvitys kalastuksen ja kalakantojen hoidon suunnittelua varten. Helsinki 1984. 62 s.
- No 25. TUUNAINEN, P., NYLANDER, E., ALAPASSI, T. ja AIKIO, V.: Kalastus ja kalakannat Tornionjoen vesistössä. Helsinki 1984. 86 s.
- No 26. PARTANEN, H.: Kotitalouksien kalankäyttö Kainuussa. 1—94.
PARTANEN, H.: Suurtaloudet kalanmarkkinointijärjestelmässä. 95—151. Helsinki 1984.
- No 27. TUUNAINEN, P., NYLANDER, E., KITTI, J. ja VALKEAPÄÄ, L.: Kalastus Inarissa, Utsjoella ja Enontekiöllä. 1—101.
SIPPONEN, M.: Sevettijärven kolttien kalastusolot vuonna 1974. 103—184.
MUTENIA, A. ja TUUNAINEN, P.: Virkistyskalastusselvitys metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunnassa vuonna 1979. 185—220.
SARJAMO, H.: Enontekiön vesien kalastus ja kalakannat. 221—256. Helsinki 1984.
- No 28. HEIKINHEIMO-SCHMID, O., PURSIAINEN, M., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country Report of Finland for the Intersessional Period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1982—1984. Helsinki 1984. 51 pp.
- No 29. VIITANEN, M., NIEMINEN, M. ja ROSBERG, T.: Ammattimaisesti kalastetun kalan käyttö teollisuudessa. Helsinki 1984. 90 s.
- No 30. SUMARI, O., SIITONEN, L. ja LINDER, D.: Valtakunnallinen kirjolohen rodunjalostusohjelma. Helsinki 1984. 82 s.
- No 31. Valtion kalanviljelyn VI neuvottelupäivät 30.—31.3.1982 Kuopiossa. Toim. A. Vihervuori. Helsinki 1985. 120 s.
- No 32. PRUUKI, V., ANTTINEN, P. ja AHVONEN, A.: Tornion-Muoniojoen vesistön kalataloustutkimus. Helsinki 1985. 238 s.

SISÄLTÖ

HILDÉN, M., LEHTONEN, H., IKONEN, E. ja SALOJÄRVI, K.: Tutkimusmenetelmät kalataloudellisessa velvoitetarkkailussa	1—187
PERSSON, P.-E.: Kalojen aistinvarainen arviointi. Suositukset kalojen haju- ja makuvirheiden tutkimiseksi	189—206
WESTMAN, K., PURSIAINEN, M., NYLUND, V. ja JÄRVENPÄÄ, T.: Raputaloudelliset tarkkailu- ja velvoitetutkimukset. Tavoitteet, menetelmät ja toteutus	207—265